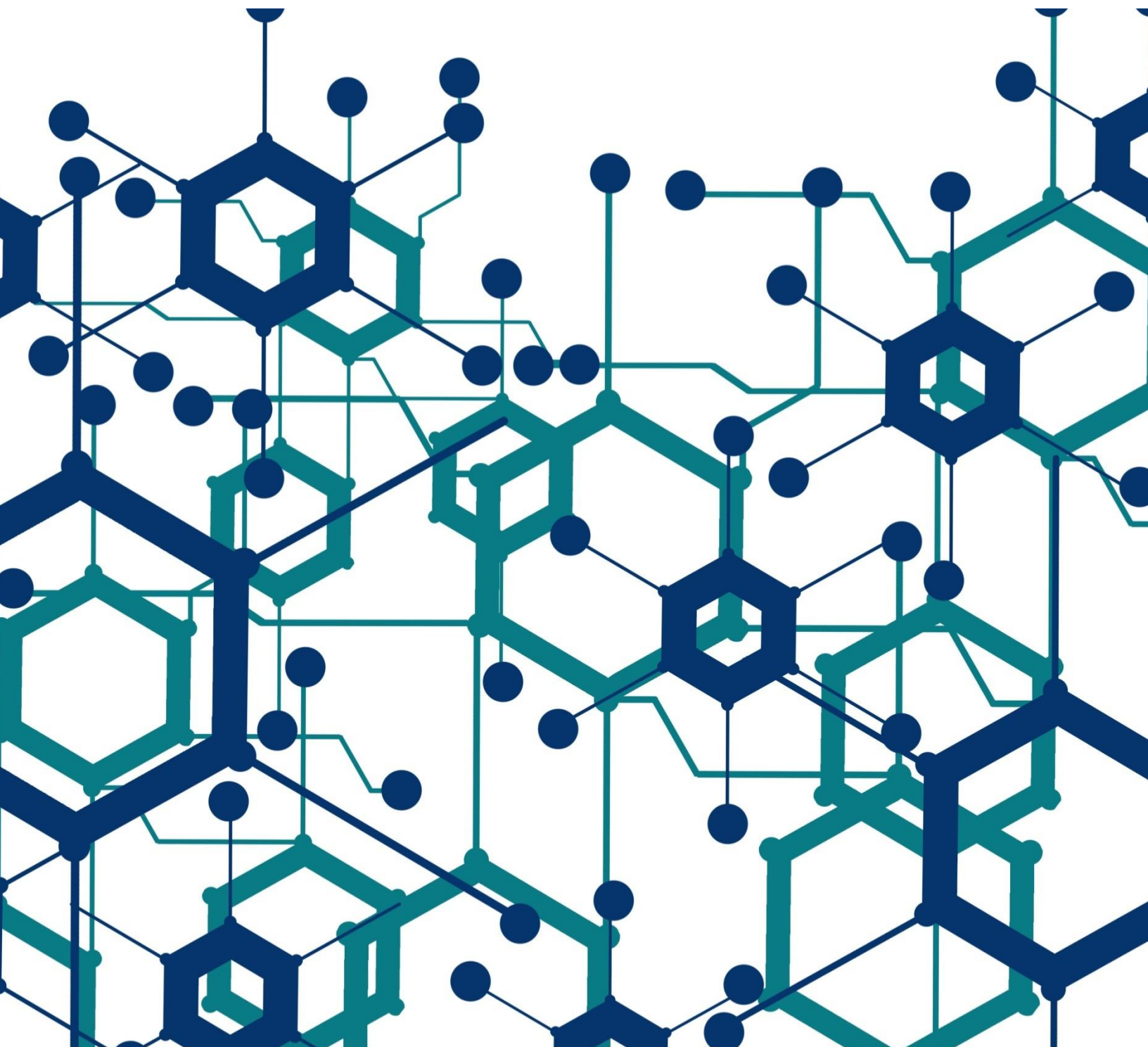


Coletânea de Trabalhos de Engenharia de Produção

Organizadoras: Andressa Amaral de Azevedo

Alessandra Lopes Carvalho



Ano

2017

Ficha Catalográfica

Coletânea de Trabalhos de Engenharia de Produção
/Organizadoras: Andressa Amaral de Azevedo e
Alessandra Lopes Carvalho – Belo Horizonte:
Editora: Os autores. *Ebook*

2017

430 p.

ISBN: 978-85-923235-4-7

1. Engenharia de Produção

CDD: 620

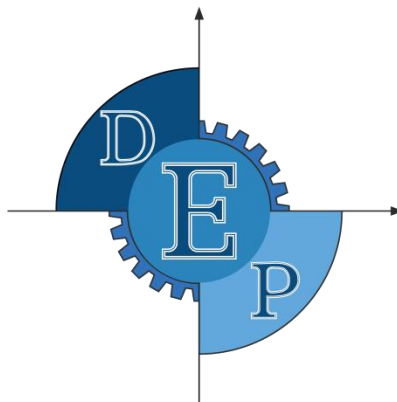
Esta é uma obra gratuita.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-923235-4-7



Prefácio



Esta primeira coletânea de textos científicos é um dos presentes de nossa comunidade acadêmica para a celebração dos 10 anos de existência do Departamento de Engenharia de Produção (DEP) da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas).

A obra revela a maturidade de um Departamento que, já em seu primeiro ano de criação, demonstrava sua vocação e compromisso para com a pesquisa científica em Engenharia de Produção em âmbito regional e nacional. Após sediar o III Encontro Mineiro de Engenharia de Produção em 2007, o DEP aceitou o desafio da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) de coordenar e sediar o XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção e a XVII *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (XVII ICIEOM), em outubro de 2011. Outras contribuições significativas para a pesquisa científica no campo da Engenharia de Produção foram a organização, em conjunto com o DEP da UFMG, do X Workshop do Instituto de Gestão da Inovação e Desenvolvimento de Produtos (X IGDP), realizado em setembro de 2016, e a organização do Simpósio Internacional de Confiabilidade (SIC 2017).

O livro apresenta um rico compilado das pesquisas científicas de Trabalho de Conclusão do Curso na Engenharia de Produção, dos trabalhos realizados nos grupos de pesquisa e extensão universitária e dos projetos de iniciação científica viabilizados no

âmbito do curso. Mantendo a origem integradora da Engenharia de Produção, os capítulos foram concebidos por professores e alunos do DEP em parceria com docentes dos Departamentos de Engenharia Mecânica, Engenharia Civil, Engenharia Metalúrgica, Administração, Economia e Ciências Contábeis.

Os capítulos do livro ajudam a ilustrar a diversidade das áreas de conhecimento da Engenharia de Produção e o potencial diversificado de aplicação de seus métodos para a melhoria da produtividade e qualidade de microempresas às grandes empresas de Minas Gerais. A diversidade setorial também marca esta primeira coletânea de trabalhos. Aguçando a curiosidade do leitor, adianto que há casos empíricos vivenciados nas indústrias: automobilística, da construção civil, de bebidas artesanais, de transformação, de distribuição de energia elétrica, alimentícia e de serviços.

A coletânea tem um propósito motivador importante para as atividades de pesquisa, ensino e extensão dos alunos e professores dos cursos de Engenharia de Produção da PUC Minas. Acreditamos que esta e as próximas edições contribuirão para a melhoria contínua dos trabalhos de investigação científica no DEP e para o engrandecimento da Engenharia de Produção no nosso País.

Termino esta apresentação agradecendo a toda à equipe de professores e alunos do Departamento de Engenharia de Produção pelo compromisso e amor dedicado as atividades acadêmicas. De maneira especial agradeço as professoras Alessandra Carvalho e Andressa Amaral pelo empenho em viabilizar este projeto com alta qualidade.

Que esta seja a primeira de muitas coletâneas! Boa leitura a todos! Avante!!!

Prof. Lauro Soares de Freitas

Chefe do Departamento de Engenharia de Produção da PUC Minas

Sumário

Capítulo 1

REDUÇÃO DE PERDAS NUMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA UTILIZANDO METODOLOGIAS E FERRAMENTAS DO PILAR MELHORIA FOCADA DO WCM

Bárbara Trivelato de Souza, Lucas Moreira da Silva, Vanderlei Dalfior de Oliveira, Wéderley Mendes Miranda, Ion Willer dos Santos.....09

Capítulo 2

DESIGN TERRITORIAL: UMA PROPOSTA DE REDEFINIÇÃO DE MERCADO DE ÁREAS PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

Sidney Lino de Oliveira, Renato Moreira Hadad, Josmária Lima Ribeiro de Oliveira, Raphaela Ferreira dos Santos, Rodolpho Lopes Souza Ribeiro.....28

Capítulo 3

MENTALIDADE ENXUTA: UM ESTUDO DE CASO DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Daiane Pereira Brito Satiro, Jardel Victor Sousa, Franco Bianchetti Saint'Yves, João Evangelista de Almeida Saint'Yves.....45

Capítulo 4

O PROGRAMA 5S COMO AGENTE PARA UM AMBIENTE DE QUALIDADE

Amanda dos Reis Viana, Bárbara Ellen Lima Conceição, Iago dos Santos Pereira Penha, Andressa Amaral de Azevedo.....65

Capítulo 5

PERCEPÇÃO DO MÉTODO POKA-YOKE NA INCLUSÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA NAS INDÚSTRIAS

Isabela Fernanda Teixeira, Mariana Hermont Paes, Thiago Kefeler Costa, Luciano Andrade, Alessandra Lopes Carvalho.....83

Capítulo 6

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC COMO ESTRATÉGIA DE OTIMIZAÇÃO NO PROCESSO DE MODELAGEM EM UMA MICROEMPRESA DO RAMO ALIMENTÍCIO: ESTUDO DE CASO EM UMA PANIFICADORA

Amanda Carolina Rocha Diniz, Lucas Calazans Rocha Gomes, Patrick de Moraes Hanriot, Roberts Vinicius de Melo Reis.....99

Capítulo 7

MODELAGEM E SIMULAÇÃO PARA ANÁLISE DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE CONJUNTOS RODAS-PNEUS AUTOMOTIVOS

Mateus Santos Costa, Washington Alves Batista, Maria Aparecida Fernandes Almeida, Paula Karina Salume.....120

Capítulo 8

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE CLADEAMENTO NA RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO AÇO ASMEAS-240TP-316L SOLDADO POR EXPLOSÃO AO AÇO ASTMSA-516GR 60 N

Raphael Gomes de Paula, Klaus Higor dos Santos Silva, Ana Paula Manfredini, Ítalo Bruno dos Santos.....136

Capítulo 9

ANÁLISE DA CONFIABILIDADE HUMANA COMO CONTRIBUINTE NA REDUÇÃO DOS ACIDENTES DE TRABALHO E DO FATOR ACIDENTÁRIO DE PREVENÇÃO: UM ESTUDO DE CASO APLICADO À CONSTRUÇÃO CIVIL

Flávia Fátima de Paula, Hellen de Oliveira, Larissa Costa, Ricardo Lery Cobério Santos, Alexandre Arnaldo Sonntag.....154

Capítulo 10

ANÁLISE DA GESTÃO DE MANUTENÇÃO SEMAFÓRICA EM BELO HORIZONTE

José Madalena Freitas, Rafael Dutra Fonseca, Sílvio Marques Rodrigues Junior, José Luiz Silva Ribeiro.....167

Capítulo 11

ANÁLISE DO IMPACTO DA AUTOMAÇÃO EM UM PROCESSO METALÚRGICO SOB A ÓTICA DA PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIAS DE FALHAS

Bárbara Paiva Araújo, Camila Flávia Pereira da Costa, Jayne de Miranda Silva Pacheco, Alessandra Lopes Carvalho, Luciano Andrade.....182

Capítulo 12

A GESTÃO DA EFICIÊNCIA EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO ESTACIONÁRIA: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Raphael Victor Foureaux Paulino, Alexandre Carvalho Mendonça, Andressa Amaral de Azevedo, Cintia Rodrigues Lima, Roberts Vinicius de Melo Reis.....194

Capítulo 13

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM OPERADOR LOGÍSTICO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA: AÇÕES DE MELHORIAS PARA AUMENTO DO NÍVEL DE SERVIÇO

Ariane Fialho Macedo, Jean Albino Gonçalves, Lauro Soares de Freitas, Cintia Rodrigues Lima, Patrick de Moraes Hanriot.....206

Capítulo 14

ANÁLISE DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO E DE SEU ARRANJO FÍSICO SOB ASPECTOS DO SISTEMA LEAN MANUFACTURING NO PROCESSO PRODUTIVO: ESTUDO DE CASO DE UMA CONFECÇÃO DE PEQUENO PORTE

Carlos Junio de Aguiar, Jean Cristian Miranda José da Silva, Clara Vasconcelos, Leticia de Castro Peixoto, Roberts Vinicius de Melo Reis228

Capítulo 15	ANÁLISE DO MÉTODO DE PRODUÇÃO UTILIZADO POR UMA MICROEMPRESA DE BEBIDA DESTILADA ARTESANAL <i>Giovane Viana Batista, Igor Gonçalves Ferreira, Andressa Amaral de Azevedo, Patrick de Moraes Hanriot.....</i> 246
Capítulo 16	POTENCIAL DE MERCADO: RELAÇÃO ENTRE A DEMANDA E A POPULAÇÃO DA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL <i>Sidney Lino de Oliveira, Renato Moreira Hadad, Josmária Lima Ribeiro de Oliveira , Francesca Francielle Ramos Cabral, Lorena Alves Ribeiro.....</i> 264
Capítulo 17	CONVERSÃO DE MODELO QUALITATIVO EM QUANTITATIVO DE UM AGLOMERADO PRODUTIVO LOCAL USANDO DINÂMICA DE SISTEMAS <i>Pedro Vieira de Souza Junior, Maria Aparecida Fernandes Almeida, Paula Karina Salume.....</i> 274
Capítulo 18	MANUTENÇÃO PREDIAL: ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE ENTRE TERCEIRIZAÇÃO E PRIMARIZAÇÃO DE SERVIÇOS <i>Marina Rocha, Ludmila Monteiro Maia, José Luiz Silva Ribeiro, Alessandra Lopes Carvalho.....</i> 290
Capítulo 19	RASTREABILIDADE COMO FERRAMENTA PARA INVESTIGAÇÃO DE CAUSA RAIZ: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO AUTOMOTIVO <i>Erica Silva Araujo, Leonardo Gabriel de Souza Chagas, Victor Henrique Torres e Souza, Roberts Vinicius de Melo Reis, Patrick de Moraes Hanriot.....</i> 304
Capítulo 20	MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE: ESTUDO DE CASO APLICADO A ÁREA DE MONTAGEM FINAL DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA <i>Denia Oliveira Gois, Ramon Parreiras Filho, Alessandra Lopes Carvalho, José Luiz Silva Ribeiro, Ion Willer dos Santos.....</i> 325
Capítulo 21	A IMPLANTAÇÃO DO PCP NO PROCESSO DE VEDAÇÃO DE MICRO POROS EM PEÇAS FUNDIDAS <i>Amanda Alves de Paulo, Gleiciane Lazarini Cardoso Santos, Viviane Almeida Gonçalves, Roberts Vinicius de Melo Reis, Patrick de Moraes Hanriot.....</i> 339
Capítulo 22	UM ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS ENXUTOS AO PROJETO BAJA DA PUC MINAS <i>Lauro Soares de Freitas, Lucas Mendes Índio do Brasil, Rodrigo Mascarenhas Barbosa, Patrick de Moraes Hanriot, Eduardo Correa de Sá Gazolla.....</i> 356

Capítulo 23

O OEE (EFICIÊNCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS) COMO UMA FERRAMENTA PARA ESTUDO, CONTROLE E MELHORIA DE PROCESSOS PRODUTIVOS

Camila Marques Moreira, Ivan Rodrigues de Oliveira, Lorena Miranda da Cunha, José Luiz Silva Ribeiro.....376

Capítulo 24

FILOSOFIA LEAN APLICADA À MANUTENÇÃO

Cássio Azevedo de Lima, Alessandra Lopes Carvalho, José Luiz Silva Ribeiro...404

Capítulo 25

MODELAGEM DE CONFIABILIDADE: ESTUDO DE CASO PILOTO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

Camila Aparecida Marinho Braga, Deborah Resende Neves, Alessandra Lopes Carvalho, Geovani Eduardo Braga, Maria Aparecida Fernandes Almeida.....415

Capítulo 1

REDUÇÃO DE PERDAS NUMA INDÚSTRIA
AUTOMOBILÍSTICA UTILIZANDO METODOLOGIAS E
FERRAMENTAS DO PILAR MELHORIA FOCADA DO
WCM

Bárbara Trivelato de Souza

Lucas Moreira da Silva

Vanderlei Dalfior de Oliveira

Wéderley Mendes Miranda

IonWiller dos Santos

Redução de perdas numa indústria automobilística utilizando metodologias e ferramentas do pilar melhoria focada do WCM

*Bárbara Trivelato de Souza
Lucas Moreira da Silva
Vanderlei Dalfior de Oliveira
Wéderley Mendes Miranda
IonWiller dos Santos*

RESUMO

A redução e eliminação das perdas em um processo produtivo é um desafio para as indústrias, o que leva as equipes de trabalho a buscarem reduzir custos, melhorar a produtividade e aumentar a qualidade através da eliminação das perdas. O sistema de gestão *World Class Manufacturing* (WCM – Manufatura de Classe Mundial) busca integrar todos os níveis da organização através da aplicação e difusão de ferramentas, instrumentos e padronização dos resultados. O objetivo deste trabalho é analisar a aplicação do método e ferramentas do pilar Melhoria Focada (FI – *Focused Improvement*) do WCM, dentro de uma área produtiva de usinagem de bloco-motor numa indústria automobilística na região metropolitana de Belo Horizonte. Confirmou-se, através dos dados obtidos na pesquisa, que as ações realizadas em uma das máquinas de usinagem, as ações de desenvolvimento de pessoas e a padronização das atividades reduziram de 5% para 0,2% as perdas do volume produzido. Os resultados da pesquisa apontam que a utilização do pilar FI do WCM é um método eficiente para a redução de custos, o desenvolvimento das pessoas e o aumento da qualidade através da eliminação das perdas e desperdícios..

Palavras-chave: Redução de perdas. Processo produtivo. Melhoria Focada. WCM.

1. INTRODUÇÃO

A sobrevivência às exigências do mercado aberto é um desafio para as indústrias. Produzir cada vez mais, com menos recursos e com qualidade superior à dos concorrentes passa a ser fundamental. O desafio gerencial nas empresas é criar condições internas que garantam a sobrevivência das organizações em longo prazo, com o foco no controle da qualidade total (CAMPOS, 2004). A redução e eliminação das perdas em um processo produtivo é de suma importância para alavancar a qualidade e produtividade em uma linha de produção. O setor automobilístico é bem competitivo e, assim, é necessário combater perdas e desperdícios nos processos. Muitos fabricantes procuram fórmulas para eliminar todo tipo

de gargalo no processo produtivo. O verdadeiro sucesso vem do contínuo processo de melhoria e identificação das perdas - compreender a causa raiz do problema e colocar em prática verdadeiras contramedidas para essa causa. (LIKER; MEIER, 2007)

Dessa forma, é necessário que as equipes de trabalho estudem maneiras para reduzir os custos, melhorar a produtividade, aumentar a qualidade e eficiência por meio da eliminação das perdas, e isto está ligado diretamente ao sistema de gestão *World Class Manufacturing* (WCM – Manufatura de Classe Mundial) que é um sistema de produção que tem por finalidade integrar todos os níveis da organização por meio da aplicação e difusão de ferramentas, instrumentos e padronização dos resultados, eliminando os desperdícios e otimizando a utilização dos recursos em uma perspectiva de melhoria contínua (OLIVEIRA et al. 2015).

Taiichi Ohno (1997) idealizador do "Sistema Toyota de Produção" teve a visão de que os sistemas de produção da indústria poderiam ser melhorados continuamente, de modo a gerenciar as pessoas, os recursos e processos produtivos, elevando-os a níveis plenos de sua capacidade, baseados na utilização de ferramentas para eliminar desperdícios e otimizar a utilização dos recursos.

Conforme Solomon e Fullerton (2007), o WCM é, em síntese, a busca da excelência pela aplicação das metodologias e ferramentas na filosofia enxuta que, por sua vez, é baseada no Sistema Toyota de Produção (STP). Na metodologia WCM são especificados 10 pilares técnicos e 10 pilares gerenciais a fim de garantir que todas as áreas de importância como, por exemplo: Manutenção, Qualidade, Segurança e Logística sejam devidamente cuidadas. (YAMASHINA, 2009)

Segundo Líder e Meier (2007, p. 54) “é empolgante identificar as perdas, ter ideias inovadoras para reduzi-las e ver as mudanças ocorrendo na prática. Os resultados são quase sempre surpreendentes para os participantes.”

No Sistema Toyota de produção foi identificado as sete principais perdas, consideradas atividades sem valor agregado em um processo produtivo. Líder e Meier perceberam que há um oitavo tipo de perda não mencionado, a “*não utilização da criatividade dos funcionários. Perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou não escutar os funcionários.*” (LIKER; MEIER, 2007, p.54).

Quando se fala em reduzir perdas, parece uma tarefa muito fácil, mas na verdade, alguns passos devem ser seguidos. O objetivo não é somente identificar e eliminar perdas, mas sim, planejar e acabar com os problemas e eliminar de uma vez todas elas. (LIKER; MEIER, 2007)

O objetivo deste trabalho é analisar a aplicação do método e ferramentas do pilar Melhoria Focada (*FI – Focused Improvement*) do WCM, dentro de uma área produtiva de usinagem de bloco numa indústria automobilística na região metropolitana de Belo

Horizonte/Minas Gerais. Desenvolvendo um trabalho de pesquisa engajado num problema real da indústria, mostrando a importância do pilar FI, acompanhando sua implementação e apresentando os resultados de reduções de custos, o desenvolvimento das pessoas e a eliminação das maiores perdas e desperdícios.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A origem do WCM

Baseada nas melhores práticas japonesas, *Toyota Production System* (STP – Sistema Toyota de Produção), o WCM vem sendo adotada por diversas organizações para gestão dos negócios (BORGES et al., 2013).

O termo - Manufatura de Classe Mundial - foi introduzido por Hayes e Wheelwright (1984) ao descrever as capacidades desenvolvidas por empresas japonesas e alemãs ao entrarem na concorrência por mercados de exportação. Em 1986, Schonberger utilizou o mesmo termo em seu livro *World Class Manufacturing* com uma abordagem mais forte, levando a ideia de que adotando práticas de *Just-in-Time* e Qualidade Total qualquer empresa poderia reduzir seus *lead times* (LT) e se tornar uma Manufatura de Classe Mundial. (CORTEZ, 2010)

No entanto, o sistema de gestão metodológico foi criado em meados de 2007 para as empresas automobilísticas pelo Dr. Hajime Yamashina, professor da Universidade Kyoto e membro do RSA (*Royal Swedish Academy of Engineering Sciences* - Real Academia Sueca de Ciências da Engenharia). Yamashina (2007), um dos maiores difusores do WCM nas organizações, cita que o sistema é muito simples: precisa-se identificar qual é o problema, sua perda, o método que será adotado e depois controlar os resultados. Em função da importância deste trabalho, este estudo se apoiará no mesmo.

Yamashina (2009) define WCM como o nível de excelência de todo o ciclo logístico - produtivo, tratando das metodologias aplicadas e do desempenho alcançado pelas melhores organizações mundiais. De acordo com o autor, o WCM se baseia nos conceitos de:

- TPM (*Total Productive Maintenance*) Manutenção Produtiva Total, um conjunto integrado de atividades que visa a maximização da eficiência do equipamento através do envolvimento de todos os colaboradores de todos os departamentos e níveis, tipicamente idealizado por atividades em grupos menores. TPM normalmente acarreta a implementação do Sistema dos 5S, mensurando as seis maiores perdas, priorizando problemas, e aplicando os passos do *Problem Solving* com o objetivo de alcançar zero defeitos e/ou quebras;

- TIE (*Total Industrial Engineering*) Engenharia Industrial Total é uma abordagem integrada dos problemas da produção, buscando a melhoria contínua dos processos produtivos e a eliminação de todas as formas de desperdício através do envolvimento das

peças que compõem a fábrica. Os aspectos essenciais são, a redução do tempo e o uso de um sistema à prova de erros para aumentar a confiabilidade dos equipamentos, o TIE visa o zero desperdício precisando de um programa mais justo para reduzir os estoques evitando a obsolescência;

- TQC (*Total Quality Control*) ou Controle da Qualidade Total, argumenta que a responsabilidade deve ficar nas mãos de quem executa o trabalho, de forma que todos os operadores recebem autoridade de parar uma linha de produção sempre que ocorrer um problema com qualidade. Cuidando mais do processo (atitude pró-ativa) ao invés de gerenciar o produto já transformado (atitude passiva), visando o zero defeito, o TQC junto ao TIE, trabalham na eliminação dos erros para evitar o desperdício;

- JIT (*Just In Time*) No Momento Certo, visa o zero estoque, reduzindo todos os estoques de produtos em processo ao longo da cadeia produtiva, reduzindo o *lead time* de manufatura, que é o tempo transcorrido entre o ponto de pedido de um cliente até o ponto de recebimento do produto. O JIT controla o abastecimento para que aconteça exatamente quando solicitado e seja entregue no exato momento em que foi requerido. O resultado é um fluxo uniforme, ininterrupto com pequenos lotes de produtos, evitando gerar estoque, escassez ou desperdício;

O nível alcançado por cada empresa é certificado por especialistas externos e é obtido por meio da melhoria contínua do desempenho operacional e do envolvimento constante de todos os níveis das organizações (BORGES et al., 2013).

Yamashina (2009) apresenta o WCM com base em pilares, visando à essência da filosofia. Os pilares gerenciais indicam o comprometimento que as pessoas e a organização devem demonstrar durante a aplicação do modelo para auxiliar o atingimento dos objetivos dos pilares operativos. Os pilares operativos representam os aspectos relacionados à produção sobre os quais se estruturam uma Manufatura de Classe Mundial. (CORTEZ, 2010) Ao todo são 10 pilares, que serão descritos a seguir:

O primeiro pilar, Pilar SF (*Safety*), Segurança. Para Yamashina (2007), esse pilar trabalha com a integridade física e psíquica do operador reduzindo os atos e condições inseguras, analisando e eliminando as causas, desenvolvendo uma atitude preventiva, evitando assim os acidentes, ou quase acidentes. A prevenção, de forma a evitar o acidente, é atitude que gera melhores efeitos do que corrigir o problema depois de instalado, pois a atitude reativa gera afastamento e ônus para a fábrica e o trabalhador.

O segundo pilar AM/WO (*Autonomous Maintenance /Workplace Organization*), Manutenção Autônoma e Organização do Posto de Trabalho. Este pilar divide-se em dois outros pilares: a Manutenção autônoma e Organização do posto de trabalho.

O Pilar AM trata do pilar que trabalha com a eficiência global do equipamento. Começando pela restauração básica do equipamento, sendo esta a primeira atividade de um

projeto de melhoria. Antes de qualquer implementação deve-se restaurá-la, e, se o problema persistir deve-se aplicar as melhorias. Os operadores que trabalham neste pilar desenvolvem competências para melhoria do produto, processo e equipamento, Yamashina (2007).

Já o Pilar WO trabalha para melhorar a eficiência e a produtividade do setor produtivo. Eliminar o *Non Value Added Activities* (NVAA - atividades que não geram valor), como por exemplo: se um funcionário vai buscar um produto em outro setor distante na fábrica, gasta muito tempo para fazer tal atividade, há agregação de valor e menos desperdício de tempo se houvesse alocação do estoque para perto da linha. Este pilar desenvolve melhorias para que toda ferramenta fique em uma posição confortável para o operador. Implantando a ergonomia e segurança do trabalho. (YAMASHINA, 2007).

O Pilar PM (*Professional Maintenance*) - Manutenção Profissional, trabalha para tentar reduzir a zero as quebras de máquinas, atuando na análise de avarias, controlando e diminuindo as quebras para que não ocorram problemas de produção. Este pilar tem atuação junto ao pilar de Manutenção Autônoma restaurando as condições básicas do equipamento e planejando a manutenção preventiva (YAMASHINA, 2007).

O quarto pilar QC (*Quality Control*), Controle de Qualidade. Segundo Cortez (2010), este pilar trabalha para garantir a satisfação do cliente, atuando na conscientização dos operadores e na importância da qualidade na atividade de cada processo e seus atos. Além de diminuir as reclamações dos clientes através da análise de todos os defeitos de qualidade e reduzir o tempo entre a ocorrência do defeito, detecção e correção.

O Pilar LO (*Logistics*), Logística. Visa garantir o atendimento ao cliente com menor *lead time* (tempo de atravessamento) e menor custo. Este pilar trabalha com atividades de reorganização dos processos assegurando um menor e melhor fluxo, reduzindo os estoques, movimentação e transporte de materiais, além de trabalhar com toda cadeia logística de cliente e fornecedor. (YAMASHINA, 2007)

O sexto pilar, Pilar EEM (*Early Equipment Management*), Gestão Preventiva de Equipamentos. Por sua vez, Yamashina (2007), nos diz que este pilar trabalha para garantir que, quanto da aquisição de um equipamento novo, a empresa deve comprar uma máquina que seja igual ou superior à que já está instalada na fábrica. Sua função é aumentar o ciclo de vida dos equipamentos e desenvolver projetos em conjunto com os pilares de manutenção autônoma e profissional e integrar fornecedores.

Já o pilar PD (*People Development*), Desenvolvimento de Pessoas. De acordo com Yamashina (2007), cabe a esse pilar desenvolver e motivar pessoas, reduzindo os erros humanos e trabalhar em conjunto com o pilar de segurança diminuindo os atos inseguros. Esse pilar identifica e organiza treinamento das ferramentas necessárias para os grupos de projetos para desenvolvimento de melhorias nos equipamentos.

O Pilar ENV (*Environment*), Meio Ambiente, deve executar melhorias no meio ambiente da empresa, mais especificamente a redução do consumo de energia e o uso de energias alternativas, promovendo a conscientização ambiental. (YAMASHINA, 2007).

O Pilar CD (*Cost Deployment*), Desdobramento de custos. Para Yamashina (2007), esse pilar é a bússola do WCM, pois norteia todos os outros pilares, sendo responsável em converter todas as perdas com retrabalho, refugo, falta de material, hora parada de máquina em unidade financeira identificando qual o tipo de perda será atacado. Depois de toda implementação de melhoria esse pilar avalia a economia obtida.

E o foco desse estudo, o Pilar FI (*Focused Improvement*), Melhoria Focada. Este pilar trabalha junto com o pilar de desdobramento de custos, que depois de identificadas as perdas, o pilar FI ajuda na escolha de quais pilares terão mais atenção por parte da gerência, e na orientação técnica sobre quais ferramentas e metodologias devem ser aplicadas para determinado tipo de problema. Esse pilar chama-se Melhoria Focada porque não se limita a fazer uma ação de contenção, mas sim investigar a causa raiz do problema e atacá-la para que não ocorra novamente (YAMASHINA, 2007).

2.2 O Pilar Melhoria Focada

O pilar Melhoria Focada, segundo Yamashina (2007), é um pilar técnico direcionado ao combate de grandes perdas evidenciadas pelo pilar “Desdobramento de Custos”, que tenham maior impacto no relatório de despesas e nos indicadores da empresa. Possui o seu foco na identificação da causa raiz dos problemas e solução de temas específicos e identificáveis, com proposta a obter resultados em curto prazo, com benefícios elevados, em termos de redução de custos devido às perdas e aos desperdícios. Para alcançar seus objetivos, o pilar FI, dentro do WCM, tem algumas ferramentas que auxiliam na resolução de problemas, conhecidas como os sete passos do pilar que foi proposto por Yamashina (2007). Os sete passos do pilar FI são ilustrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Os sete passos do pilar FI

Passo 1	Definir das áreas importantes
Passo 2	Identificar as maiores perdas
Passo 3	Escolher o tema Preparar o plano e difusão
Passo 4	Definir a equipe do projeto
Passo 5	Desenvolver o projeto com a identificação do método correto
Passo 6	Analisar custos e benefícios
Passo 7	Monitorar e expandir horizontalmente

Fonte: Yamashina (2007)

O detalhamento do Passo 5 da metodologia FI (Quadro 1) apresenta sete passos para a resolução de problemas (Quadro 2), e é também conhecido como *Problem Solving*.

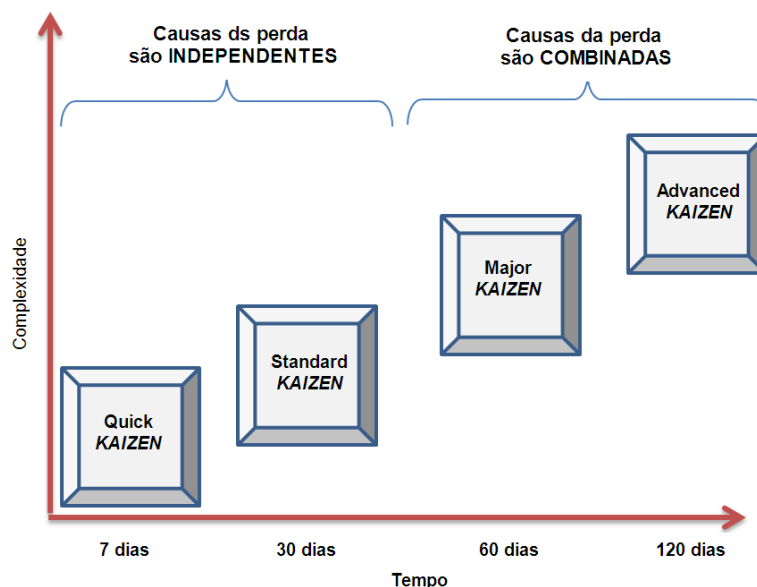
Quadro 2 – Etapas do Passo 5da metodologia FI

Passo 1	Definir o fenômeno
Passo 2	Estudar o sistema
Passo 3	Definir o objeto
Passo 4	Analisar as causas
Passo 5	Implantar ações
Passo 6	Avaliar os resultados
Passo 7	Garantir a continuidade dos resultados alcançados

Fonte: Yamashina (2007)

Para Yamashina (2009), no passo 5 é feita a correta definição do método que são desenvolvidos através de *Kaizen*, que variam, conforme a complexidade do problema, em 4 tipos, como mostrado na Figura 1:

Figura 1 – Tipos de Kaizen, complexidade e tipos de causas



Fonte: Próprios autores

Os tipos de *Kaizen* apresentados na Figura 1 são definidos por Yamashina (2009) como:

Quick Kaizen: ataca problemas simples e esporádicos, segue apenas o PDCA.

Standard Kaizen: ataca problemas simples e crônicos, segue os 7 passos do Melhoria Focada, utilizando ferramentas básicas;

Major Kaizen: ataca problemas complexos e crônicos, segue os 7 passos do Melhoria Focada, utilizando ferramentas intermediárias;

Advanced Kaizen: ataca problemas muito complexos e crônicos, segue os 7 passos do Melhoria Focada, utilizando ferramentas avançadas.

Segundo Yamashina (2007), todos os *Kaizen* seguem o ciclo PDCA. O ciclo PDCA é uma poderosa ferramenta que serve como guia de referência e norteia a equipe de trabalho na condução da análise e solução de problemas. Cada uma de suas fases delimita as etapas de um projeto, mostrando quando Planejar, Fazer, Checar ou Agir. A repetição desse ciclo garante a manutenção da medida tomada, sua expansão horizontal, bem como uma melhoria contínua do processo em questão.

Ainda de acordo com Yamashina (2009), o sistema FI visa a gestão dos projetos de WCM, partindo dos principais direcionadores, com foco em problemas específicos, à aplicação das ferramentas e gestão dos resultados que estão sendo alcançados gradativamente.

2.3 Ferramentas do Pilar Melhoria Focada

Como mencionado anteriormente, o pilar FI conta com a ajuda de algumas ferramentas que auxiliam na resolução dos problemas, são elas:

Gráfico de Pareto: é um diagrama que consiste num gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências da maior para a menor e permite a localização de problemas vitais e a eliminação de perdas. Campos (2004) afirma que a Análise de Pareto divide um problema grande em problemas menores e mais fáceis de serem resolvidos, e permite priorizar projetos e também estabelecer metas concretas e atingíveis. O Princípio de Pareto separa os problemas em duas classes de causas: Poucas Vitais e Muitas Triviais. Em outras palavras, significa dizer que um problema possui várias causas, mas poucas representam um grande impacto ou grande perda.

5G: *Gemba* - vá ao ponto; *Gembutsu* - verifique o fenômeno, o objeto; *Genjitsu* - verifique os fatos e os dados; *Genri* - refira-se à teoria; *Gensoku* - siga os padrões operativos. É um método que se baseia na observação dos fatos e no uso dos cinco sentidos. Deve ser efetuado na oficina, indo diretamente ver o fenômeno problemático onde isso acontece. Tem o objetivo de reestruturar as condições Standard de base e é um bom método para a solução de tipologias de perdas, esporádicas ou crônicas, simples e pode conduzir ao uso de instrumentos mais sofisticados. (YAMASHINA, 2007).

5W1H: *What* (o quê) Sobre qual objeto/produto se apontou o problema? *When* (quando) Quando se verificou o problema? *Where* (onde) Onde se viu o problema? *Who* (quem) O problema é correlato ao fator homem (nível de experiência)? *Which* (qual) Qual andamento tem o problema? *How* (como) Como se apresentam as condições em relação à situação ideal? É um instrumento que ajuda no recolhimento de todos os dados, os indícios, necessários para a solução de um problema através da especificação da causa original. (YAMASHINA, 2007).

Sketch: É um esboço (desenho), do esquema de funcionamento de um sistema (OLAVO LUPPI, 2002). Ao desenhar é possível entender melhor o problema.

FTC (*First Time Capability*): É o índice que mede a capacidade de um processo produzir peças boas pela primeira vez e sem retrabalho. É uma ordem de itens corretamente processados de um total de itens processados, normalmente expressado em porcentagem. Ambos FTC e porcentagem média de defeituosos tem a habilidade de ser manipulado matematicamente de forma que a performance de operações individuais ou zonas podem ser combinadas para o cálculo do FTC total da planta, ou a porcentagem média dos produtos defeituosos. (STAMATIS, 2011)

Matriz Q.A.: para Yamashina (2007), é uma matriz que agrupa classes de defeitos de qualidade, priorizada pelo produto da Gravidade, Detectibilidade, Custo e Frequência dos defeitos. Esta matriz é feita pelo Pilar de Qualidade e deverá ser carregada no sistema em forma de planilha padronizada e a cada nova versão. Esta matriz é utilizada para priorizar projetos referentes à Qualidade.

SMART: *Specific* - Específico, bem direcionado, focado; *Measurable* – Mensurável, capaz de ser medido e controlado; *Archivable* - Realizável, possível de ser executado; *Realistic* - Realista, possível de ser atingido; *Timed* - Planejado no tempo, com data definida para ser alcançada e cumprida cada etapa. SMART é uma ferramenta para criar metas, é uma espécie de *checklist*, por meio do qual é verificado se cada uma das metas tem essas premissas atendidas; A utilização desse método é uma forma simples e acessível de gerenciar metas e pessoas. (CARACAS, 2015).

4Ms: mais conhecido como Diagrama espinha de peixe ou Ishikawa é um método que fornece um quadro para classificar as causas de determinado fenômeno, de acordo com seu encaixe nas categorias Mão de obra, Material, Máquina, Método e identificar a causa mais provável do fenômeno (Yamashina, 2007).

5 Porquês: é um método que se propõe a apontar a verdadeira causa de um fenômeno perguntando-se cinco vezes por que, de maneira repetitiva, baseando-se em cada por que presente na fase anterior. É um bom método para a solução de tipologias de perdas esporádicas, como os defeitos, mas não é eficaz para a solução das perdas crônicas, exceto aquelas que derivam de uma única causa. (Yamashina, 2007).

3. METODOLOGIA

Utiliza-se para o desenvolvimento desse trabalho a metodologia de pesquisa-ação, onde é analisada a aplicação do método e ferramentas do pilar Melhoria Focada do WCM dentro de uma área de usinagem de bloco-motor na indústria automobilística, pesquisando-se as grandes perdas, e buscando-se assim soluções para os problemas encontrados.

Segundo Miguel et al (2012, p.154) na pesquisa-ação o pesquisador, utilizando a observação participante, interfere no objeto de estudo de forma cooperativa com os participantes da ação para resolver um problema e contribuir para a base do conhecimento.

Cada ciclo do processo da pesquisa-ação acontece em cinco fases: planejar; coletar dados; analisar dados e planejar ações; implementar ações; avaliar resultados e gerar relatório (MIGUEL et al.,2012).

O projeto implantado na empresa estudada foi iniciado em setembro de 2015, com a participação efetiva de um dos integrantes do grupo. Foi evidenciada uma grande perda produtiva na linha de usinagem de blocos de motor, utilizando da metodologia dos passos do FI. Inicialmente, foram levantados pela equipe técnica interna da empresa os dados de perdas dos meses de janeiro a setembro de 2015, estes dados para pesquisa foram retirados do banco de dados da área que gera o indicador de FTC, onde através do desdobramento do gráfico de Pareto foi identificada a maior perda que é a reprovação de peças pela máquina de deliberação do processo.

Através das competências técnicas e experiências no processo de usinagem do bloco, a empresa definiu um time de trabalho composto por sete pessoas, para desenvolvimento do projeto. Com esse time interno e com a identificação da perda, foi entendido o funcionamento do processo desde a usinagem até a deliberação final, seguido da proposta do objetivo de analisar e propor soluções para o problema evidenciado.

Assim, a equipe do projeto definiu atacar o problema utilizando um *Major Kaizen*, devido à complexidade do problema com a combinação de causas. Um plano de ação foi traçado pela equipe através do *know-how* realizado pelas pesquisas técnicas da documentação da máquina, da documentação do processo e do desenho do produto.

Com o problema atacado, e a redução da perda confirmada, foi feito o cálculo B/C (benefício/custo), onde o benefício é a parte da perda que foi recuperada, e o custo é o valor gasto para desenvolver as melhorias. O resultado final mostrou que o benefício dividido pelo custo foi maior que um, provando que o método e as ferramentas utilizadas trouxeram um resultado positivo para o processo.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

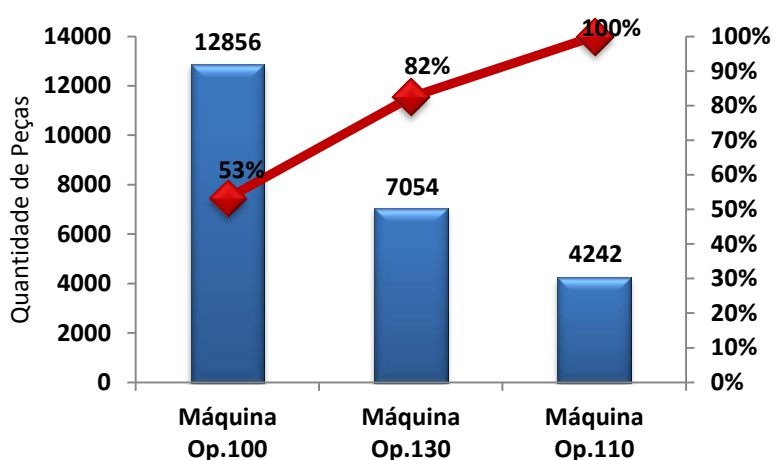
Foram medidos os resultados do indicador FTC dos meses de janeiro a setembro de 2015 da máquina deliberativa do processo produtivo. O tipo de perda encontrada foi o excesso de refugo e retrabalho nos furos 2 e 9 do bloco-motor. Estes furos são as guias de fixação da caixa de câmbio com o bloco-motor, e são usinados ao mesmo tempo. A análise foi realizada pelo gráfico de Pareto e demais ferramentas do FI.

A análise dos resultados foi feita em duas etapas diferentes. A primeira relacionada às ações de modificações do projeto devido à fragilidade do equipamento e, a segunda, relacionada ao desenvolvimento das pessoas em relação ao correto manuseio da máquina.

4.1. Coleta dos dados e implantação das ações relacionadas ao equipamento

Com os dados levantados pela equipe da área sobre os refugos e retrabalhos registrados no final da linha de usinagem do bloco-motor, foi evidenciado pelo indicador FTC, conforme demonstrado no Gráfico 1, que a máquina que mais gerou refugo e retrabalho de janeiro a setembro de 2015 foi a Op.100, uma Transferta Italiana, que faz 133 peças por hora. Esta máquina foi responsável por 53% dos refugos e retrabalhos da área neste período. Isso equivale a uma perda de 5% da produção.

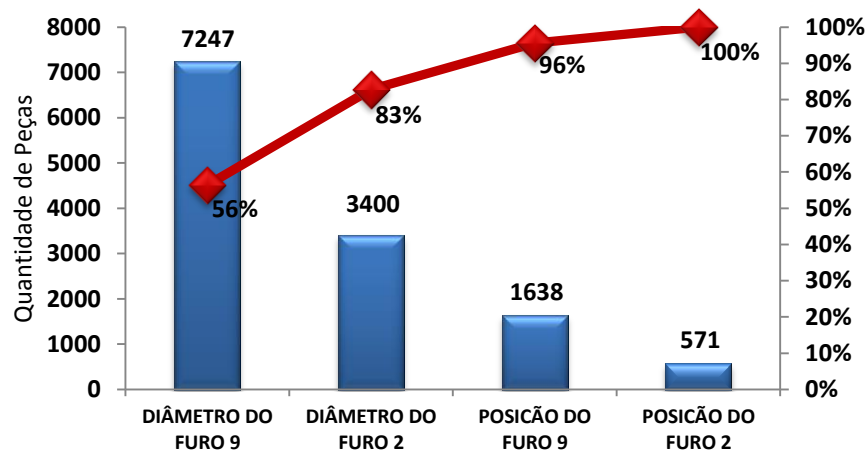
Gráfico 1 - Refugo e retrabalho de janeiro a setembro de 2015



Fonte: Dados da Empresa (2015)

Foi realizada a estratificação dos refugos e retrabalhos na máquina Op.100, evidenciado quatro características de usinagem que estão ocasionando estes problemas, conforme ilustrado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Refugo e retrabalho na máquina Op.100 de janeiro a setembro de 2015



Fonte: Dados da Empresa (2015)

Com o time definido, foi utilizada a ferramenta ciclo PDCA como referência na condução das análises do problema dentro da metodologia do *Major Kaizen*, onde na fase de planejar foi definido claramente o problema, através da utilização das ferramentas 5G e 5W+1H.

Foi também estudado detalhadamente o sistema, onde foi possível perceber como se evidencia o problema, onde é detectado e o seu fenômeno – basicamente mapeando onde o problema é gerado. Nesta fase também é definida a meta de redução da perda e a análise da causa raiz, utilizando as ferramentas 4M e 5 Porquês. O time definiu a meta de redução em 75% dos problemas evidenciados de janeiro a setembro de 2015, utilizando a ferramenta SMART, onde foi específico ao problema dos furos 2 e 9 e não a outras causas no processo, atingível devido ao envolvimento do time e das pessoas da área e com o tempo previsto pelo método do *Major Kaizen*, que é de três meses.

Na fase de executar, foram implantadas ações para corrigir os problemas que foram confirmados através da verificação do 5 Porquês. Foram realizadas ações de melhoria para modificações no projeto dos componentes da máquina e ações para restabelecer condições originais, conformelizado no Quadro3.

Quadro3–Ações de melhoria da máquina

LÍDER PROJETO: VANDERLEI DALFIOR DE OLIVEIRA			DATA INICIAL:	Outubro	DATA FINAL:	Dezembro
1	BUCHA OSCILANTE FORA DO ESPECIFICADO	INFORMAR AO FORNECEDOR SOBRE A CRITICIDADE DA BUCHA NO PROCESSO E EXPLICAR DESENHO CONSTRUCTIVO DA MESMA E O PORQUE DA OSCILAÇÃO	AGENDADO VISITA TÉCNICA COM O FORNECEDOR NA FÁBRICA, MOSTRANDO COMO FUNCIONA A BUCHA OSCILANTE NO EQUIPAMENTO E FEITO UMA EXPLICAÇÃO TÉCNICA DO DESENHO PARA CONSTRUÇÃO E MONTAGEM	ANALISTA MECÂNICO	OUTUBRO	OK
2	BUCHA OSCILANTE FORA DO ESPECIFICADO	MODIFICAR DESENHO 16137030 AUMENTANDO A DIFERENÇA DOS DIÂMETROS CENTRAIS PARA 0,300MM, PARA QUE A COMPENSAÇÃO FIQUE COM 0,150MM NO TOTAL	MODIFICADO DESENHO DE CONJUNTO 16137030 E DESENHO 16137031, ATUALIZADO OS MESMOS NO ARQUIVO TÉCNICO	ANALISTA MECÂNICO	OUTUBRO	OK
3	MOLA PRASTIPRENE DA CHAVETA FORA DO ESPECIFICADO	NORMALIZAR MOLA PRASTIPRENE CONFORME ESPECIFICAÇÃO DO FABRICANTE DA FERRAMENTA	MOLA PRASTIPRENE NORMALIZADA CONFORME ESPECIFICAÇÃO DO FABRICANTE. NORMAL 7009052	ANALISTA DE FERRAMENTA	OUTUBRO	OK
4	BUCHAS OSCILANTES SEM COMPENSAÇÃO	CADASTRAR GUIAS DE ROLOS E EFETUAR TROCA DAS GUIAS DE BRONZE QUE ESTÃO FORA DO ESPECIFICADO	CADASTRADO GAIOLA DE ROLO PLANA COMPRIMENTO DE 77MM E DIÂMETRO DO ROLO 6,5MM, NORMAL 94588093. EFETUADO TROCA DAS GUIAS DE BRONZE DOS EIXOS 302 E 309 DA ESTAÇÃO 10.2A E B	ANALISTA MECÂNICO	OUTUBRO	OK

Fonte: Próprios autores

Após implantação das ações 2 e 4 em outubro, a perda devido a refugo e retrabalho dos furos 2 e 9 em relação a produção realizada caiu para 1%. As outras ações foram complementares, como informações para fornecedor de material e cadastro de material não normalizado no sistema ERP, para restabelecer condições originais da máquina.

Fazendo uma projeção em relação a produção realizada nos meses de outubro a dezembro 2015, e calculando uma redução de 75% das perdas, poderíamos ainda ter 1.214 peças com problemas nos furos 2 e 9 em relação à produção realizada. Analisando o Gráfico 3, observa-se uma perda de 1.122 peças, o que mostra que foi obtida a meta estabelecida.

4.2. Implantação das ações relacionadas às pessoas e cálculo do benefício

Mesmo com um resultado demonstrando que a meta já foi alcançada, a equipe decidiu continuar a implantação das ações relacionadas às pessoas, pois nas análises do 4M e 5 Porquês percebeu-se que havia uma diferença na execução dos trabalhos das pessoas que realizavam as ações de manutenção, operação e ajuste das ferramentas da máquina.

Foi necessário desenvolver procedimentos para que todos mantivessem o mesmo padrão de qualidade nas ações de manutenções, nas operações e na montagem das ferramentas para usinar o bloco-motor, conforme mostra no Quadro4.

Quadro4 - Ações para desenvolvimento de pessoas

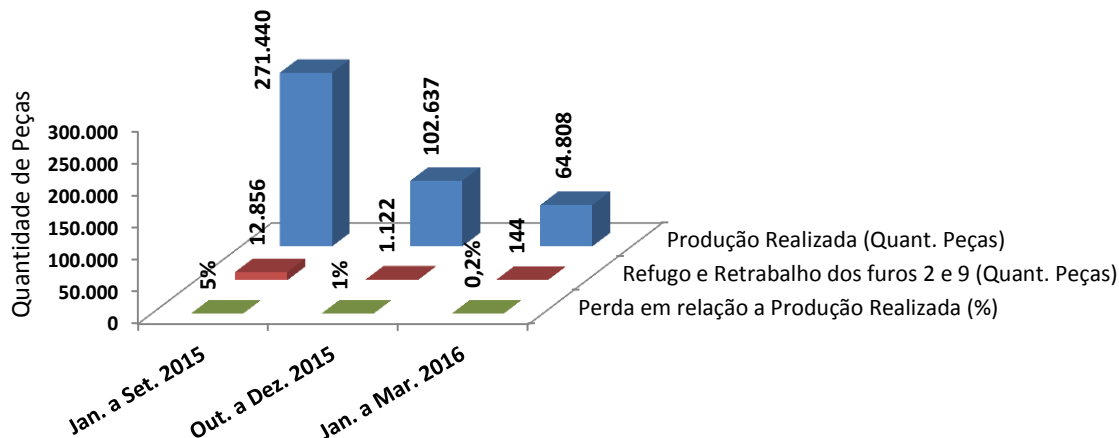
LIDER PROJETO: VANDERLEI DAL FIOR DE OLIVEIRA			DATA INICIAL:	Janeiro	DATA FINAL:	Fevereiro
1	FALTA PROCEDIMENTO PARA VERIFICAR FOLGA NAS BUCHAS ROTATIVAS	CRIAR SMP PARA VERIFICAR FOLGA NAS BUCHAS ROTATIVAS	CRIADO SMP COM A AJUDA DO MECÂNICO MAIS EXPERIENTE PARA VERIFICAR SE EXISTE FOLGA AXIAL NAS BUCHAS ROTATIVAS	ANALISTA MECÂNICO	JANEIRO	OK
2	FALTA PROCEDIMENTO PARA VERIFICAR BUCHAS OSCILANTES	CRIAR SMP PARA VERIFICAR BUCHAS OSCILANTES	CRIADO SMP COM A AJUDA DO MECÂNICO MAIS EXPERIENTE E COM DADOS TÉCNICOS DO DESENHO 16137030	ANALISTA MECÂNICO	FEVEREIRO	OK
3	MANUTENTOR NÃO SABE VERIFICAR FOLGA NAS BUCHAS ROTATIVAS	CRIAR SMP PARA VERIFICAR FOLGA NAS BUCHAS ROTATIVAS	CRIADO SMP COM A AJUDA DO MECÂNICO MAIS EXPERIENTE PARA VERIFICAR SE EXISTE FOLGA AXIAL NAS BUCHAS ROTATIVAS	ANALISTA MECÂNICO	JANEIRO	OK
4	MANUTENTOR NÃO SABE VERIFICAR A COMPENSAÇÃO DA BUCHA OSCILANTE	CRIAR SMP PARA VERIFICAR BUCHAS OSCILANTES	CRIADO SMP COM A AJUDA DO MECÂNICO MAIS EXPERIENTE E COM DADOS TÉCNICOS DO DESENHO 16137030	ANALISTA MECÂNICO	FEVEREIRO	OK
5	PRESSETISTA NÃO SABE DA MEDIDA DA CHAVETA DO BARENO	PRESSETISTA SABE DA MEDIDA DA CHAVETA MAS, NÃO EXISTE UM PADRÃO DEFINIDO, MELHORAR SOP DEFININDO AS MEDIDAS PADRÃO.	CRIADO SOP PARA MEDIR ALTURA DA CHAVETA EM RELAÇÃO AO DIÂMETRO DO BARENO, ONDE A MESMA DEVE FICAR ENTRE 0,030MM À 0,050MM MAIS ALTA QUE O DIÂMETRO DO BARENO	SUPERVISOR DA ÁREA DE PRESET DE FERRAMENTA	JANEIRO	OK
6	ALTURA DA CHAVETA DO BARENO FORA DO ESPECIFICADO	PRESSETISTA SABE DA MEDIDA DA CHAVETA MAS, NÃO EXISTE UM PADRÃO DEFINIDO, MELHORAR SOP DEFININDO AS MEDIDAS PADRÃO.	CRIADO SOP PARA MEDIR ALTURA DA CHAVETA EM RELAÇÃO AO DIÂMETRO DO BARENO, ONDE A MESMA DEVE FICAR ENTRE 0,030MM À 0,050MM MAIS ALTA QUE O DIÂMETRO DO BARENO	SUPERVISOR DA ÁREA DE PRESET DE FERRAMENTA	JANEIRO	OK
7	OPERADOR NÃO SABE FAZER A TROCA DA FERRAMENTA	CRIAR SOP PARA TROCA DOS BARENS 302 E 309	FOI FEITO SOP PARA TROCA DOS BARENS INCLUINDO UM TORQUÍMETRO PARA APERTO DOS PARAFUSOS DE FIXAÇÃO	CONDUTOR DE PROCESSO INDUSTRIAL	JANEIRO	OK

Fonte: Dados da Empresa (2016)

Com a implantação das 7 ações relacionadas ao desenvolvimento de pessoas, no período de janeiro a fevereiro de 2016, foi alcançado mais um bom resultado. As perdas de produção relacionado ao refugo e retrabalho dos furos 2 e 9 caíram de 1% no período de outubro a dezembro de 2015 para 0,2% no período de janeiro a março de 2016.

O Gráfico 3 mostra a redução da perda com refugo e retrabalho dos furos 2 e 9 em quantidade de peças e porcentagem em relação à produção realizada, separado pelos períodos onde foram executadas as ações no equipamento (outubro a dezembro de 2015) e onde foram executadas as ações com as pessoas (janeiro a março de 2016).

Gráfico 3 – Produção realizada e perdas

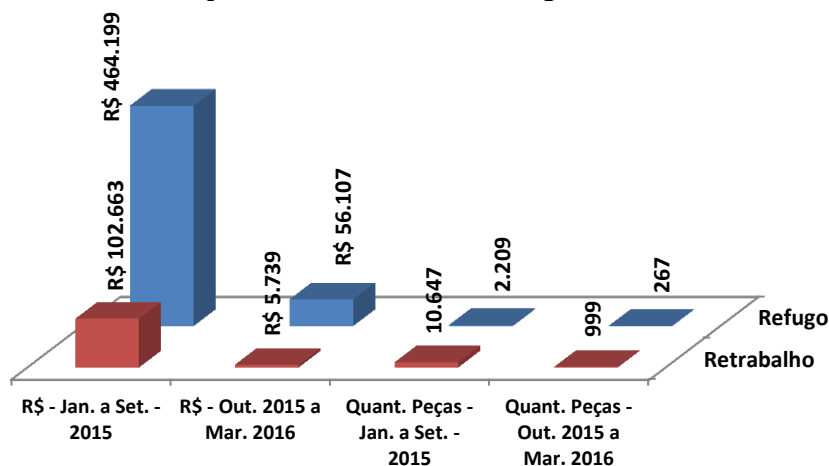


Fonte: Dados da Empresa (2016)

Com a implantação de todas as ações, obteve-se uma redução considerável na perda de produção da máquina estudada: de 5% para 0,2%, como ilustrado no Gráfico 3. Observa-se também uma redução de 90,2% na quantidade de refugo e retrabalho dos furos 2 e 9, muito acima da meta estabelecida na fase do planejamento, definida em 75%.

No Gráfico 4 é apresentada a estratificação de quantas peças foram retrabalhadas e quantas peças foram refugadas nos dois períodos estudados 2015, além do custo para refugar e retrabalhar as peças. Percebe-se que a quantidade de refugo é menor, mas o seu custo é maior do que o custo total de retrabalho, por causar maiores perdas. Observa-se também a redução nos custos de refugo e retrabalho após a implantação das ações de outubro de 2015 até março de 2016.

Gráfico 4 – Quantidade e custo do refugo e retrabalho dos furos 2 e 9



Fonte: Dados da Empresa (2015).

Somando-se os custos do refugo e retrabalho de janeiro a setembro de 2015 (R\$566.862,00) e comparando com os custos de refugo e retrabalho de outubro de 2015 a março de 2016 (R\$61.846,00) podemos verificar uma redução total de 89% deste custo.

A empresa fez um levantamento do custo para implantação das ações e chegou a um valor de R\$35.450,00. A redução do custo com refugo e retrabalho foi de R\$505.015,00, no período de outubro de 2015 a março de 2016. Assim, ficou evidente o ganho proporcionado por este projeto, pois B/C (benefício/custo) foi de 14,2.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho analisou um problema real de redução de custos na indústria automobilística através da aplicação de métodos e ferramentas do pilar de melhoria focada (FI) do WCM. Foi acompanhada sua implementação e apresentados os resultados de reduções de custos, o desenvolvimento das pessoas e a eliminação de perdas por refugo e retrabalho.

No decorrer do projeto foi também observada uma grande interação das pessoas da área produtiva – líderes, condutores de processo e operadores de produção - e as pessoas da área de suporte – analistas de manutenção, de ferramentas e supervisores da manutenção e da área de ferramentas. Percebeu-se também que o uso dessas ferramentas e o envolvimento das pessoas trouxe uma disseminação de conhecimento para futuras melhorias no processo produtivo, através da utilização do *Kaizen*, proporcionando a redução das perdas e desperdícios.

Confirmou-se pelos resultados apresentados que as ações realizadas na máquina reduziram a perda de 5% do volume produzido para 1% desse mesmo volume, onde a mesma manteve-se durante dois meses, assim, com as ações de desenvolvimento das pessoas e padronização das ações esse valor caiu para 0,2% do volume produzido.

Através dessas ações conseguiu-se obter a redução dos custos refugo e retrabalho de R\$566.862,00 para R\$61.847,00. Como o custo total do projeto foi de R\$35.450,00, o valor do B/C (benefício/custo) foi de 14,2.

Observou-se também que ao se fazer uma ação de melhoria no equipamento é necessário executar a padronização e o desenvolvimento das pessoas envolvidas o mais rápido possível para que os resultados sejam mais eficientes, alcançando o objetivo definido com mais exatidão.

Assim, pode-se concluir que a utilização do pilar FI do WCM para diminuir e/ou eliminar as perdas e desperdícios, fazendo o estudo cuidadoso das causas, dentro da metodologia *Kaizen*, proporciona uma melhora tanto da eficiência das máquinas - reduz-se as perdas e

refugos - quanto desenvolve as pessoas e ajuda na disseminação do conhecimento de forma eficaz.

REFERÊNCIAS

BORGES, R. C. OLIVEIRA, E. H. e OLIVEIRA, A. S. Estudo da Implantação do Pilar Controle da Qualidade da Metodologia World Class Manufacturing (WCM) em uma empresa do setor automotivo no sul de Minas Gerais. **ANAIS SIMPOI**. 2013.

CAMPOS, V. F. **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8 ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviço Ltda., 2004.

CARACAS, C.; **O Método SMART – simples e eficiente para traçar metas**. 2015. Disponível em: <<http://marketingminds.com.br/smart-simples-e-eficiente-para-tracar-metas/>>. Acesso em: 26 out. 2015.

CORTEZ, P. R. L. Análise das Relações entre o Processo de Inovação na Engenharia de Produto e as Ferramentas do WCM: Estudo de Caso Em Uma Empresa do Setor Automobilístico, XXX ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Paulo. 2010.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O modelo Toyota: manual de aplicação – Um guia prático para a implementação dos 4 PS da Toyota**. 2007. p. 51-69

LUPPI, O.; **Mechanical Desktop - Guia Gráfico**, Rio de Janeiro: Letra Capital. 2 ed., 2002 p.220.

MIGUEL, P. A. C. FLEURY, A. MELLO, C. H. P. NAKANO, D. N. LIMA, E. P. TURRIONI, J. B. HO, L. L. NETO, R. M. MARTINS, R. A. SOUSA, R. COSTA, S. E. G. e PUREZA, V. M. M. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2012.p. 149-167.

NOGUEIRA, C. **A eliminação dos desperdícios como fator de potencialização dos resultados**. 2003. p.2-4. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/282203989/>>. Acesso em: 25 out. 2015.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. São Paulo: Bookman, p.151 1997.

OLIVEIRA, A. C. M. D. KUHL, C. PRADO, A. E. GORGULHO, G. JUNIOR, A. C. P. Estudo de Implantação do Pilar de Melhoria Focada da Metodologia World Class Manufacturing (WCM) em uma empresa do setor automotivo do interior de São Paulo. **Espacios**, v, 36, n.10, p. 11, fev/2015.

SCHONBERGER, R. J. **World class manufacturing: the lessons on simplicity applied**. New York: The Free Press, 253 p. 1986.

SOLOMON, J. M.; FULLERTON, R. **Accounting for World Class Operations**. Indiana: WCM Associates, 2007.

STAMATIS, D. H.; **The OEE Primer – Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability**. Ed. CRC Press by Taylor & Francis Group, LLC. 2011 p. 207.

YAMASHINA, H.; **World Class Manufacturing.Guia dos Pilares Técnicos**. 2007. Material interno da empresa.

YAMASHINA, H.; **Métodos e instrumentos para o Fiat Auto Production System**. 2009. p.22-43. Material interno da empresa.

Capítulo 2

DESIGN TERRITORIAL: UMA PROPOSTA DE
REDEFINIÇÃO DE MERCADO DE ÁREAS PARA O
ESTADO DE SÃO PAULO

Sidney Lino de Oliveira

Renato Moreira Hadad

Josmária Lima Ribeiro de Oliveira

Raphaela Ferreira dos Santos

Rodolpho Lopes Souza Ribeiro

Design Territorial: uma proposta de redefinição de mercado de áreas para o estado de São Paulo

Sidney Lino de Oliveira

Renato Moreira Hadad

Josmária Lima Ribeiro de Oliveira

Raphaella Ferreira dos Santos

Rodolpho Lopes Souza Ribeiro

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo aplicar técnicas de zoneamento de mercado para a elaboração de um design territorial em uma instituição sem fins lucrativos, considerando a organização do território de vendas e a estruturação da força de representantes comerciais. A definição da espacialização foi feita com base no zoneamento de vendas e centros polarizadores, via tratamento de dados secundários oriundos do IBGE e tratados pelo CEDEPLAR apresentando a população dos municípios do Estado de Minas Gerais para 2020. Os dados analisados, hierarquizados pelas premissas assumidas permitiram identificar as zonas territoriais a partir do potencial de mercado e os polos de atratividade locais, favorecendo a distribuição por Campos, Áreas, Setores e Seção. Os resultados elencam os 143 Municípios alvo da Associação que formam 223 Campos, agrupados em 43 Áreas, 11 Setores e 3 Seções. A partir dos resultados, a Associação identificou as melhorias para a reestruturação da sua força de representantes comerciais, tendo uma organização clara do território de vendas resultante da aplicação de técnicas de zoneamento de mercado.

Palavras-Chave: Design Territorial; Potencial de Mercado, Geomarketing

1. INTRODUÇÃO

A estrutura organizacional de vendas afeta a competitividade empresarial. O mapeamento de um território de vendas permite criar uma divisão territorial que favorece a cobertura de vendas mais completa possível de um determinado território. Ao validar modelos internacionais no ambiente brasileiro, esta pesquisa faz uso da técnica de análise da localização varejista – Teoria do Lugar Central, que para Cristaller considera: topologia da região homogênea, custos de transportes uniformes e fornecedores uniformemente distribuídos (ARANHA e FIGOLI, 2001).

Piercy, Cravens e Morgan (1999) argumentam que muitas empresas operam com vários desequilíbrios no projeto de vendas por território, e as evidências empíricas sugerem oportunidades para a eficácia das decisões de estrutura de vendas. Os estudos de Beswick e Craven (1977); LaForge e Craven (1985); Lodish (1974); Zoltners e Sinha (1983) sugerem aumentos significativos potenciais de produtividade na área do design territorial. Portanto, os aumentos de produtividade afetam a eficácia das vendas e a satisfação com o projeto do território de vendas tem uma relação direta com a eficácia da organização de vendas.

O objetivo geral da pesquisa consistiu em aplicar técnicas de zoneamento de mercado para a elaboração de um design territorial em uma instituição sem fins lucrativos, considerando a organização do território de vendas. Para o alcance dos resultados, foi necessário definir a espacialização com base no zoneamento de vendas e centros polarizadores; e identificar os polos de atratividade local para promover a distribuição por campos, áreas, setores e seção. A partir da escolha do tema, delimitou-se a abordagem em dois pontos: território a ser mapeado e mercado de vendas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os modelos de otimização têm evoluído muito ao longo dos anos e estão envolvidos em diversas áreas relacionadas aos clientes, na busca de novas rotas, novas alternativas para chegar ao consumidor e também para as pessoas se deslocarem no seu dia a dia. Isto só foi possível de se alcançar graças ao desenvolvimento de ferramentas essenciais para o designer territorial como, computadores, internet, softwares e bancos de dados e mapeamento (ZOLTNER E SINHA 2004).

A forma como é criado ou reajustado um território de vendas vem mudando ao longo dos anos, a cada mudança uma deficiência é retirada ou substituída, de modo que a cada evolução das técnicas e estratégias, o método é otimizado para elaborar o designer de um território de vendas. Além das mudanças evolutivas que os métodos sofrem existem as mudanças naturais ao qual um território de vendas é submetido. Zolters e Sinha (2004) afirmam que os territórios de vendas possuem tamanhos diferentes e consequentemente número de vendedores variados em diferentes especializações. Porém, os alinhamentos sofrem alterações frequentemente, desta forma um vendedor pode mudar de território rapidamente ou ter o designer de seu território alterado por pequenas mudanças de fronteiras. Já, as grandes modificações ocorrem em uma menor frequência sendo provocadas geralmente por fusões, aquisições, novos produtos ou a criação de novas forças de vendas.

Davies (1976) define geomarketing como o estudo das relações existentes entre as estratégias e políticas de marketing e o território ou espaço onde a instituição, fornecedores e pontos de distribuição se localizam. Aranha e Figoli (2001) reconhecem o uso dos sistemas de informação geográfica associados aos modelos espaciais de Reilly e Huff. Hrdlicka (1994) considera a TLC (Teoria do Lugar Central) como sendo a teoria de localização do varejo mais bem desenvolvida. A TLC tem como objetivo principal, segundo Bradford (1987), explicar a organização espacial das povoações e das áreas de influência, em especial a sua localização relativa e dimensão. Em uma colocação simplificada, Aranha e Figoli (2001, p. 6), consideram a TLC como uma “tentativa de desenvolvimento de uma teoria da estrutura espacial [do mercado] mais inovadora e de maior sucesso”.

Hrdlicka (1994, p. 26) define “lugar central como um centro de comércio formado por um agrupamento de lojas, que qualifica as vizinhanças, bairros ou cidades, conforme o sortimento de bens disponíveis”. Segundo Almeida (1997), a TLC está baseada em dois conceitos básicos, a extensão e o limiar. Por extensão, pode-se entender como a máxima distância que um consumidor está disposto a percorrer para ter acesso a um produto ou serviço. O limiar pode ser entendido como uma demanda mínima necessária para que uma loja seja economicamente viável. Bradford (1987) denomina extensão por alcance ou raio de ação de um bem em relação à distância que o consumidor está preparado a percorrer para adquirir um bem. Sobre limiar, Bradford (1987), esclarece que para determinado bem, sempre deve haver uma procura mínima necessária para a venda lucrativa do bem, caso haja um número inferior a este, haverá prejuízo. Segundo Hrdlicka (1994), o limiar é entendido como o limite interno de uma área de comércio e a extensão, o limite externo de uma área de comércio de uma loja.

2.1 A relevância do designer territorial

O designer territorial se apresenta como uma ferramenta muito eficaz para trabalhos que necessita de divisões territoriais seja em territórios de grande ou pequena extensão. Afirmando a importância do alinhamento geográfico, Zolters e Sinha (2004, p. 315) citam que “um bom alinhamento é aquele que mais se aproxima de atender às necessidades de todos constituintes”. O alinhamento gera aumento na capacidade dos vendedores em função de uma melhor cobertura do território, permitindo que o vendedor implique a cada cliente a estratégia necessária sem que o vendedor seja sobrecarregado por mercados muito intensos ou prejudicado pela escassez do mesmo.

A má divisão territorial gera desigualdade com que as vendas e o trabalho são distribuídos entre os componentes da força de vendas. Assim, em alguns casos pode ocorrer sobrecarga dos vendedores em uma área que demanda demasiado esforço para realização vendas ou uma área extensa demais, de modo que o vendedor não consiga atendê-la totalmente. Uma divisão inapropriada pode gerar também uma situação oposta, onde o vendedor não encontre nenhuma dificuldade em realizar vendas, levando-o a não aplicar nenhum esforço ou tentativa de melhoria no seu território de cobertura. Ou seja, ao se estabelecer um território de vendas, deve-se buscar uma divisão o mais justa possível, levando em consideração todos facilitadores e dificultadores possíveis em um território. (ZOLTNER E LORIMER, 2000). De acordo com Zolters e Sinha (2004) um alinhamento bom traz retornos a empresa através de custos e controles de viagens que são reduzidos, pois passam a ter um controle mais efetivo, reduzindo viagens e economizando tempo.

Easingwood (1973) ao observar a gestão de vendas, recomenda a necessidade de “ajustar sucessivamente até que os limites de carga de trabalho seja uniformemente

repartida" dentro de seu procedimento de alinhamento. Um alinhamento que se apresenta como ideal hoje pode se tornar inadequado após algum tempo, devido às alterações que um território sofre naturalmente. Lodish (1975, p. 34) deixa claro que "a gestão territorial decide quais os homens devem ter áreas adicionadas ou subtraídas de seus territórios para reduzir as deficiências ou superávits". Heschel (1977) afirma que em alinhamentos, diversas alternativas são consideradas para definir territórios de vendas diferenciados, sendo que diversos fatores exercem influência sobre a força deste. Os estudos empíricos de Zoltners e Lorimer (2000) mostram que pode haver um aumento de vendas entre dois e sete por cento, quando os territórios de vendas estão alinhados para aperfeiçoar a cobertura ao cliente. Estes números podem representar um aumento grandioso nos lucros de uma organização ou a diminuição significativa nos gastos em logística e marketing.

2.2 Desenvolvimento das abordagens

Artigos iniciais abordando o alinhamento do território de vendas mostram que o problema de alinhamento territorial já era encontrado no início dos anos 1970, mostrando que esta abordagem não é algo recente, impressão que pode ser causada pelo baixo número de trabalhos sobre o assunto. HESS e SAMUELS (1971) construíram sobre a política de distritamento inicial, uma pesquisa para desenvolvimento dos primeiros modelos para território alinhamento, que se tornaram propulsores de muitos outros trabalhos relacionados ao tema. O modelo Hess e Samuels foi linear ao modelo de relaxamento de programação linear, que basicamente, dobrou a LP (Programação Linear) solução para a construção de territórios compacto que equilibrava atributos chave de alinhamento, tais como potencial de mercado ou carga de trabalho. Hess e Samuels (1971) descrevem uma abordagem que utiliza processos iterativos na busca de alinhamento dos centros dos territórios, que pode ser utilizada para deriva-los, é resolvido a cada iteração para alinhar territórios relativos a um determinado conjunto de centros do território, pois os centros são atualizados a cada iteração.

Dos outros autores que surgiram em seguida com melhorias ou modelos de solução alternativa, entre os que mais se aproximam dos modelos propostos por Hess e Samuels, tem-se: Shanker (1975) que conceituou o problema como um inteiro de conjunto cobrindo o programa; também Lodish (1975), Zoltners (1976), Beswick Cravens (1977), Glaze e Weinberg (1979) que introduziram formulações de maximização do lucro. Bons comentários sobre estes modelos surgiram na abordagem de Zoltners e Sinha (1983), Vandenbosch e Weinberg (1993), e Skiera e Albers (1998).

2.3 Aprimoramento das Técnicas

Para a definição de um território de vendas é necessário para a utilização de diversas técnicas e estratégias, dentre elas em diversas é necessário o uso de cálculos e formulas matemáticas. Muitas vezes as propriedades matemáticas adotadas nem chegam a ser vistas por quem as utiliza, pois estão dentro de programas e ferramentas informatizadas, geralmente em um simples clique se obtém a resposta do que se procura, porém não deve se desconsiderar todas as informações que são utilizadas para obtenção do resultado esperado, nem todos os métodos criados e suas evoluções ao longo de todos estes anos desde seu surgimento.

Dois tipos de modelos de programação matemática têm sido empregados para o designe de territórios de vendas, estes foram elaborados por Shanker, Turner e Zoltners (1975) que implica em um modelo para dividir em partes menores o território de vendas, de modo que o mesmo possa ser administrado de uma forma mais eficiente. Os autores Hess e Samuels (1971), Segal e Weinbergerw (1977), Zoltners (1976), Richardson (1979), apresentam em seus estudos o modelo de SGSCU (Small Geographic Sales Coverage Units - Pequenas unidades de cobertura de vendas geográficas) que apresentou maior eficácia em seus experimentos de elaboração e divisão de territórios de vendas, pois o modelo inicialmente aparentava ter um certo nível de complexidade no seu manuseio, devido a necessidade de programas e computadores. Porém ele se demonstrou de fácil manuseio o que motivou o seu uso na elaboração de territórios de vendas, em função de toda evolução tecnológica e o fácil acesso a informação.

Reconhecendo a necessidade de agregar o maior numero de informações aos territórios de vendas Zoltners (1979) aplica a ideia de multi atributos aos territórios de vendas e alinhamento de modo a gerar informações mais completas e maior entendimento, trazendo informações para os territórios de vendas como CEPs, telefones, CNPJ entre outras, que detalham ainda mais os territórios. Os autores Hess e Samuels (1971) incorporaram ao seu modelo o atributo de múltiplo equilíbrio, que busca o equilíbrio dos territórios por meio das varias condições e diversidade que podem ser apresentadas, como distância extensão, volume de vendas, entre outros.

Em seu modelo de melhoria apresentado, Hess e Samuels (1971) sugerem que os territórios de vendas sejam desenhados por resolução do relaxamento LP de seu modelo e arredondamento das frações de soluções para valores integrais. A regra de arredondamento empregado em seu procedimento corresponde a atribuição de um SCU de divisão, para que os territórios tenham o maior valor fracionário para a variável de decisão. Porém o método trabalhava com arredondamentos, podem prejudicar os resultados trazendo alterações nos mapas, gerando uma grande dificuldade para os vendedores e demais pessoas que os utilizarem.

Outras modificações foram desenvolvidas para diminuir as deficiências do modelo SCU. Em busca de melhorias para o modelo, Segal e Weinberger (1977) tentaram incorporar acessibilidade ao modelo, substituindo as formulas pelas menores distância e caminhos mais curtos existentes nas SCU do território, também as menores distancias entre uma SCUs e outra. Ainda na busca pela melhoria do modelo de Zoltners (1979), identificou a necessidade de agregar ao modelo os multi atributos do alinhamento de território de vendas e também a característica de múltiplo equilíbrio. Usando um modelo semelhante Richardson (1979) projetou territórios de vendas para Pfizer, em termos ele adotou cinco medidas diferentes de potencial de vendas. Nesta circunstância ele não criou uma formulação para o seu modelo, mas o modelo tem como característica reconhecer a importância de pistas de viagens e a geografia da área. Assim, ele incorpora a seu território de alinhamento maior facilidade de acesso.

A ideia de integrar a alocação de recursos de vendas e território de vendas alinhamento foi proposta pela primeira vez por Lodish (1975) onde o autor sugeriu essencialmente, um processo de dois passos. Primeiro, um modelo de alocação de recursos de vendas é usado para derivar as cargas de trabalho e de lucro para maximizar o SCUs. Os territórios de vendas são então alinhados, para equilibrar o lucro, maximizando cargas de trabalho. Foi argumentado que alinhamentos de territórios de vendas derivados, usando este procedimento são susceptíveis de produzir maior lucro do que pode ser obtido a partir de alinhamentos derivados de vendas potenciais, utilizando abordagens de equalização.

Outros autores como Beswick e Cravens (1977), Glaze e Weinberg (1979) desenvolveram modelos de alocação de recursos de vendas e modelos de alinhamentos território integrados. Estes autores desenvolveram sistemas de planejamento da força de vendas, de maximização de lucros que se acoplam a um modelo de alocação de recursos de design personalizado, com o modelo (MHS). Foi formulada uma abordagem generalizada para o desenvolvimento de territórios e maximização de lucros. Para tanto, calculou-se o tempo total disponível para as forças de vendas, relacionado ao seu respectivo tamanho. E também foi calculado o número de pessoas, dias, horas, tempo de viagem, tempo dedicado a atividades administrativas, todas as ações que compunham as forças de vendas foram quantificadas.

Essas técnicas de alocação de recursos foram agregadas ao modelo SCU buscando como resultado maximizar o lucro. Zoltners e Sinha (2004) trazem uma revisão dos modelos de alocação de recursos de vendas que têm aparecido na literatura de marketing, demonstrando como uma medida de carga de trabalho pode ser desenvolvida e produzida pelo modelo de vendas de alocação de recursos, para uma estimativa do curso e esforço administrativo necessário para atender adequadamente a SCU. Já o Modelo MHS é usado para desenvolver territórios com uma carga de trabalho equilibrada, sendo o usuário do

modelo livre para escolher um objetivo apropriado, diminuindo o efeito dos problemas e adversidades de cada território sobre as forças de vendas.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados dados secundários via base de dados do CEDEPLAR (2014) que projeta a partir do Censo de 2010 a população de cinco em cinco anos até 2030. Neste estudo, como a data de referência é 2020, foi considerada a projeção para tal ano. O tratamento de dados contou com a importação dos mesmos para o software específico de georreferenciamento, QGIS, considerando os mapas georeferenciamentos, por município, de 2010, do IBGE. Desta forma, foi possível analisar as bases para o estabelecimento dos limites dos territórios; estabelecer os limites geográficos de uma zona ou território; definir territórios de vendas a partir de um agrupamento de todos os possíveis mercados; e proceder a segmentação geográfica do mercado a partir da área geográfica de vendas.

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizada a abordagem quantitativa. Para analisar os dados coletados foram utilizadas ferramentas de georreferenciamento e planilhas eletrônicas para análise descritiva dos dados coletados. O ambiente de análise contempla o cenário brasileiro da associação sem fins lucrativos - Os Gideões Internacionais no Brasil. Esta instituição, que atua em 200 países no mundo, tem como objetivo social distribuir gratuitamente Bíblias e Novos Testamentos em lugares de trânsito nas cidades brasileiras. Considera-se lugar de trânsito os hospitais, os hotéis, as escolas, as penitenciárias, os quartéis e os estabelecimentos públicos. A instituição está dividida em campos de atuação e no momento carece de uma redefinição de suas jurisdições.

Para se abrir um novo Campo de Distribuição, é preciso que haja o suporte de membros da Associação de “Os Gideões”, os quais fazem trabalho voluntário. Porém, algumas condicionantes foram estabelecidas para a abertura de um novo Campo: cidades com mais de 50 mil habitantes; um Campo é no máximo uma cidade, porém pode ter como Jurisdição, várias cidades ligadas a si; mesmo um Campo tendo várias cidades ligadas a ele, estas não podem, mesmo que próximas, pertencerem a Estados diferentes da Federação Brasileira. Um conjunto em torno de 5 Campos denomina-se Área; 5 Áreas constituem um Setor, e; pelo menos 2 Setores formam uma Seção Estadual que constituem uma Região.

Estas várias possibilidades e restrições fazem com que seja possível testar as várias heurísticas de agrupamento, como: K-Means (HARTIGAN e WONG, 1979), algoritmos hierárquicos (LINDEN, 2009), mapas de características auto-organizáveis (OJA et al, 2002) e, métodos baseados em grafos (BEN-DOR et al, 1999).

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

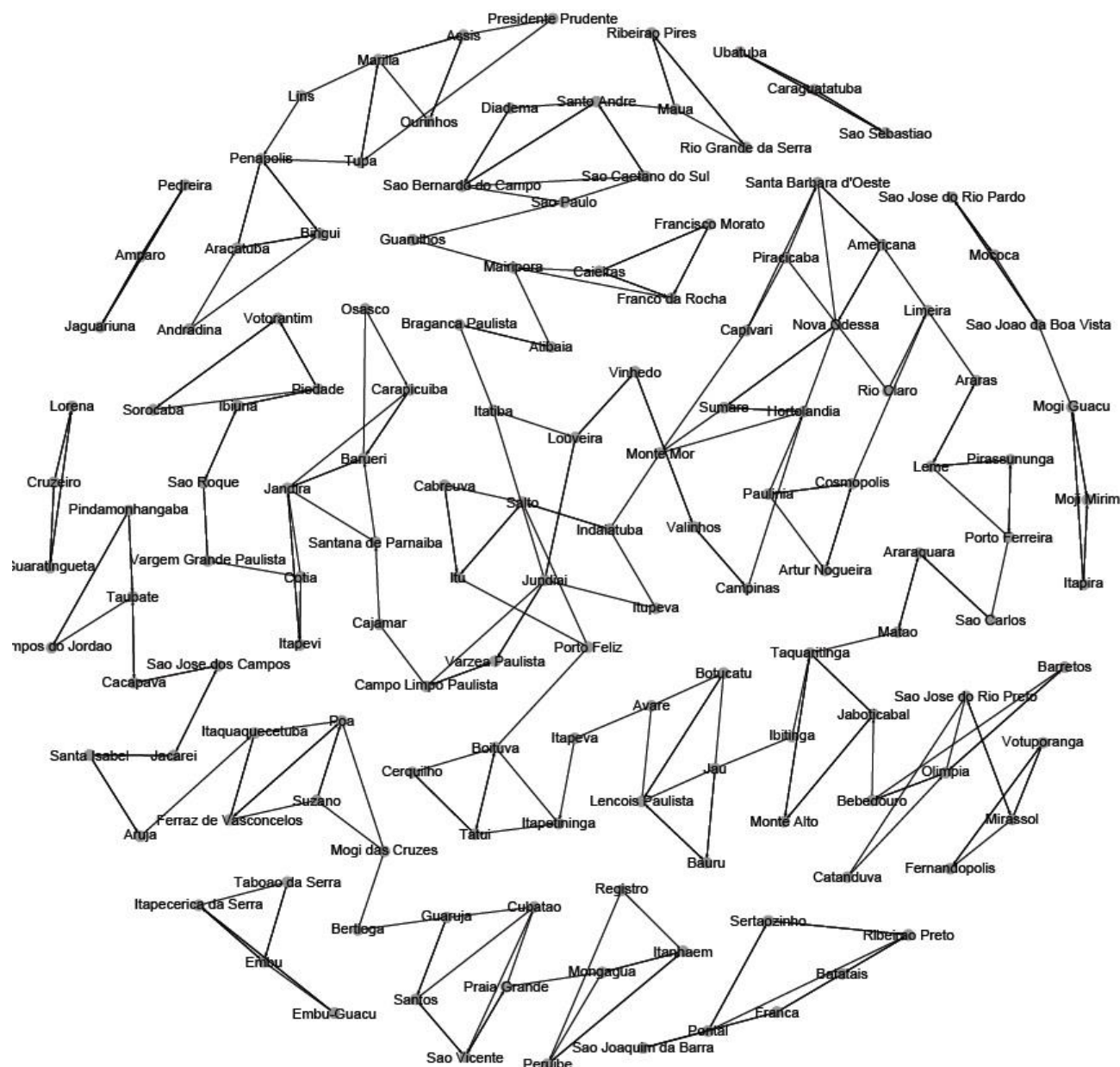
O tratamento dos dados permitiu identificar 143 municípios, cidades-polo, denominado Campos no Estado de São Paulo. Para os demais Municípios, não elencados, foram calculadas as distâncias para cada um dos Municípios por meio do Google Maps, com a distância real pela opção “carro”.

Neste primeiro apontamento foi possível identificar a diferença entre a seleção anterior tratada pela Instituição, que compreendia apenas 85 municípios. Os 58 municípios a mais apresentam mais de 50 mil habitantes e não eram vistos como prioridade anteriormente. Contatou-se também que em alguns Municípios aonde existia Campo na oportunidade não possuía mais de 50 mil habitantes. O aumento significativo de municípios a serem observados, ampliou a percepção da instituição quanto à necessidade de se adotar a distribuição geográfica, como medida de definição para a organização territorial.

Para definir entre os municípios, foram calculadas as primeiras e as segundas menores distâncias entre os centros polarizadores locais formando uma rede a partir das menores distâncias rodoviárias e não euclidianas. A Figura 1 destaca os centros polarizadores locais, tendo como critério de agrupamento, as primeiras e as segundas menores distâncias entre as cidades.

Alguns *clusters* podem ser vistos a partir da visualização da Figura 1, como exemplo: Pedreira, Amparo e Jaguariúna; Ubatuba, Caraguatatuba e São Sebastião; Lorena, Cruzeiro e Guaratinguetá. Sendo assim, essa proximidade já possibilita a formação de um próximo nível denominado Área.

Figura 1- Centros polarizadores locais: Municípios com projeção de mais de 50 mil habitantes em 2020

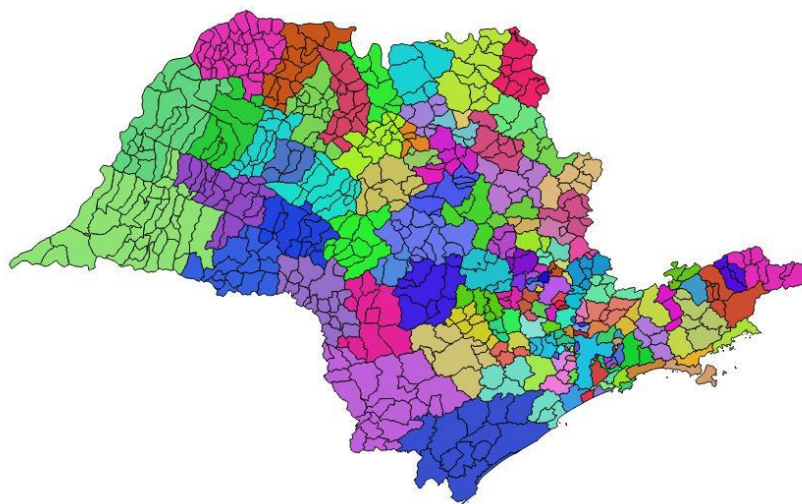


Fonte: Dados da pesquisa.

Para se definir a jurisdição de um Campo foi calculada a menor distância identificada para aquele município. Assim, os 502 municípios com menos de 50 mil habitantes no Estado de São Paulo foram integrados a um dos 143 municípios com mais de 50 mil habitantes mais próximo, conforme apresentado na Figura 2. O conjunto foi caracterizado como Campo – setor de vendas definido por um Município – centro polarizador local.

Contudo, para os municípios com mais de 300 mil habitantes adotou-se a distribuição interna para a constituição de mais Campos, em um mesmo município. Como exemplo, apresenta-se a situação de São Paulo, capital, que foi desdobrada para 42 Campos. Ao proceder a um levantamento dos dados do Estado em número de Campos, registrou-se um redimensionamento de 106 campos da Associação para 223.

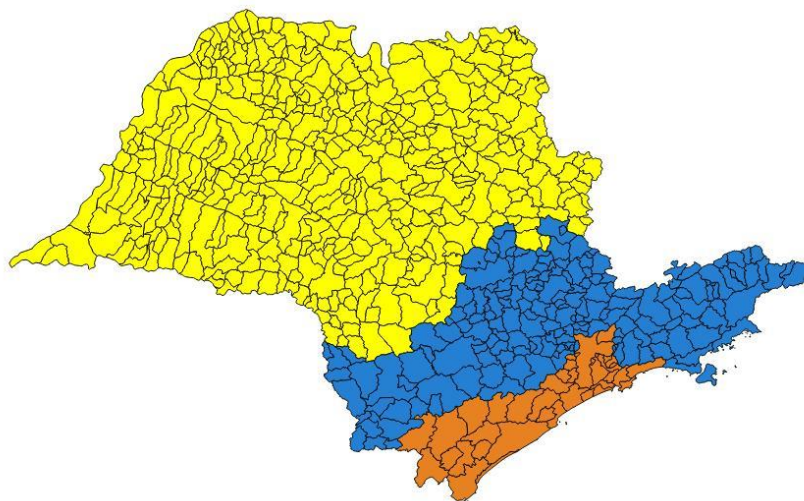
Figura 2- Mapa dos centros polarizadores locais



Fonte: Dados da pesquisa.

Após o cálculo dos Campos, foram escolhidos 3 municípios dentre os de maior porte do Estado e com disposição geográfica estratégica, amparada pela Teoria do Lugar Central. Os resultados permitiram construir uma estrutura hierárquica de cidades para a definição dos Campos, Áreas e Setores. Além de São Paulo, foram escolhidas as cidades de Campinas e Ribeirão Preto - polos de atratividade, conforme apresentado na Figura 3. Nesta distribuição por Seção, o número de registros permaneceu o mesmo, contudo, a distribuição geográfica das mesmas foi alterada, levando-se em conta, principalmente, a acessibilidade rodoviária.

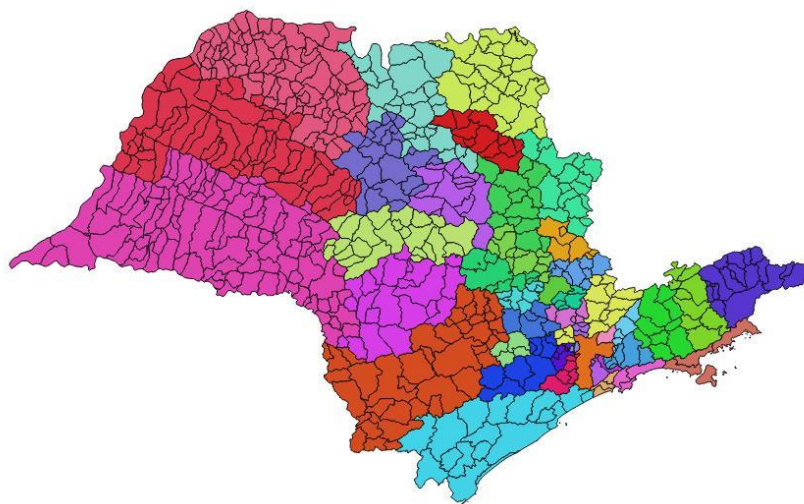
Figura 3- Seções Estaduais de São Paulo.



Fonte: Dados da pesquisa.

Ao estabelecer as 3 Seções, com a definição dos campos ocorreu o alinhamento entre estes para definir as Áreas. Assim, foi recalculada a distância dos 140 municípios para os 3 Municípios considerados polos de atratividade/setores. E, foram desenhadas as 43 Áreas que constituem um conjunto de Campos, conforme apresentado na Figura 4. Anteriormente, os dados da Instituição apresentavam 30 Áreas. Observa-se que com o novo redimensionamento será favorável à gestão dos Campos que pertencem a uma determinada Área. Tal aumento também é consequência da implantação de 117 novos Campos.

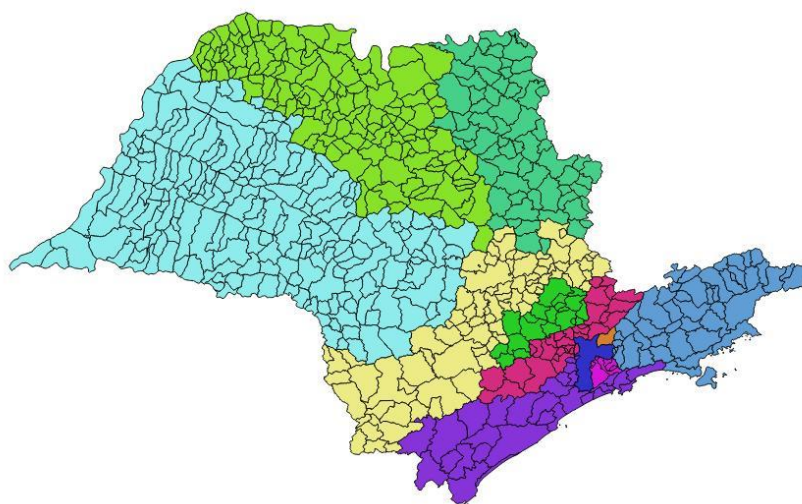
Figura 4: 43 Áreas mapeadas.



Fonte: Dados da pesquisa.

A identificação do Setor adotou-se como critério a proximidade entre as cidades mais populosas dentro da Área. Assim, como apresentado na Figura 5, foram criados 11 Setores denominados pela cidade mais populosa: Campinas, Guarulhos, Osasco, Piracicaba, Ribeirão Preto, Santos, São Bernardo do Campo, São José do Rio Preto, São José dos Campos, São Paulo e Bauru. Especificamente, o Setor de Bauru, devido a sua grande extensão geográfica poderá ser dividido em outro Setor denominado Marília. Nesta distribuição, houve acréscimo de 2 Setores ante ao estabelecido anteriormente pela Instituição.

Figura 5- Polos de atratividade/setores.



Fonte: Dados da pesquisa.

Portanto, os resultados elencam os 143 Municípios alvo da Associação que formam 223 Campos, agrupados em 43 Áreas, 11 Setores e 3 Seções. Anterior ao mapeamento a distribuição era de 85 Municípios alvo agrupados em 106 Campos, que correspondem a 30 Áreas, 9 Setores e 3 Seções.

Após a análise dos resultados, foi feita uma visita in loco aos Setores, para a apresentação da nova distribuição territorial. As observações de campo permitiram identificar que conflitos estabelecidos há muitos anos quanto à distribuição territorial seria dirimido com a aplicação da nova metodologia. A Associação identificou as melhorias para a reestruturação da sua força de representantes comerciais, tendo uma organização clara do território de vendas resultante da aplicação de técnicas de zoneamento de mercado.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu aglutinar municípios para a formação de territórios aplicando modelos teóricos. Tendo as divisões estipuladas foi necessário o tratamento e conversão dos dados como distância e população. Com os dados, foi possível desenvolver os mapas que permitem visualizar os resultados da pesquisa. Entre os resultados obtidos ressalta-se a influência direta do mapeamento dentro da gestão das organizações. Uma divisão territorial adequada pode trazer resultados como, minimização de custos, maximização de lucros, divisão igualitária de vendas entre os vendedores, otimização do processo logístico, e nivelamento do mercado consumidor.

Os resultados da pesquisa sinalizaram adequações com o uso do mapa do Estado de São Paulo, sendo esta a referência para o novo design territorial, seguindo novamente os critérios pré-estabelecidos pela Associação estudada; mas racionalizados e levando em consideração as mudanças populacionais, os aspectos geográficos e rodoviários. Após a remodelagem do design territorial, fica confirmado que há sim mudanças possíveis para a otimização da divisão territorial oficial da Associação a todos os níveis: Seções, Setores, Áreas e Campos.

Este estudo foi construído tendo uma determinada instituição como exemplo, usando de dados quantitativos e informações internas da Associação como delimitadores para que se fosse alcançado o objetivo em questão. Porém o alinhamento territorial se mostra como uma ferramenta flexível, que se adéqua às necessidades de organizações diversas, podendo ser aplicado em diferentes casos, desde que os mesmos estejam ligados ao mapeamento territorial.

Nessa pesquisa observou-se inicialmente uma divisão territorial estabelecida com o tempo pelos gestores da organização através de critérios pré-estabelecidos, demandas e observações empíricas. Ao embasar com estudos científicos este olhar, fica claro, que apesar de o design territorial adotado até o momento possibilitar funcionalmente as atividades da organização, estava desatualizado e ignorava critérios de teóricos como os apresentados por Zoltners e Sinha (2004).

Os resultados da pesquisa sinalizaram adequações com o uso do mapa do estado de São Paulo, sendo esta a referência para o novo design territorial, seguindo novamente os critérios pré-estabelecidos pela Associação; mas racionalizados e levando em consideração as mudanças populacionais, os aspectos geográficos e rodoviários. Após a remodelagem do design territorial, fica confirmado que há sim mudanças possíveis para a otimização da divisão territorial oficial da Associação a todos os níveis: Seções, Setores, Áreas e Campos.

REFERÊNCIAS

ARANHA, F.; FIGOLI, S. **Geomarketing**: memórias de viagem. Disponível em: www.fgvsp.br/academico/professores/Francisco_Aranha/memorias.pdf. São Paulo, 2001.

ALMEIDA, Flávia Regina Silva Ladeira de. **Análise de localização: uma investigação acerca das decisões de localização de redes varejistas**. Dissertação de Mestrado em Administração. USP, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, São Paulo, 1997.

BEN-DOR, A., SHAMIR, R., YAKHINI, Z. (1999), "Clustering Gene Expression Patterns", **Journal of Computational Biology**, v. 6, n. 3, pp. 281-297.

BESWICK, C. A.; CRAVENS, D. W. **A multistage decision model for salesforce management**. *Journal of Marketing Research*, p. 135-144, 1977.

BRADFORD, M. G., KENT, W. A. **Geografia humana: teoria e suas aplicações**. Gradiva: Lisboa, 1987.

CEDEPLAR. **Estimativas de população para o Brasil**: total do país, unidades federativas e municípios, 2010-2030. 2014

DAVIES, R. L.; ROGERS, D. S. **Store location and store assessment research**. John Wiley & Sons Ltd: New York, 1984.

EASINGWOOD, Chris. A heuristic approach to selecting sales regions and territories. *Operational Research Quarterly*, p. 527-534, 1973.

GLAZE, Thomas A.; WEINBERG, Charles B. A sales territory alignment program and account planning system. *Sales Management: New Developments from Behavioral and Decision Model Research*, p. 325-343, 1979.

HARTIGAN, John A.; WONG, Manchek A. Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm. *Applied statistics*, p. 100-108, 1979.

HRDLICKA, Hermann Atila. **Pesquisas de localização: um estudo exploratório junto a bancos em São Paulo**. USP, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. São Paulo. 1994.

HESCHEL, Michael S. Effective sales territory development. *The Journal of Marketing*, p. 39-43, 1977.

HESS, Sidney W.; SAMUELS, Stuart A. Experiences with a sales districting model: criteria and implementation. *Management Science*, v. 18, n. 4-part-ii, p. P-41-P-54, 1971.

KOSSMANN, Hortense Teixeira; RIBEIRO, Miguel Ângelo Campos. *Análise espacial das cadeias de lojas do comércio varejista no Rio de Janeiro*. **Revista Brasileira de**

Geografia. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 46, n.1. Rio de Janeiro. 1984. p. 197-218

LAForge, R. W.; D. W. CRAVENS (1985). '**Empirical and Judgement-Based Sales Force Decision Models: A Comparative Analysis**', *Decision Sciences*, 16(Spring), pp. 177-195.

LINDEN, Ricardo. **Técnicas de agrupamento.** *Revista de Sistemas de Informação da FSMA*, n. 4, p. 18-36, 2009.

LODISH, L. M. Vaguely Right Sales Force Allocation Decisions. **Harvard Business Review**, 52(January/February), p. 119-124, 1974.

LODISH, Leonard M. et al. Sales force sizing and deployment using a decision calculus model at Syntex Laboratories. **Interfaces**, v. 18, n. 1, p. 5-20, 1988.

LODISH, Leonard M. Sales territory alignment to maximize profit. **Journal of Marketing Research**, p. 30-36, 1975.

OJA, M., NIKKILA, J., TORONEN, P., et al. Exploratory clustering of gene expression profiles of mutated yeast strains in **Computational and Statistical Approaches to Genomics**, Zhang, W. e Shmulevich, I. (eds), pp. 65-78, Kluwer Press, 2002.

PIERCY, N. F.; CRAVENS, D. W.; MORGAN, N. A. **Relationships between Sales Management Control, Territory Design, Salesforce Performance and Sales Organization Effectiveness.** *British Journal of Management*, Vol. 10, 95-111, 1999.

RICHARDSON, Robert J. **A Territory Realignment Model—MAPS™.** In: New Orleans ORSA/TIMS meeting, May. 1979.

SHANKER, Roy J.; TURNER, Ronald E.; ZOLTNERS, Andris A. **Sales territory design: an integrated approach.** *Management Science*, v. 22, n. 3, p. 309-320, 1975.

SKIERA, Bernd; ALBERS, Sönke. **COSTA: Contribution optimizing sales territory alignment.** *Marketing Science*, v. 17, n. 3, p. 196-213, 1998.

VANDENBOSCH, Mark B.; WEINBERG, Charles B. **Salesforce operations.** *Handbooks in operations research and management science*, v. 5, p. 653-694, 1993.

ZOLTNERS, A. A.; SINHA, P. **Sales territory alignment: A review and model.** *Management Science*, v. 29, n. 11, p. 1237-1256, 1983.

ZOLTNERS, Andris A. A unified approach to sales territory alignment. *Sales Management: New Developments from Behavioral and Decision Model Research*, p. 360-376, 1979.

ZOLTNERS, Andris A. Integer programming models for sales territory alignment to maximize profit. *Journal of Marketing Research*, p. 426-430, 1976.

ZOLTNERS, Andris A.; LORIMER, Sally E. Sales territory alignment: An overlooked productivity tool. *Journal of Personal selling & sales Management*, v. 20, n. 3, p. 139-150, 2000.

ZOLTNERS, Andris A.; SINHA, Prabhakant. Sales territory alignment: A review and model. *Management Science*, v. 29, n. 11, p. 1237-1256, 1983.

ZOLTNERS, Andris; SINHA, Prabha; LORIMER, Sally. *Sales force design for strategic advantage*. Palgrave Macmillan, 2004.

Capítulo 3

MENTALIDADE ENXUTA: UM ESTUDO DE CASO DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Daiane Pereira Brito Satiro

JardelVictor Sousa

Franco Bianchetti Saint'Yves

João Evangelista de Almeida Saint'Yves

Mentalidade enxuta: um estudo de caso da indústria de construção civil

Daiane Pereira Brito Satiro

Jardel Victor Sousa

Franco Bianchetti Saint 'Yves

João Evangelista de Almeida Saint 'Yves

RESUMO

A preocupação constante em realizar atividades com a menor quantidade de recursos visando atender os requisitos dos clientes no menor prazo possível impulsiona estratégias empresariais de redução do desperdício. No setor de construção civil, a mentalidade enxuta é uma ferramenta para obtenção de melhores resultados que vem sendo difundida nas empresas. Para aplicação desses conceitos, faz-se necessário investir em etapas de planejamento que contemple a realidade da obra e reduza a quantidade e proporção dos imprevistos. Além disso, é fundamental realizar um monitoramento constante de todas as variáveis do processo produtivo em tempo real, visando abordagem de metodologias de eliminação de todas as formas de desperdício. O presente trabalho é um estudo de caso de uma empresa de construção civil que adota princípios de mentalidade enxuta em seus processos de planejamento e controle de obras, lançando mão de ferramentas da qualidade que facilitem a tomada de decisão.

Palavras Chave: Manufatura Enxuta. Desperdício.

1. INTRODUÇÃO

A área da construção civil abrange todas as atividades de produção de obras, de acordo com Ribeiro (2011), contemplando as funções de planejamento, projeto, execução, manutenção e restauração de obras em seguimentos diferentes, tais como estradas, rodovias, edifícios, casas, indústrias, saneamentos, entre outros.

Para entendimento da complexidade do setor, deve-se analisar profundamente o seu contexto histórico e caracterizar seus processos e recursos. O grande crescimento do setor de construções no Brasil aconteceu durante a década de 1940, durante o mandato do presidente Getúlio Vargas. Todos os investimentos feitos durante a década fizeram com que o período fosse considerado o auge da construção civil no nosso país. Com o passar dos anos o setor passou a receber maior investimento do setor privado, fato que prevaleceu até a década de 1970 durante o regime militar, que retomou para o estado os investimentos realizados no setor. Nesse período, as empresas começaram a investir em construções de apartamentos e escritórios comerciais. Com a queda do regime no final dos anos de 1980, a

iniciativa privada retomou os investimentos tanto em obras públicas quanto privadas. Assim, na década de 1990, uma maior preocupação com a qualidade do produto final, fez com que lideranças de empresas optassem pela qualificação da mão de obra de suas equipes.

Assim como na indústria, o setor de construção civil sofre significativas mudanças até os dias de hoje, com novos materiais e maquinários mais modernos. A mão de obra que integra a indústria da construção também segue o mesmo caminho. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2016, os custos com mão de obra chegaram ao índice de 48,29% dos custos totais da construção por metro quadrado no Brasil.

Em 2014, ainda de acordo com o IBGE, o universo de empresas da indústria da construção totalizou 119 mil empresas ativas no Brasil, que contrataram 2,9 milhões de pessoas. As obras e/ou serviços executados pelas empresas de construção representaram a parte fundamental na estrutura da receita do setor, totalizando R\$ 368,7 bilhões em 2014, de acordo com dados oferecidos pelo IBGE. O consumo de materiais desse setor é o segundo item de maior relevância, mantendo 24,7% em 2014, somando R\$ 79,664 bilhões.

Com grande relevância para o país, estaria esse setor aproveitando ao máximo os recursos por meio da otimização da produção? Há, portanto, uma preocupação com produtividade no canteiro de obras?

Durante análise de problemas encontrados no setor, Paiva (2003) cita que há um enorme índice de retrabalho, pois as empresas preferem ter seus funcionários apenas durante o período de trabalho, não investindo o suficiente em cursos e treinamentos para qualificação da mão de obra.

Souza e Silva (2009) destacam que os treinamentos ofertados por algumas empresas são de curta duração e somente para qualificação da mão de obra relacionada ao seu trabalho. “Treinamentos são agentes motivacionais e de uma enorme significância para o operário, pois é um fator de autoestima, satisfação, resultando em uma melhor função profissional em diferentes aspectos” (CAMPOS FILHO, 2004, p. 6). Considerando as vantagens que Campos Filho (2004) associa aos treinamentos, a realidade observada por Souza e Silva (2009) afeta significativamente a qualidade do produto final.

Para Bufon e Anschau (2016), a expressão rotatividade pode ser definida como a constante troca de empresas do mesmo setor por funcionários em um curto espaço de tempo. Essa grande rotatividade de profissionais gera um desinteresse de investimento por parte da contratante com o empregado, uma vez que todo o investimento realizado pode se perder em pouco tempo, gerando uma lacuna na vaga deixada por essa pessoa. Seria então possível adequar à construção civil, os parâmetros e ferramentas utilizadas em fábricas de grande produção industrial? Que estudos estão voltados para operações dessa indústria de grande movimentação de capital no Brasil?

Segundo Assumpção (1996), os edifícios são construídos através da relação entre obras, obtendo-se dados que permitam sequenciamento e padronização de operações. A sequência e a trajetória, que é o sentido de execução, definem um modelo que serve de base para o planejamento da produção.

Desse modo, percebe-se que o planejamento na construção civil busca definir atividades repetitivas para elaboração de cronograma e orçamentos. Essa estratégia é fundamento da indústria em geral, que tem por objetivo padronizar tarefas e tomar decisões que permitam a continuidade do processo.

De acordo com Assumpção (1996), recursos de produção são nivelados, em situações que favoreçam ajustes para que não ocorra estoque ou antecipação de serviços. Nesse contexto, as equipes dimensionadas são constantes e a definição das etapas não apresenta paralisação.

Essas características de planejamento não contemplam fatores específicos da produção no canteiro de obras, como a alta rotatividade do setor, identificada por Paiva (2003) e a variação climática, que podem desestabilizar o processo produtivo. Observa-se também que a programação para transporte de materiais e recursos sofre constante mudança, uma vez que a obra é realizada em diferentes regiões, conforme demanda. Santos e Filho (1998), atentam para o fato de que vários fatores devem ser analisados para uma logística de canteiro eficiente, como a localização da obra e o descarregamento de materiais. Essa análise permite encontrar disfunções que, para os autores, comprometem o cumprimento dos prazos. Uma determinada indústria que fabrica produtos em massa, por exemplo, não apresenta todos esses fatores críticos, já que possui local fixo para fabricação e gerenciamento de fluxo de materiais, recursos e informações.

O artigo apresentará um estudo de caso de um projeto de construção de edifício, realizado pela empresa Beta¹, identificando as ferramentas da qualidade aplicadas ao planejamento e controle da produção que são utilizados para aumento de produtividade e redução de desperdícios. O estudo de caso foi realizado por meio de visita ao canteiro de obras e entrevista aos funcionários da empresa, com as funções de pedreiro, bombeiro hidráulico, ajudante, eletricista e pintor. A obra citada nesse estudo consiste na construção de um edifício que contém basicamente oito apartamentos distribuídos em quatro andares em um bairro de classe média da cidade de Betim.

A empresa Beta, localizada na cidade de Betim, foi fundada 2008 e tem como valores a organização e segurança do ambiente de trabalho. Composta pelo proprietário e os funcionários da obra, que são contratados conforme a demanda do projeto, a empresa atua no setor de construção de casas e edifícios, contando com parcerias com investidores e uma equipe de projeto constituída de arquiteta e engenheiro civil.

¹ Empresa Beta é um nome fictício designado para garantir a privacidade das informações obtidas.

O objetivo deste estudo de caso é identificar processos de gestão da qualidade aplicados nas etapas de planejamento e controle da obra da empresa Beta, bem como analisar as ferramentas de qualidade aplicadas ao ambiente de construção civil que visam aumento de produtividade e redução de desperdício. Isso será possível pela obtenção dos objetivos específicos, que são: coletar dados referentes ao planejamento e execução da obra realizada pela empresa Beta e compará-los com os princípios da mentalidade enxuta aplicados à construção civil.

Esse estudo se justifica no atual ambiente competitivo, onde as empresas devem aprimorar seu sistema de gestão da produção por meio do uso de ferramentas e análise de dados. Também, como fator determinante de conquista de mercado, são impelidas a melhorar continuamente os seus produtos. Nesse contexto, todas as atividades que não agregam valor ao produto devem ser minimizadas, para obtenção de menores custos, inclusive as que não estão diretamente relacionadas aos materiais, como transporte, manuseio, esperas, entre outros.

Na sequência, o artigo apresenta um referencial teórico contemplando planejamento, controle de obras e a mentalidade enxuta contextualizada ao ambiente de construção civil. Em seguida, estão relatados os resultados e constatações que desenvolvem o estudo de caso. Por fim, serão apresentadas as conclusões relativas aos objetivos propostos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Planejamento e controle de produção

Tubino (2009) identifica o objetivo do acompanhamento e controle da produção como fornecer uma ligação entre o planejamento e a execução das atividades operacionais. Segundo ele, é possível analisar os desvios de produção, sua magnitude e fornecer subsídios para que os responsáveis pelas ações corretivas possam agir. Entretanto, o autor aponta que a variabilidade dos fatores que determinam a produção são frequentes: “Apesar de teoricamente os recursos necessários para a execução dos planos de produção terem sido planejados, infelizmente na prática a ocorrência de desvios entre o programa de produção liberado e o executado é uma situação comum” (TUBINO, 2009, p.163).

O mesmo autor também revela a importância do monitoramento efetivo de todo o processo produtivo para que sejam atingidos os objetivos planejados. Quanto mais rápido os problemas forem identificados, ou seja, quanto mais eficientes forem as ações do acompanhamento e controle da produção, menores serão os desvios a serem corrigidos, menor o tempo e as despesas com ações corretivas (TUBINO, 2009, p.163).

Tubino (2009) acredita que a questão da velocidade com que se deve obter o feedback das informações está associada ao tipo de processo produtivo. Para ele, em processos

contínuos, ou de produção em massa, o retorno das informações deve ser rápido, com coleta de dados em tempo real e acompanhamento imediato, pois em pouco tempo, dada a alta velocidade produtiva, os desvios serão grandes. No outro extremo, nos processos por projeto, o acompanhamento das informações produtivas pode ser em períodos semanais ou maiores, visto que o ritmo de alterações nas tarefas é dessa magnitude.

Cabe ressaltar que, a não ser que os desvios sejam muito significativos, o replanejamento deve ser evitado, pois sempre vale a pena exercer esforços. Mudanças nos planos implicam em alterações em todo o fluxo produtivo, com reflexo por toda a cadeia de fornecimento.

2.2 Planejamento de obras

A melhor forma de iniciar um determinado projeto é levando em consideração alguns elementos de análise: Quanto tempo levará e quantas pessoas serão necessárias para a realização da atividade? (Slack, 2009, p. 284)

Para o planejamento de obras, a construção civil utiliza técnicas de *Program Evaluation Review Technique* (PERT) / *Critical Path Method* (CPM). Segundo Heldman (2009), o CPM é uma técnica de análise de rede do cronograma, que calcula o tempo de folga, ou flexibilidade do cronograma, para cada um dos caminhos de rede através do cálculo das datas de início. Baseia-se em redes sequenciais e numa estimativa única de duração para cada atividade.

O Caminho crítico (CC) de todo projeto é o percurso completo mais longo. Toda a atividade com folga igual a zero é considerada uma tarefa do caminho crítico. Em determinadas circunstâncias, este caminho pode mudar, quando uma atividade com tempo de folga atrasa e utiliza todo esse tempo, ela deve ser incorporada no caminho crítico (HELDMAN, 2009, p. 167). Esse método, segundo Heldman (2009) foi desenvolvido pela Marinha norte-americana nos anos de 1950. Diferentemente do CPM, que utiliza a duração mais provável para calcular a duração do projeto, o PERT usa o que se chama de valor esperado para definir a duração do projeto. Este valor é calculado utilizando a estimativa de três pontos para a duração da atividade e então encontrando a média ponderada dessas estimativas. Tubino (2009) afirma uso das ferramentas simultaneamente é habitual.

Para determinar as tarefas, Silva e Lobato (2010) as classificam entre demanda dependente e demanda independente. Aquelas etapas que só podem ser executadas após conclusão de outras, devem ser planejadas com base na etapa predecessora. A demanda independente contém etapas que podem ser executadas a qualquer momento, considerando-se que devem ser concluídas para o início das atividades que dela dependem. Desse modo, é realizado um cronograma de obra, contendo os tempos para execução de tarefas e quantidade de matéria-prima necessária para o processo produtivo.

Tubino (2009) relaciona as estimativas de tempo das atividades de um projeto à quantidade de recursos (homens, equipamentos, dinheiro, etc.) alocados para cada atividade. Segundo ele, é possível geralmente adicionar, ou retirar, recursos alocados a uma atividade de forma a acelerar, ou desacelerar seu prazo de conclusão. Ele ainda aponta que a análise das atividades não críticas pode determinar redução de custos conforme estudo das folgas para cada atividade. O autor também verifica que é possível reduzir ou aumentar prazos em tarefas do caminho crítico. O segundo tipo de análise é mais trabalhoso, pois envolve a relação custo-benefício para alteração de prazos de atividades do caminho crítico. Inclusive, é possível que outros caminhos críticos sejam estabelecidos e, para tanto, devem ser analisados.

Para Tubino (2009) é interessante para os gestores da empresa acelerar o prazo, visando evitar penalidades por atraso e reduzir os custos que são direcionados para o projeto, como supervisão, maquinário, além de oferecer vantagem competitiva no mercado. Portanto, devem-se comparar os custos da aceleração com os benefícios decorrentes da mesma.

2.3 Controle de obras

Para Mello e Amorim (2009), a construção civil vem passando por um período de fortes investimentos imobiliários. Contudo, eles acreditam que outros setores industriais possuem produtividade consideravelmente superior à da construção civil. O cálculo que os levou à conclusão foi realizado pela divisão do valor agregado pelo número de funcionários, com dados obtidos pelo IBGE referentes ao ano de 2005. A conclusão dos autores associada ao entendimento de que, como definido por Slack et. al. (2013), a produção deve se compor de operações devidamente planejadas e controladas, induzem ao questionamento dos métodos de controle da produção civil.

Mello e Amorim (2009) acreditam que a avaliação de desempenho de uma empresa deve analisar obrigatoriamente a produtividade, o volume e os prazos de produção. Slack (2013), por sua vez, identifica ser fundamental que, para obtenção dos objetivos, a produção integre atividades de planejamento e controle. O planejamento e controle dizem respeito ao que o mercado requer e o que os recursos da operação podem fornecer (SLACK et. al., 2013, p.214).

Em um estudo de caso, Silva e Lobato (2010) encontraram limitações em controle de produção e estoques durante as etapas de uma obra realizada no Brasil. Os autores obtiveram antecipação de prazos de entrega e redução de custos, aumentando a produtividade e o controle de estoques. O estudo consistiu em efetuar um controle específico para mão de obra e materiais envolvidos com a obra, com registro de custos e elaboração de um cronograma para execução de etapas em nível micro. Silva e Lobato (2010) identificaram limitações em processos de produção, aquisição e gerenciamento. Os pontos mais relevantes

identificados pelos autores são relativos ao mau dimensionamento de mão de obra, paradas de produção por falta de matéria-prima e controle limitado de atividades. Após implantação de registro de estoque, os autores observaram que não houve parada de produção por falta de material e identificaram diminuição do retrabalho. Apesar do aumento do número de fretes, a empresa finalizou a obra em prazo mais rápido que o planejado inicialmente.

Em seus estudos, Cândido et. al (2016) analisou a variabilidade de um projeto dividindo-o em etapas para determinar o cumprimento dos prazos conforme o planejamento. Após as medições, foi possível identificar grande variabilidade dos processos produtivos durante as fases iniciais. Segundo ele, nessas primeiras etapas é difícil tomar decisões que mantenham o projeto sob controle e avaliar as consequências dessas decisões.

Nesse contexto, Slack et. al. (2013) afirma que o gerenciamento da produção tem como propósito fazer uma conexão entre o suprimento e a demanda, para assegurar que os processos da operação ocorram eficaz e eficientemente e que produzam os produtos requeridos pelo cliente. Essa relação torna nítida a compreensão de que os materiais e outros requisitos necessários para a produção devem estar disponíveis no momento certo para sua utilização. Esse é o dilema da gestão de estoques: apesar dos custos e de outras desvantagens associadas à sua manutenção, eles facilitam a conciliação entre suprimento e demanda (SLACK et. al., 2013, p.187).

Para Silva e Lobato (2010), o controle de estoque é fundamental na indústria da construção civil, que enfrenta problemas devido à falta de matéria-prima no canteiro de obras em contrapartida aos dispêndios do estoque, incluindo custos de capital e armazenamento. A seguir, serão apresentados instrumentos de planejamento e controle utilizados na indústria da construção civil:

2.3.1 Gráfico de Gantt

O controle de execução de projetos de construção é realizada por meio da medição físico-financeira (CANDIDO et. al., 2016, p.948). Um gráfico de Gantt é a ferramenta de acompanhamento do avanço físico e dos custos das atividades de construção em execução. Para Machado (2003), os gráficos de Gantt representam a forma mais simples de mostrar o plano global do projeto, porque têm um forte impacto visual e são fáceis de entender. Também são úteis para comunicar planos e andamentos de projetos.

Apesar de sua utilização ser muito comum, Cândido (2016) acredita que esse modelo de gestão é focado nos custos, o que não inclui a complexidade do processo e as incertezas de gerenciamento. Machado (2003) alerta que os gráficos são mais bem aplicados somente quando se utiliza um número limitado de atividades, para que não haja um congestionamento de dados.

Não obstante, Vargas (2011) avalia como principal fator negativo o monitoramento das tarefas e não somente as ferramentas. Ele acredita que um preconceito gerado por um processo cultural em que prevalece um controle de projetos informal. Essas considerações podem significar que, se a coleta de dados for realizada com velocidade e precisão e as informações forem devidamente compiladas em tempo hábil, a análise tem sua aplicabilidade sensivelmente aumentada. Caso contrário, ela passa a agregar pouco no processo de controle do projeto. (VARGAS, 2011, p.55)

2.4 Gestão da qualidade na construção civil

Qualidade como conceito vem mudando ao longo dos anos, desde o começo da revolução industrial esta ferramenta já era utilizada, mesmo que só pela realização de uma conferência no trabalho realizado pelos artesões da época. Graças ao aumento de concorrência no mercado o mesmo passou a ser ditado pelos clientes (Miguel, 2012, p.17).

Miguel (2012) cita que há poucas décadas a qualidade passou para a função de gerenciamento. Anteriormente a mesma era relacionada somente a função de inspeção de um determinado produto de uma empresa, hoje em dia dentro das organizações a qualidade não incorpora somente a função de inspecionar o produto, mas ela agrega funções que vão desde a engenharia até o setor de marketing de uma empresa.

Machado (2003) elaborou um estudo analisando os processos de produção na construção civil e identifica que a divisão em subprocessos facilita a gestão sobre os mesmos. Para ele, o aperfeiçoamento ocorre pela agregação de todas as melhorias geradas em cada subprocesso isoladamente, que devem ser avaliadas por índices de desempenho, determinados especificamente para cada atividade produtiva. Isto demanda ações gerenciais que envolvem um processo estruturado em uma via de dois sentidos, estabelecida através de comunicação e comprometimento, considerando a dinâmica do sistema produtivo, antes da execução (MACHADO, 2003, p.41).

Segundo Lantelme (1994) o setor da construção civil no Brasil adquiriu suas habilidades no gerenciamento de obras, principalmente, na experiência de trabalhos anteriores, o mesmo cita que tal fato é responsável pela não incorporação de sistemas de gerenciamento de construções.

Vários estudos a respeito do gerenciamento de uma obra civil consideram que a forma de planejamento e controle de custos, qualidade e prazos é bem precário devido a baixa eficiência do gerenciamento das empresas do setor, segundo Lantelme (1994) isso ocorre em grande parte devido a uma deficiência na forma de coleta de dados e na retroalimentação de informações.

Existe um grupo de Diversas ferramentas que foram desenvolvidas para o planejamento da qualidade, estas ferramentas tiveram origem durante a segunda guerra

mundial a pesar de não serem novas se utilizadas corretamente formam excelente estratégia para gerenciamento de uma produção de um determinado produto. A seguir serão citadas duas ferramentas que servem como base para o gerenciamento de uma determinada melhoria em um processo ou setor produtivo.

2.5 PDCA

Walter A. Shewhart na década de 1930 desenvolveu a metodologia no PDCA, mas esta ferramenta só ficou consagrada a partir da década de 1950 quando foi empregada nas empresas japonesas para o aumento da qualidade de seus processos. Segundo Pacheco, Salles, Possamai (2006), ela tem por objetivo exercer controle de processos, podendo ser utilizado de forma contínua para o gerenciamento dentro de uma organização.

O ciclo PDCA (P – Plain/Planejar), utilizando como base os conhecimentos adquiridos durante a análise, (D – Do/Fazer) é necessário conferir o desempenho do processo, (C – Check/Verificar) visa checar o desempenho, (A – Act/Agir). Fonseca (2006) cita as diversas fase de monitoramento do processo da seguinte maneira. A fase P – consiste na etapa de identificar o problema, observar, análise do processo e desenvolvimento do plano de ação. A fase D – Consiste na atuação de acordo com o plano de ação para bloquear as causas fundamentais do problema encontrado. Na fase C - é realizada a verificação do plano de ação. Durante a fase A - é realizada a etapa de padronização e a etapa de conclusão. Na etapa de padronização é feita a eliminação definitiva das causas para que o problema não reapareça, na conclusão é realizada a revisão das atividades relacionadas ao planejamento para futuros trabalhos Fonseca (2006).

Para Rodrigues (2006) o ciclo PDCA procura acompanhar com eficácia a gestão dos processos produtivos de um determinado sistema, por meio de diagnósticos de determinadas situações que sejam indesejadas e da constante busca de soluções, e devem ser precedidas por meio de uma definição e de planejamento correto do processo.

2.6 Programa 5S

Esta ferramenta é muito utilizada por diversas empresas como base ou preparação para processos de melhorias na organização. Teve origem no Japão na década de 1950, e rapidamente foi disseminado nas empresas daquele país. Segundo Rodrigues (2006) o programa visa por meio da otimização da utilização, ordem, limpeza, saúde e disciplina, o comprometimento e a participação do trabalhador em relação a fatores básicos e que formam pré-requisitos à implantação de processos de melhoria dentro do sistema produtivo.

A origem da denominação 5S se da pelas iniciais Seiri (senso de utilização), Seiton (senso de ordem), Seiso (senso de limpeza), Seiketsu (senso de saúde) e Shitsuke (senso de disciplina). A forma de implantação do programa deve ser antecipada de sensibilização e

conscientização de necessidade de se adotar novos valores e novas posturas para a empresa, principalmente em relação aos tópicos adotados pelo programa. Para Rodrigues (2006) outro aspecto muito importante é a adequação e a contextualização de cada senso a realidade da empresa.

Segundo Rodrigues (2006) o programa 5S não é um programa de melhoria da qualidade, ela é muito importante, mas tem como principal objetivo a preparação da organização, a partir de um adequado processo de reeducação nos aspectos envolvidos, para a implantação de processos de melhoria.

2.7 Mentalidade enxuta no chão de fábrica

O termo Produção enxuta segundo Lorenzon e Martins (2006), foi difundido no ocidente a partir dos anos 1990. Esse método surgiu no Japão nos anos de 1950 por meio de estudos realizados por dois engenheiros japoneses, Eiichi Toyoda e Taiichi Ohno. Após uma viagem dos dois aos Estados Unidos, eles concluíram que os métodos utilizados nas fábricas de produção em massa principalmente na FORD Motor seria inviável no Japão dada as situações do Japão naquela época. Deveria ser necessária a criação de um novo sistema de produção que proporcionasse a eliminação de todas as formas de desperdício em suas fábricas e linhas de produção.

A mentalidade enxuta proposta pela liderança da Toyota busca identificar e eliminar desperdícios que nem sempre estão relacionados a defeito de produto. “Na Toyota procuramos pelo desperdício que geralmente não é notado porque se tornou aceito como uma parte natural do trabalho diário” (SHINGO, 1996, p.110). Ohno (1997) cita os sete tipos de desperdício encontrados na produção:

1. Superprodução – O excesso de produção é considerado desnecessário, porque demanda recursos que não foram solicitados;
 2. Tempo de espera – O tempo gasto entre etapas de produção, ou para carregamento, bem como para a inicialização das atividades é definido como perda por não agrega valor ao produto final;
 3. Transporte – A passagem do material até o local de processamento gera custos de tempo e transporte, sendo determinado como desperdício, uma vez que não é considerado como parte da produção. Também são perdas as passagens do produto pelos operadores durante o processamento;
 4. Processamento em si - Operações que não agregam valor, tais como caminhar para obter as peças, desembalar peças vindas de fornecedores e operar chaves, podem ser consideradas perdas;
 5. Estoque disponível – A acumulação de peças semiprocessadas ou materiais aguardando processamento gera custos que não agregam valor ao produto final;
-

6. Movimento – os movimentos dos operadores podem ser classificados como operação e perda. As operações que não agregam valor são consideradas perdas;
7. Produtos defeituosos – exigem reparos que reduzem a eficiência operacional líquida.

Shingo (1996) classifica os movimentos dos operadores como operação e perda. A perda é qualquer atividade que não contribui para as operações. Segundo ele, existem dois tipos de operação: as que agregam e as que não agregam valor. Aquelas que não agregam valor devem ser eliminadas, para que seja obtido o maior lucro possível. Embora não seja possível eliminá-las totalmente, Shingo (1996) acredita que melhorias no trabalho serão sempre necessárias. No chão de fábrica, por exemplo, outras atividades não agregadoras de valor, tais como aquelas causadas por má manutenção de equipamentos, reparos e retrabalhos reduzem a eficiência operacional líquida (SHINGO, 1996, p.110).

A eficiência é assunto prioritário para a mentalidade enxuta no chão de fábrica. Ohno (1997) afirma que aumentar a eficiência só faz sentido se houver redução de custos. Para tanto, ele orienta que deve ser produzido somente o necessário e usando um mínimo de mão de obra, para que a força de trabalho seja liberada para outras atividades. A eficiência deve ser melhorada em cada estágio e, ao mesmo tempo, para a fábrica como um todo (OHNO, 1997, p.38).

Womack e Jones (2004) definem como características de um sistema produtivo adepto à mentalidade enxuta:

- Especificação do valor e entender o seu fluxo, que consiste em entender as necessidades do cliente, buscando satisfazê-las da melhor maneira possível;
- Produção puxada, que significa não produzir um bem sem que o processo ou cliente posterior o solicite;
- Mão de obra polivalente, capaz de trabalhar com agregação de valor ao produto;
- Ações preventivas de defeitos, ao invés de ações de correção;
- Envolvimento na solução de causas, visando eliminar definitivamente os problemas;
- Parceria entre fornecedor/cliente, envolvendo todos que compõem o fluxo de valor;
- Busca pela perfeição, com intolerância a defeitos e desperdício.

2.6 Mentalidade enxuta no canteiro de obras

As controvérsias das técnicas de PERT-CPM puderam ser entendidas por meio da ascensão do conceito de Construção Enxuta, em 1990. Kato (2013) diagnostica a construção enxuta como a aplicação de valores disseminados pelo engenheiro Ohno, da Toyota, em ambientes de construção civil. Nesse modelo, todos os trabalhadores buscam a

redução de desperdícios, que são considerados como atividades que não agregam valor ao produto.

Para Espinelli (2006), perda é a diferença entre a quantidade de material teoricamente necessário e a de fato utilizada. Segundo ele, o setor da construção civil do nosso país vinha há décadas sendo criticado por um alto desperdício nos canteiros de obra. VahanAgopyan et. al (1998), informam que há muito tempo são realizados debates a respeito do uso excessivo de materiais na construção civil. E somente através de conhecimento de dados é possível tomar decisões que melhorem o desempenho do setor, caracterizado por crescentes exigências de consumidores e elevada competição entre empresas.

Em seus estudos, VahanAgoypan et. al (1998) identificam as principais etapas de processo suscetíveis a sofrer alguma perda de material. Segundo eles, a definição de traço de argamassa ou consumo de concreto por metro quadrado, por exemplo, calculados por um projetista podem conter valores que excedem o necessário para as características estruturais da obra. Já na execução, os movimentos de descarregamento de material, bem como o armazenamento de estoque, fornecedores que enviam materiais com especificações diferentes das que serão utilizadas na obra, furtos ou não cumprimento de procedimentos operacionais, também podem gerar perdas ou consumo desnecessário de materiais.

Santos e Filho (1998), explicam que o termo Construção Enxuta é uma derivação do conceito de Produção Enxuta que foi desenvolvido a partir do Sistema Toyota de produção. Este método visa aumentar a eficiência da produtividade do processo através da eliminação consistente e completa dos desperdícios. Através de estudos envolvendo os diversos setores e processos da empresa, este conceito abrange valores que vão desde o início do projeto até a entrega do produto acabado ao cliente final. O objetivo central é diminuir consideravelmente o tempo de produção e os desperdícios vindos de um processo inadequado e que não agrega valor à construção. Cândido et. al. (2016) vê a aplicação da Construção Enxuta proporcionaram nova visão sobre gestão de obras, que vinculou os processos às expectativas dos clientes, tornando a gestão mais eficaz.

Para Womack e Jones (2004), todas as atividades podem ser transformadas em fluxo. Eles identificam que a visão de fluxo talinha essas atividades, sem interrupções, sem movimentos inúteis, com ferramentas para auxiliar o trabalho, organização para facilitar o fluxo e profissionais polivalentes.

3. METODOLOGIA

O objetivo desse estudo de caso é identificar como as ferramentas de qualidade envolvendo monitoramento e controle podem ser aplicadas aos processos produtivos da obra. Para obtenção dos objetivos desse artigo, uma pesquisa foi realizada na obra da

empresa Beta por meio de visita ao canteiro de obras e entrevista aos funcionários e ao dono da empresa. Essas etapas são contempladas por Yin (2010) como fundamentais para o estudo de caso, que lida com ampla variedade de evidências. A pesquisa é de natureza qualitativa e exploratória.

O estudo de caso é considerado como método adequado para essa pesquisa, pois é apontado por Yin (2010) como um caminho para o entendimento de um fenômeno da vida real em profundidade. São as quatro etapas que o autor estabelece como fundamentais para um estudo de caso: quais questões estudar, quais dados são relevantes, quais dados coletar e como analisar os dados.

As questões a estudar são as características específicas de gerenciamento da qualidade aplicadas no planejamento e controle de obras que configurem a empresa Beta como uma organização que aplica fundamentos da construção enxuta. As proposições consistem na observação de todo o processo de produção do edifício, desde a escolha do local até a entrega ao cliente final, considerando-se que as etapas sejam pré-definidas e estejam contidas no planejamento da obra. Os dados coletados, ou unidade de análise, são qualitativos. A obra visitada consiste na construção de um edifício de oito apartamentos, distribuídos em quatro andares, sendo localizada na cidade de Betim.

Os dados foram coletados por meio de entrevista aos funcionários e ao proprietário. Uma das fontes mais importantes de informação para o estudo de caso é a entrevista (YIN, 2010, p.133). Acredita-se que a entrevista direta permite a obtenção de dados substanciais sobre a realidade da obra, com entendimento dos problemas diários enfrentados pelos envolvidos. Não obstante, houve confidencialidade das informações coletadas e os respondentes tiveram esclarecimento sobre isso antes que a entrevista se iniciasse.

O tipo de entrevista utilizado foi o de entrevista em profundidade, sem delimitação de duração, em mais de uma ocasião e sem pré-definição de perguntas. Para Yin (2010), a grande vantagem dessa condução de relatos é fazer do entrevistado um informante e não um respondente, fornecendo fontes corroborantes à pesquisa. As entrevistas foram direcionadas no âmbito dos eventos comportamentais que evidenciam práticas de construção enxuta em suas tarefas diárias. Os funcionários entrevistados participaram dos processos de execução da obra, incluindo-se pedreiros, bombeiro hidráulico, eletricitas, ajudantes e pintores.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Durante entrevista, o proprietário da Beta informou que a cadeia de valor que compõe os edifícios produzidos envolve clientes, fornecedores e investidores. Os clientes efetuaram a compra do projeto na planta, antes da sua execução, os fornecedores são classificados pela proximidade e qualidade de produtos oferecidos. Os investidores, por sua vez, são pessoas físicas e jurídicas que compram os imóveis para venda após sua construção.

Os funcionários informaram que são comunicados frequentemente sobre as necessidades dos clientes e a importância da estratégia de diferenciação dos produtos. Entre as características principais dos processos, foram indicados a prioridade para obtenção de resultados satisfatórios e diferenciados, além do compromisso em manter o ambiente de trabalho limpo e seguro.

Para eles, aos requisitos de qualidade do produto final inclui-se alvenaria reforçada para isolamento acústico e a prioridade de atenção durante as marcações de tubulação, para atendimento às medidas determinadas no projeto. Os requisitos são validados pelo responsável pela obra e os clientes

4.1 Planejamento da obra

Na empresa Beta as etapas de planejamento de obra são sequenciadas em:

- Definição do público-alvo. Essa primeira etapa consiste na caracterização dos clientes potenciais quanto à classe social e identificar suas necessidades. Esse é um momento de criação de valor, mas não completamente, uma vez que o pedido do cliente ainda não foi concretizado nessa etapa;
- Elaboração de um croqui reunindo ideias principais para o projeto. Essa fase é realizada pelo dono da empresa Beta, com considerações aos valores identificados na etapa anterior;
- Escolha do local. Para tanto, são considerados fatores como proximidade de centros urbanos, preço do terreno, inclinação, qualidade do solo, posição do terreno em relação ao sol, reputação da região e acesso às principais rodovias estaduais da cidade;
- Coleta da documentação referente ao terreno, que são o certificado de ônus e ações e o registro de feitos e ajuizados. Os documentos são importantes para garantir segurança na aquisição do terreno;
- Elaboração do projeto. A equipe responsável é composta pelo dono da empresa, arquiteta e engenheiro civil, que define os requisitos da obra e suas características técnicas, com aplicação da normalização vigente;
- Cálculo dos recursos necessários para o projeto, que consiste na estimativa do tempo de execução do projeto, dos materiais utilizados, da mão de obra exigida e seu custo. Essa etapa envolve a análise do fluxo de valor, a busca por eliminar possíveis defeitos por meio de ações preventivas. Na obra visitada, foi utilizada tubulação hidráulica nas partes externas das paredes, que segundo o gerente do projeto evitou

problemas de infiltrações por vazamentos. Ele também afirma que, para um bom planejamento dessa fase, as lições aprendidas em obras anteriores são fundamentais.

- Determinação da mão de obra necessária. A seleção dos melhores profissionais é fator crítico de projeto na empresa Beta. A liderança da empresa afirma que a maior parte dos imprevistos está ligada à mão de obra, sendo importante que haja um banco de dados com registros de profissionais competentes e hábeis, que sejam escolhidos já na fase de planejamento. Vale ressaltar que os imprevistos também são minimizados pelo controle diário da rotina de trabalho e do acompanhamento da conclusão das etapas da obra. Dessa forma, é possível estabelecer planos de contingência dos problemas em data próxima à de ocorrência.

Os projetos são apresentados aos clientes e investidores, oferecendo possibilidade de alterações que satisfaçam sua necessidade. Nesse momento, é especificada a data de entrega do projeto e os requisitos são vistos na perspectiva de valor.

4.2 Controle da obra

Após efetuarem a negociação, foram iniciados os processos produtivos no canteiro de obras. O controle do cronograma e acompanhamento da obra é feito pelo mestre de obras e o dono da empresa diariamente.

O sistema de planejamento da necessidade de materiais funciona através de planilha. Não foram identificados estoques no canteiro de obras durante visitas e o proprietário da empresa informou que minimiza o uso. Segundo ele, para construção do edifício, os materiais necessários são disponibilizados de acordo com a utilização em cada processo. O abastecimento é realizado diariamente ou conforme a necessidade, para redução de estoques. Isso é possível pela proximidade dos fornecedores de material de construção. O maior número de pedidos de compra impede paradas de produção por falta de materiais e desperdício por excesso de material.

Ainda de acordo com o proprietário, a redução de estoques é vantajosa pela redução de desperdício e por ajudar a tornar evidentes os problemas encontrados durante processos produtivos. Tijolos quebrados, por exemplo, poderiam ser repostos por estoque, evitando que o transporte inadequado que causou a quebra fosse identificado e solucionado.

As metas estabelecidas não são registradas formalmente e os funcionários desconhecem o cronograma da obra. Apesar disso, o monitoramento das atividades ocorre diariamente, bem como são feitas reciclagens de treinamento sobre a importância da saúde,

segurança e organização do ambiente de trabalho. De acordo com a liderança da empresa, é importante difundir os valores da organização para que os funcionários estejam aptos a desempenhar suas funções com maior eficiência.

Como os pavimentos são produzidos repetidamente em todos os andares, a padronização abrange os processos ligados a cada andar. Contudo, não há um nivelamento da produção. Os processos são divididos em etapas menores, que são monitoradas. Funcionários informaram que, quando é necessário esperar pela etapa posterior, são realizadas tarefas de organização do ambiente, seleção de materiais e equipamentos, além de ser possível auxiliar outras equipes de trabalho.

O canteiro de obras possui a rotina diária de limpeza reservada para os trinta minutos finais do expediente dos funcionários. Os materiais de apoio à produção são armazenados em ambiente próprio, evitando acidentes e deslocamentos desnecessários, embora não apresentem identificação.

5. CONCLUSÕES

O planejamento pode ser considerado processo crítico para a construção de um edifício, porque define e oferece suporte às etapas de execução do produto. Devem ser analisados os requisitos do cliente para formação do produto adequado e todas as etapas de produção, elaborar um sequenciamento das tarefas necessárias para conclusão do projeto e definir os recursos demandados. Em geral, pode-se dizer que o planejamento estabelece metas e orienta a segui-las, e sua eficiência é fator determinante para o resultado do empreendimento, porque fornece as informações para os processos e permite analisar toda a cadeia de valor.

O controle, por sua vez, é a maneira como são verificados os resultados relativos às metas, identificando e estabelecendo correção aos desvios que ocorrem no decorrer do processo produtivo.

Os esforços da liderança da Beta em difundir valores ao público interno e externo foram evidenciados durante as entrevistas. Outros princípios da mentalidade enxuta como ações preventivas de defeitos, busca pela perfeição, análise e solução de problemas são fonte de vantagem competitiva da empresa.

A empresa estudada não possui abordagem enxuta totalmente implementada, o que se verifica pela ausência de registros adequados sobre os problemas encontrados e as ações corretivas, das metas estabelecidas e de treinamentos aos funcionários. Além disso, verificou-se a ausência de produção totalmente nivelada, no qual as tarefas são padronizadas e embutidas no fluxo de valor. Contudo, Womack e Jones (2004) alertam que a utilização do fluxo em toda a gama de atividades humanas não se dará de forma fácil ou automática, sendo

preciso ignorar fronteiras de funções, repensar as práticas e ferramentas de trabalho, eliminando o que não agrega valor ao produto.

Como proposta, o estudo dos tempos de ciclo das atividades pode ser ferramenta de padronização que permita abranger o sistema de produção puxada aos subprocessos e reduzir folgas e tempos de espera por meio da produção nivelada. Além disso, uma sistemática de análise de causa raiz dos problemas pela ferramenta kaizen aumenta o envolvimento da equipe e promove melhoria contínua dos processos.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, Vahan. et al. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra. **Coletânea habitare – Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional**. Porto Alegre, v.2, 2003. Disponível em <<http://www.habitare.org.br>>. Acesso em 20 mar. 2017.

ASSUMPÇÃO, José Francisco Pontes. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil - modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 1996.

BUFFON, Neudir. ANSCHAU, Cleusa Teresinha. **Perfil da mão de obra na construção civil de Chapecó/SC**, 2016 Disponível em: <<http://www.uceff.edu.br/revista/index.php/revista/article/viewFile/117/110>>. Acesso em 01 abril 2017.

CÂNDIDO, Luis Felipe; CARNEIRO, Juliana Quinderé; HEINECK, Luiz Fernando Mählmann. Análise da aplicação da técnica de gerenciamento do valor agregado (EVM) em projetos de construção enxuta. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 3, p. 947-965, 2016.

CAMPOS FILHO, A. S. **Treinamento à distância para mão de obra na construção civil**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2004. Disponível em:<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-16122004-141949/pt-br.php>>. Acesso em 29 mar. 2017.

FONSECA, Augusto V. M. da. **Uma análise sobre o ciclo PDCA como método para solução de problemas de qualidade**. Encontro Nacional da Engenharia de produção – ENEGEP. **Anais...** Fortaleza: 2006.

HELDMAN, Kim. **Gerência de projetos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

LANTELME, Elvira Maria Vieira. **Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**. 1994.

LORENZON, Itamar Aparecido; MARTINS, Roberto Antônio. **Discussão sobre a medição de desempenho na lean construction**, 2006.

MACHADO, Ricardo Luiz et al. **A sistematização de antecipações gerenciais no planejamento da produção de sistemas da construção civil**. 2003.

MELLO, Luiz Carlos B. de B.; AMORIM, Sergio Roberto L. de. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. **Production Journal**, v. 19, n. 2, p. 388-399, 2009.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Qualidade: Enfoque e ferramentas**. São Paulo: Artliber.2012.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção Além Da Produção**. Bookman, 1997.

PAIVA, Mônica Souto de; SALGADO, Mônica Santos. **Treinamento das equipes de obras para implantação de sistemas da qualidade**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO. São Carlos, SP. 2003. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2003_tr0208_0179.pdf>. Acesso em 31 mar. 2017.

PACHECO, Ana Paula Reusing. SALLES, Bertholdo Werner. GARCIA, Marcos Antônio. POSSAMAI, Osmar. **O ciclo PDCA na gestão do conhecimento: uma abordagem sistêmica**. 2006.

RIBEIRO, José Luis. **Construção Civil: breve análise**. 2011. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/producao-academica/construcao-civil-breve-analise/3822/>>Acesso em 01 abril 2017.

RODRIGUES, Marcus Vinicius. **Ações para a qualidade: Gestão integrada para a qualidade**. 2 ed. - Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

SANTOS, A. B.; FILHO, J. R. F. Construção Civil: um Sistema de Gestão Baseada na Logística e na Produção Enxuta Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. **Anais...** Niterói: 1998.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção Do Ponto de vista da Engenharia de Produção**. Bookman, 1996.

SILVA, M. G.; LOBATO, Pedro Henrique Miranda. **A utilização de ferramentas de planejamento e controle da produção na adaptação de edificações: um estudo de caso**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. **Anais...** São Carlos: 2010.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Princípios de Administração da Produção**. São Paulo: ed. Atlas, 2013.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. 2. ed. - São Paulo: Atlas, 2009.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas LeanThinking: elimine o desperdício e crie riqueza**. Elsevier Editora, 2004.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso-: Planejamento e Métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

Capítulo 4

O PROGRAMA 5S COMO AGENTE PARA UM AMBIENTE DE QUALIDADE

Amanda dos Reis Viana
Bárbara Ellen Lima Conceição
Iago dos Santos Pereira Penha
Andressa Amaral de Azevedo

O programa 5S como agente para um ambiente de qualidade

*Amanda dos Reis Viana
Bárbara Ellen Lima Conceição
Iago dos Santos Pereira Penha
Andressa Amaral de Azevedo*

RESUMO

O programa 5S é utilizado nas organizações com o objetivo de melhorar o ambiente de trabalho através da eliminação dos desperdícios, organização e limpeza, proporcionando aos colaboradores maior bem estar e motivação para desempenhar suas atividades. Nesse sentido, o presente artigo que é do tipo qualitativo e exploratório tem como finalidade implantar os 5S's em uma transportadora de grande porte, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte. Para atingir o objetivo do estudo realizou-se uma adaptação da implementação do programa da qualidade, a fim de identificar a melhor forma de aplicação no almoxarifado de uma transportadora. A implantação dos cinco sentidos propiciou uma reorganização no setor, causando mudanças no ambiente físico e nos hábitos do colaborador, originando resultados satisfatórios como: ganho de 11,11m³ de espaço através da retirada de prateleiras do ambiente, comercialização de 80% dos itens obsoletos, definição do período de limpeza do ambiente, maior segurança para o colaborador, entre outros. A identificação dos insumos em estoque e as estratégias de descarte utilizadas no trabalho, foram fatores diferenciais da aplicação. Percebeu-se que a mudança de cultura e hábitos do colaborador teve maior contribuição para a sua satisfação ao trabalhar em um ambiente de qualidade do que um dever de apenas cumprir procedimentos.

Palavras-chave: Competitividade. Qualidade. Programa 5S. Almoxarifado.

1. INTRODUÇÃO

A procura das organizações por um ambiente de trabalho diferenciado, produtivo e com um melhor desempenho é resultante das condições do mercado que está cada vez mais exigente. Um fator importante para a consolidação da empresa, tanto em momentos de ascensão, quanto em momentos de recessão da economia, é tornar-se mais competitiva (SILVA, 2017; KATO, 2016). A competitividade organizacional pode ser entendida como a habilidade que uma empresa possui de formular e aplicar procedimentos estratégicos que possibilitem que a mesma alcance e se mantenha a longo prazo em um posicionamento de destaque no mercado (ALBUQUERQUE, 1992). A qualidade integrada ao ambiente organizacional, pode ser uma estratégia para que as organizações obtenham uma melhor performance, a fim de gerar uma vantagem competitiva (ROCHA et al. 2012).

A qualidade passou a ser vista como uma questão de necessidade para as organizações, pois agrupa técnicas para o alcance de melhorias em seus processos ou produtos ofertados. Cerqueira Neto (1991) afirma que o uso de programas de qualidade total traz ganhos para a organização, seja através da satisfação dos clientes, redução de custos operacionais, com serviços externos, ou com o objetivo de reduzir as perdas e utilizar de forma eficiente os recursos existentes. O programa 5S, pode ser um percursos para iniciação dos programas de qualidade em uma empresa (PIRES, 2014).

O 5S é um programa desenvolvido por Kaoru Ishikawa no Japão e passou a ser utilizado por diversos segmentos do mercado em todo o mundo, seu objetivo é o aperfeiçoamento do comportamento e hábitos dos colaboradores, para geração de um ambiente de qualidade, contribuindo para a racionalização e harmonização dos processos internos da empresa (NETLAND e SANCHEZ, 2014; COUTINHO e AQUINO, 2016; RIBEIRO, 2017). Pode-se dizer que o programa 5S influencia de forma positiva os colaboradores, a empresa e o ambiente de trabalho, impulsionando a melhoria da qualidade, possibilitando resultados surpreendentes (GODOY et al, 2001).

No presente trabalho aborda-se o processo de implementação do programa 5s no almoxarifado de uma transportadora de grande porte, denominada Alfa¹, que é especialista em transporte de cargas líquidas perigosas, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte. Os seus clientes são empresas de grande porte, que abrangem amplos espaços geográficos e econômicos e buscam transporte terceirizado de suas mercadorias. Nesse contexto, surge a pergunta: Quais são os benefícios da implantação do programa 5S para melhorar a qualidade do ambiente organizacional de uma transportadora de grande porte?

O objetivo geral deste trabalho é implantar o 5S no almoxarifado de uma transportadora de grande porte. Especificamente, Realizar um estudo das características do setor de almoxarifado; Adaptar as metodologias existentes para a implementação do programa 5S e propor melhorias para o layout.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O programa 5S

O 5S é um programa que surgiu no Japão no ano de 1950 com o objetivo de organizar o país após a Segunda Guerra Mundial, minimizando os desperdícios e os prejuízos ocasionados pela guerra. Só em 1991 o programa foi adotado pelo Brasil pela fundação Christiano Ottoni (LAPA,1998). A implementação do programa está fundamentado em

¹Alfa: Nome fictício para manter a integridade da empresa

consolidar a base do sistema de administração adotado pela empresa, colaborar para a busca da eficiência/eficácia/efetividade e auxiliar para a melhoria contínua em nível pessoal/empresarial (DUARTE; et al. 2013).

O programa é composto por 5 palavras japonesas, que são diretrizes para sua implementação e devem seguir um esquema sequencial de aplicação, com o intuito de se obter os resultados desejados, conforme a Figura 1 a seguir:

Figura 1- Os 5 Senso



Fonte: Elaborado pelos autores

O programa 5S tem início com o senso de utilização, que está ligado a separação dos itens indispensáveis dos dispensáveis, a fim de eliminar armazenagem desnecessária e fazer o uso racional dos recursos. É importante analisar se os itens a serem eliminados podem ser reaproveitados por outros setores. O segundo passo é o senso de organização, que visa aperfeiçoar o tempo e a segurança através de uma organização dos postos de trabalho de forma lógica com identificações dos itens, a fim de poupar tempo na busca (MARTINS et al, 2017; MALHEIRO et al, 2018).

Seguindo, aplica-se o senso de limpeza eliminando a sujeira presente nas instalações, equipamentos, recursos e ambiente, com a finalidade de criar um espaço de trabalho agradável. A tarefa de mantê-lo limpo é de responsabilidade de todos os colaboradores, sendo cada um responsável pelo seu posto de trabalho. Dessa maneira, o ambiente de trabalho deve se manter limpo e organizado após a utilização, para que esteja pronto para o próximo uso, reduzindo o tempo de procura, aumentando a produtividade e a segurança. O quarto passo é o senso de saúde e higiene que se refere a realização dos três sensores anteriores sustentando-os cotidianamente até se transformarem em práticas que permitirá a continuidade dos passos já implantados, com mais condições agradáveis de trabalho, segurança, higiene e saúde. Ambientes onde a desorganização, má disposição e sujeiras fazem partes do dia-a-dia dos colaboradores, proporciona estresse e maiores números de acidentes de trabalho, portanto é fundamental atacar essas fontes, preservando a vida da organização e de seus funcionários que terão mais motivação, asseio e segurança (SILVA, 1996; SOARES et al, 2017).

Por fim, apresenta-se o senso da autodisciplina que se refere a manutenção, controle e revisão dos padrões. Uma vez que os 4S's anteriores tenham sido estabelecidos, transformam-se numa nova maneira de trabalhar, com o propósito de evitar um regresso às antigas práticas. É necessário manter o que foi alcançado e fazer dos primeiros 4S's uma atividade diária de modo a criar uma nova cultura organizacional.

Ribeiro (2010) aponta que a implementação bem-sucedida do programa 5S proporciona benefícios como: redução de custos, melhoria do local de trabalho, eliminação dos desperdícios, otimização dos tempos, movimentos e layout, aumento da produtividade e eficiência, mudança no comportamento organizacional, espírito de equipe de toda organização, ambiente de trabalho mais agradável, entre outros. O Programa possui simples aplicação, porém é difícil de ser quantificado (SILVA et al 2017).

Segundo Campos (1992), a implementação do 5S é baseado no ciclo PDCA. Logo, o planejamento das atividades com definição de prazos necessários para realização de cada uma delas passa a ser a primeira etapa. A segunda é a implantação, mas esta não deve ocorrer com regras muito rigorosas e proporcionar melhor compreensão pelas pessoas envolvidas. A terceira etapa com base no ciclo PDCA, é a avaliação, pois através da preparação e aprovação de listas de verificação tem-se um período de auditoria juntamente com a equipe envolvida. Na última etapa do ciclo são realizados planos de ação corretiva/preventiva para reparar os itens com problemas e para melhorar pontos positivos identificados na auditoria (DUARTE et al. 2013).

2.2 Dificuldade de implantação do programa 5S

A implantação dos programas da qualidade é uma das tarefas mais difíceis de uma empresa, pois está ligado diretamente às atitudes das pessoas, que são submetidas a saírem da zona de conforto para adquirir novos hábitos. A implantação do programa 5S requer mudanças de cultura em toda a empresa, desde a alta gerencial até o operacional, pois além de transformar o modo que cada trabalhador percebe suas atividades, ela altera a filosofia de trabalho, com o propósito de entender de forma sistêmica os processos. Sendo assim, as empresas que conseguem implantar com eficácia o programa 5S, mesmo com todas as suas complexidades, conseguem atingir resultados positivos em todas as áreas empresariais (SILVA et al. 2017).

Durante a implantação do programa 5S podem surgir algumas dificuldades como, resistência dos envolvidos devido a aspectos educacionais e culturais, falta de responsabilidade por parte dos mesmos, ausência da integração do 5S com outros programas da qualidade, entre outros (COSTA et al .2005).

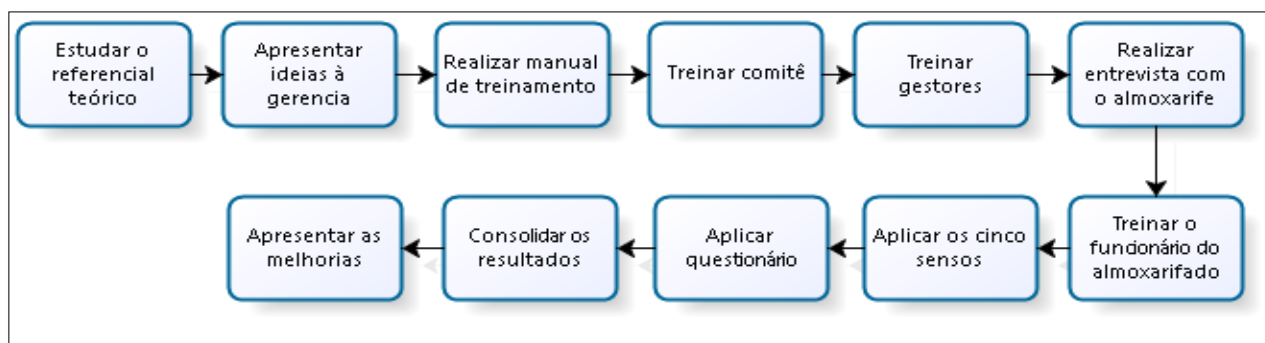
2.3 O 5S e a Gestão da Qualidade Total

A utilização do programa 5S como alicerce para a Gestão da Qualidade Total, tem proporcionado grandes contribuições para o êxito dos processos organizacionais. Gomes et al. (1998) afirma que este programa é modelo para as organizações, e proporciona o comprometimento da organização na busca da qualidade, organizando a mesma para alcançar a excelência. Ainda segundo o autor a qualidade é representada como um conjunto de características dos serviços e produtos, necessários para que a organização tenha uma posição de destaque no mercado. E para que se consiga resultados satisfatórios e efetividade das ações de melhoria é importante seguir um modelo de gestão empresarial dinâmico, uma vez que os resultados baseiam-se muito no respeito às normas, da ordem dentro da organização, da reciprocidade, entre outros (GOMES et al. 1998).

3. METODOLOGIA

Este trabalho é do tipo qualitativo e exploratório, produto de levantamentos bibliográficos de autores que discutem temas pertinentes a implantação do programa 5S. A metodologia de implantação elaborada, como visto na Figura 2, seguiu os seguintes passos:

Figura 2- Fluxograma da metodologia de implantação do programa 5S



Fonte: Elaborado pelos autores

Estudou-se referenciais teóricos, com o intuito de proporcionar uma base sólida de sustentação da teoria. Em seguida realizou-se um estudo do processo de implantação do programa 5S em outras empresas. A partir do referencial teórico e do estudo realizado, apresentou-se a metodologia de implantação do programa 5S para a gerência da empresa em estudo. Após aprovação da metodologia, formou-se um comitê com 5 pessoas, responsáveis por auxiliar a disseminar a implantação do 5S. Para facilitar a compreensão dos envolvidos na implementação do programa, realizou-se um manual de treinamento. Após, treinou-se os integrantes do comitê e os gestores a fim de capacitá-los nos sensores que

seriam implantados. Realizou-se entrevistas com o funcionário do almoxarifado para conhecer o ambiente, bem como as atividades realizadas por ele. Após treinar o colaborador do almoxarifado, aplicou-se os sensores da qualidade conforme o plano de implementação descrito na Figura 2. Após aplicou-se o questionário, para saber a opinião do almoxarife sobre a implantação em estudo. Consolidou-se os resultados para identificar os ganhos com a aplicação do programa e por fim, apresentou-se as melhorias aos gerentes da empresa em estudo.

Elaborou-se um plano de ação para a implementação do programa, utilizando a ferramenta da qualidade 5W1H que é recomendada para expor os objetivos e as tarefas a serem executadas, além de definir os responsáveis e os períodos para alcançar os resultados (IZEPPE; OLIVEIRA, 2013), conforme mostrado no Quadro 1:

Quadro 1 - Plano de ação da implementação do programa 5S no almoxarifado.

	O que ?	Quando?	Quem?	Por que?	Onde?	Como?
Senso de Utilização	Analisar as atividades do funcionário	15/12/2017	Comitê	Conhecer as atividades realizadas no almoxarifado	Almoxarifado	Realizar entrevista com o funcionário
	Identificar os estoques obsoleto	15/01/2018	Almoxarife e comitê	Retirar itens inutilizados	Almoxarifado	Realizar <i>checklist</i> do material e encaminhar o que não for utilizado para a sala de quarentena
	Listar itens da sala de quarentena	10/02/2018	Comitê	Manter a organização	Sala de quarentena	Após listar os itens, descartar os que não serão reutilizados
	Redistribuição de itens obsoletos	21/02/2018	Comitê	Reaproveitamento de material	Corporativo	Através de comunicado interno
	Itens não reaproveitados	15/03/2018	Comitê	Liberar espaço na sala de quarentena	Sala de quarentena	Retirar os insumos inutilizáveis para descarte e/ou venda
Senso de Organização	Realizar inventário	25/01/2018	Almoxarife e comitê	Listar os itens do almoxarifado	Almoxarifado	Análise do estoque
	Analisar itens com alta rotatividade	02/01/2018	Comitê e Funcionário do almoxarifado	Identificar itens com maior demanda	Almoxarifado	Apontamento dos itens de acordo com os registros
	Analisar do layout atual	02/01/2018	Comitê	Verificar disposição das prateleiras e móveis do setor	Almoxarifado	Medir e analisar a área do almoxarifado
	Realizar novo layout	20/02/2018	Comitê	Aumentar espaço para movimentação	Almoxarifado	Analisar melhor disposição das prateleiras

	Identificar itens estocados	25/02/2018	Almoxarife e comitê	Melhor identificação e visualização dos itens	Almoxarifado	Criar etiquetas padrão para os itens
	Integração da armazenagem dos itens do setor no ERP	15/03/2018	Almoxarife e comitê	Padronizar a busca e armazenagem dos itens estocados	Almoxarifado	Lançar todos os itens e seus respectivos locais de armazenagens no ERP
	Requisições através do ERP	04/01/2018	Segurança do trabalho	Otimizar o processo de requisição	SSMA e Almoxarifado	Definir o responsável do setor de segurança para realizar as requisições
	Controlar o estoque pelo ERP	02/01/2018	Corporativo e Almoxarifado	Garantir o controle do estoque do almoxarifado	Corporativo e Almoxarifado	Através da definição do estoque máx e min no ERP
Senso de Limpeza	Definir período de limpeza	28/12/2017	RH	Garantir que o ambiente e os itens do almoxarifado fiquem limpos	Almoxarifado matriz	Definir períodos de limpeza pelos funcionários terceirizados
	Realizar material de divulgação	16/01/2018	Comitê	Conscientizar a importância do ambiente limpo	Almoxarifado	Elaborar cartilhas e comunicados internos
	Comprar lixeiras	20/02/2018	Compras	Manter o ambiente limpo	Corporativo	Orçar compra de lixeiras nas cores da coleta seletiva (plástico e papel)
Senso da Autodisciplina	Normas e procedimentos	28/02/2018	Comitê	Garantir a padronização das atividades	Corporativo	Realizar procedimento padrão
	Plano de auditoria	09/03/2018	Comitê	Mensurar os resultados obtidos	Corporativo	Realizar <i>checklist</i> dos pontos relevantes para auditoria
	Elaborar apresentação dos resultados	09/03/2018	Comitê	Mensurar os resultados obtidos	Corporativo	Gerenciar e analisar o Antes e Depois da implantação do programa 5S

Fonte: Elaborado pelos autores

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

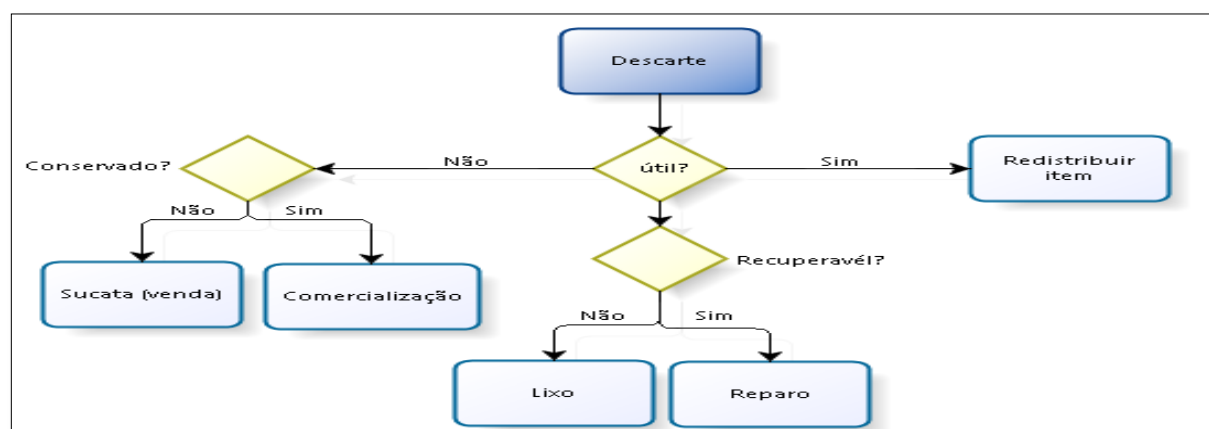
A implantação do programa 5S no almoxarifado da transportadora com as dimensões de 18m x 10m, se deu por ser o 'ponto de visita' para os fornecedores de peças mecânicas, por ser o local de armazenagem de inúmeras ferramentas e equipamentos essenciais para o conserto dos veículos que são fonte de renda para a organização e também por apresentar inúmeros acúmulos de materiais inutilizáveis. O setor em estudo, conta com apenas um

colaborador que é responsável pela gestão de estoque, bem como todas as atividades necessárias para mantê-lo em funcionamento. Seguindo o planejamento de implantação, atingiu-se os resultados.

4.1 Senso de utilização

Para o primeiro senso do programa, moveu-se o estoque obsoleto do almoxarifado para a sala de quarentena, que é o local escolhido para armazenar todos os itens obsoletos por um período de tempo, até a decisão final para estes. Do estoque obsoleto separou-se os itens para descarte, com os parâmetros conforme apresentados na Figura 3:

Figura 3- Fluxograma de descarte de produtos obsoletos



Fonte: Elaborado pelos autores

Constatou-se que aproximadamente 80% dos itens obsoletos serão comercializados, 5% foram transferidos para outras filias da empresa, onde seriam úteis. Foram vendidos como sucata 10% dos itens e 5% foram para o lixo.

É importante ressaltar, que as embalagens de um item de limpeza utilizado pelo lava jato da empresa, que eram juntadas para ser descartadas foram devolvidas para o fornecedor, e a partir dessa logística reversa a Alfa garantiu desconto na próxima compra do produto.

A partir do fluxograma de descarte representado na Figura 3, obteve-se melhorias significativas na sala de quarentena conforme ilustrado na Figura 4:

Figura 4- Antes e depois da sala de quarentena



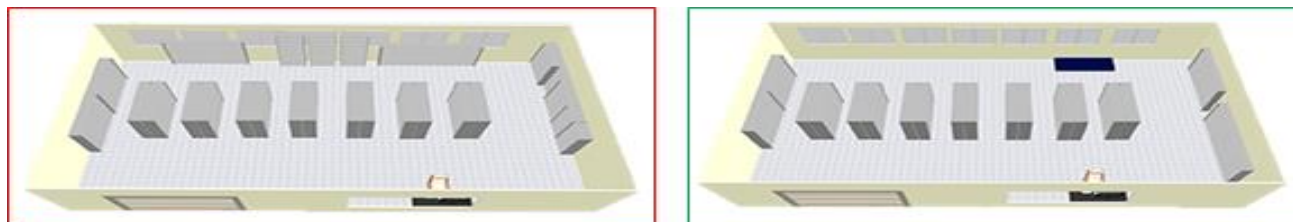
Fonte: Os autores

4.2 Senso de Organização

Realocou-se os itens nas prateleiras de forma que os materiais com maior rotatividade ficassem mais perto do almoxarife, e seguindo a lógica, nas prateleiras mais afastadas do funcionário foram alocados os materiais utilizados eventualmente. O objetivo principal para esse senso, era aproveitar o máximo de espaço das prateleiras e alocar os itens do mesmo grupo próximos uns dos outros. Com a organização do estoque, retirou-se oito prateleiras e realocou-se duas.

Pode-se observar que as 27 prateleiras do almoxarifado ocupavam $52,81\text{m}^3$, após o programa as prateleiras ocupam $41,70\text{m}^3$ do volume total do almoxarifado, cujo tem como volume 639m^3 . Logo, obteve-se um ganho de $11,11\text{m}^3$ de espaço, para melhor disposição dos itens. A partir, do ganho de espaço, definiu-se um novo layout. Na Figura 5, pode ser visto o antes x depois do layout após a retirada das prateleiras:

Figura 5- Layout antes (à esquerda) e depois (à direita) da implantação do programa 5S.



Fonte: Elaborado pelos autores

As identificações dos materiais também foram alteradas, visto que os produtos eram identificados com crachás, correndo o risco de o mesmo cair e se perder.

Figura 6- Antes, durante e depois, respectivamente, das etiquetas de identificação dos itens



Fonte: Os autores

Identificou-se com uma marcação no chão os itens pesados que não podem ser estocados em prateleiras, a fim de mantê-los organizados e com locais de armazenagem padrão.

Figura 7- Antes e depois representando a organização de itens no chão



Fonte: Os autores

Identificou-se as prateleiras com placas, a fim de sinalizar os grupos de itens estocados. Os grupos foram separados conforme a Quadro2:

Quadro 2 - Identificação das prateleiras de acordo com os grupos de itens estocados.

GRUPOS	CORES DAS PLACAS
Produtos de limpeza	Branco
Itens de segurança	Verde
Produtos químicos	Vermelho
Produtos temporários e não utilizados para mecânica	Amarelo
Ferramentas	Laranja
Itens de mecânica	Azul

Fonte:Elaborado pelos autores

A Figura 8 apresenta as fotos do antes e depois da organização no setor de aplicação:

Figura 8- Antes e depois da aplicação do segundo senso



Fonte: Os autores

Ao observar o processo de requisição de EPI, identificou-se que o setor de segurança ao invés de requisitar pelo ERP, realizava o pedido via e-mail, imprimia-o e levava para o almoxarife e então, realizava o pedido via sistema para dar baixa no produto. Após a implantação, o próprio setor de segurança faz a requisição via ERP e o almoxarife apenas realiza a baixa do item no sistema. Esse simples alinhamento do processo propiciou a economia de impressões e folhas, sendo que, no ano de 2017 foram impressas 3.237 folhas para solicitação de requisição.

Realizou-se também o inventário do almoxarifado bem como a disposição de todos os itens integrados no ERP, pois antes, não havia nenhum gerenciamento de armazenagem dos materiais no sistema da empresa. Padronizou-se os estoques máximos, mínimos e de segurança no ERP, que antes da implantação do programa, não era controlado.

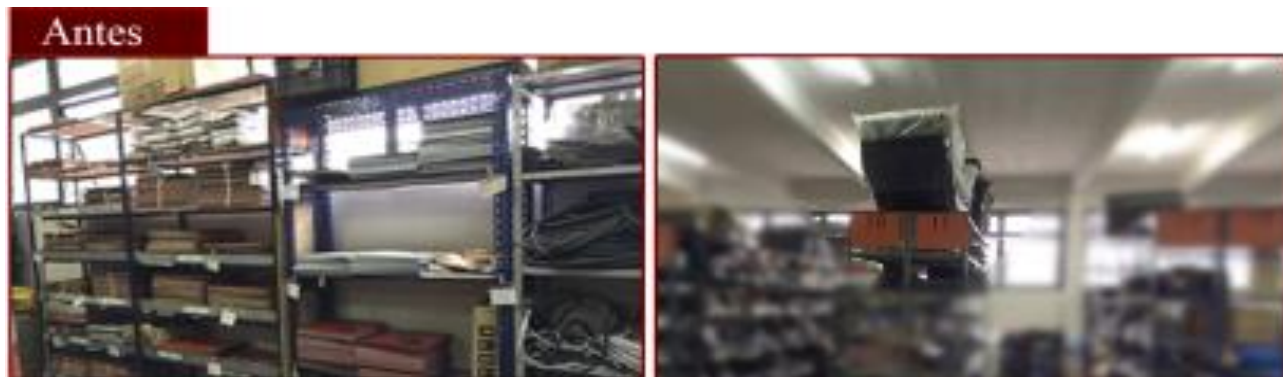
4.3 Senso de Limpeza

O almoxarifado é disposto perto da oficina mecânica, por isso, o maior problema encontrado para esse senso foi o acúmulo de poeira nas prateleiras e nos materiais estocados. Para melhorar essa condição do ambiente, padronizou-se o período de limpeza, que passará a ser limpo quinzenalmente pelo serviço de limpeza terceirizado. Além disso, será disposto no setor, lixeiras de acordo com a coleta seletiva em um local estratégico, visando diminuir o acúmulo de sujeira. Para conscientizar o funcionário sobre a importância de um ambiente limpo e as boas práticas que ele deverá ter para dar continuidade ao programa, serão distribuídos inicialmente, folders e/ou comunicados internos, semanalmente.

4.4 Senso da Saúde e Segurança

Após a implementação do programa, observou-se que com a retirada das prateleiras que tampavam as janelas, a circulação de ar e a entrada de luz, melhorou bastante. A retirada de oito prateleiras foi importante para diminuição do acúmulo de poeira no ambiente estudado, contribuindo para o bem-estar do colaborador. Os itens mais pesados do estoque, foram armazenados com o objetivo de facilitar a movimentação, de modo que as atividades sejam realizadas da maneira ergonomicamente correta, sem que haja risco à segurança do almoxarife e como exemplo, retirou-se os paralamas da parte mais alta das prateleiras e alocou-os em cima de pallets, a fim de evitar acidentes e garantir a integridade física do colaborador, conforme apresentado pela Figura 9a.

Figura 9- a) Prateleiras que atrapalhavam a iluminação e paralamas na parte superior.



Fonte: Os autores

Figura 9-b) Depois da retirada das prateleiras representando a melhoria à entrada de luz no ambiente (à esquerda) edos paralamas da parte mais alta das prateleiras (à direita).



Fonte: Os autores

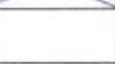
4.5 Senso da Autodisciplina

Por fim, no último e senso e o de maior complexidade, realizou-se um plano de auditoria, com o objetivo de certificar se o colaborador seguirá todos os procedimentos realizados para manutenção do programa. Como forma de alertar o colaborador sobre a importância da aplicação dos sentidos para propiciar um ambiente de qualidade para o mesmo, bem como os resultados obtidos com o programa.

Realizou os procedimentos contendo todos os processos de armazenagem e estoque, bem como a gestão e os processos alterados após a implantação do programa, a fim de torna-los padrão.

Por fim, aplicou-se um questionário para saber a opinião do funcionário do almoxarifado sobre a implementação do programa. Pode-se perceber que o grau de satisfação do funcionário com a implantação é ótimo e que 77,78% das respostas foram o parâmetro Ótimo. Apenas 22,22% das respostas tiveram parâmetros “Bom”, o que não deixa de ser um resultado satisfatório.

Figura 10- Aplicação do questionário

QUESTIONÁRIO IMPLANTAÇÃO DO 5S NO ALMOXARIFADO					
N°	VERIFICAÇÃO	PARÂMETRO			
		Ruim 	Regular 	Bom 	Ótimo 
1	Pensando no Programa 5S, qual o seu grau de satisfação com a implantação do mesmo na empresa?				
2	Como você avalia o novo ambiente de trabalho?				
3	Suas tarefas estão sendo mais produtivas e agradáveis?				
4	Como você analisa o treinamento que você recebeu a respeito do 5S?				
5	Como você avalia a organização dos itens dentro do almoxarifado?				
6	Como você avalia o novo arranjo físico do almoxarifado?				
7	Como você avalia o tempo destinado a organização e limpeza do almoxarifado?				
8	Como você avalia o comitê de implantação do programa 5S? O quanto habilidosos eles foram durante a implantação?				
9	Após a implantação, como você avalia a sua segurança e motivação e no trabalho?				

Fonte: Elaborado pelos autores

5. CONCLUSÕES

A implantação do programa 5S no almoxarifado trouxe vantagens consideráveis à organização frente a qualidade do ambiente estudado. Houve um ganho de aproximadamente 21% do volume de prateleiras a partir da separação de itens obsoletos identificados a partir da separação do que era útil e do que era inutilizável, juntamente com as alterações no layout. Foi possível perceber ganhos também nas condições de trabalho que foram melhoradas após o estudo do ambiente em que este trabalho foi desenvolvido, proporcionando condições de trabalho mais seguro com a retirada de itens que antes eram alocados em locais que poderiam oferecer riscos ergonômicos e de segurança ao colaborador. E segundo o almoxarife, o setor teve uma melhora significativa impactando positivamente em seu posto de trabalho, proporcionando maior satisfação e mais motivação ao desempenhar as funções.

As melhorias são perceptíveis, nota-se o ganho em produtividade a partir do processo de integração do ERP às solicitações ao almoxarifado proporcionando agilidade e economia

com impressões, além de manter um maior controle sobre o estoque com a organização das prateleiras e identificação dos box, que resulta em maior agilidade para o almoxarife ou qualquer outro funcionário, em identificar os itens a serem entregues aos demais departamentos a partir das solicitações.

Por provocar uma mudança de cultura na empresa e nos envolvidos, durante a implantação deste programa, pode-se identificar alguns impasses que podem servir de atenção para trabalhos futuros. Segue abaixo na Quadro 3, as dificuldades de implantação:

Quadro3- Dificuldades de implantação do programa 5S

O que	Proposta de Solução
Baixo nível de conhecimento sobre o programa	Realizar treinamentos ministrados pela equipe responsável pela implantação do programa, a fim de transmitir o conhecimento de como implantar o programa e quais os benefícios que trará para os funcionários e para a empresa
Resistência por parte de alguns funcionários	Mostrar os benefícios que o programa 5S proporcionará para o ambiente de trabalho e como poderá otimizar as atividades que são realizadas pelos funcionários
Tempo do comitê de realizar algumas atividades	Realizar atividades paralelas e dividir os responsáveis pela implantação em equipes, de modo que cada um será responsável por realizar uma parte dos sensos, aperfeiçoando o tempo para cumprir com todos os prazos
Baixo investimento financeiro	Procurar alternativas economicamente viáveis e sustentáveis a realidade que a empresa estabeleceu

Fonte: Elaborado pelos autores

As dificuldades mostradas foram as encontradas na empresa ALFA durante a implantação do programa 5S, no entanto estas são apenas algumas das tantas outras que podem acontecer durante a implantação. As dificuldades que surgem durante a implantação variam de empresa para empresa e do quão empenhados as organizações e os funcionários estão para o sucesso do programa.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Lindolfo Galvão de. **Competitividade e recursos humanos. Revista de Administração da USP**, São Paulo, v. 27 n. 4, p. 16-29, out.-dez. 1992.

CAMPOS, V. F. TQC: **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 3a ed. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, Rio de Janeiro: Bloch Ed. 1992. 224 p.

CERQUEIRA NETO, E. P. **Gestão da qualidade: princípios e métodos**. São Paulo, Livraria Pioneira Editora, 1991.

COSTA, Rafael Brasil Ferro; REIS, SA d; ANDRADE, VT d. Implantação do programa 5S em uma empresa de grande porte: importância e dificuldades. **ENEGEP XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção**–Porto Alegre, RS, Brasil, v. 29, 2005.

COUTINHO, Fagner Melo José; De Aquino, Joás Tomaz. Os 5S como diferencial competitivo para o sistema de gestão da qualidade: Estudo de caso em uma empresa de aços longos. **GESTÃO. Org-Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**-ISSN: 1679-1827, v. 13, n. 2, 2016.

DA SILVA Teixeira, Raphael Henrique Teixeira et al. Gestão da qualidade: um estudo de caso da melhoria organizacional e do processo produtivo por meio da ferramenta 5S. **ANAIS SIMPAC**, v. 8, n. 1, 2017.

DUARTE, Fernanda; Duarte Silva L.C; Eckhardt, Moacir. Métodos para quantificar os resultados das auditorias do programa 5S.**XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, p. 1-15, 2013.

GODOY, Leoni Pentiado; BELINAZO, DenadetiParcianello; PEDRAZZI, Fernanda Kieling. Gestão da qualidade total e as contribuições do programa 5S's. **XXI ENEGEP**, 2001.

GOMES, Debora Dias, et al. Aplicando 5S na gestão da qualidade total.São Paulo: **Pioneira**, 1998.

IZEPPE, Fábio Roberto; OLIVEIRA, Otávio José de. Diretrizes para implantação coletiva e semipresencial de sistemas certificáveis de gestão. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 20, n. 3, p. 603-613, 2013.

KATO, Jerry Miyoshi. Um modelo para a construção de cenários aplicado à Indústria de Transportes Rodoviários de Cargas no Brasil. **Revista da FAE**, v. 10, n. 2, 2016.

LAPA, Reginaldo Pereira. **Praticando os 5 sensos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

MARTINS, Gleison Hidalgo; MARTINS, Sonia Ferreira; FERREIRA, Renata Lincy. Projeto 14: um estudo de caso sobre a implementação do programa 5s no setor de manutenção. **Conhecimento Interativo**, v. 10, n. 1, p. 84-101, 2017.

MALHEIRO, Magno Gilmar Borges; DE CARVALHO Gomes, Leonardo; DOS SANTOS, Eduardo Silva. Contribuição dos 5S para melhoria da produtividade do setor de almoxarifado de uma concessionária de veículos. **Cricte**, n. 28, 2018.manutenção. **Conhecimento Interativo**, v. 10, n. 1, p. 84-101, 2017.

NETLAND, T. H.; SANCHEZ, E. Effects of a production improvement programme on global quality performance: The case of the Volvo Production System, **The TQM Journal**, Vol. 26, No. 2, p.188 – 201, 2014.

PIRES, Carla João Matos. **Aplicação do programa 5S visando a melhoria contínua da qualidade**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro.

RIBEIRO, Haroldo. **5S - A base para a melhoria contínua (das organizações e das pessoas)**. Disponível em: < <http://www.pdca.com.br/site/artigos-haroldo-ribeiro/5s-a-abase-para-a-melhoria-continua.html>> Acesso em 28 de nov. 2017.

ROCHA, Alexandre Varanda; MOTA, Edmarson Bacelar; JUNIOR, Isnard Marshall. QUINTELLA, Odair Mesquita. **Gestão da qualidade e processos**. 2012.

SILVA, Christian Luiz da. Competitividade e estratégia empresarial: um estudo de caso da indústria automobilística brasileira na década de 1990. **Revista da FAE**, v. 4, n.1, 2017.

SILVA, João Martins de. **O ambiente da qualidade na prática - 5S**. 3. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996. 260 p.

SILVA Teixeira, Raphael Henrique Teixeira da et al. Gestão da qualidade: um estudo de caso da melhoria organizacional e do processo produtivo por meio da ferramenta 5S. **ANAIS SIMPAC**, v. 8, n. 1, 2017.

SOARES, Juliano Pires et al. O Sérico e o Lúdico: Um Jogo para o Ensino e a Aprendizagem de Práticas do 5S para Crianças. **VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação**, 2017.

Capítulo 5

PERCEPÇÃO DO MÉTODO POKA-YOKE NA
INCLUSÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA NAS
INDÚSTRIAS

Isabela Fernanda Teixeira
Mariana Hermont Paes
Thiago Kefeler Costa
Luciano Andrade
Alessandra Lopes Carvalho

Percepção do método *poka-yoke* na inclusão de pessoas com deficiência nas indústrias

*Isabela Fernanda Teixeira
Mariana Hermont Paes
Thiago Kefeler Costa
Luciano Andrade
Alessandra Lopes Carvalho*

RESUMO

Buscando atender às exigências legais, muitas empresas se deparam com a dificuldade em inserir pessoas com deficiência no processo produtivo, o que tem gerado discussões no ambiente empresarial e governamental. Outro desafio para as empresas na atualidade, é a sobrevivência em um ambiente cada vez mais competitivo onde existe a necessidade de assegurar produtos diferenciados ante a seus concorrentes. Assim, investir em tecnologias ou em ferramentas que as permitam atingir a qualidade efetiva de seus produtos é uma realidade premente. Este trabalho é, portanto, uma iniciativa de no sentido de propor a utilização da metodologia *poka-yoke* na inclusão de colaboradores com deficiência em postos de trabalhos nas indústrias, garantindo-lhes segurança, qualidade e agilidade na execução das tarefas. Utilizou-se uma abordagem exploratória, por meio da técnica de levantamento. Os resultados demonstram que existem empresas que utilizam o *poka-yoke* na inclusão de deficientes, mas que em sua grande maioria este dispositivo é utilizado como um método para evitar acidentes de trabalho. Constatou-se ainda que as empresas podem contornar as dificuldades de contratação um profissional com deficiência no ambiente industrial com a utilização do *poka-yoke*.

Palavras-chave: PcD. *Poka-yoke*. Manufatura enxuta. Inclusão social.

1. INTRODUÇÃO

A responsabilidade ética das empresas inclui o combate ao preconceito de todas as formas e o reconhecimento da necessidade da isonomia de oportunidades. Tais atitudes devem ser adotadas como valores na busca e no desenvolvimento da diversidade, contribuindo para uma sociedade mais integrada e solidária.

Considerando o cenário brasileiro, marcado por profundas discrepâncias, observa-se que há mais de uma década as empresas vêm buscando um modelo de gestão mais sustentável e socialmente responsável (INSTITUTO ETHOS, 2002).

Um dos pilares da responsabilidade social empresarial consiste na inclusão de pessoas com deficiências (PcD) no mercado de trabalho. Além disso, as empresas devem

garantir que, após a contratação, PcDs terão um posto de trabalho compatível com suas necessidades e habilidades.

De acordo com os dados da Relação Anual de Informações Sociais feito em 2015, 403,2 mil pessoas com deficiência trabalham com carteira assinada, correspondendo a um percentual de 0,84% do total dos vínculos empregatícios. Observa-se o aumento progressivo da participação nos últimos anos: 0,77%, em 2014, e 0,73% em 2013. (RAIS, 2015)

Segundo o IBGE, em 2015, 45,6 milhões de brasileiros declaram ter ao menos um tipo de deficiência, correspondendo a quase 24% da população. No mesmo ano, o número de colaboradores empregados de PcDs aumentou de 5,75% comparado ao ano de 2014. (RAIS, 2015)

Infelizmente, muito além da responsabilidade social, o fator decisivo para a contratação de uma PcD no Brasil é a imposição legal constituída pela Lei 8.213 (BRASIL, 1991, art. 93). Esta lei, conhecida como Lei de Cotas, foi criada há mais de duas décadas e determina a contratação de PcD em número proporcional ao número total de funcionários.

Entretanto, o sistema de cotas para inclusão de PcD no mercado de trabalho não tem sido suficiente para melhoria das condições sócias no contexto empresarial (RAJÃO, 2015). Segundo o mesmo autor, quando uma PcD é contratada, normalmente a escolaridade não condiz com a função executada. Observa-se ainda que há mais homens contratados que mulheres, reproduzindo uma tendência geral quanto a discriminação por gênero. Considerando aspectos individuais, as PcD, desejam ser contratadas com base em suas competências e habilidades e não somente para cumprir uma imposição legal.

Muitas empresas acreditam que ao contratar uma PcD para a execução de uma atividade, a mesma não será executada com a mesma qualidade se executada por uma pessoa sem deficiência. Na maioria dos casos, sabe-se que as empresas poderiam adaptar seus postos de trabalho para que PcDs possam executar tarefas corretamente, tanto quanto qualquer outro indivíduo. (HENRIQUE LÚCIO et al, 2013).

Diante deste contexto, este trabalho objetiva pesquisar a contribuição da utilização de dispositivos *poka-yoke* na inclusão de pessoas com deficiências em ambientes fabris. Espera-se que a utilização de dispositivos *poka-yoke* possa contribuir para garantir a produtividade dos processos e consequentemente a qualidade dos produtos, não afetando na segurança dos colaboradores.

Baseado na filosofia da manufatura enxuta, a implementação da autonomia, através de dispositivos *poka-yokes*, visa minimizar erros que ocorrem durante a produção. Esses mecanismos ajudam a identificar possíveis erros durante o processamento de algum componente ou produto, evitando que defeitos possam ser percebidos após o processo final de produção.

Diferentes tipos de dispositivos *poka-yoke* podem ser desenvolvidos para ajudar na inclusão de PcDs como por exemplo, sinal luminoso para deficientes auditivos e sonoro para deficientes visuais, possibilitando, assim, que elas exerçam suas funções com produtividade, eficiência e qualidade (SILVA, 2010).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Deficiência e inclusão social

Dentre as diversas definições de deficiência, a Lei 13.146 apresenta o conceito (BRASIL, 2015, art. 2):

Considera-se pessoa com deficiência aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas.

Trata-se de um conceito abstrato e permite margem para várias interpretações pois existe uma distinção entre limitação funcional e deficiência. Portanto, ausência de visão, surdez ou dificuldades de locomoção, por exemplo, são reconhecidos como atributos da pessoa e relacionados à diversidade humana.

A deficiência, por sua vez, tem caráter relacional, por se tratar da interação de tais atributos com barreiras existentes no meio social, resultando na dificuldade ou no impedimento do acesso e exercício de direitos em igualdade de condições com outras pessoas. (CONVENÇÃO SOBRE OS DIREITOS DAS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA 2010).

Para Sasaki (1997), a inclusão social consiste na adaptação da sociedade no processo de inserção de pessoas com deficiências em todos os seus sistemas sociais e a preparação destas pessoas para assumir seus papéis na sociedade.

Conforme a Lei 8.213 (BRASIL, 1991, art. 93) que dispõe sobre Planos de Benefícios da Previdência Social, determina que todas as empresas com 100 ou mais empregados são obrigadas a preencher entre 2% (dois por cento) a 5% (cinco por cento) dos seus cargos com beneficiários reabilitados ou pessoas com deficiência habilitadas, também conhecida como Lei de Cotas. O Quadro 1 apresenta a relação entre números de empregados e o percentual de PcDs a serem contratados.

Quadro 1 – Relação

Número de Funcionários	Número de PcD (%)
100 a 200	2
201 a 500	3
501 a 1000	4
1001 -----	5

Fonte: Elaborado pelos autores

Além de determinar a quantidade mínima de colaboradores beneficiários reabilitados ou pessoas com deficiência habilitadas que as empresas devem ter, a legislação brasileira, através da Portaria Interministerial MPS/MF Nº 2, também define que em caso de infração à Lei 8.213 (BRASIL, 1991, art. 93) as empresas infratoras deverão pagar uma multa cujo valor varia, conforme a gravidade da infração, de R\$ 1.617,12 a R\$ 161.710,08.

Segundo Gödke (2010), muitas empresas ainda não atendem o percentual de contratações de PcDs segundo a legislação vigente. Um dos principais motivos apontados é a dificuldade da adaptação e adequação das pessoas aos postos de trabalho.

Gödke (2010) também ressalta que as indústrias contratam de uma PcD para preencher um cargo que não tenha grande complexidade, para postos de trabalho que não necessitem de modificações ou adaptações e que normalmente não geram perspectiva de crescimento profissional.

O Decreto nº. 3.298, de 20 de dezembro de 1999, através do artigo 28, capítulo 1º, define as políticas de qualificação profissional para o deficiente:

A educação profissional para a pessoa portadora de deficiência será oferecida nos níveis básico, técnico e tecnológico, em escola regular, em instituições especializadas e nos ambientes de trabalho.

Este decreto garante a todas as pessoas com deficiência o direito de ter educação em instituições regulares, qualificando-as para o mercado de trabalho.

Quando as empresas contratam novos colaboradores, elas devem assegurar que o ambiente de trabalho esteja adequado ergonomicamente e fisicamente para todos os tipos de trabalhadores, ou seja, elas precisam oferecer condições adequadas de infraestrutura como, posto de trabalho adequado, iluminação, acesso facilitado ao local de trabalho, dentre outros. Não se trata apenas em contratar, mas em oferecer um ambiente favorável para o desenvolvimento dessas pessoas. (INSTITUTO ETHOS, 2002).

Cabe ressaltar que a contratação de PcDs refere-se a pessoas com alguma deficiência congênita ou decorrente de acidentes, inclusive acidentes de trabalho.

A falta de uma política de prevenção de acidentes, pode levar muitos empregados a adquirirem deficiências e sendo afastadas de seus postos de trabalhos e/ou da própria empresa por serem considerados não aptos para aquela função. (INSTITUTO ETHOS, 2002).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) em 2013, aproximadamente 12,4% das pessoas com 18 anos ou mais, já sofreram algum tipo de acidente de trabalho ou ficaram com alguma sequela ou inabilidade, correspondendo aproximadamente a 613 mil de pessoas e cerca de 32,9% deixaram de realizar atividades dos seus postos de trabalho, correspondendo a 1,6 milhão de pessoas.

A empresa deve desenvolver um programa que mantenha estas pessoas e adapte sua nova situação a uma nova estação de trabalho ou a uma nova atividade para estas pessoas. As experiências que elas adquiriram ao longo da vida é muito útil à empresa, não podendo ser descartada desta forma. (INSTITUTO ETHOS, 2002).

Cabe a empresa junto com profissionais como, médicos, psicólogos, engenheiros, desenvolver uma política de adaptação para que essas pessoas retornem as suas atividades com segurança ou seja remanejada de acordo com sua atual situação para uma nova atividade, de forma que ela se sinta motivada. Cada caso deve ser analisado isoladamente, garantindo a melhor escolha para o funcionário. (SILVA, 2010).

2.2 Manufatura enxuta e método *pokayoke*

Na década de 50, após a Segunda Guerra Mundial, no Japão, originou-se o Sistema Toyota de Produção, uma filosofia conhecida mundialmente como Manufatura Enxuta ou *Lean Manufacturing*, que tem como princípios projetar e fabricar produtos buscando a eliminação de desperdícios, e tem-se com propósito reduzir os custos de fabricação e agregar valor ao produto (TUBINO, 2009; TUBINO 2015).

A principal ideia deste sistema é produzir itens com qualidade, no tempo certo sem que haja geração de estoque. Segundo Shingo (1996), os principais objetivos do Sistema Toyota de Produção são identificar as perdas durante o processo e reduzir os custos de fabricação.

Conforme Ohno (1997), existem dois pilares para que exista a eliminação total dos desperdícios, o *just-in-time* e a autonomia, ou automação com um toque humano.

A definição de *just-in-time* é que em um processo de fluxo contínuo, os componentes necessários para a montagem do produto alcancem a linha de montagem no momento e quantidade certos levando ao estoque zero. Problemas durante este fluxo sempre resulta em produtos defeituosos. (OHNO, 1997).

Outro pilar do Sistema Toyota de Produção é a autonomia, que se difere da automação. Hoje em dia é comum encontrar máquinas que funcionam sozinhas, assim que

programadas para executar determinada tarefa, porém pequenas anomalias durante este processo, não são detectadas e podem chegar a danificá-las ou até mesmo produzir partes ou componentes defeituosos em grande escala, formando um grande estoque de produtos estragados. (OHNO, 1997)

As máquinas automatizadas não conseguem evitar o defeito e corrigi-lo. Por conta disso, a Toyota dá ênfase na autonomia, que é a inclusão de máquinas que podem evitar defeitos autonomamente. Para Toyota, uma máquina autônoma, é aquela que tem um dispositivo capaz de distinguir uma condição normal e anormal parando automaticamente seu funcionamento quando encontrado algum defeito. (OHNO, 1997).

Segundo Ohno (1997) nas plantas da Toyota, a maioria das máquinas possuem estes dispositivos *poka-yokes* – dispositivo à prova de erros que impede a produção de itens defeituosos, através da identificação de erros antes que estes se tornem defeitos. Foi idealizado pelo engenheiro Shigeo Shingo como forma de atingir zero defeito e eventualmente eliminar as inspeções.

O sistema *poka-yoke* é considerado um conjunto de procedimentos e ou dispositivos acoplados em máquinas que detectam e corrigem erros durante um processo de fabricação, evitando que peças ou produtos finais cheguem com defeitos aos clientes internos ou externos. (WERKEMA, 2012).

A sua função principal é tentar minimizar a possibilidade de erros através de mecanismos que sinalizem ou parem a linha de produção quando uma condição anormal é detectada. (WERKEMA, 2012).

Como exemplo, alguns erros que podem ser evitados por meio do *poka-yoke* são, a montagem de forma incorreta de um componente, quando se esquece a fixação de uma peça em uma montagem, a falta de preenchimento de um campo obrigatório em uma ficha de cadastro e entre outros. (WERKEMA, 2012).

Segundo Henrique Lúcio et al (2013, p. 386):

A utilização do dispositivo *poka-yoke*, como forma de comunicação com PcDs, pode ser feita de inúmeras formas, como através de sinais luminosos, sonoros e de tato. Esses alertas são de fácil percepção, e quando utilizados de forma correta e dispostos em locais visíveis, garantem que o processo ocorra com segurança e obtenha um sistema a prova de erros.

Quando um erro ocorre em uma linha de processamento, um dispositivo *poka-yoke* age de forma que esta anomalia seja facilmente identificada. Com isso torna mais fácil a inspeção. (SHINGO, 1996).

Segundo o mesmo autor, as causas de defeitos estão nos erros dos operários, e defeitos são os resultados da negligência sobre estes erros. Portanto, os erros não se tornarão defeitos se forem descobertos e eliminados com antecipação.

Para Werkema (2012 p. 1):

As principais causas de erros em produtos ou processos, são: o esquecimento, falta de atenção, treinamento inadequado, falta de treinamento, falta de padronização, não obediência nos padrões.

O *poka-yoke* pode ser utilizado de duas formas para corrigir erros, através do método de controle, e do método de advertência. O método de Controle pressupõe que pós o acionamento do *poka-yoke*, a linha de processamento ou a máquina onde este dispositivo está acoplado, para imediatamente até o operador solucionar a causa do defeito. Evita-se, assim, a produção em massa de produtos defeituosos. O método de controle pode ser classificado de três maneiras (SHINGO, 1996).

- Método de contato: A identificação do defeito será de acordo com o contato ou não diante do dispositivo, que fará a conferência. Ele fará a comparação de acordo com as características do produto, como forma e dimensão por exemplo.
- Método de conjunto. Para este método, será garantido que durante o processamento das atividades nenhuma seja pulada, ele seguirá todos os passos determinados na sequência, de acordo com o número de atividades que foram previstas.
- Método de etapas. Evita que alguma etapa que não faça parte da operação, não seja realizada mesmo por engano. Para tanto, determina os estágios estabelecidos para um certo procedimento, sejam cumpridos.

O método de advertência utiliza um alarme ou luz sinalizadora quando alguma anomalia é detectada no processamento. O *poka-yoke* de advertência permite que o processo, mesmo gerando defeito, continue caso os operadores não atendam ao aviso.

A escolha entre os dois métodos dependerá basicamente da frequência em que estes defeitos acontecem e pelo fato deles poderem ser corrigidos ou não durante o processo. (SHINGO, 1996).

3. METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa para levantar teses, questionamentos e assim propor hipóteses na implementação do *poka-yoke* em indústrias brasileiras para inserir PcDs de uma forma eficaz. A pesquisa foi realizada através do *Google Forms*, uma plataforma online para criação e preenchimento de formulários via web. Foi criado um roteiro fixo contendo dezessete

perguntas, entre questões fechadas, que contribuíram para os índices explorados, e abertas que contribuíram na exemplificação.

O método utilizado foi uma pesquisa do tipo exploratória (CAUCHICK MIGUEL, 2011). Sendo assim foi possível construir hipóteses sobre a difusão do conhecimento da metodologia *poka-yoke* na indústria, como uma maneira de melhorar processos e principalmente, de contornar os problemas de inclusão social no chão de fábrica.

A técnica de levantamento foi a mais indicada para a realização desta pesquisa. A plataforma utilizada permitiu o questionamentodireto com o objetivo de conhecer a percepção das empresas em relação à inclusão de PcDs e o método *poka-yoke*.

O tema da pesquisa foi: “*Poka-yoke* para Inclusão de Pessoas com Deficiência” e o público alvo foram trabalhadores da indústria brasileira. Os principais objetivos eram: identificar se existe a quantidade mínima de PcDs nas empresas como previsto na lei 8.213 (BRASIL, 1991, art. 93), medir o nível de conhecimento da indústria sobre *poka-yoke*, investigar se as empresas sabem que os dispositivos a prova de falhas podem ser utilizados como meio facilitador de inserção das pessoas com deficiências. Os objetivos secundários foram identificar se existem dispositivos *poka-yoke* para prevenir acidentes e identificar se existem treinamentos sobre segurança.

Foi necessária uma identificação do perfil das empresas para análise dos resultados, através dos quais foi possível estratifica-las pelo ambiente (se fabril ou escritório), pela quantidade de empregados, pela frequência dos treinamentos e os principais motivos destes, pela utilização do *poka-yoke* e os principais motivos da utilização deste.

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Ao total 27 (vinte e sete) indivíduos responderam ao questionário, sendo todos do território brasileiro, de diferentes cidades e estados.

Os entrevistados solicitaram sigilo não apresentando os nomes das empresas. Os questionários respondidos apresentaram empresas de pequeno, médio e grande porte dos setores automotivo, mineração, alimentícia e outros.

Para entender o contexto em uma maior região do Brasil foram entrevistadas empresas de diversas cidades como São Paulo, Curitiba, Belo Horizonte, Campinas, Salvador, Juiz de Fora, Osasco e Rio de Janeiro, sendo que a cidade mais entrevistada foi Belo Horizonte, apresentando 6 (seis) respostas.

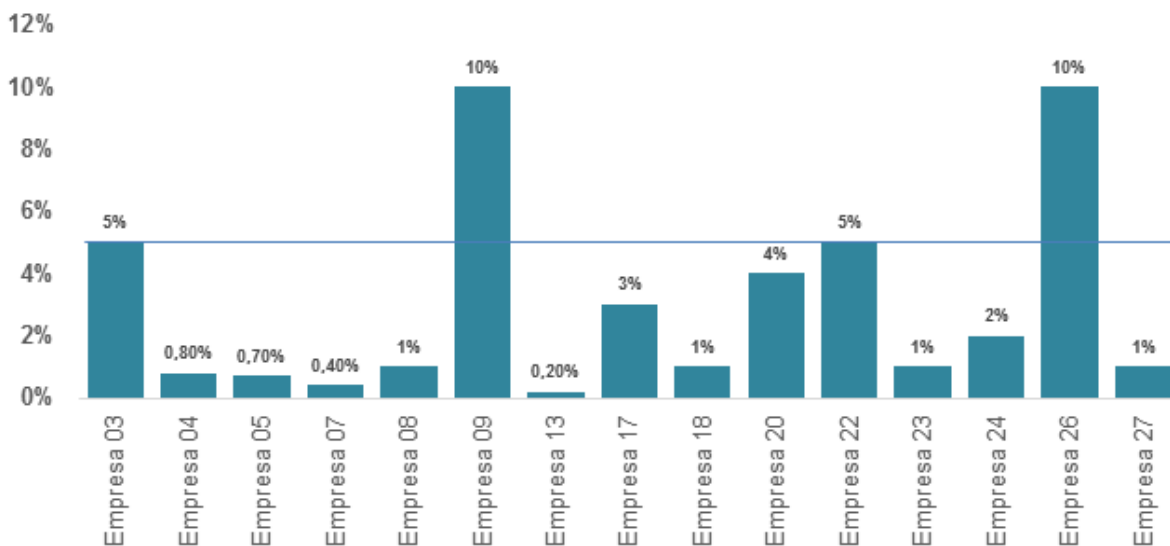
Gráfico 1-Percentual de empresas que possuem pessoas com deficiência em seu quadro de funcionários



Fonte: Elaborado pelos autores

Analizando os resultados obtidos através da pesquisa conduzida neste artigo, percebe-se que apenas 56% das empresas possuem pessoas com deficiência em seu quadro de colaboradores (Gráfico 1), sendo que apenas 27% destas possuem a quantidade mínima exigida pela lei de cotas (Gráfico 2), considerando o número médio de 1505 (mil quinhentos e cinco) colaboradores por empresa. Desses 56% apenas 30% das pessoas com deficiência atuam no chão de fábrica (Gráfico 3), deixando clara a dificuldade de incluir colaboradores deficientes em ambientes fabris.

Gráfico 2- Percentual de pessoas com deficiência



Fonte: Elaborado pelos autores.

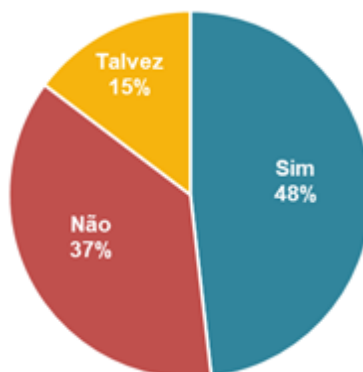
Gráfico 3- Percentual de funcionários com deficiência considerando indústria ou escritório



Fonte: Elaborado pelos autores

Dentre todas as empresas pesquisadas, apenas 37% não possuem dispositivos *poka-yoke* (Gráfico 4) enquanto os treinamentos para evitar falhas produtivas são frequentes em 33%, e muito frequentes em outros 33% das empresas, mostrando o alto empenho das companhias em eliminar desperdícios na produção. Apenas 15% das empresas declararam nunca realizar treinamentos e 19% declararam treinamentos pouco frequentes.

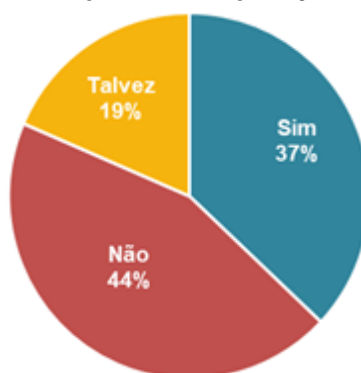
Gráfico 4- Percentual de empresas que utilizam *pokayoke*



Fonte: Elaborado pelos autores

O resultado das empresas em relação às medidas de prevenção de acidentes foi positivo (Gráfico 5). Considerando todas as empresas pesquisadas, 37% utilizam dispositivos à prova de falhas, sendo citados exemplos como a barreira óptica de proteção e travas automáticas. Além disso, os treinamentos sobre segurança dos funcionários foram citados como frequentes em 30% das empresas e como muito frequentes em outros 30%.

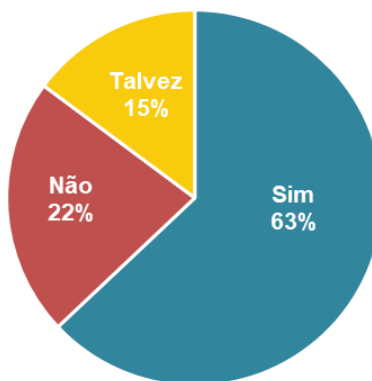
Gráfico 5- Percentual de empresas que utilizam *pokayoke* para prevenção de acidentes



Fonte: Elaborado pelos autores

Grande parte das empresas, na visão dos entrevistados, se mostra preocupada com a inserção de deficientes (63%), conforme Gráfico 6. A maioria destas empresas apresentam obras de acessibilidade (67%), tendo sido mais citados rampas, elevadores e banheiros adaptados, cumprindo a determinação da Lei 10.098/2000, art. 2º.

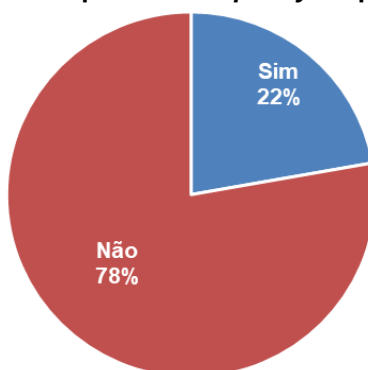
Gráfico 6- Percentual de empresas que se mostram atentas a inserção de deficientes



Fonte: Elaborado pelos autores

Na opinião de 74% dos entrevistados o *poka-yoke* ajudaria na inserção de deficientes na indústria, porém apenas 22% do total (Gráfico 7), utilizam os dispositivos com esse objetivo. Os exemplos de *poka-yoke* mais citados pelos entrevistados na indústria, como facilitadores da inclusão, foram os dispositivos de sinalização visual e os dispositivos com trava dupla para montagem.

Gráfico 7- Percentual de empresas que utilizam *pokayoke* para a inserção de deficientes



Fonte: Elaborado pelos autores

5 CONCLUSÕES

Os resultados da pesquisa desenvolvida durante este estudo apontam que quase metade das empresas amostradas têm conhecimento da metodologia e dos dispositivos *poka-yoke*, porém estes são pouco utilizados para inclusão de pessoas com deficiência. Eles são utilizados mais frequentemente como ferramentas para prevenção de acidentes, como mostrado pelo Gráfico 06, ou para redução de desperdícios produtivos como demonstrado no item 2.3 do referencial teórico.

Além disso, os dados obtidos nesta pesquisa indicam que as empresas têm investido mais recursos em treinamentos operacionais e de segurança do que no desenvolvimento de dispositivos à prova de falhas. Estima-se que, Se as empresas investissem mais em projetos de *poka-yoke* elas poderiam ter ganhos tanto na qualidade de seus, quanto na inserção de pessoas com deficiência.

Na análise da pesquisa desenvolvida, pode-se perceber que a grande maioria das pessoas com deficiência que trabalham nas empresas amostradas, atuam em ambientes de escritório. Essa percepção corrobora com resultados apontados por outros autores em um contexto geral no qual pessoas portadoras de deficiência são contratados para realizar atividades simples em postos de trabalho que não necessitam de adaptações. Portanto, concluiu-se que há a necessidade de uma profunda mudança cultural quando se trata da inclusão de deficientes na indústria brasileira.

A utilização do *poka-yoke* pode pavimentar os caminhos desta mudança, possibilitando que um profissional com deficiências realize atividades mais complexas e com segurança em uma fábrica. Assim as empresas seriam capazes de contornar as dificuldades de contratação apontadas anteriormente. Além disso, as empresas ainda evitariam o pagamento de multas previstas pela Portaria Interministerial MPS/MF Nº 2 de 06/01/2012.

Nos dados mostrados pelo Gráfico 08, percebe-se que existe uma preocupação com a inclusão de pessoas com deficiência no quadro de funcionários das empresas, e conforme

exibido no Gráfico 09, a maioria das empresas amostradas possui uma infraestrutura adequada para receber colaboradores com deficiência. Ainda que na maior parte dos casos, não são procuradas formas adequadas de incluir essas pessoas como força de trabalho. No geral as contratações só acontecem para que ocorra o cumprimento da legislação.

Existem diversas redes e fundações que apresentam projetos de inserção de PcDs no mercado de trabalho. Alguns exemplos são: PSAI (Programa SENAI de Ações Inclusivas – Vertente Pessoas com Deficiência), a Rede Sarah de Hospitais e Reabilitação e a Apae (Federação Nacional de Pais e Amigos Excepcionais).

Apesar de todas essas redes e fundações apresentarem algum projeto voltado para inserção do deficiente no ambiente de trabalho, o *poka-yoke* não foi encontrado em nenhuma descrição dos seus projetos como um instrumento ou metodologia para inserção. O que foi evidenciado em estudos e explorado pela pesquisa conduzida por este artigo.

Uma das contribuições deste artigo seria fornecer informações à essas instituições de reabilitação, bem como empresas produtoras de bens de consumo, mostrando que dispositivos a prova de erros, além de evitarem acidentes, e garantir a qualidade dos produtos, podem ser de grande auxílio ao inserir pessoas com deficiência em ambientes fabris de forma eficaz.

Uma das conclusões deste artigo é de que há a necessidade do desenvolvimento de outros trabalhos sobre este tema, aprofundando o questionário e buscando responder algumas questões para as quais não foram obtidas respostas neste artigo, por exemplo: As empresas estão realmente preocupadas com a inserção de PcDs ou apenas com o cumprimento da legislação? Porque as empresas não contratam PcDs para trabalhar na área industrial?

REFERÊNCIAS

CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2. ed. São Paulo: Campus Elsevier, 2011.

BRASIL. Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 jul. 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8213cons.htm>. Acesso em: 19 ago. 2017.

BRASIL. Lei 13.146, de 6 de julho 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 6 jul. 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>. Acesso em: 19 jul. 2017.

CONVENÇÃO SOBRE OS DIREITOS DAS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA: **Protocolo Facultativo à Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência**: Decreto Legislativo nº 186, de 09 de julho de 2008: Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009. 4. ed. rev. e atual. Brasília : Secretaria de Direitos Humanos, 2010. 100p. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/convencaopessoaacomdeficiencia.pdf>>. Acesso em 15 jun. 2017.

.JASTI, NagaVamsiKrishna; KODALI, Rambabu. Lean production: literature review and trends, **International Journal of Production Research**. 2015. 53:3, 867-885, DOI: 10.1080/00207543.2014.937508.

GÖDKE, Francisco. **A Inclusão Excludente dos Trabalhadores com Deficiência nos Processos Produtivos Industriais**. 2010. 173 f. Tese (Doutorado em Educação no Programa de Pós-Graduação em Educação): Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

INSTITUTO ETHOS. **O que as empresas podem fazer pela inclusão das pessoas com deficiência**. Coordenação Marta Gil. São Paulo: Instituto Ethos, 2002. Disponível em: <<https://www3.ethos.org.br/cedoc/o-que-as-empresas-podem-fazer-pela-inclusao-das-pessoas-com-deficiencia-maior2002/>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

HENRIQUE LÚCIO, Fernando et al. *Poka-yoke*: dispositivos à prova de erros auxiliando na inclusão de pessoas portadoras de deficiência. **Revista Produção & Engenharia**, v. 4, n. 2, p. 385-394, Jan./Jun. 2013.

PACHECO, Diego Augusto de Jesus. **Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma**: limites e possibilidades de integração. UFRGS, Brasil. Prod. vol.24 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2014 Epub Mar 11, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132014000400017>. Acesso em: 15 mar. 2017.

POKA YOKE. **What is PokaYoke.Lean Manufacturing Tools**. 2017. Disponível em: <<http://leanmanufacturingtools.org/494/poka-yoke/>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

RAIS - Relação Anual de Informações Sociais. **Cresce número de pessoas com deficiência no mercado de trabalho formal**. Economia e Emprego: Governo do Brasil. 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/09/cresce-numero-de-pessoas-com-deficiencia-no-mercado-de-trabalho-formal>> Acesso em: 15 set. 2017.

RAJÃO, Nanci das Graças Carvalho. Inserção das Pessoas com Deficiência (PCDS) no mercado de trabalho. In: PEREIRA, Denise de Castro. ALBUQUERQUE, Lucimar Magalhaes; CAMPOS, Sônia Maria .(Org) **Universidade e sociedade: desafios e perspectivas contemporâneos**. Relatos do IX Seminário de Extensão Universitária da PUC Minas. Belo Horizonte: PUC Minas, 2015.

SASSAKI, Romeu Kasumi. **Inclusão: Construindo Um a Sociedade Para Todos**. 3 ed. Rio de Janeiro: WVA, 1997.

SHINGO, Shingo. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, Luís Henrique Stocco Da. **Abordagem para instalação de Poka-Yoke em linhas de produção com deficientes auditivos no setor automotivo**. 2010. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manufatura enxuta como estratégia de produção: a chave para a produtividade industrial**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

WERKEMA, Cristina. **Lean Seis Sigma. Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. 2 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2012.

WERKEMA, Cristina. **Por que usar o Poka-Yoke no Lean Seis Sigma**. Disponível em: <<http://agente.epse.com.br/banasqualidade/qualidade49491311494949.PDF>>. Acesso em: 12 set. 2017.

XAVIER, Maria Cristina; CADORE, Amanda. **Inclusão social da pessoa com deficiência intelectual e múltipla: trabalho, emprego e renda**. Nova Leitura, 2011.

.

Capítulo 6

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC COMO
ESTRATÉGIA DE OTIMIZAÇÃO NO PROCESSO DE
MODELAGEM EM UMA MICROEMPRESA DO RAMO
ALIMENTÍCIO: ESTUDO DE CASO EM UMA
PANIFICADORA

Amanda Carolina Rocha Diniz

Lucas Calazans Rocha Gomes

Patrick de Moraes Hanriot

Roberts Vinicius de Melo Reis

Aplicação da metodologia DMAIC como estratégia de otimização no processo de modelagem em uma microempresa do ramo alimentício: estudo de caso em uma panificadora

*Amanda Carolina Rocha Diniz
Lucas Calazans Rocha Gomes
Patrick de Moraes Hanriot
Roberts Vinicius de Melo Reis*

RESUMO

O presente artigo apresenta o estudo da aplicação da metodologia DMAIC na redução do tempo médio do processo de embalagem em uma microempresa do ramo alimentício localizada em Belo Horizonte. O trabalho enfatiza a aplicação do estudo de tempos e movimentos no intuito de otimização, aumento de produtividade e redução de custos operacionais, bem como a popularização do uso de softwares ligados a estatística para determinação de capacidade de processo. Inicialmente será ressaltado a importância da visão estratégica em pequenos negócios e como a filosofia Seis Sigma pode impactar em seus processos. Adicionalmente será discutida a abordagem do uso do DMAIC, seus conceitos e aplicações. Em seguida serão apresentadas as características da panificadora, como o DMAIC foi aplicado no processo de embalagem e por fim, a análise dos resultados após implementação das melhorias propostas.

Palavras-chaves: Seis Sigma. DMAIC. Qualidade. Cronoanálise. Panificadora.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o SEBRAE (2013), a cada 100 micro e pequenas empresas criadas no Brasil, 75,6% das empresas estabelecidas em 2007 sobrevivem após os dois primeiros anos de atividade. Esse é um número bastante alto, mas ainda assim, 24,4% dos micro e pequenos empresários são obrigados a fechar as portas pouco depois de iniciarem seus negócios. Em outro estudo, o SEBRAE (2004) aponta que a falta de planejamento, a reprodução integral de modelos já existentes, a falta de acompanhamento da rotina da empresa e a dificuldade em adaptar-se às novas tendências mercadológicas são apenas alguns dos erros mais cometidos pelos gestores de empresas de pequeno porte.

Atualmente, micro e pequenos negócios movimentam uma parte significativa da economia brasileira. No entanto, para que essas empresas se mantenham no mercado e se tornem cada vez mais competitivas e lucrativas, é necessária uma maior profissionalização e

uma melhoria da produção. A utilização de técnicas que desenvolvem as etapas produtivas dos processos, eliminando desperdícios e movimentos desnecessários que não agregam valor ao produto final, é de fundamental importância para o sucesso operacional. Com isso em processos produtivos, cada vez mais tem-se buscado o uso de ferramentas da qualidade para aumentar a produtividade e permitir que o microempreendedor concilie diminuição de perdas, ganho de eficiência e aumento da satisfação do cliente em relação aos seus produtos através de estudos estatísticos.

Dentre os diversos modelos de gerenciamento de qualidade propostos ao longo da história, a metodologia Seis Sigma tem se mostrado como uma eficiente ferramenta na gestão de qualidade. Criado pela Motorola em 1986 e difundido pela GE ao longo da década de 80, o Seis Sigma visa o aumento da qualidade dos produtos a um preço mais baixo, o que tornaria a empresa mais preparada para enfrentar o mercado altamente competitivo dos dias atuais (Werkema, 2012). Dentro do Seis Sigma, o método DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) é um dos pilares para o sucesso do modelo. Utilizado como uma metodologia gerencial para alcance de melhorias, esse método usa princípios estatísticos aliados a métodos qualitativos de análise e controle de processos e serviços.

Perante o exposto, o objetivo geral deste trabalho se constitui na aplicação do método DMAIC no processo de embalagem de pães em uma panificadora, no qual chamou-se de X, localizada em Belo Horizonte. A empresa produz diversos itens como pães, bolos e biscoitos, que são vendidos para grandes atacadistas de Belo Horizonte e região metropolitana. Por ser uma atividade identificada como um dos gargalos da produção e que sua má realização pode gerar o refugo por parte do cliente, o processo de embalagem dos pães foi o escolhido para o estudo. Uma vez identificados, através de ferramentas da qualidade usadas na engenharia de produção, os fatores que geram perdas e desperdícios no processo, serão propostas melhorias para aumento da eficiência, qualidade dos produtos e servir de referência para que a Panificadora X continue trabalhando na diminuição de desperdícios e aperfeiçoamento do processo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

De modo geral, toda organização comercial ou industrial, independente do seu tamanho, preocupa-se com a criação de bens e serviços de alguma forma, utilizando homens, máquinas e materiais. A aplicação das ferramentas de engenharia é de fundamental importância para o sucesso na análise desses processos. Assim, ao longo dos anos deparou-se com o surgimento e evolução de diferentes ferramentas de qualidade que possuem basicamente o mesmo foco: aumentar a competitividade das empresas através da diminuição da variabilidade e o aumento da eficiência.

Dentre diversas metodologias, o Seis Sigma se destaca e vem sendo difundida em vários segmentos empresariais onde várias organizações têm relatado ganhos expressivos com sua implantação (Banuelas e Antony, 2002). Segundo Rotondaro (2002), Seis Sigma visa atingir, maximizar e sustentar o sucesso organizacional, através do entendimento do que o cliente necessita e espera de produtos e prestação de serviços. Sendo as necessidades classificadas em internas e externas. Ainda de acordo com Rotondaro (2002), Seis Sigma é um método que se concentra no cliente e no produto.

Durante seus estudos como engenheiro de qualidade na Motorola, Bill Smith viu que o constante aumento da complexidade de sistemas e produtos estava interferindo bastante nas taxas de falha da companhia. Na sua concepção, problema de confiabilidade de sistemas complexos poderia ser resolvido com a utilização de taxas individuais de falha tendendo a zero. A partir dessa premissa ele, juntamente com outros engenheiros, desenvolveu uma estratégia capaz de melhorar tanto a confiabilidade em si quanto a qualidade do sistema. Essa estratégia foi um grande avanço na área da qualidade na década de 80 e ficou conhecida como Seis Sigma, adotando como proposta principal atingir, no longo prazo, uma taxa de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (Summers, Donna C. 2010).

Seis Sigma é uma metodologia estruturada que incrementa a qualidade por meio de melhoria contínua dos processos envolvidos na produção de um bem ou serviço, levando em conta todos os aspectos importantes de um negócio. O objetivo do Seis Sigma é conseguir a excelência na competitividade pela melhoria contínua dos processos. (Rotondaro, 2002).

Considerada como uma estratégia gerencial, o programa Seis Sigma pode acelerar melhorias em processos e consequentemente em produtos (Rotondaro,2002). Contudo, a adoção do programa Seis Sigma em qualquer organização requer comprometimento de todos os níveis hierárquicos da empresa. Esse envolvimento viabilizará a taxa de sucesso na operacionalização dos processos (Ariente,2005)

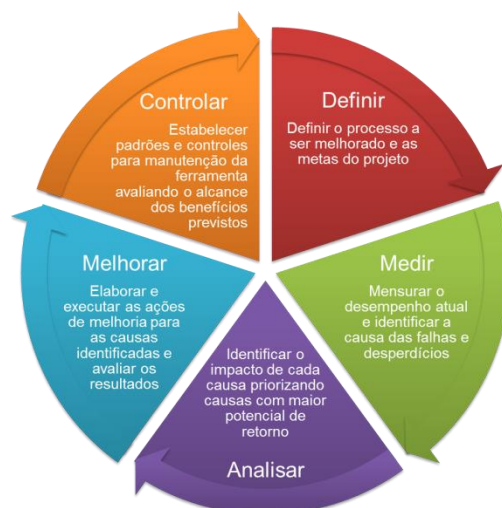
O Seis Sigma utiliza ferramentas e métodos estatísticos para a definição de um problema que pode ser melhorado e mensurado para posteriormente ser analisado. Uma vez que são identificadas melhorias com potencial, o processo é controlado com o objetivo de alcançar resultados ótimos (Rotondaro, 2002).

Segundo Summers (2010) ainda na Motorola foi desenvolvido o modelo conhecido como DMAIC como um aperfeiçoamento do ciclo PDCA (Plan/Do/Control/Act). Rotondaro (2002) destaca que o método científico DMAIC gera um ganho real em qualidade e redução de custos operacionais.

A metodologia de solução de problemas DMAIC se resume em uma sequência lógica de análise de problemas, onde utilizam-se as seguintes etapas: *define* (definir),

measure (medir), *analyse* (analisar), *improve* (melhorar) e *control* (controlar), que juntas possibilitam uma adequada organização da implantação, desenvolvimento e conclusão da maior parte dos projetos Seis Sigma” (Andrietta; Miguel, 2002).

Figura 1 – O método DMAIC



Fonte: Elaborado pelos autores

A aplicação do programa DMAIC inicia-se com a definição do problema e tudo aquilo que está relacionado a ele. Nessa etapa é importante identificar os processos críticos que estão relacionados com ineficiências produtivas. Frequentemente esses processos estão diretamente relacionados com reclamações de clientes, alto custo de mão de obra, baixa qualidade de suprimentos e erros operacionais. (Carvalho; Paladini, 2005).

Segundo Carvalho (2002), para representar um processo é comum o uso de fluxogramas. Através dessa ferramenta é possível analisar e entender de maneira detalhada o processo e conseqüentemente melhorá-lo.

Outra ferramenta bastante eficaz para identificação de problemas em um determinado processo é o diagrama de Ishikawa, popularmente conhecido como diagrama de causa e efeito. Segundo Werkema (1995) “o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e seus fatores (causas)”.

Uma vez que os processos críticos foram identificados, a próxima etapa foca em coletar dados que o afetam e que foram previamente identificados na fase anterior. A seguir, esses dados são transformados em informação (na fase de análise) para que possam gerar soluções às causas das variações. Além disso, nessa fase é possível enxergar a causa

principal do problema e a partir daí, traçar um meio de neutralizá-lo nas etapas subsequentes do DMAIC.

Para Werkema (1995) “os dados representam a base para a tomada de decisões confiáveis durante a análise de qualquer problema”. Claramente, a aplicação de ferramentas da qualidade nos guia para tornar análises de processos cada vez mais quantitativas. Deming (1990) afirma que “Só podemos gerenciar aquilo que medimos”.

Em cadeias produtivas onde o uso de mão de obra é elevado, o estudo de tempos é uma ferramenta de extrema importância na definição da capacidade produtiva, definida por Slack (2009) como “(...) o máximo nível de atividade de valor adicionado em determinado período de tempo, que o processo pode realizar sob condições normais de operação”.

Para auxiliar na coleta de tempos, a aplicação de cronoanálise é bastante comum em meio industrial. Bastante difundido no século XIX e XX, o estudo de tempos e movimentos originou-se da junção das ferramentas de medição do trabalho criadas por Frederick Taylor e da sistematização dos movimentos desenvolvida por Gilbreth, baseado nas tarefas exercidas por trabalhadores durante suas atividades. Também conhecido como cronoanálise, o estudo de tempos e movimentos consiste em uma análise detalhada do trabalho com o intuito de determinar o tempo gasto por funcionários devidamente treinados, trabalhando em um ritmo normal para executar uma atividade específica (estudo de tempos). Assim, desenvolvendo e padronizando o trabalho (estudo de movimentos) e servindo como base para treinamento de trabalhadores no método mais eficiente, organizações têm alcançado bons resultados com a aplicação desse método (BARNES, 1977). Ainda conforme Barnes (1977), o estudo de tempos e movimento consiste nos seguintes objetivos:

1. desenvolver o sistema e o método preferido, geralmente o de menor custo;
2. padronizar o sistema e método;
3. determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e treinada trabalhando em ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica;
4. orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

A próxima etapa do DMAIC caracteriza-se pela análise dos dados coletados. O *Analyse* (Analisar) é muitas vezes visto como uma das etapas mais importantes de todo o programa DMAIC. Após a análise das informações coletados o processo será melhorado. Como dito anteriormente, a fase de melhoria utilizará de todos os dados e análises das etapas passadas para colocar em prática as alterações necessárias para que as especificações sejam satisfeitas. Por último, na fase de controle são criadas ações para monitorar o processo e garantir sua efetividade em longo prazo (BABA, 2008).

Segundo Slack et al (1999), o conceito da melhoria contínua sugere um procedimento ininterrupto, analisando e rediscutindo as atividades delineadas de forma a melhorar o

processo sempre que possível. Desta forma, na metodologia DMAIC as fases podem ser repetidas no decorrer da fase de monitoramento, visando assegurar que os atributos que causam variabilidade sejam neutralizados.

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida pelos dois autores deste artigo de acordo com a metodologia de pesquisa-ação. Segundo Thiollent (2002), o método de pesquisa-ação é um método experimental onde os pesquisadores têm papel ativo e se envolvem cooperativamente no processo propondo ações e soluções para a resolução de problemas coletivos dentro do ambiente analisado. Esse método, além de usar procedimentos de pesquisa já comprovadamente eficazes, propõe ações que irão melhorar a prática de forma contínua, pró-ativa e participativa (TRIPP, 2005).

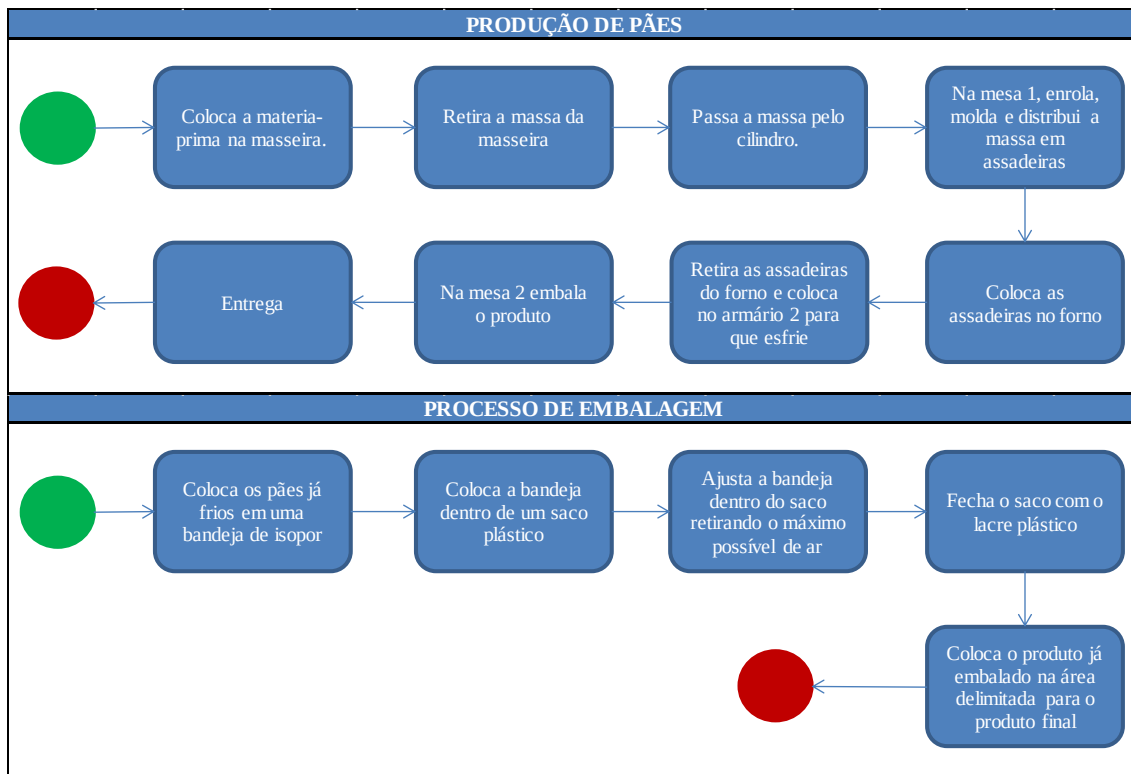
O método DMAIC foi utilizado para a melhoria do processo de embalagem da microempresa, conduzido desde setembro de 2015 até fevereiro de 2016. Foram realizadas diversas visitas às instalações da empresa tanto para análise do processo, coleta de dados e controle das melhorias propostas. Durante a etapa Medir, a utilização da técnica de cronoanálise foi importantíssima. Com ela foi possível que se obtivessem dados confiáveis do tempo gasto por dois operadores em cada movimento necessário para realização da tarefa foco do trabalho. O *software* Minitab foi usado tanto nas etapas de medição, análise, melhoria e controle, como meio de manipular os dados colhidos durante o processo e gerar gráficos estatísticos para profundo conhecimento do processo e impacto das mudanças. Todas as técnicas e ferramentas utilizadas serão discutidas detalhadamente na próxima sessão deste trabalho.

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

A empresa em estudo é classificada como microempresa que atua na área de alimentos com a fabricação de pães, bolos e biscoitos. Atualmente apresenta um quadro com 5 (cinco) funcionários e está situada em Belo Horizonte. Por questões de sigilo, optou-se por não divulgar o nome da empresa neste artigo. Para efeito prático, chamou-se a empresa de Panificadora X..

O processo produtivo da Panificadora se divide em sub processos conforme detalhado abaixo

Figura 2 – Fluxograma do Processo



Fonte: Elaborado pelos autores

A Panificadora X possui produção diária, exceto nos finais de semana e feriados. Os principais clientes estão situados na região metropolitana de Belo Horizonte. Tanto a produção e logística de insumos e produtos acabados são realizadas por funcionários da Panificadora. Por se tratar de produtos alimentícios, toda produção é entregue em até um dia após fabricação. Com isso, não há grandes estoques de produtos acabados nas instalações da Panificadora X.

4.1 DMAIC – Definir

Neste tópico será descrito as etapas de definição dos problemas do processo através do uso de ferramentas estatísticas e observações in loco. O problema caracterizado na panificadora X até então era o tempo médio no processo de embalagem dos pães. O processo de embalagem possui variabilidade significativa, bem como problemas de qualidade do produto. Ao embalar, o operador deve assegurar que parte da quantidade de ar presente no interior do plástico foi removida, pois o ar resseca o pão. Assim, por se tratar de um gargalo no processo da panificadora X, o processo de embalagem será o foco de trabalho desse artigo.

Para entender o processo, realizou-se o levantamento das atividades e coleta de tempo para execução de cada etapa do processo conforme descrito na Figura 2. Para efeito de comparações, solicitou-se que a sequência de atividades da Tabela 1 fosse executada por dois diferentes operadores.

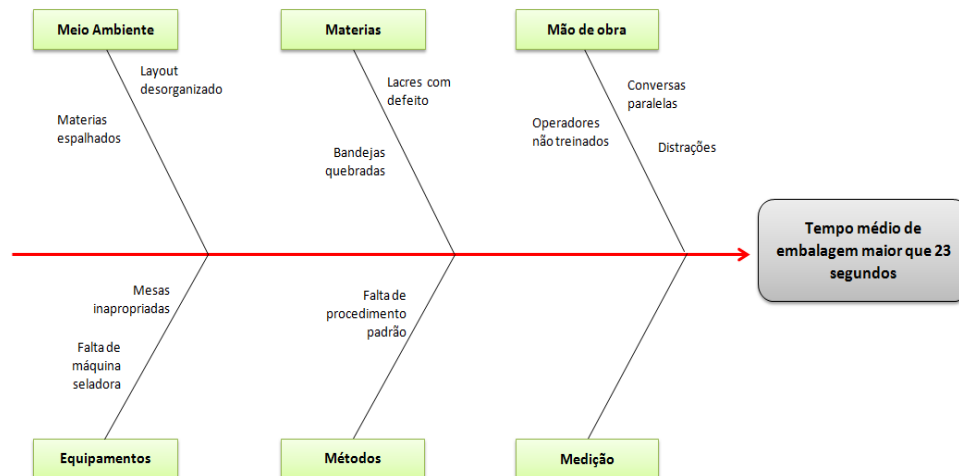
Tabela 1- Relação de atividades do processo de embalagem

Atividade	Descrição
1	Retirar o pão da forma e posiciona-lo na bandeja de isopor
2	Pegar o plástico para embalagem
3	Calocar a bandeja de isopor com o pão dentro do plástico
4	Ajustar a embalagem
5	Amarrar a embalagem com o lacre plástico
6	Colocar o produto já embalado na bancada

Fonte: Elaborado pelos autores

Partindo de uma análise qualitativa é possível verificar alguns motivos que geram variabilidade nas atividades de embalagem dos pães. No diagrama de Ishikawa verifica-se de forma sistêmica as principais causas de variabilidade. Para tanto, o proprietário da Panificadora estipulou que o tempo médio para embalagem não poderia ultrapassar 23 segundos por unidade de saída

Figura 3- Diagrama de causa e efeito do processo Embalagem



Fonte: Elaborado pelos autores

Visando a diminuição da variabilidade no tempo e o alcance da meta no setor de embalagem, procurou-se atuar nas causas listadas na figura 3 nos próximos passos do DMAIC.

4,2 DMAIC – Mensurar

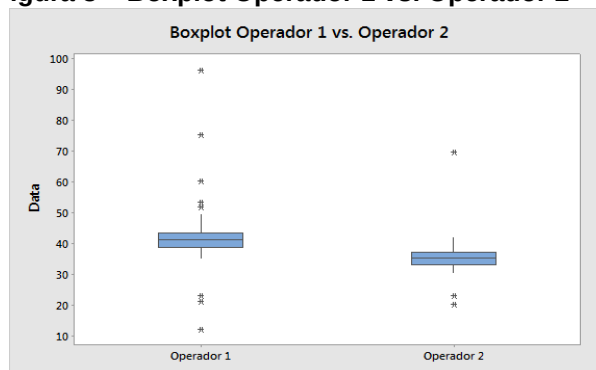
Para que fosse possível entender o comportamento do tempo médio de embalagem dos pães, foram coletados tempos dos dois operadores conforme Tabela 2.

Tabela 2- Tempo de embalagem dos operadores 1 e 2

Tempo médio processo de embalagem					
Amostra	Tempo (seg)		Amostra	Tempo (seg)	
	Op. 1	Op. 2		Op. 1	Op. 2
1	40,34	35,67	26	42,37	34,66
2	38,36	33,65	27	40,66	38,37
3	49,67	34,56	28	53,67	34,34
4	41,37	35,67	29	43,67	33,23
5	38,34	36,66	30	23,33	30,34
6	52,00	37,65	31	40,00	32,34
7	43,57	35,34	32	41,66	31,34
8	42,57	36,7	33	38,99	32,36
9	40,37	37,66	34	45,67	42,34
10	96,37	35,37	35	38,70	20,37
11	38,69	35,33	36	39,66	20,36
12	42,37	38,67	37	60,34	37,34
13	39,56	34,37	38	42,37	33,56
14	41,24	35,34	39	40,37	32,34
15	42,36	36,25	40	43,00	38,37
16	37,70	23,37	41	45,34	32,66
17	41,37	31,34	42	40,66	36,36
18	35,70	32,27	43	41,37	37,32
19	36,59	35,37	44	12,34	38,36
20	39,69	36,26	45	45,67	34,56
21	42,66	34,67	46	41,70	41,32
22	43,70	35,67	47	75,34	35,66
23	45,70	69,67	48	38,69	42,37
24	42,37	33,26	49	21,34	35,67
25	35,00	31,22	50	41,37	38,66

Fonte: Elaborado pelos autores

Analisando as médias de tempos de embalagem dos dois operadores, verifica-se que existe variabilidade no processo de embalagem. Sendo a média de tempo do operador 1 igual a 42,51 segundos e do operador 2 igual a 35,33 segundos realizando a mesma atividade. No *Boxplot*, ferramenta utilizada para “representação gráfica da distribuição de dados de variáveis que, entre outras coisas, apresenta informações sobre a variabilidade e a simetria dos dados” (Braz, 2002) aponta os *outliers* do processo para ambos operadores e a diferença na média de tempo para o processo de embalagem conforme a Figura 4.

Figura 3 – Boxplot Operador 1 vs. Operador 2

Fonte: Elaborado pelos autores

Em estatística é fundamental que os dados analisados sejam confiáveis. Para simular se os dados coletados poderiam ser utilizados para análise do processo, utilizou-se o *software* Minitab. Adotou-se que os dados coletados devem seguir distribuição normal estatística para que possam ser analisados.

A Tabela 3 apresenta um resumo dos valores desses parâmetros para que possa de fato verificar se a amostra coletada está conforme para ser analisada

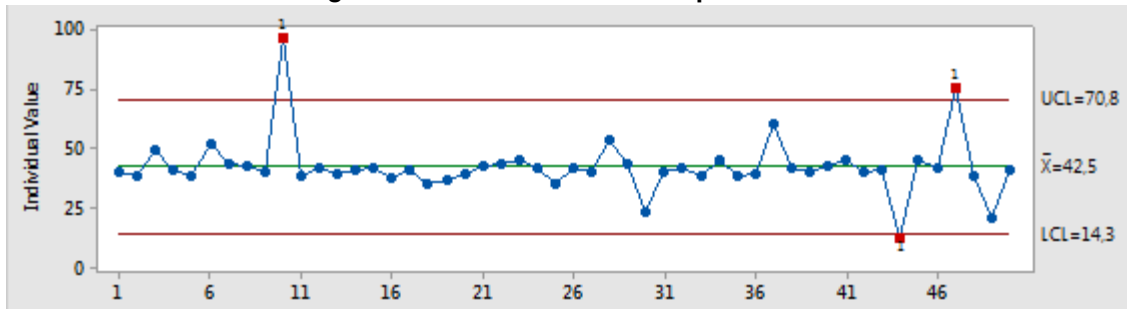
Tabela 3- Parâmetros estatísticos distribuição normal

Dados - Distribuição Normal		
	Operador 1	Operador 2
Média	42,51	35,33
Desvio padrão	11,64	6,57
Número de amostras	50	50
A.D.	5,367	3,94
P-valor	<0,005	<0,005

Fonte: Elaborado pelos autores

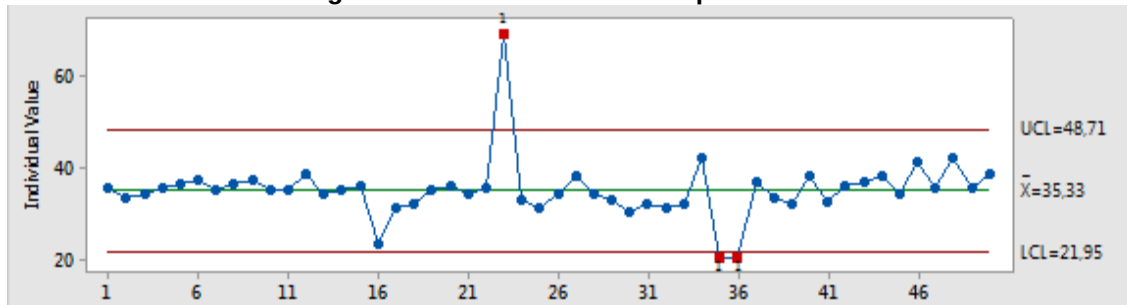
Para esse projeto adotou-se como testes de normalidade o Anderson Darling (AD) e p-valor. Conforme Minitab (2015) *software*, “a estatística de Anderson-Darling (AD) mede quão bem os dados seguem uma determinada distribuição”. Assim, quanto melhor uma distribuição dos dados, menor será os valores de Anderson Darling. Além do teste AD, verifica-se que o nível de significância (p-valor) é menor que 0,005 para ambos os dados. Conclui-se que os dados não seguem distribuição especificada. Para visualizar como as informações coletadas se comportam optou-se por plotar os dados nos gráficos de controle X-barra conforme Figuras 6 e 7.

Figura 4- Gráfico de controle Operador 1



Fonte: Elaboradopelosautores

Figura 5- Gráfico de controle Operador 2



Fonte: Elaboradopelosautores

Nos gráficos das Figuras 6 e 7, observa-se que existem pontos fora dos limites superiores e inferiores que causam alterações nos dados coletados, por isso serão removidos do grupo de amostras. Durante as coletas, observou-se que o operador gastava um tempo maior na embalagem quando na ocorrência de distrações ou falta de materiais para embalagem. Esses pontos estão vinculados aos resultados mostrados no gráfico de distribuição normal.

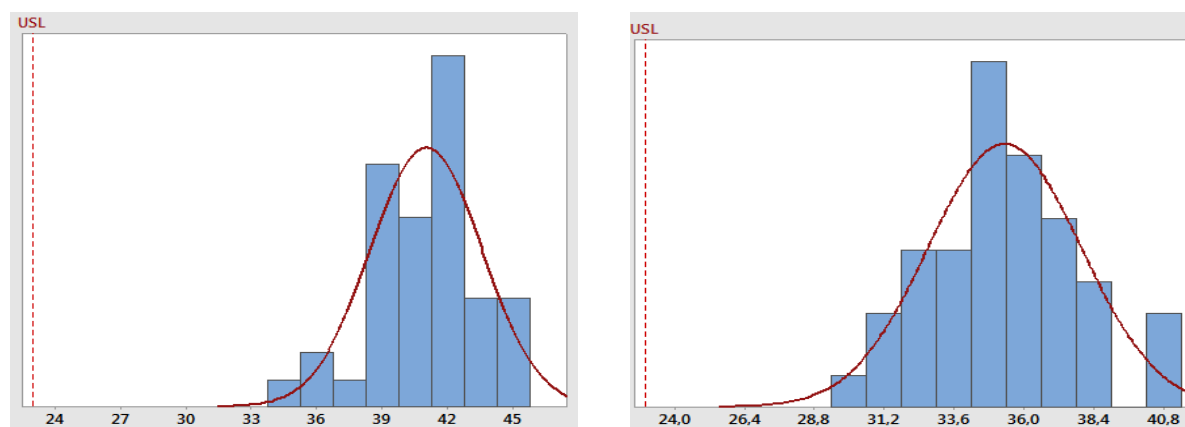
Após retirar os dados que causavam discrepâncias nos valores coletados, simulou-se novamente os dados restantes para verificação da distribuição.

Uma vez que os dados estão tratados e conforme o tipo de distribuição escolhida, inicia-se a análise e simulação das informações coletadas na próxima etapa do DMAIC.

4.3 DMAIC – Analisar

Como meta para o projeto em questão, acordou-se com os proprietários da Panificadora X que o tempo médio de embalagem não poderia ser superior a 23 segundos por unidade de saída. Diante da meta proposta de tempo médio para o processo de embalagem, os dados ajustados foram simulados novamente para determinar se o processo tem capacidade de atender a meta ou não no cenário atual da fábrica.

Figura 8- Histograma dos dados coletados dos Operadores 1 e 2 respectivamente



Fonte: Elaborado pelos autores

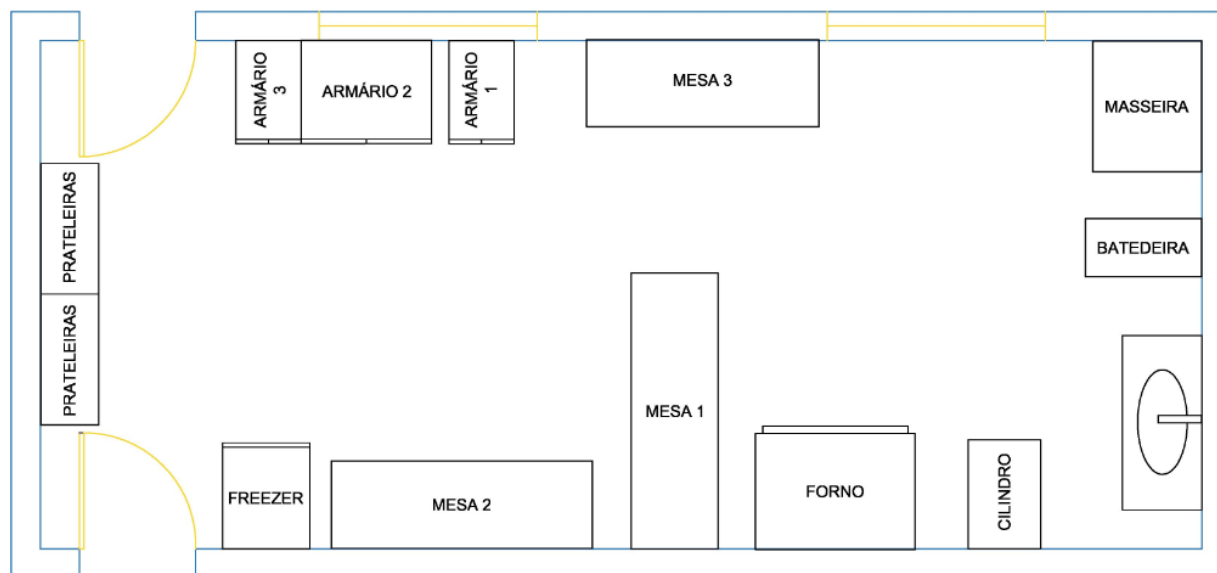
Nota-se que os dados de ambos operadores estão fora da especificação e, dentro desse cenário, o processo de embalagem dos pães não é capaz de atender as especificações determinadas. A meta estabelecida poderá ser atingida com a implementação de melhorias que visem à redução do tempo médio do processo de embalagem. Melhorar o processo é uma das etapas da metodologia DMAIC e será tratada no próximo tópico.

4.4 DMAIC – Melhorar

Mudança do layout

Nessa fase inicia-se a sugestão de melhorias no processo. Primeiramente, sugeriu-se aos proprietários da Panificadora a mudança do *layout* da fábrica. No layout atual, o forno é bem próximo da área de embalagem causando fadiga no operador com o decorrer da jornada de trabalho, reduzindo seu ritmo e gerando risco de acidentes com queimaduras devido à exposição do operador a temperaturas elevadas provenientes do forno industrial. No layout proposto, o forno ficará isolado dos demais equipamentos, o que reduzirá a média de temperatura próxima às mesas de embalar. Nas Figuras 9 e 10 representou-se o *layout* da fábrica antes e depois das modificações propostas.

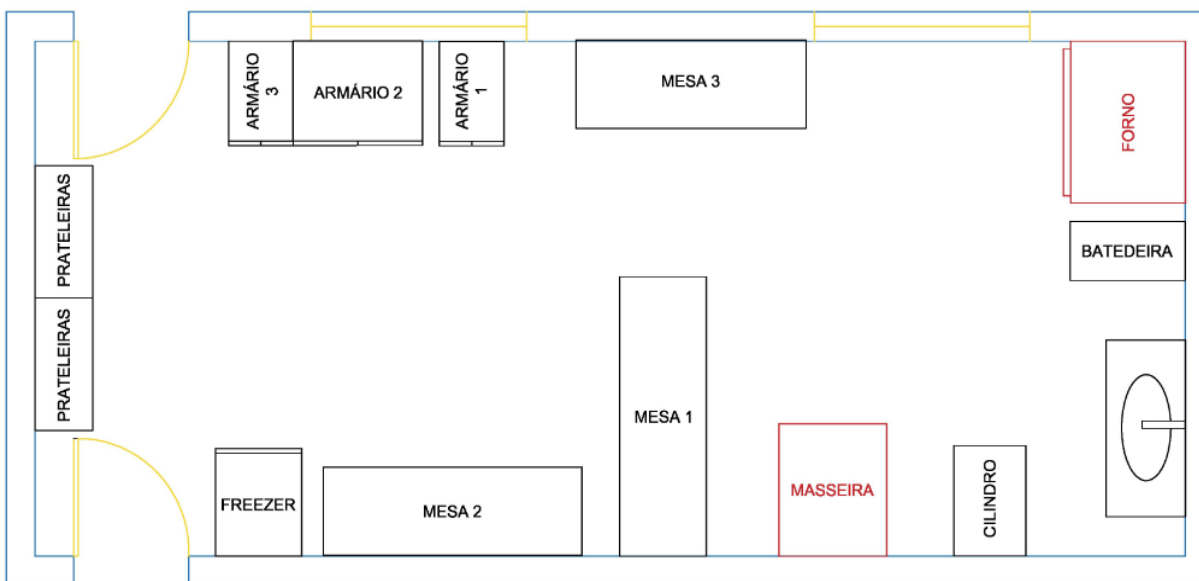
Figura 9- Layout antigo Panificadora X



Fonte: Elaboradopelosautores

Na proposta de novo layout, o forno passou a ocupar o lugar onde ficava a masseira e com isso aumentou-se a distância do equipamento com as mesas de embalar.

Figura 10- Layout antigo Panificadora X



Fonte: Elaboradopelosautores

Aquisição de equipamento para selar

No modelo antigo de trabalho, o processo de embalagem não contava com equipamentos para auxílio durante a selagem dos pães. Além da atividade de selar com lacre ser a mais demorada, o tempo de conservação do produto é comprometido uma vez que o saco plástico não é totalmente vedado. Com isso, sugeriu-se a compra de uma máquina de pequeno porte pra selar o saco plástico. Com a aquisição do equipamento, não há a necessidade de compra de lacres. O investimento para compra do equipamento foi de R\$ 120,00 reais para a fábrica. O uso da seladora diminuiu o tempo de embalagem além de conservar o produto por mais tempo.

Padronização das atividades e treinamento

Os operadores foram treinados quanto à sequência de atividades a serem realizadas e como reduzir os itens que geram desperdícios no processo, como por exemplo, o deslocamento para pegar materiais. Sugeriu-se que todo material utilizado na embalagem fosse colocado próximo às mesas de embalagens. Além das informações repassadas os funcionários da fábrica, criou-se o procedimento otimizado de trabalho que auxiliará qualquer pessoa durante as atividades.

PROCEDIMENTO DE TRABALHO		
Panificadora X		
Processo: Embalagem de pães		
Sequência	Descrição da atividade	Imagem
1	Posicionar o pão na bandeja de isopor	
2	Colocar a bandeja dentro do saco plástico	
3	Selar o plástico utilizando o equipamento de selar	
4	Retirar sobras de plástico	
5	Posicionar o produto em local apropriado	

Figura 6: Procedimento Operacional de Trabalho
Fonte: Elaborado pelos autores

4.5DMAIC – Controlar

Controlar é a última fase da metodologia DMAIC. Nessa fase é possível checar se a implementação das melhorias aperfeiçoou e aumentou a capacidade do processo. A coleta de tempos da atividade de embalagem foi realizada novamente após as melhorias do processo e os dados estão representados na Tabela 5.

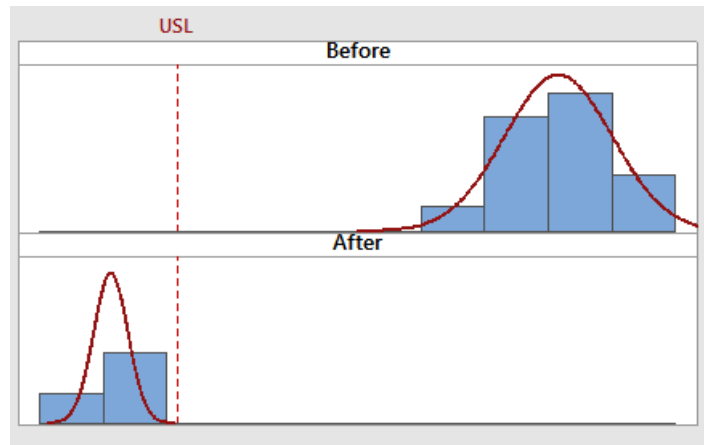
Tabela 5- Tempos de embalagem após melhorias no processo

Tempo médio processo de embalagem após melhorias					
Amostra	Tempo (seg)		Amostra	Tempo (seg)	
	Op. 1	Op. 2		Op. 1	Op. 2
1	20,69	21,29	26	19,89	18,88
2	19,56	20,74	27	19,63	18,79
3	19,22	20,23	28	20,05	20,11
4	20,10	21,02	29	18,49	21,21
5	20,00	21,85	30	20,28	20,12
6	20,11	20,43	31	18,17	19,88
7	19,28	19,44	32	19,19	19,97
8	20,52	20,28	33	18,34	19,96
9	20,84	19,86	34	24,24	21,34
10	20,35	20,54	35	19,34	20,09
11	20,34	20,76	36	19,98	20,48
12	20,38	20,26	37	19,32	19,06
13	19,83	20,34	38	19,78	20,13
14	19,87	19,79	39	19,81	20,15
15	20,73	20,98	40	19,08	19,25
16	19,67	19,29	41	19,59	19,74
17	21,50	20,17	42	19,07	19,82
18	21,40	19,33	43	18,77	18,85
19	21,26	20,46	44	18,09	19,45
20	20,51	21,51	45	20,56	21,24
21	20,17	22,03	46	21,27	20,19
22	20,94	21,22	47	19,54	19,55
23	19,41	19,15	48	20,97	20,69
24	19,11	20,32	49	19,30	20,38
25	19,78	19,26	50	19,57	19,75

Fonte: Elaborado pelos autores

O tempo médio de embalagem reduziu-se significativamente após as mudanças sugeridas à fábrica. Isso foi possível devido à padronização das atividades, organização do ambiente de trabalho e principalmente pelo o uso da máquina de selar. De acordo com Werkema (1995) a verificação de capacidade de um processo pode ser feita por análise gráfica construída a partir de características da qualidade de interesse com os limites de especificações. Na Figura 11 comparam-se os resultados obtidos antes e depois das melhorias adotadas pela Panificadora. Graficamente nota-se que o processo está dentro do limite superior estabelecido.

Figura 11- Gráfico de distribuição tempo de embalagem operador 1



Fonte: Elaborado pelo autores

Além da análise gráfica, outra forma de expressão da capacidade de um processo consiste em cálculos de capacidade. Conforme Werkema (1995) “os índices de capacidade processam as informações de forma que seja possível avaliar se um processo é capaz de gerar produtos que atendam às especificações provenientes de clientes internos e externos”.

Os índices de capacidade são conhecidos como C_p e C_{pk} . Se a variável de interesse tem característica de especificação bilateral, utiliza-se o índice C_p (Werkema, 1995). Já o C_{pk} nos permite avaliar dados com somente uma especificação de limite. No caso desse artigo, será utilizada somente a avaliação do C_{pk} , já que só foi determinado limite superior de especificação. Verifica-se que os parâmetros estatísticos do operador 1 melhoram em relação ao cenário antigo conforme Tabela 6:

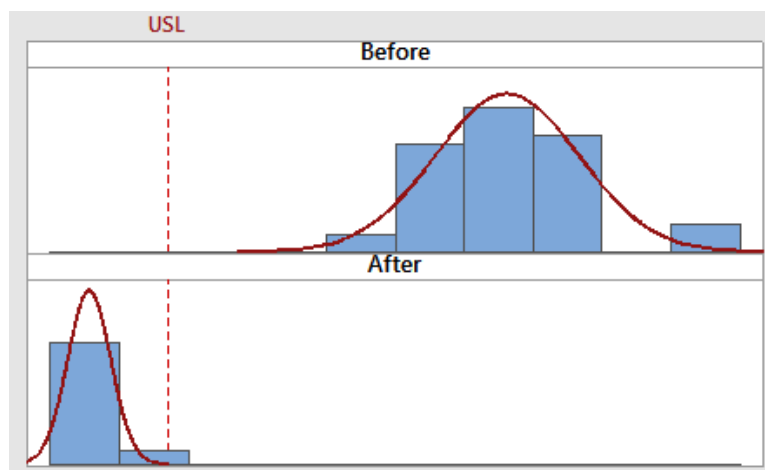
Tabela 6- Comparativo parâmetros estatísticos operador 1

Dados - Comparativo Operador 1		
	Antes	Depois das melhorias
Média	42,51	19,87
Desvio padrão	2,56	0,81
C_{pk}	-2,35	1,28

Fonte: Elaborado pelos autores

Nos dados coletados para o operador 1, o processo era incapaz por apresentar c_{pk} menor que 1. Após as melhorias o c_{pk} foi para 1,28, tornando o processo aceitável. Partindo da mesma análise, para o operador 2, verifica-se que grande parte dos dados coletados estão dentro das padrões estabelecidos conforme gráfico comparativo de distribuição abaixo:

Figura 12- Gráfico de distribuição tempo de embalagem operador 2



Fonte: Elaboradopelosautores

Assim como o operador 1, os dados coletados do operador 2 após as melhorias estão conforme os limites de especificações.

Tabela 7- Comparativo parâmetros estatísticos operador 1

Dados - Comparativo Operador 2		
	Antes	Depois das melhorias
Média	35,33	20,19
Desvio padrão	2,63	0,78
Ppk	-1,56	2,76

Fonte: Elaboradopelosautores

A fase de controle no DMAIC tem fundamental importância. Essa é a fase onde ocorre a validação das melhorias implementadas e as análises do impacto na organização. Contudo, é necessário checar com o decorrer do tempo se os resultados serão mantidos. Caso ocorra alguma interferência, é necessário retornar à etapa medir e refazer as fases seguintes do DMAIC para encontrar novas causas raízes que afetam a produtividade do processo.

5. CONCLUSÕES

O período de acompanhamento na Panificadora X foi de cinco meses, desde avaliação *in loco* até validação das melhorias sugeridas. No cenário antigo da Panificadora, era notório o acúmulo de ineficiências no processo e o desconhecimento das ferramentas de métodos e processos que poderiam auxiliá-los no aumento de produtividade.

Embora a empresa seja predominantemente familiar e de pequeno porte, os proprietários aceitaram as propostas e se empenharam para que as mesmas ocorressem. Em

nível de produtividade, a Panificadora X obteve aumento de aproximadamente 95%, passando de 92 produtos embalados por hora para 179 produtos.

Além dos ganhos de quantidade produzida, o processo de embalagem está com o layout mais organizado e adaptado para que o operador possa realizar suas atividades de forma eficiente e segura.

Quanto à qualidade dos produtos, a empresa conseguiu reduzir a quantidade de produtos perdidos devido à vedação incorreta do saco plástico.

O objetivo principal desse artigo foi apresentar a aplicação dos conceitos do DMAIC e analisar seus resultados atingidos em uma empresa de pequeno porte do ramo alimentício. Muito se fala da aplicação do DMAIC dentro da filosofia Seis Sigma em grandes complexos industriais, porém, a aplicação dessa metodologia em empresas de micro e pequeno porte pode atingir excelentes resultados conforme demonstrado nesse estudo de caso.

O detalhamento das atividades no processo de embalagem teve significativa representatividade no decorrer desse projeto. Pode-se observar que por se tratar de um gargalo no processo deveria ser cuidadosamente analisado. Com pouco investimento, a empresa obteve bons resultados operacionais e que futuramente serviram como case de sucesso para pequenos e médios empreendimentos.

Sugere-se dar continuidade ao monitoramento das ações implementadas na Panificadora para garantir que o modelo aplicado é o mais adequado. Se tratando de um processo DMAIC, é necessário que as melhorias sejam cada vez mais aprimoradas para garantir a sustentabilidade do negócio no competitivo mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. **A Importância do Método Seis Sigma na Gestão Analisada sob uma Abordagem Teórica**. Revista de Ciência e Tecnologia, v. 11, nº 20, 2002.

ANTONY, J.; BANUELAS, R. **Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program**. *Measuring Business Excellence*, v. 6 n. 4, 2002.

ARIENTE, M.; CASADEI, M. A. GIULIANI, A. C.; SPERS, E. E. **Processo de mudança organizacional: estudo de caso do Seis Sigma**. 2005.

BARNES, Ralph Mosser. **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho**. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

DEMING, Edwards W. **Qualidade: a revolução na produtividade**. Rio de Janeiro, Marques Saraiva, 1990.

PORTAL BRASIL. **Sobrevivência e mortalidade**. Jul. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2012/02/sobrevivencia-e-mortalidade>>. Acesso em: 04 set. 2015.

ROTONDARO, R. G. Visão Geral. ROTONDARO, R. G. (Org.) **Seis Sigma estratégia gerencial para a melhoria dos processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

SEBRAE/MG – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Fatores condicionantes e taxa de mortalidade de empresas no Brasil**. Belo Horizonte, Novembro 2004. Disponível em: <http://www.wdigital.com.br/mba/estrategia/relatorio_pesquisa_mortalidade_minas.pdf>. Acesso em: 04 set. 2015.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SUMMERS, Donna C. **Lean Six Sigma Process Improvement Tools and Techniques**. Pearson Education (US), 2010.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. 11. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

TRIPP, David. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Tradução de Lólio Lourenço de Oliveira. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Criando a cultura leanseis sigma**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier: Campus, 2012.

Capítulo 7

MODELAGEM E SIMULAÇÃO PARA ANÁLISE DE
UMA LINHA DE MONTAGEM DE CONJUNTOS
RODAS-PNEUS AUTOMOTIVOS

Mateus Santos Costa
Washington Alves Batista
Maria Aparecida Fernandes Almeida
Paula Karina Salume

Modelagem e simulação para análise de uma linha de montagem de conjuntos rodas-pneus automotivos

*Mateus Santos Costa
Washington Alves Batista
Maria Aparecida Fernandes Almeida
Paula Karina Salume*

RESUMO

A simulação é uma ferramenta poderosa para decisores responsáveis pelo projeto e operação de processos e sistemas complexos. A simulação tem um papel importante para auxílio e decisão na análise de sistemas de produção. Algumas simulações discretas de processos fabris embora pareçam simples, são bem complexas. Antes de tomar a decisão de adquirir equipamentos, contratar pessoal ou mesmo construir uma linha de produção é necessário estudar sua viabilidade. Este trabalho apresenta a simulação da montagem de conjuntos de rodas e pneus para colocação em veículos em uma linha de produção automotiva. O estudo permitiu a identificação de filas que se formam nos processos de montagem e inspeção das rodas. A modelagem a eventos discretos foi desenvolvida utilizando-se o software Arena. Após o estudo de vários cenários foi possível concluir que a adição de mais dois colaboradores na linha de montagem elimina os congestionamentos e equilibra o sistema, aumentando a produtividade.

Palavras-chave: Simulação Discreta. Software Arena. Linha de Produção. Rodas automotivas.

1. INTRODUÇÃO

Os modelos de Simulação são construídos usando diferentes “visões de mundo” (ZEIGLER, 1976). Um modelo de Simulação executa no computador o comportamento dinâmico de um sistema real no tempo. Com a Simulação é possível responder perguntas do tipo: Qual será o impacto provocado pela nova linha de montagem? Como pode ser reduzido o tempo de ciclo? Quais são os gargalos/limitações de processo?

A Simulação é definida, segundo Pegden, Sadowski e Shannon (1995), como o processo de criação de um modelo de sistema real e a realização de experimentos com este modelo com o objetivo de compreender o comportamento do sistema e / ou avaliar várias estratégias para a operação do sistema. Por um modelo, entende-se que seja uma representação abstrata de um sistema. O sistema é coleção de elementos inter-relacionados que cooperam entre si e com o ambiente para atingir determinado objetivo (LAW, KELTON, 2000).

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um estudo sobre a identificação de gargalos em uma linha de montagem de rodas automotivas. Após serem montadas com aros e pneus, as rodas seguem para instalação em veículos de uma montadora automobilística. O estudo tem a pretensão de prever qual o comportamento do sistema caso fossem adicionados mais operadores em processos que apresentam congestionamentos e perda de produtividade.

Embora existam vários tipos diferentes de simulação metodologias, este trabalho limita-se a uma abordagem discreta e orientada a processos estocásticos. O modelo de simulação é um programa de computador que representa a lógica do sistema como entidades que chegam, formam filas, são processados por recursos e saem do sistema.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a seção 1 apresenta a introdução e objetivos do trabalho. A seção 2 aduz os passos fundamentais para execução de uma simulação. A seção 3 expressa a metodologia do trabalho considerando a execução da simulação usando o software Arena. A seção 4 apresenta o estudo da linha de montagem de rodas automotivas. A seção 5 apresenta as conclusões acerca do estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Um modelo de Simulação é um conjunto de variáveis de estado e de um mecanismo para mudanças dessas variáveis no tempo (ZEIGLER, 1976). Ao contrário de ferramentas estáticas puramente descritivas para definição de um sistema, a simulação permite estudar o comportamento do sistema no decorrer do tempo. As visões de mundo devem oferecer um conjunto de regras para os avanços e mudanças no tempo do estado do modelo.

Almeida (2017) resume os principais passos que devem ser seguidos para simular um sistema, segundo Shannon (1998):

- I. **Definir o problema:** as simulações devem ter um propósito para resolução de um determinado problema. Por exemplo, um cliente pode enfrentar um problema de tempo de espera em um serviço de atendimento bancário. O cliente provavelmente fica em uma fila por um determinado tempo (Figura 1).
- II. **Definir o modelo conceitual:** o modelo conceitual pode ser definido pelo desenvolvimento do fluxograma do processo ou pelo “layout” do sistema. Um procedimento comum é fazer um layout, um diagrama de blocos e ir refinando para construir o fluxograma (Figura 2).

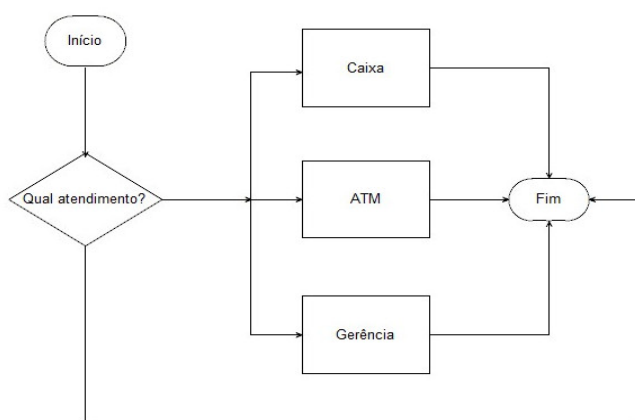
Figura 1 - Filas em atendimento bancário

BANCO



Fonte - Shutterstock citado por Almeida (2017)

Figura 2 - Fluxograma de filas em atendimento bancário

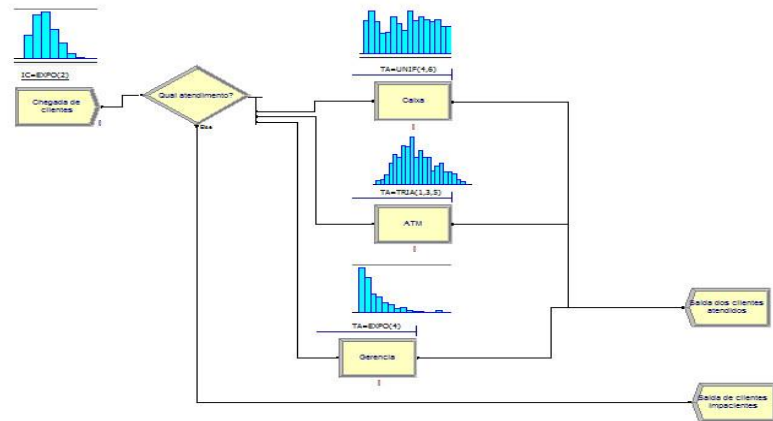


Fonte: Almeida (2017)

- III. **Construir o modelo de simulação:** usando um software: primeiramente, é necessário saber qual a distribuição de probabilidades de cada etapa do processo (chegadas, atendimentos, outros). Utiliza-se uma ferramenta de análise de dados de entrada para verificar o ajuste das distribuições de probabilidades de cada etapa do processo. Por exemplo, na análise de um posto de atendimento bancário é necessário coletar os dados do intervalo de chegadas de clientes ao banco, os tempos de atendimentos do caixa bancário. Estes dados armazenados em arquivos no formato texto podem ser analisados pela ferramenta Input Analyzer (IA) do software de simulação ARENA, fazendo-se o ajuste das curvas. O IA calculará a expressão da distribuição de probabilidades que mais se ajusta aos dados reais. Em seguida constrói-se o

modelo no software Arena usando seus blocos e módulos refinando o fluxograma do processo. Podem ser usadas animações para auxiliar na compreensão do modelo do sistema a ser simulado (Figura 3).

Figura 3 - Modelo de atendimento bancário construído no software Arena



Fonte: Almeida (2017)

- IV. **Verificar e validar o modelo:** a verificação consiste na inspeção do modelo verificando se o mesmo não possui erros de sintaxe e de lógica. A validação consiste na aceitação dos resultados oferecidos pelo teste do modelo. Por exemplo, se a saída de um modelo fornecer como resultado nulo no relatório fornecido pelo software Arena, isso pode significar que o modelo pode ter algum problema de lógica. Erros sintáticos não permitem que o modelo rode, mas, mesmo rodando, o modelo pode conter erros de lógica. Adicionalmente, podem existir diferentes versões do modelo dependendo do nível de detalhes que se quer atingir. Em um processo de atendimento bancário, por exemplo, o tempo de deslocamento de um cliente até o caixa pode ser irrelevante, mas em outro pode ser um fator a ser considerado. Assim, diferentes modelos podem modelar o mesmo sistema, dependendo do nível de abstração a ser feita pelo modelador.
- V. **Experimentar o modelo:** a experimentação do modelo consiste na mudança de parâmetros do mesmo, permitindo estudar seu comportamento; o alcance da estabilidade de resultados da simulação e a obtenção da melhor decisão. Por exemplo, ao verificar que um atendente de um caixa bancário tem uma taxa de ocupação de 99,99 % podemos alterar a capacidade do servidor aumentando o número de atendentes e rodando o modelo até que a taxa de ocupação caia para aproximadamente 80 %. Nesta fase definem-se os parâmetros e executa-se a simulação para obtenção dos resultados mais aceitáveis (Figura 4).

Figura 4 - Mudanças de parâmetros e experimentação

Instantaneous Utilization				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
atendente caixa	0.9913	(Insufficient)	0.00	1.0000
Gerente	0.8545	(Insufficient)	0.00	1.0000
maquina ATM	0.1250	(Insufficient)	0.00	1.0000

Resource - Basic Process									
Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics	
1 ▶ atendente caixa	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓	
2 maquina ATM	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓	
3 Gerente	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓	

Instantaneous Utilization				
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
atendente caixa	0.6645	0.09	0.5192	0.7620
Gerente	0.8175	0.10	0.6785	0.9501
maquina ATM	0.1373	0.03	0.0964	0.1938

Fonte: Almeida (2017)

- VI. **Documentar e apresentar os resultados:** a qualquer simulação é necessário o planejamento. Pode ser utilizado um Plano de Simulação, que consiste em um roteiro com os passos a serem seguidos para o desenvolvimento de uma simulação. Ao final, com a implementação do modelo, tem-se o Projeto de Simulação. Tal projeto permite a documentação e a apresentação dos resultados para utilização futura.

3. METODOLOGIA

O processo de investigação envolveu o levantamento bibliográfico preliminar, a elaboração do plano de pesquisa como a busca de fontes, leitura do material e organização de informações para modelagem computacional. Quanto à natureza das variáveis, estas são estocásticas. O método de abordagem do problema é de pesquisa quantitativa, com simulações computacionais. Quanto à possibilidade de controle sobre as variáveis de estudo, foram feitos experimentos em laboratório para observação do comportamento do modelo utilizando-se o software ARENA. Os principais passos de uma modelagem utilizando o software ARENA, segundo seu fabricante, Rockwell (2014), são:

- I. **Criação de um modelo básico:** a criação de modelos é feita arrastando-se os blocos lógicos que representam processos decisórios, a criação de entidades, métodos de transporte e outros para dentro da área de projeto. Os blocos são conectados de forma a seguirem um fluxo de informação que representa abstratamente o processo real a ser modelado. O software ARENA permite o estabelecimento de uma estrutura de informação que permite armazenar variáveis e, através dessas, definir comportamentos para o sistema.
- II. **Refinamento do modelo:** através das ferramentas de acompanhamento de simulação é possível verificar seu modelo identificando erros lógicos e melhorar a modelagem de forma a obter um modelo claro e conciso. Uma vez finalizado o modelo lógico do

sistema, é possível elaborar uma animação que permita visualizar mais claramente todos os elementos do sistema.

- III. **Simulação do modelo:** terminada a etapa de modelagem, passa-se a simulação. Nessa etapa será possível verificar se realmente reflete o sistema. Uma vez que o modelo seja válido, é hora de dar início às simulações, utilizando diferentes cenários de forma identificar melhorias.
- IV. **Análise dos resultados da simulação:** Após a simulação, o ARENA gera relatórios automáticos com dados específicos como taxa de utilização dos recursos ou tempos de espera. Durante a fase de modelagem é possível criar novos dados estatísticos de acordo com o que seja interessante para a análise, customizando os relatórios do software Arena de forma que eles se adaptem ao que é realmente necessário.
- V. **Seleção da melhor alternativa:** Baseado nos resultados da análise é possível selecionar a melhor solução para o seu problema e testá-la exaustivamente.

Foi utilizada a estratégia discreta de modelagem, pela razão dos dados deste tipo de problema não apresentarem alterações no decorrer do tempo, apenas entre etapas da linha de produção.

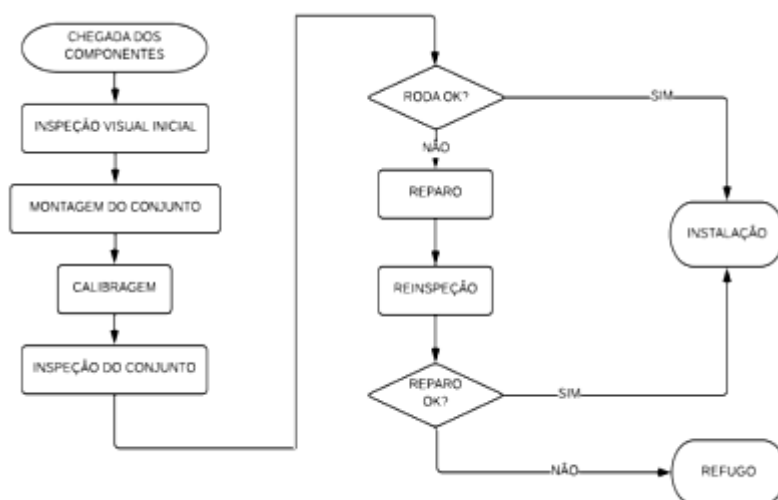
4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 A linha de Montagem de Rodas Automotivas

A Figura 5 mostra o fluxograma simplificado do processo produtivo. Na entrada dos componentes o aro e o pneu chegam à linha de montagem com o mesmo tempo de chegada, porém em carregadores diferentes com o intuito de facilitar o transporte.

Após a entrada dos componentes é realizada uma inspeção visual pelos técnicos para averiguar que o componente está em conformidade com a especificação definida juntamente ao fornecedor e não sofreu danos maiores durante sua logística. Logo, não existe tratamento condicional para realização de reparo ou retirada como item não ideal para montagem.

Figura 5 - Fluxograma da linha de montagem industrial de rodas automotivas



Fonte: Elaborado pelos autores

Na montagem do conjunto os componentes recebidos da estação de inspeção são unidos para formar o conjunto aro-roda. Após a saída da montagem os conjuntos seguem para a calibração, etapa esta que é realizada em processo automatizado para manter controle da quantidade de ar que será inserido. Seguindo o processo, é realizada uma inspeção detalhada do conjunto montado e devidamente calibrado.

Existe um tratamento condicional nesta etapa estimando que 1% do total dos produtos finalizados segue para uma estação de reparo por não atenderem todos os requisitos existentes. Caso o conjunto (aro e pneu) seja aprovado pelo inspetor este é expedido para a estação final do processo, a instalação em veículos. Caso não aprovado, o conjunto segue para a estação de Reparo.

No Reparo é realizada a análise de não conformidade, remontagem e calibração do conjunto. Na estação de inspeção do conjunto, 5% dos itens seguem para refugo por não apresentarem as condições necessárias de uso.

O conjunto reparado segue para uma nova inspeção onde 10% do total de itens são conduzidos para descarte. A estação de Refugo recebe os itens que são descartados. Na etapa final a estação de instalação recebe os conjuntos prontos, devidamente montados e inspecionados atendendo a todos os requisitos.

4.20 Modelo Computacional

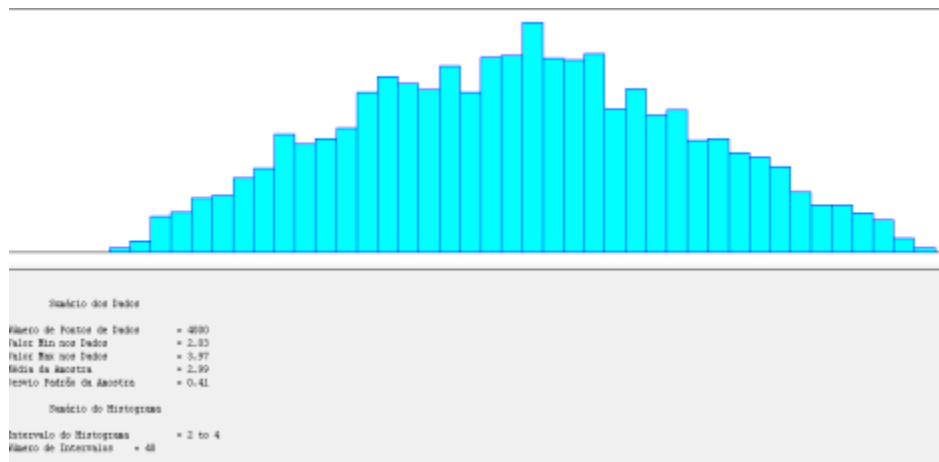
Para que um modelo possa criar uma história artificial do sistema real, é fundamental que este traga consigo a possibilidade de apresentar até mesmo um comportamento estocástico, à semelhança da grande maioria dos sistemas. Em modelos voltados à

simulação, este objetivo é alcançado pela utilização de distribuições de probabilidades como forma de representar a multiplicidade de ocorrência de eventos aleatórios (FREITAS, 2008).

Para a simulação da linha de montagem com uso do *software* Arena considerou-se a quantidade de rodas para cada estação destino (instalação direta, instalação após reparo e refugo), bem como os tempos de operação foram medidos durante sete dias. Foi considerado que a chegada dos componentes é infinita, não havendo paradas.

Os dados foram obtidos através da geração de números aleatórios com o objetivo de verificar o correto sequenciamento do processo, taxas de ocupação e capacidade produtiva. A Figura 6 mostra a distribuição de probabilidades utilizada para o processo de montagem das rodas gerada com a ferramenta “*Input Analyzer*”, do *software* Arena.

Figura 6 - Distribuição de Probabilidades do Processo de Montagem de Rodas



Fonte: Elaborada pelos autores

A Tabela 1 mostra as distribuições de probabilidades consideradas nos processos.

Tabela 1 - Distribuição de Probabilidades dos Processos

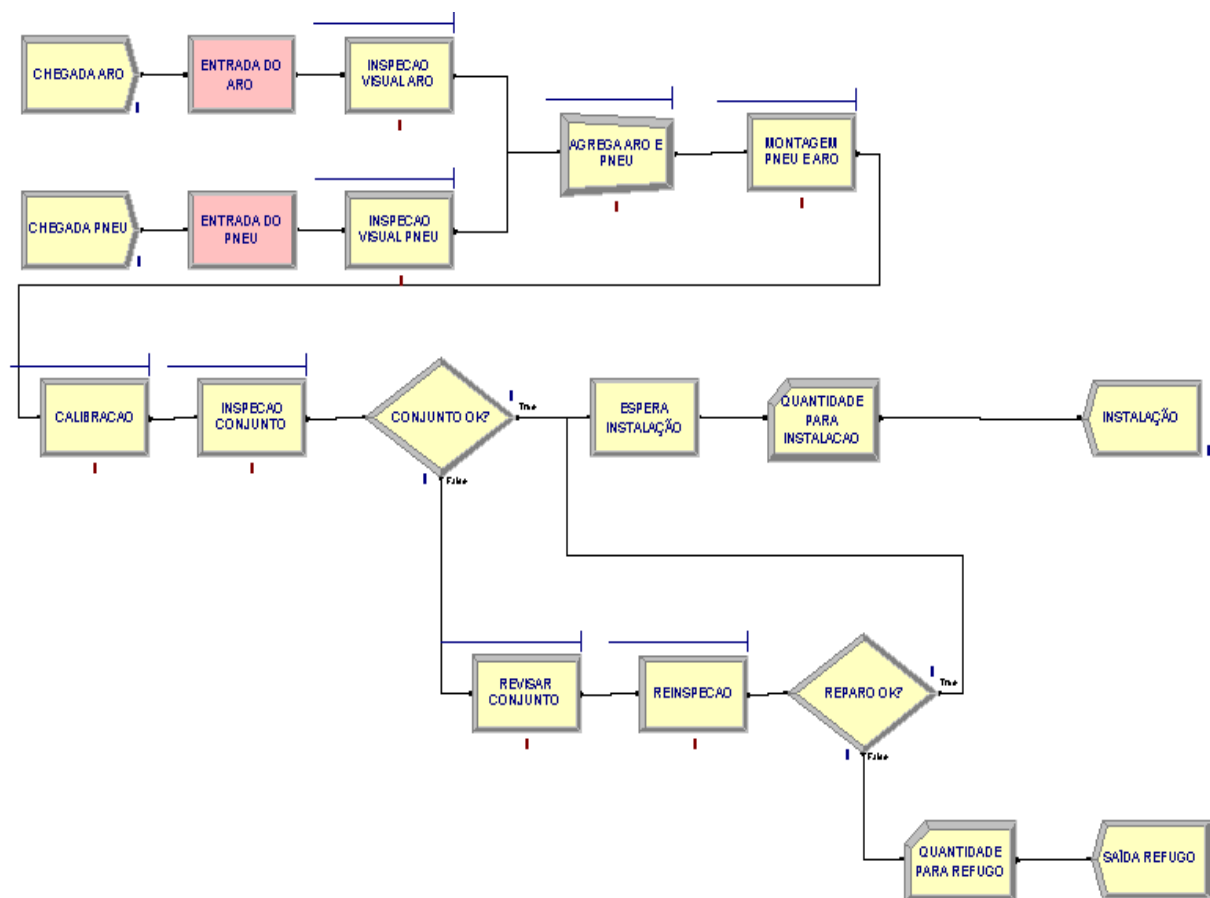
Chegadas Aro e Pneu	EXPO(3)	Calibração	CONST(1)
Inspeções Visuais Aro e Pneu	UNIF(0.67,2)	Inspeção do Conjunto Aro/Pneu	TRIA(3,4,5)
Montagem do Pneu e Aro (Roda)	TRIA(2,3,4)	Técnico de Revisão	UNIF(6,8)
Inspeção Visual do Pneu	UNIF(0.67,2)	Reinspeção	TRIA(3,4,5)

Fonte: Elaborada pelos autores

A Figura 7 apresenta o modelo computacional desenvolvido no software Arena. Os parâmetros de entrada de entidades e tempos de execução de atividades foram alterados de diversas formas até se obter resultados satisfatórios e que demonstrassem passivas de serem apresentados como proposta de implantação sem gerar demais investimentos para realizar as mudanças necessárias.

Os modelos produzidos no Arena são baseados na linguagem de simulação SIMAN. Esta linguagem basicamente enxerga o sistema como uma sequência de eventos aleatórios que causam mudanças no estado do modelo. Assim, os sistemas normalmente são reduzidos a um conjunto de estações de trabalho que prestam serviços a clientes (entidades). Cada bloco ou módulo é interconectado a outros e as entidades se locomovem entre eles seguindo uma sequência lógica (ROCKWELL, 2014).

Figura 7 - Modelo computacional da linha de produção desenvolvido no software



Fonte: Elaborado pelos autores

4.3 Análise dos Resultados

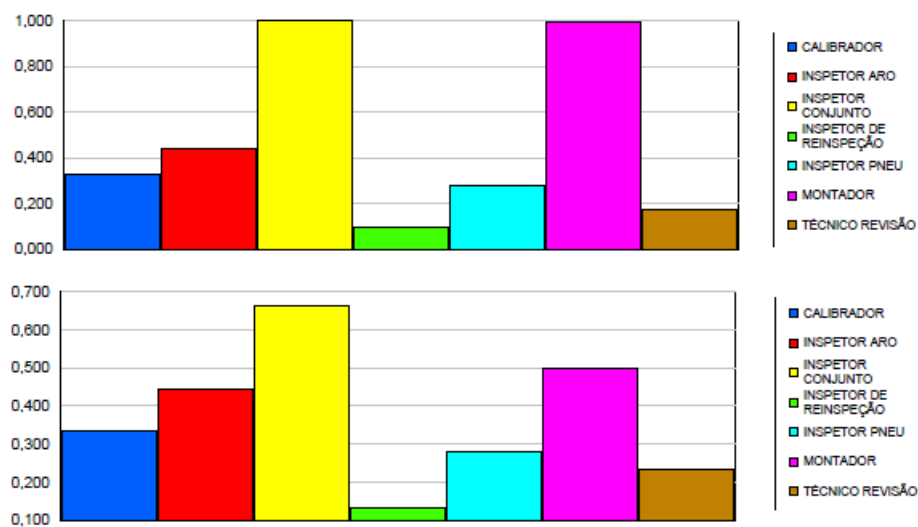
Na análise de resultados são traçadas as inferências sobre os resultados alcançados pela simulação. São efetuadas estimativas para as medidas de desempenho nos cenários planejados. Para que um modelo possa criar uma história artificial do sistema real, é fundamental que este traga consigo a possibilidade de apresentar até mesmo um comportamento estocástico, à semelhança da grande maioria dos sistemas. Em modelos voltados à simulação, este objetivo é alcançado pela utilização de distribuições de probabilidade como forma de representar a multiplicidade de ocorrência de eventos aleatórios (FREITAS, 2008). Cada parte do sistema é modelada com seu correspondente no mundo real. As estatísticas são sumarizadas através de todas as execuções (replicações) da simulação.

As análises necessitam de um maior número de replicações do modelo para que se possa alcançar a precisão estatística sobre os resultados desejados.

O procedimento de análise dos resultados da simulação das variáveis está relacionado ao tipo de desempenho que se deseja auferir no sistema. Alguns exemplos destas variáveis abrangem aquelas que medem tempo no sistema, tempo nas filas, número de entidades nas filas, utilização de recursos.

Para a simulação da linha foram utilizadas dez replicações, cada uma delas com duração de sete dias com dia de vinte e quatro horas e período de pré-aquecimento de cinco horas. A Figura 8 exibe os gráficos Recursos, gerados no relatório do software Arena, que representam as taxas de ocupação dos operadores em cada processo da linha de produção.

Figura 8 -Comparativo dos cenários de recursos



Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados mostram que a adição de operadores nas etapas de montagem e inspeção do conjunto permite um equilíbrio global da linha. Essa ação melhora a produtividade da linha e a lucratividade por tempo, além de proporcionar melhores condições de trabalho para os funcionários que conseqüentemente ficarão menos sobrecarregados. Outra possibilidade seria realocar o técnico da reinspeção para a inspeção do aro.

O cenário inicial é apresentado na Tabela 2. No cenário inicial da simulação em todos os processos foram alocados um único operador. É possível observar que o sistema apresenta um desequilíbrio nos processos de Montagem e Inspeção dos Conjuntos Aro/Pneu que possuem uma taxa de ocupação dos operadores de 100%. Observa-se que as peças ficam acumuladas na montagem da roda (cerca de 20, 233 peças) e levam cerca de 60,6233 minutos na fila. No processo de inspeção do conjunto o tempo em fila é ainda maior (1239,47 minutos) e o número de peças na fila é mais crítico (410,36 peças).

Para a simulação da linha foram utilizadas dez replicações, cada uma delas com duração de sete dias com dia de vinte e quatro horas e período de pré-aquecimento de cinco horas.

Os resultados mostram que a adição de operadores nas etapas de montagem e inspeção do conjunto permite um equilíbrio global da linha. Essa ação melhora a produtividade da linha e a lucratividade por tempo, além de proporcionar melhores condições de trabalho para os funcionários que conseqüentemente ficarão menos sobrecarregados. Outra possibilidade seria realocar o técnico da reinspeção para a inspeção do aro.

O cenário inicial é apresentado na Tabela 2. No cenário inicial da simulação em todos os processos foram alocados um único operador. É possível observar que o sistema apresenta um desequilíbrio nos processos de Montagem e Inspeção dos Conjuntos Aro/Pneu que possuem uma taxa de ocupação dos operadores de 100%.

As peças ficam acumuladas na montagem da roda (cerca de 20, 233 peças) e levam cerca de 60,6233 minutos na fila. No processo de inspeção do conjunto o tempo em fila é ainda maior (1239,47 minutos) e o número de peças na fila é mais crítico (410,36 peças).

A Tabela 3 apresenta os resultados do melhor cenário da simulação. Um aumento da capacidade nos processos de montagem e inspeção do conjunto produziu uma diminuição na taxa de ocupação dos servidores. Uma taxa ideal foi obtida para o processo de inspeção, entretanto no processo de montagem observa-se uma ociosidade, pois poderia haver um aumento de até 16% nas atividades do operador. Ao finalizar as experimentações, alterando-se o número de operadores em cada processo, observa-se que o melhor cenário é alocar mais dois operadores na linha, um atendendo na montagem e outro na inspeção do conjunto

Tabela 2 - Resultados da Simulação com cenário inicial

Processos	Número de Operadores	Taxa de Ocupação do Operador (%)	Tempo da peça na fila (minutos)	Tamanho da fila
Inspeção do Aro	1	44,19	0,5673	0,1878
Inspeção do Pneu	1	27,82	0,1584	0,0527
Montagem do Pneu e Aro (Roda)	1	99,09	60,6233	20,233
Calibração	1	33,00	0,00	0,00
Inspeção do Conjunto Aro/Pneu	1	100,00	1239,47	410,36
Técnico de Revisão	1	17,19	0.3439	0,00
Reinspecao	1	9,78	0,00	0,00

Fonte: Elaboradapelosautores

Tabela 3 - Resultados da simulação do melhor cenário

Processos	Número de Operadores	Taxa de Ocupação do Operador (%)	Tempo da peça na fila (minutos)	Tamanho da fila
Inspeção do Aro	1	44,17	0.5708	0.1890
Inspeção do Pneu	1	27,86	0.1608	0.0535
Montagem do Pneu e Aro (Roda)	2	49,81	0.0871	0.0289
Calibração	1	33,19	0.0379	0.0126
Inspeção do Conjunto Aro/Pneu	2	66,40	0.4191	0.1393
Técnico de Revisão	1	23,21	0.8171	0.0271
Reinspeção	1	13,25	0.00	0.00

Fonte: Elaboradapelosautores

No melhor cenário observa-se conforme mostrado na Tabela 4 que a colocação de dois operadores na linha melhora consideravelmente a quantidade de rodas produzidas, com um ganho de produtividade de 802,6 unidades. O tempo total para a fabricação das rodas passa de 21,84 horas para aproximadamente 15,9520 minutos.

Tabela 4 - Comparação de cenários na Produção de Rodas

Rodas	Cenário Inicial	Melhor Cenário
Quantidade produzida de Rodas	2444,10	3246,70
Tempo de Valor Agregado	11,6678	11,6869
Tempo de Espera de Rodas na Fila	1297,64	2,8635
Tempo de Agregação Aro/Pneu	2,9563	2,9535
Tempo Total para Fabricação das Rodas	1310,71	15,9520
Quantidade de Rodas para Instalação	2408,50	3196,20
Quantidade de Rodas para Refugo	35,6000	50,3000

Fonte: Elaborada pelos autores

5. CONCLUSÕES

A simulação de sistemas pode ser entendida, em um sentido mais amplo, como o processo de construção de um modelo abstrato que representa um sistema real (existente ou a ser construído) e a experimentação do mesmo através de técnicas, cujos resultados de tais experimentações, após análises, apresentam uma visão futura simplificada do sistema.

A Simulação permite se projetar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo, com o propósito de entender seu comportamento e ou avaliar estratégias para sua operação. Tal sistema pode existir ou não no mundo real.

A grande vantagem da simulação é que uma vez criado, um modelo pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliar projetos e políticas propostas. A simulação permite criar hipóteses sobre como ou porque da ocorrência de certos fenômenos podem ser testadas.

O sistema proposto foi simulado no software Arena com o objetivo de encontrar a forma ótima de produção. Os modelos produzidos no software Arena são baseados na linguagem de simulação SIMAN. Esta linguagem basicamente enxerga o sistema como uma sequência de eventos aleatórios que causam mudanças nos estados do modelo. Assim, os sistemas normalmente são reduzidos a um conjunto de estações de trabalho que prestam serviços a clientes (entidades). Cada bloco ou módulo é interconectado a outros e as entidades se locomovem entre eles seguindo uma sequência lógica (ROCKWELL, 2014).

O modelo computacional objetivou o dimensionamento adequado da quantidade de técnicos necessários para evitar atrasos ou mão de obra ociosa, redefinindo-se os intervalos de chegadas dos componentes e aperfeiçoando-se a produção viabilizando a montagem da linha.

O modelo da linha de produção para montagem do conjunto aro-roda numa indústria automotiva é aceitável para implantação e possui como vantagens a proposição da redução nos gargalos, acarretando em maior produtividade e redução da ociosidade. Em um sistema

real a solução encontrada teria como desvantagem a dependência da situação econômica da empresa para alocar mais funcionários nos processos onde a simulação indicou que o quadro de colaboradores não seria capaz de atender a demanda gerada pela entrada de peças (entidades).

O modelo simulado foi capaz de responder as perguntas iniciais propostas na introdução deste trabalho. O impacto provocado pela nova linha de montagem está relacionado à diminuição de gargalos nos processos de montagem e inspeção do conjunto de roda/aro. O tempo de fila nestes processos seria reduzido com a colocação de mais um operador para efetuar as tarefas de montagem e outro na inspeção do conjunto aro/pneu. O tempo de ciclo, ou seja, o tempo total para se fabricar uma roda também é reduzido pela alocação dos dois operadores na linha.

Uma limitação do modelo é que a colocação de mais um operador no processo de montagem provocaria uma ociosidade. Uma alternativa seria colocar somente mais um operador na linha para que executasse as tarefas de reinspeção e inspeção do aro.

Para trabalhos futuros o modelo pode ser enriquecido observando os tempos de transporte e deslocamento das peças, bem como a inserção de um desvio na inspeção visual que possibilite a retirada de itens não conformes no início do processo, evitando-se refugos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. A. F. **Guia de Práticas de Laboratório: Pesquisa Operacional II**[Apostila da Disciplina Pesquisa Operacional II]. Belo Horizonte: PUC Minas, 2017.
- FREITAS, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação Discreta de Sistemas com aplicações em Arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.
- LAW, A.; KELTON, D. (2000). **Simulation modeling and analysis**. New York: McGraw-Hill.
- PEGDEN, C. D.; SADOWSKI, R. P.; SHANNON; R. E. **Introduction to Simulation Using Siman**. New York: McGraw Hill, 1995.
- ROCKWELL. **Arena User's Guide [Manual]**. New York: **Rockwell Automation**, Inc, 2014.
- SHANNON, R. E. Introduction to the Art and Science of Simulation. **Proceedings** of the 1998 Winter Simulation Conference, Washington, DC, 1998.
- SHUTTERSTOCK. Banking - Image ID 299889278, [S.I]. Disponível em: <<https://www.shutterstock.com/pt/image-vector/public-access-financial-services-banks-isolated-653708728>> Acesso em: 28 fev. 2017.
-

ZEIGLER, B. P. **Theory of Modelling and Simulation**. New Jersey: John Wiley and Sons, 1976.

ZEIGLER, Bernard P. **Multi-Faceted Modelling and Discrete Event Simulation**. Cambridge, MA: Academic Press, 1984.

Capítulo 8

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE CLADEAMENTO NA
RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO AÇO
ASMEAS-240TP-316L SOLDADO POR EXPLOSÃO
AO AÇO ASTMSA-516GR 60 N

Raphael Gomes de Paula
Klaus Higor dos Santos Silva
Ana Paula Manfredini
Ítalo Bruno dos Santos

Avaliação do processo de cladeamento na resistência à corrosão do aço ASMEAS-240TP-316L soldado por explosão ao aço ASTMSA-516GR 60 N

*Raphael Gomes de Paula
Klaus Higor dos Santos Silva
Ana Paula Manfridini
Ítalo Bruno dos Santos*

RESUMO

A utilização de alguns aços esta limitada devido a vantagens técnicas que oferecem outros materiais com relação a peso, resistência mecânica, resistência à corrosão ou desgaste. Uma das formas de contornar a baixa resistência à corrosão dos aços carbono em meios aquosos é a aplicação de revestimentos como pintura, fosfatização, cromatização e cladeamento. O cladeamento por explosão é um processo de soldagem que une dois metais compatíveis ou não, utilizando a energia de explosivos. As chapas cladeadas são desenvolvidas com a finalidade de reduzir o custo de produção e mitigar os efeitos de degradação utilizando a combinação de materiais. Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento eletroquímico de uma chapa cladeada composta pelos aços ASTM SA-516 Gr 60 N e ASME AS-240 TP-316L comparada com o aço AS-240 TP-316L não cladeado. Verificou-se que o efeito do cladeamento não altera de forma significativa o potencial de corrosão e de pite, no entanto a formação de uma camada passiva no material cladeado envolve maiores valores de corrente.

Palavras Chave: Cladeamento. Corrosão.

1. INTRODUÇÃO

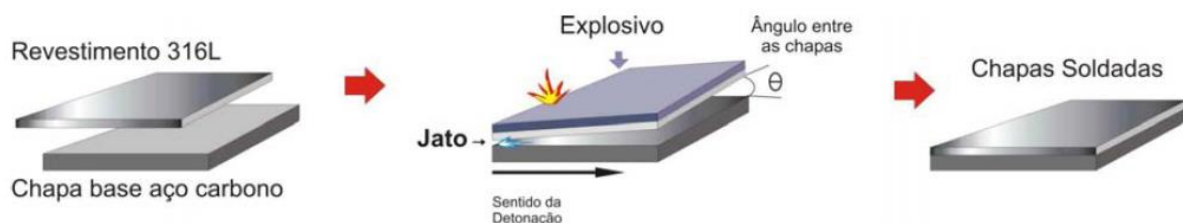
O aço carbono é utilizado com frequência na parte estrutural de componentes mecânicos. Estes componentes podem operar em ambientes hostis de corrosão, desgaste, cargas cíclicas e temperaturas elevadas, sendo necessário agregar propriedades adicionais ao aço para estender o tempo de vida útil dos equipamentos. O cladeamento é uma das técnicas utilizadas para revestir materiais com a finalidade de melhorar as propriedades físicas e mecânicas, pela união de metais dissimilares em uma única chapa, atribuindo novas propriedades que não seriam encontradas nos materiais de forma isolada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cladeamento por Explosão

O cladeamento é um processo de soldagem em estado sólido que produz a união dos materiais devido a elevada velocidade de impacto obtida pela detonação controlada de uma carga explosiva⁽¹⁾. Este processo é uma excelente alternativa para a soldagem de grandes seções. Os principais parâmetros são: a velocidade de detonação e o ângulo de impacto⁽²⁾.

Figura 1-Etapas do processo de cladeamento.

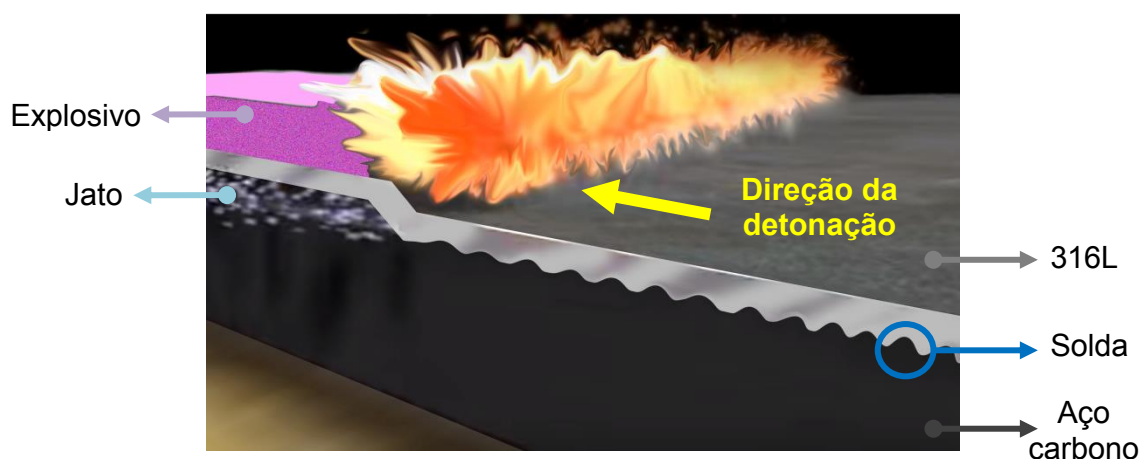


Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

Na Figura 1 o revestimento de aço 316L e metal de base aço carbono são espaçados em ângulo por uma pequena distância. O explosivo é colocado sobre a superfície de cima do revestimento. Após a detonação do explosivo, o revestimento é acelerado através da abertura entre as placas e colide com o material de base com um ângulo oblíquo. No ponto de impacto entre os dois componentes, camadas superficiais são desprendidas e ejetadas na forma de um forte jato como indicado na Figura 2.

Este jato faz a limpeza da superfície entre os materiais removendo poeira, gordura, óxidos ou qualquer contaminante que possa dificultar a união. Em consequência da colisão, a interface é submetida a uma extrema pressão, permitindo a solda entre os metais. O perfil deste tipo de soldagem é caracterizado por ondulações na interface geradas pela onda de choque da explosão^(2,3).

Figura 2- Soldagem por explosão.



Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

2.2 Aplicações

As chapas bimetálicas são utilizadas na construção de equipamentos para indústria química, petroquímica, farmacêutica, de alimentos, de celulose e papel, sendo também utilizadas para a fabricação de torres de destilação, evaporadores, tanques de armazenamento, digestores, trocadores de calor, vasos de pressão entre outros. Estas chapas são desenvolvidas com a finalidade de diminuir o custo dos equipamentos pela redução do consumo de materiais especiais. São geralmente compostas de uma chapa de aço carbono e de outra de material nobre, sendo que o aço carbono fornece a resistência mecânica e o revestimento dá ao equipamento as características necessárias de resistência à abrasão, calor ou corrosão ⁽³⁾. Chapas bimetálicas dos aços ASTM SA-516 Gr 60 N e ASME AS-240 TP-316L são utilizadas na construção de torres regeneradoras de (DEA) Di-Etanol Amina, que operam em ambiente contendo gás sulfídrico (H_2S) que é corrosivo ⁽⁴⁾. O aço AS-240 TP-316L tem a função de proteger a estrutura de aço carbono contra à corrosão generalizada.

2.3 Corrosão Eletroquímica

Quando um metal é exposto em contato da água ou soluções contendo gases e sais dissolvidos, há a tendência de sofrer ação deste meio eletrolítico, e, através de um mecanismo de natureza eletroquímica, ocorrerá à corrosão. Para isto, é indispensável o contato do metal com o meio, que este seja condutor da corrente elétrica e que haja uma diferença de potencial entre os metais, ou ligas.

O contato do metal com a água ou soluções contendo os mais diversos ions é extremamente frequente, seja em processos industriais onde a atmosfera é rica em amônia,

cloro, sulfeto de hidrogênio, enxofre, dióxido e monóxido de carbono ou qualquer outra situação que o mesmo esteja exposto ao meio ambiente. O ataque uniforme sobre grandes áreas da superfície metálica é a forma mais comum de corrosão úmida. O ataque localizado, de menor extensão muitas vezes quase imperceptível devido a pequena perda de massa, porém mais intenso e mais grave ^(5, 6).

Nos processos de corrosão eletroquímica as reações são de oxidação e redução. Na área anódica ocorrem as são reações de oxidação responsável pela degradação do material promovendo a passagem do metal da forma reduzida para a iônica conforme expresso pela Equação 1 e Figura 3 ⁽⁷⁾.



As reações de redução ocorrem na área catódica. Estas reações são promovidas por íons do meio corrosivo ou, eventualmente, com íons metálicos da solução. As principais reações na área catódica para diferentes meios são:

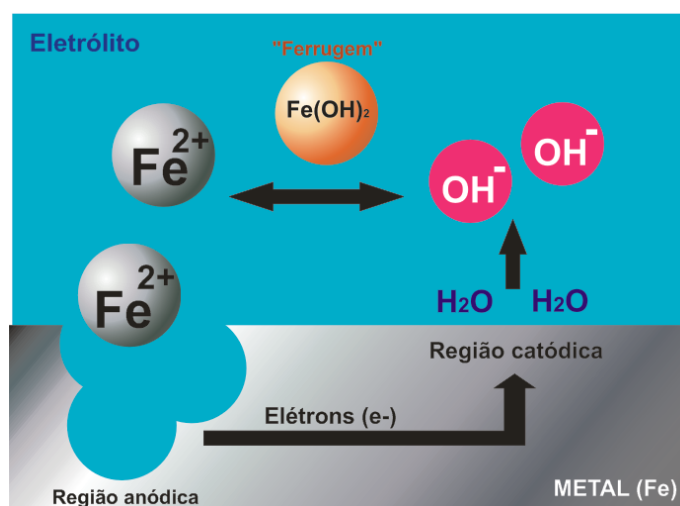
- $2H^+ + 2e^- \Rightarrow H_2$, meios ácidos desaerados;
- $4H^+ + O_2 + 4e^- \Rightarrow 2H_2O$, meios ácidos aerados;
- $2H_2O + O_2 + 4e^- \Rightarrow 4OH^-$, meios neutros ou básicos aerados;
- $2H_2O + 2e^- \Rightarrow H_2 + 2OH^-$, meios neutros ou básicos desaerados.

Em meios ácidos ocorre a redução da acidez na região próxima a área catódica e em meios básicos haverá o aumento da alcalinidade. Em meios sem a presença de oxigênio há liberação de hidrogênio, o qual é absorvido na superfície e responsável por uma sobrevoltagem do hidrogênio. Este fenômeno provoca o retardamento do processo corrosivo sendo caracterizado por polarização catódica.

Em meios com elevada concentração de oxigênio o hidrogênio é consumido, não havendo a sobrevoltagem do hidrogênio. Neste caso não há, portanto, a polarização catódica e haverá, conseqüentemente, a aceleração do processo corrosivo pois a passagem de íons é facilitada. A composição do eletrólito na vizinhança do catodo é dependente de difusão do oxigênio no meio e da cinética de renovação do eletrólito ^(5,7).

Os produtos de corrosão gerados nos processos eletroquímicos são resultantes da formação de compostos insolúveis entre os íons do metal e íons hidroxila como indicado esquematicamente na Figura 3.

Figura 3- Superfície em corrosão



Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

O produto de corrosão é geralmente formado pelo hidróxido do metal corroído ou óxido hidratado do metal. Quando este meio corrosivo contiver outros tipos de íons, poderá haver a formação de outros componentes insolúveis e o produto de corrosão pode ser constituído de sulfetos, sulfatos, cloretos, dentre outros ^(8,9).

2.4 Diferença de Potencial em uma Superfície Metálica

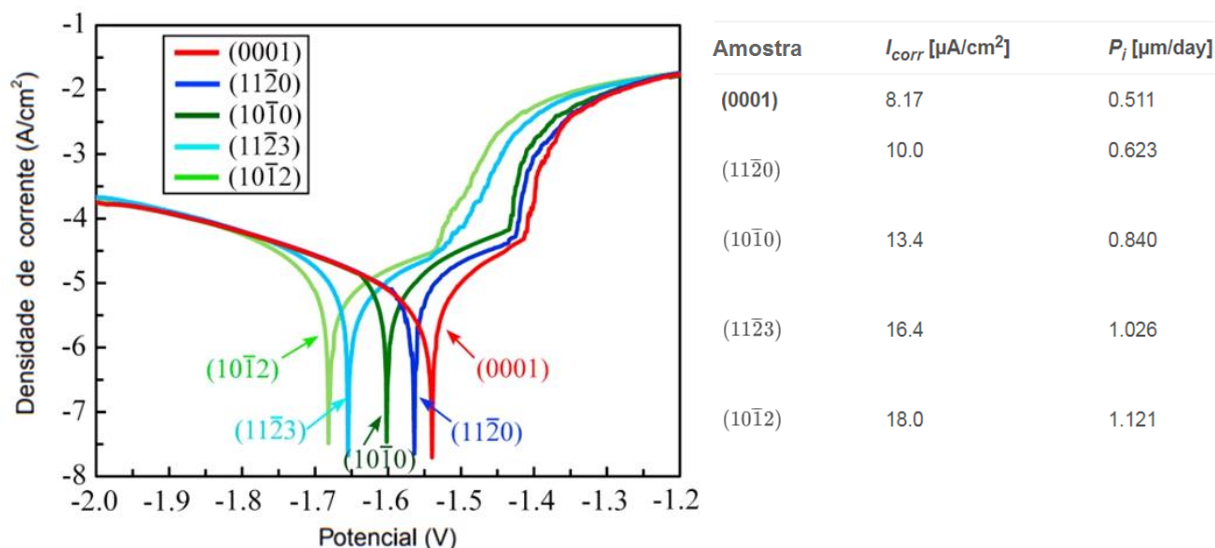
A diferença de potenciais entre dois metais distintos pode ser estimada a partir da série eletroquímica ou da série galvânica dos metais e ligas. As diferenças de potenciais que ocorrem em áreas distintas de uma mesma superfície metálica são de natureza mais complexa e dependem de muitos fatores que podem ser subdivididos em duas classes: internos ou externos ^(6,8).

2.4.1 Fatores Internos

Os fatores internos são a composição e a estrutura do metal ou liga. Um metal pode existir no estado puro ou formando soluções homogêneas com outros metais ou formando soluções heterogêneas mesmo com outros metais e com impurezas não-metálicas. Em metais puros, a única fonte de diferença de potencial será a orientação cristalina dos grãos individuais com os quais o metal policristalino é composto ⁽⁹⁾.

Este comportamento frente à corrosão pode ser verificado em monocristais de Mg onde as taxas (P_i) e correntes (I_{corr}) de corrosão aumentam para as seguintes direções cristalinas $(0001) < (11\bar{2}0) < (10\bar{1}0) < (11\bar{2}3) < (10\bar{1}2)$. Os valores obtidos das curvas de polarização potenciodinâmicas são indicados na Figura 4 ⁽¹⁰⁾.

Figura 4- Curvas de polarização potenciodinâmicas para diferentes direções cristalinas de monocristais de Mg.



Fonte: Adaptado pelo autor de K. Hagihara (2016).

As ligas são soluções sólidas homogêneas, mas comumente ocorrem mudanças de composição de ponto para ponto na mesma superfície, devido à técnica de fabricação ou fundição empregada ou como consequência da precipitação de compostos intermetálicos. Estas micro heterogeneidades de composição provocam diferenças de potenciais entre os diversos pontos da superfície metálica, que irão provocar o ataque preferencial em certas áreas. Em ligas heterogêneas contendo duas ou mais fases, as heterogeneidades podem causar diferenças de potenciais entre estas fases, acelerando a corrosão. Por exemplo, o ferro gusa cinzento de fundição é uma liga heterogênea, composto de ferrita, cementita (FeC) e lupas de grafite em soluções condutoras o ferro age como ânodo e o grafite como cátodo ⁽⁵⁾.

Outros fatores ligados ao metal que afetam a susceptibilidade à corrosão são as heterogeneidades físicas e químicas, encontradas nas superfícies, como tamanho, orientação, e contorno dos grãos e deformações cristalinas, causadas pelo trabalho mecânico.

A maior parte da energia mecânica usada na deformação é transformada em calor e parte deste fica armazenada no material trabalhado, criando distúrbios na rede cristalina que podem tornar seu potencial menos nobre. O potencial do ferro (0,440 V) fica reduzido em 50 mV, em consequência do trabalho a frio ^(5,7).

2.4.2 Fatores Externos

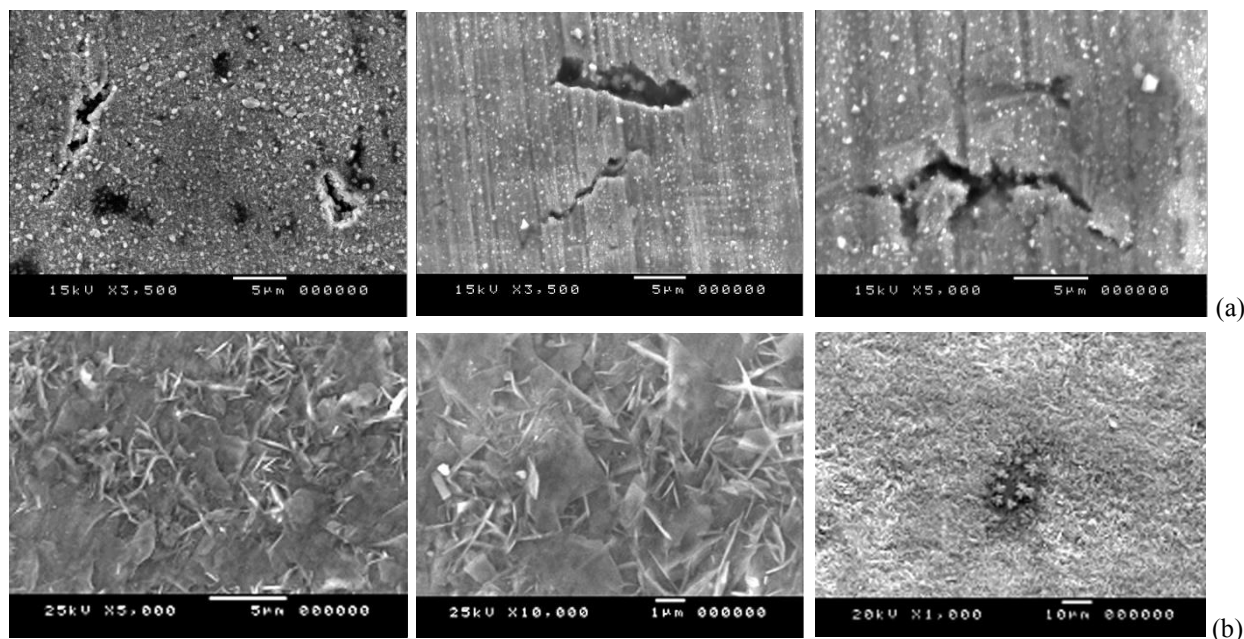
Os fatores externos podem ser separados em dois grupos, aqueles associados ao próprio metal e aqueles relacionados com o ambiente corrosivo. As diferenças de potencial associadas ao metal são geralmente impurezas na superfície metálica, camada de óxido protetora, películas de gás adsorvido ou tensões internas devido aos esforços que atuam ou atuaram sobre o metal. A presença de fragmentos, poeiras e partículas de sujeira ou outros corpos diversos acumulados sobre certas áreas do metal, podem ser fontes de diferença de potencial. Estas partículas protegem as áreas do metal do contato direto com o meio corrosivo, ocasionando fenômenos tais como aeração e concentração diferenciais ^(5 a 7).

A rugosidade da superfície metálica influi no seu comportamento em um meio corrosivo, quanto mais lisa e acabada, melhor a resistência à corrosão. De todas as variáveis externas associadas à fase metálica, o fator mais importante é a presença de uma camada protetora sobre o metal antes deste entrar em contato com o meio corrosivo. Há sérias evidências de que a presença da película protetora altera o potencial de solução aparente do metal passando este de um valor ativo para um valor passivo.

O metal ao sofrer corrosão, fornece um novo elemento ao sistema metal-eletrólito, sendo o produto de corrosão. Este produto pode afetar o sistema, de três maneiras distintas: eletroquimicamente, pode ser anódico ou catódico em relação à superfície metálica, quimicamente pode influir no pH e na condutividade do meio e fisicamente pode criar películas permeáveis ou impermeáveis, alterando assim o contato do meio corrosivo com o metal. As regiões metálicas submetidas a esforços atuantes ou residuais são sempre mais anódicas do que as partes não tensionadas. Porém, as tensões residuais em geral, só afetam determinadas áreas do metal, resultando num ataque localizado bastante mais severo ^(5,7,12).

O próprio eletrólito é uma fonte essencial de diferença de potencial, cada metal ou liga possui seu potencial de solução característico, dependendo do tipo de íons e de sua concentração na solução com que está em contato. Outros fatores do meio que atuam no mecanismo e velocidade da corrosão são o pH (soluções ácidas, básicas ou neutras), a presença de agentes complexantes, seja de íons presentes no meio, seja de íons produtos da corrosão, as concentrações (pequenas ou elevadas) de íons e produtos químicos diversos ^(5,7,8). Um exemplo ocorre na liga de níquel 600 usada na construção de alguns componentes metálicos de indústrias nucleoeletrônicas. Estudos indicam que a adição de zinco na água modifica a estrutura dos filmes óxidos e retarda o surgimento de trincas ⁽¹¹⁾.

Figura 5- (a) Microtrincas na superfície da liga de níquel 600 expostas ao eletrólito sem adição de zinco, (b) superfície exposta ao eletrólito com adição de zinco.



Fonte: Adaptado pelo autor de Paula R.G. (2010).

Outras possíveis fontes de diferença de potencial são variações de temperatura na massa do eletrólito originando gradientes térmicos, o grau de agitação do meio corrosivo, a iluminação diferencial de algumas partes do metal e viscosidade.

3. Técnicas Eletroquímicas

Técnicas eletroquímicas podem ser empregadas na estimativa, no controle e na investigação de metais sofrendo diferentes tipos de ataque corrosivo em diferentes condições de meio, temperatura, pressão, aeração e até iluminação diferencial.

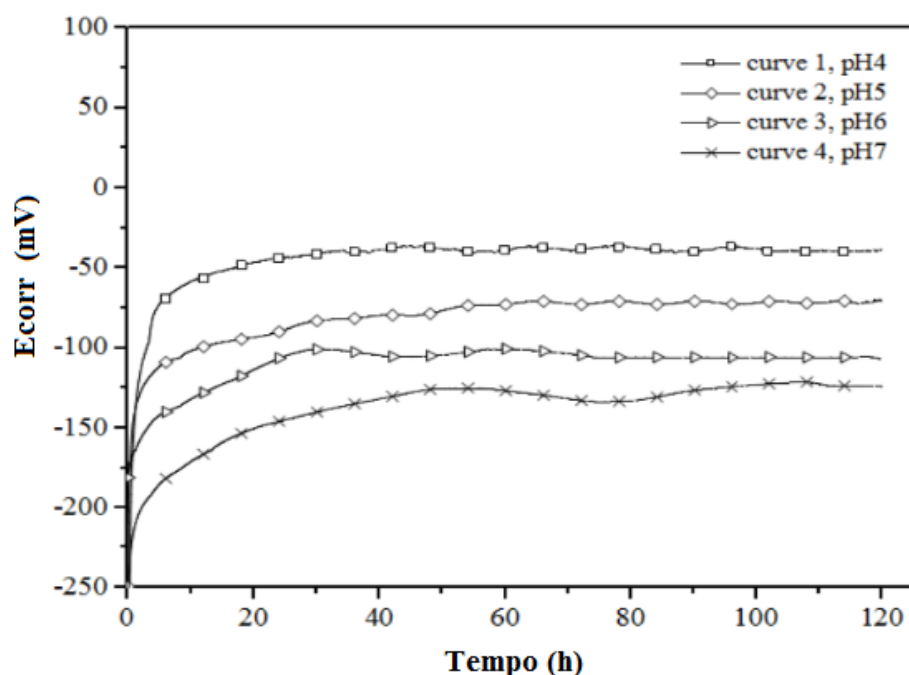
Dentre as diversas técnicas para o estudo da corrosão serão descritas as mais relevantes para o desenvolvimento do presente estudo.

3.1 Potencial de circuito aberto

O metal quando sofre corrosão em uma solução de baixa resistividade elétrica assume um potencial característico, designado como potencial de corrosão. O potencial assumido pelo metal pode variar em função do meio, temperatura e pH da solução, sendo obtido diretamente em relação a um eletrodo de referência. Para metais que passivam, quando imersos em uma solução corrosiva, ocorre inicialmente a dissolução da película protetora. Esta etapa, em geral, é acompanhada por variações no potencial de corrosão. Nesse processo, o potencial se mantém num valor mais elevado e, após um tempo, ele seu valor cai

bruscamente. Esta queda de potencial é atribuída à dissolução da película de óxido pelo processo de dissolução redutiva ^(7,12).

Figura 6- Variação do potencial de corrosão em função do tempo, aço AISI 304 em solução de 3,5 % NaCl com pH (4,5,6 e 7).



Fonte: Adaptado pelo autor de Sanusi M. S. (2018).

Em alguns meios pode-se formar na superfície do metal uma película passiva, a formação dessa película, apesar de ocorrer quase instantaneamente, inicia-se somente após um tempo de imersão ou período de incubação. Durante esta etapa o potencial de corrosão aumenta consideravelmente, podendo ter seu valor alterado em função do pH como se pode constatar na Figura 6 ⁽¹³⁾.

3.2 Técnicas potenciodinâmica e potenciostática

Existe um grande interesse prático e teórico do conhecimento do comportamento eletroquímico de um metal num potencial diferente do potencial de corrosão (ou de equilíbrio). Para isto é necessário utilizar fontes externas de potencial para impor experimentalmente a um eletrodo um potencial diferente do de corrosão. A polarização do eletrodo por fontes externas conduz ao levantamento de uma curva de polarização, que representa o efeito global de todas as reações que ocorrem simultaneamente sobre o eletrodo. Uma curva de polarização é constituída por duas partes, uma catódica e outra anódica. A parte catódica da

curva de polarização contém informação relativa à cinética da reação de redução que ocorrem no sistema. As características particulares da parte anódica da curva de polarização dependem fortemente do sistema metal-eletrólito. A obtenção das curvas é realizada por dois métodos ^(12 a 14).

Método Galvanostático

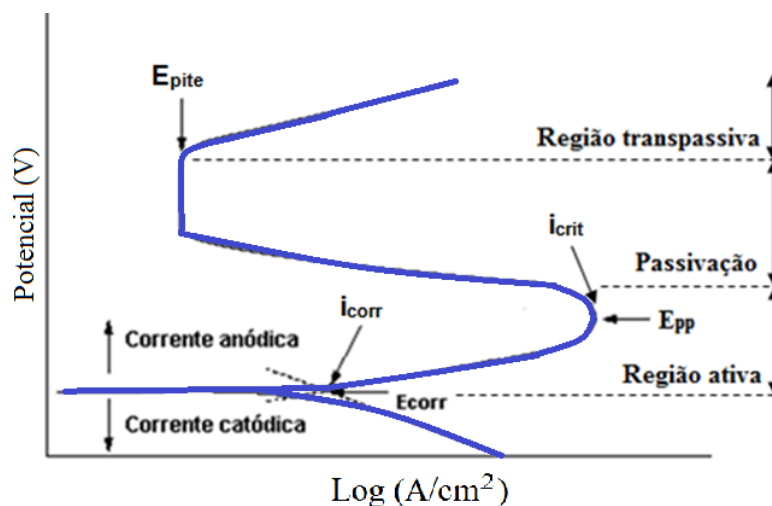
Método Galvanostático: tem como variável de controle a intensidade da corrente que circula no sistema, a qual é modificada por meio de uma resistência. Apresenta como variante o método galvanocinético no qual a corrente varia em degraus ou continuamente sendo feito o registro de potencial ⁽¹²⁾.

Método Potenciodinâmico

Método potenciodinâmico: tem como variável de controle o potencial de eletrodo, em função do tempo (t), registrando-se a mudança de corrente Δi . Exibe como variante o método potencioestático, no qual se aplicam valores discretos ao potencial de eletrodo (E), em cada potencial, determina-se o valor da variação de Δi . Na Figura 7 é indicado uma curva de polarização potenciodinâmica para um metal que forma camada passiva. A curva de polarização é dividida três regiões: ativa, passiva e transpassiva. Na região ativa ocorrem duas reações, catódica (redução) e anódica (oxidação).

A partir de certo ponto na curva, um aumento no potencial é seguido por um rápido decréscimo na corrente. Este ponto corresponde o início da passivação, na qual a corrente se mantém com pouca variação para uma pequena faixa de potencial. Posterior a este ponto a corrente aumenta de forma gradativa, indicando a região transpassiva, onde o filme óxido formado perde sua estabilidade. A polarização anódica é utilizada para determinar a passividade dos metais e ligas em termos de potencial de corrosão (E_{corr}), corrente de corrosão (i_{corr}), potencial de passivação primário (E_{pp}), densidade de corrente crítica para passivação (i_{crit}) e potencial de pite (E_{pite}) ^(7,12).

Figura 7- Curva de polarização potenciodinâmica.



Fonte: Adaptado pelo autor de Wolyneec (2003).

3. METODOLOGIA

3.1 Corte e Metalografia

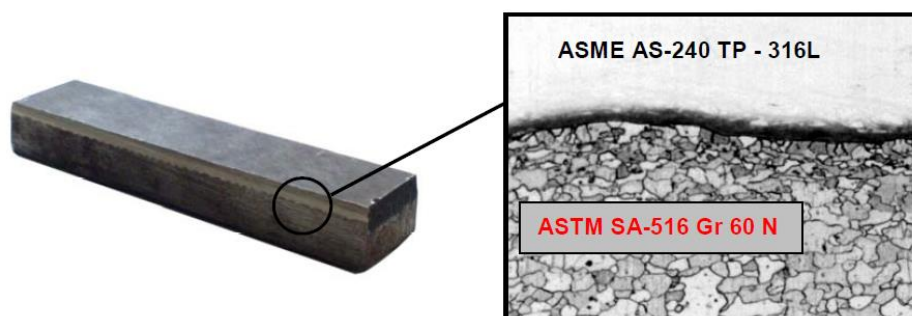
Na Tabela 1 é indicada a composição química dos materiais. As amostras foram retiradas de uma chapa de 2500x4050(mm) composta pelos aços ASTM SA-516 Gr 60 N com espessura de 9,5(mm) revestida com o aço inoxidável ASME AS-240 TP-316L com 3(mm) de espessura indicado na Figura 8.

Tabela 1 – Composição química (%), das chapas

	C	Mn	P	S	Si	Al	Cu	Mo	Cr	Ni	Nb	V	Ti
SA - 516	0,17	1	0,015	0,009	0,21	0,04	0,005	0,001	0,024	0,013	0,002	0,001	0,001
316 L	0,03	1,37	0,037	0,001	0,5	0,0025	0,208	2,054	16,54	10,08	----	----	0,037

Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

Figura 8- Amostra da chapa cladeada aços ASTM SA-516 Gr 60 N e ASME AS-240 TP-316L no detalhe a interface da solda.



Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

Foram cortadas amostras das chapas de aproximadamente 15x20 (mm), posteriormente foi realizado o embutimento em resina Baquelite (polímero termofixo). Para o lixamento foram utilizadas lixas com granulometrias de 180 mesh, 220 mesh, 320 mesh, 400 mesh, 500 mesh, 600 mesh e 2.000 mesh. Em seguida realizada a etapa de polimento em feltro impregnado com pasta de diamante com granulação de 6 μ , 3 μ e 1 μ . Para análise da microestrutura, estas amostras foram atacadas com nital 4% ⁽¹⁵⁾, e posteriormente, analisadas em microscópio ótico marca Neophot, modelo 32, acoplado a uma estação de trabalho com analisador de imagem marca Leco.

3.2 Solução

São indicadas no Quadro 1 as características e preparo da solução para os ensaios eletroquímicos.

Quadro 1 – Meio Corrosivo usado nos ensaios eletroquímicos

Meio corrosivo	Preparo
Solução aquosa de ácido sulfúrico 0,1 mol/L, H ₂ SO ₄ , não aerada, à temperatura ambiente do laboratório (27±1)°C.	Diluiu-se 5,54 ml (medidos em uma bureta) de H ₂ SO ₄ 98%, grau PA, em água deionizada, para 1000 ml.

Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

2.3 Ensaios Eletroquímicos

Os ensaios eletroquímicos para levantamento das curvas de polarização anódica potenciodinâmica foram realizados em um potenciostato/galvanostato Autolab PGSTAT20 indicado na Figura 9 (a). Os eletrodos utilizados foram de Platina, como auxiliar, e eletrodo de referência de Ag/AgCl (1,0 mol/L).

O acompanhamento do potencial eletroquímico (E) foi realizado expondo-se três amostras de cada material à solução de ácido sulfúrico 0,1 mol/L, H_2SO_4 por 1 hora, e registrando-se a variação com o tempo até a estabilização ⁽¹²⁾.

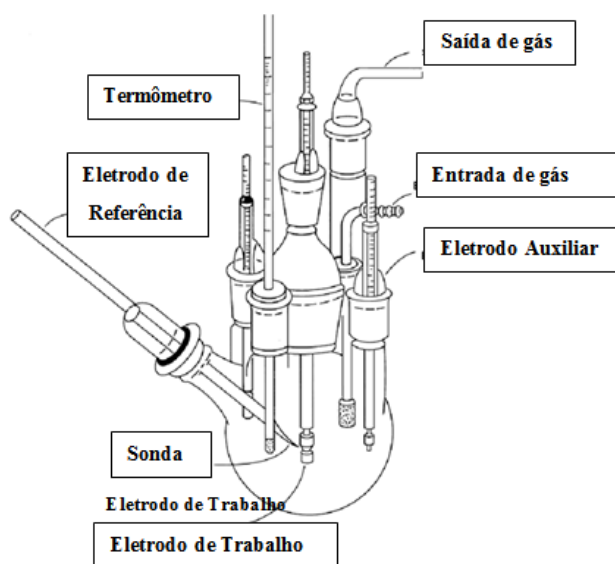
Figura 9- Potenciostato/galvanostato Autolab PGSTAT20.



Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

Para a montagem do sistema foi feita em uma célula eletroquímica Figura 10, a mesma é composta por um eletrodo de trabalho (amostra do material), um eletrodo de referência, um eletrodo auxiliar ou contra eletrodo, geralmente de platina ou grafite. As curvas de polarização foram obtidas com uma velocidade de varredura de $0,167 \text{ mV s}^{-1}$ em uma faixa de -0,20 V a 1,5 V em relação ao potencial de circuito aberto (OCP) ⁽¹⁵⁾.

Figura 10- Célula eletroquímica

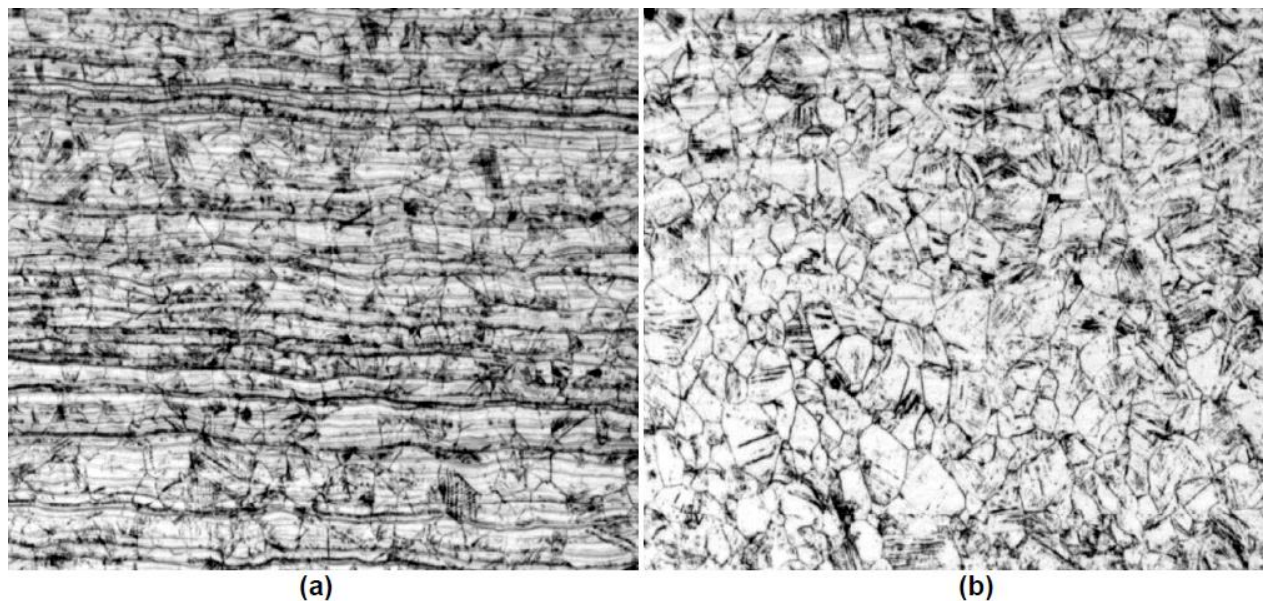


Fonte: Adaptado pelo autor de ASTM G5 (2011).

4. Apresentação dos Resultados

Na Figura 11 (a) observa-se o achatamento dos grãos do aço ASME AS-240 TP-316L, causado pelo processo de cladeamento. Na Figura 11 (b) é possível verificar uma microestrutura austenítica de grãos equiaxiais não deformados.

Figura 11- Macrografia dos aços (a) ASME AS-240 TP-316L cladeado e (b) ASME AS-240 TP-316L, ataque nital 4%, aumento de 100X.

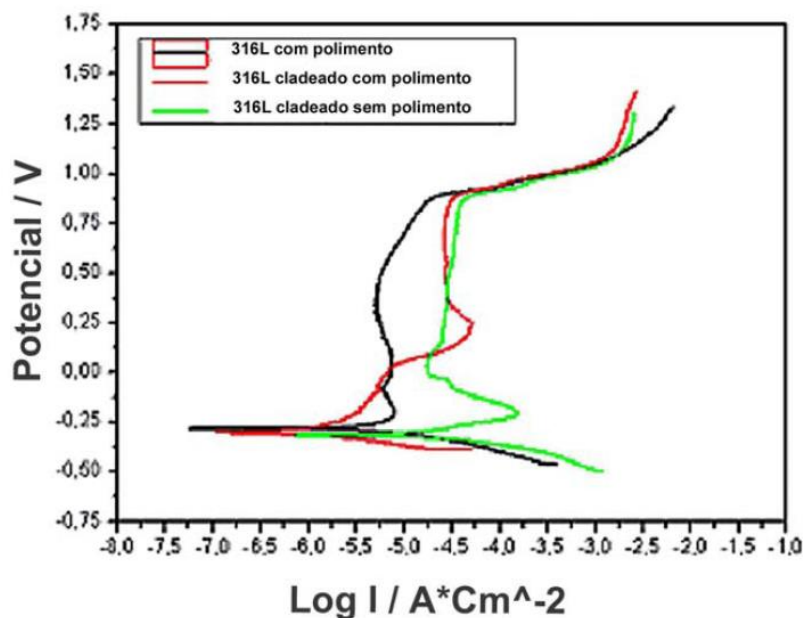


Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

Nas curvas de polarização anódica indicadas na Figura 12 observa-se que o aço ASME AS-240 TP-316L apresentou uma região de passivação no meio corrosivo. Esta passivação é possivelmente associada a presença de cromo na matriz do aço.

Surgem picos de redução de corrente na faixa de potencial entre $-0,25$ a $-0,15$ V, a queda nos valores da corrente indicam o início da formação da camada passiva para os três materiais ⁽¹⁶⁾. O aço inoxidável ASME AS-240 TP-316L como recebido sem polimento apresentou menor potencial de corrosão (E_{corr}) igual a $-312,5$ (mV) e maior corrente de passivação igual a $31,6$ (mA/cm²).

Figura 12- Curvas de polarização anódica potenciodinâmica do aço Inoxidável ASME AS-240 TP- 316L.



Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

Observa-se que os potenciais de corrosão e de transpassivação e densidade de corrente anódica dos aços cladeados com e sem polimento, são da mesma ordem de grandeza. O aço ASME AS- 240 TP- 316L com polimento apresentou um filme óxido mais estável indicando um caráter mais protetor, o deslocamento para esquerda no gráfico da região de passivação indica menores correntes de corrosão para formação da camada passiva. Os valores dos parâmetros eletroquímicos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros eletroquímicos extraídos das curvas de polarização potenciodinâmicas do aço ASME AS-240 TP- 316L.

AMOSTRA	E_{corr} (mV)	I_{pass} ($\mu A/cm^2$)	E_{pite} (mV)
ASME S240 TP316L polido	- 254,5	8,3	875,0
ASME AS-240 TP- 316L Cladeado e polido	-288,2	25,1	875,0
ASME AS-240 TP- 316L cladeado	-312,5	31,6	875,0

Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

5. CONCLUSÕES

O aço inoxidável ASME AS-240 TP-316L cladeado é menos resistente ao processo de corrosão eletroquímica, quando comparado com os aços ASME AS-240 TP-316L. Para este estudo o efeito do polimento foi pouco significativo no comportamento eletroquímico.

O material que possui uma camada de óxido mais estável é o aço inoxidável ASME AS-240 TP-316L não cladeado. Verifica-se que o efeito do cladeamento não influencia no valor do potencial de pite dos materiais.

O maior valor de corrente para formação da camada passiva foi do aço ASME AS-240 TP-316L cladeado. Isto pode estar associado ao processo de fabricação. Quando a chapa é deformada plasticamente o material é conduzido a um estado termodinamicamente instável, com energias latentes mais elevadas na superfície, de modo que o seu potencial se torna menos nobre. Isto pode promover uma maior susceptibilidade a processos corrosivos e instabilidade da película protetora.

REFERÊNCIAS

Akbari-Mousavi, S.A.A., Barrett, L.M. , Al-Hassani , S.T.S. Explosive welding of metal plates **Journal of Materials Processing Technology** vol. 202,pp. 224-239, 2008.

Chizari, M.; Al-Hassani, S.T.S., Barrett ,L.M. Effect of flyer shape on the bonding criteria in impact welding of plates **Journal of Materials Processing Technology** vol. 209, pp. 445-454,2009.

Mynors, D.J.; Zhang; B. Applications and capabilities of explosive forming **Journal of Materials Processing Technology** vol.125–126, pp 1-25, 2002.

Shreir, L. L et al, Corrosion. Volume 1: **Metal/Environment Reactions**, Oxford, 3ver.Ed. Butterworth-Heinemann, 2000.

Introdução à corrosão e proteção das superfícies metálicas. Paulo Furtado da Silva. UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais), 1981.

Corrosão de materiais metálicos e sua caracterização. Enori Gemelli. 2001.

Vicente Gentil,. **Corrosão**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2007. 353 p. ISBN 9788521615569.

Gemelli, Enori. **Corrosão de materiais metálicos e sua caracterização**. Rio de Janeiro:LTC Livros Técnicos e Científicos, 2001. 183 p. ISBN 8521612907.

Nunes, L. P.; Lobo, A. C. O. **Pintura Industrial na proteção anticorrosiva**. 2ª ed., Rio de Janeiro. Interciência, 1998

Hagihara K; Okuboa M; Yamasaki M; Nakanod T. Crystal-orientation-dependent corrosion behaviour of single crystals of a pure Mg and Mg-Al and Mg-Cu solid solutions, **Corrosion Science**, Volume 109, paginas 68-85, 2016.

Paula R. G., Figueiredo C. A, Moraga G. A.. The effect of zinc addition in stress corrosion cracking initiation in nickel alloy 600 in simulated PWR primary water. INTERCORR, 2010.

Wolynech, Stephan. **Técnicas Eletroquímicas em Corrosão**. São Paulo. EDUSP, 2003.

Sanusi M. S., Shamsudin S.R.. Electrochemical Corrosion Behaviours of AISI 304 Austenitic Stainless Steel in 3.5 wt. % NaCl Solutions at Different pH, Center of Excellence Geopolymer and Green Technology (CEGeoGTech), 2018.

Frankel, G.S. Pitting Corrosion. ASM Handbook, Vol.13A: **Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection**, ASM International, p. 236–241, 2003.

ASM – American Society for Metals – Metals Handbook 8º ed – In: Metallographic Technique for Specific Metals and Alloys, v. 8, p.101, 1973.

Annual Book of ASTM Standards, Part. 10., American Society for Testing and Material. ASTM G5: Standards recommended practice for standard method for making potentiostatic and potentiodynamic anodic polarization measurement. Philadelphia, PA. 11 p. 1994.

Lifka, Bernard W. **Corrosion Tests and Standards**. 2nd Edition. Robert Baboian Editor, 2005.

Capítulo 9

ANÁLISE DA CONFIABILIDADE HUMANA COMO
CONTRIBUINTE NA REDUÇÃO DOS ACIDENTES DE
TRABALHO E DO FATOR ACIDENTÁRIO DE PREVENÇÃO:
UM ESTUDO DE CASO APLICADO À CONSTRUÇÃO CIVIL

Flávia Fátima de Paula
Hellen de Oliveira
Larissa Costa
Ricardo Lery Cobério Santos
Alexandre Arnaldo Sonntag

Análise da confiabilidade humana como contribuinte na redução dos acidentes de trabalho e do fator acidentário de prevenção: um estudo de caso aplicado à construção civil

*Flávia Fátima de Paula
Hellen de Oliveira
Larissa Costa
Ricardo Lery Cobério Santos
Alexandre Arnaldo Sonntag*

RESUMO

Este trabalho consiste em uma avaliação dos acidentes de trabalho registrados nos anos de 2014, 2015 e 2016 nas principais obras de uma empresa do segmento da construção civil, situada em Belo Horizonte. Realizou-se a modelagem probabilística da confiabilidade humana com o intuito de reduzir a ocorrência de acidentes de trabalho e, conseqüentemente, o FAP (Fator Acidentário de Prevenção). Realizou-se uma pesquisa quantitativa a partir do método estudo de caso. Combinou-se uma base teórica proveniente dos conceitos de confiabilidade humana, conceitos inerentes à segurança do trabalho além do entendimento de um instrumento jurídico-previdenciário. Os resultados encontrados indicam comportamentos diferenciados de falha, apontando ganhos através da continuidade de estudos estatísticos voltados à confiabilidade, somada a uma gestão estratégica da saúde e segurança do trabalho.

Palavras-chave: Confiabilidade Humana. Acidente. Fator Acidentário de Prevenção.

1. INTRODUÇÃO

Componentes eletrônicos, robôs, automóveis e máquinas em geral ao longo de sua vida útil estão sujeitos a falhas. Em algumas situações é possível realizar um reparo em caso de falha, todavia, em outras, a substituição é inevitável. De maneira similar, os seres humanos também falham e dependendo da gravidade da falha, esta pode custar vidas. Os acidentes de trabalho ilustram um momento de falha humana, seja esta oriunda de ausência de treinamento para realização da função, manuseio e adaptações incorretas de ferramentas e equipamentos, entre outros fatores. Além de representar um dano a saúde do trabalhador, o acidente de trabalho impacta na folha de pagamento da empresa, com aumento do chamado FAP (Fator Acidentário de Prevenção). Saber utilizar favoravelmente os dados históricos destes acidentes,

pode contribuir com a construção de um ambiente mais seguro de trabalho.

Neste contexto, objetiva-se realizar um estudo de confiabilidade partir dos registros de acidentes de trabalho nos anos de 2014, 2015 e 2016 nas principais obras de uma empresa de construção civil situada na cidade de Belo Horizonte. Com auxílio de um programa computacional, foi encontrada a melhor distribuição estatística representante do comportamento das falhas observadas (acidentes). Posteriormente pretende-se realizar uma análise das distribuições estatísticas obtidas visando direcionar ações voltadas a minimização da ocorrência de acidentes de trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Construção Civil e Segurança no Trabalho

A construção civil é um setor dinâmico e gerador de empregos. Apesar das notáveis melhorias nos últimos anos, o setor continua sendo o maior contribuinte nos números dos acidentes de trabalho em geral, inclusive acidentes dos mortais no Brasil (RIBEIRO, 2005). Conforme dispõe o art. 19 da Lei nº 8.213/91, “acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho” (BRASIL, 1991). “Já no longínquo ano de 1895, através de um Decreto de 6 de junho, se procurava garantir proteção aos operários, e até a terceiros, e se imputava a responsabilidade à pessoa encarregada da direção das obras”. (RIBEIRO, 2005).

Promover ambientes seguros à execução das tarefas direcionadas aos trabalhadores, exige maior envolvimento e comprometimento dos empresários da Construção Civil, dada a criticidade do cenário aqui elucidada; além de maximizar o bem-estar humano, preocupa-se em reduzir custos oriundos de acidentes de trabalho, uma vez que a mão de obra representa a maior parte dos custos do setor.

Sabe-se que saúde e segurança no trabalho são essenciais à preservação da vida humana; registrar um acidente de trabalho além de colocar em questão tal princípio, impacta diretamente nos negócios: o chamado FAP (Fator Acidentário de Prevenção) consiste em um multiplicador, variável de 0,5 a 2,0, incidente sobre as alíquotas de contribuição das empresas aos Riscos Ambientais do Trabalho – RAT. Desta forma, empresas que registrarem um aumento no número de acidentes e em maior gravidade, terão aumento no valor da contribuição. Da mesma forma, a queda no número desses acidentes implica consequentemente, na redução deste fator.

2.2 Falha Humana

Uma determinada obra, pode ser descrita pela execução de diferentes serviços, visando a estruturação de sistemas, como: hidráulico, elétrico, estrutural, fundação, entre outros. Serviços bem feitos, dentro do prazo previsto, são indicadores de excelência. O sucesso dessa execução está condicionado, além da qualificação da mão de obra executante, à sua disponibilidade. Garantir disponibilidade, implica em diminuir riscos oriundos de situações indesejáveis, que possam causar falhas. “As falhas humanas podem ser classificadas em erros e transgressões, que ocorrem durante a execução das atividades humanas (relações, tarefas, missões).”(PALLEROSI, C., MAZZOLINI B., MAZZOLINI L. 2011). O erro está associado a uma ação inesperada, sem planejamento ou conhecimento; vários são os fatores contribuintes: nível de capacitação, situação emocional do executante, condições ambientais, entre outros. No caso da transgressão, o sujeito da ação, pode ou não ter a intenção de provocar uma falha; em casos não intencionais, pode-se citar o desconhecimento das consequências associadas a essa falha. Dada a natureza falível do homem, falhas sempre ocorrerão. A organização deve enxergar as falhas como uma oportunidade de examinar as causas originárias, implementando planos e ações que reduzam a sua probabilidade de ocorrência. Acidentes de trabalho além de colocar em risco a saúde e vida do trabalhador, contribuem significativamente com a oneração da folha de pagamento mensal, devido à elevação do Fator Acidentário de Prevenção (FAP).

2.3 Confiabilidade Humana

Máquinas, componentes eletrônicos, automóveis, computadores, celulares, são projetados para uma finalidade específica; o desempenho de suas funcionalidades ao longo da vida útil está sujeito a falha: “perda de uma função”. (LAFRAIA, 2008). De maneira análoga, uma determinada pessoa é contratada para executar determinada função; durante o período de execução de tal tarefa, o executante estará sujeito ao êxito e também a falha: “as falhas humanas podem ser classificadas em erros e transgressões, que ocorrem durante a execução das atividades humanas”. (PALLEROSI, MAZZOLINI, MAZZOLINI, 2011). A partir do momento que falhas humanas são inevitáveis e da preocupação pela integridade da saúde do executante de determinada tarefa, faz-se necessário estudar mecanismos que aumentem o intervalo de ocorrência entre uma falha e outra e minimizem os impactos que esta venha a causar; trata-se de estimar a chamada confiabilidade humana: “probabilidade de que uma tarefa ou serviço (uma ação planejada) seja feito com sucesso (alcançando os objetivos propostos) dentro do tempo reservado para o mesmo.”(LAFRAIA, 2008). Visto que a falha humana pode caracterizar um acidente de trabalho, implicando no afastamento do empregado (perda de produtividade) e consequentes custos, ou até mesmo na sua morte, cujo valor não pode ser estimado, almeja-se promover ações que contribuam com o aumento da

confiabilidade, ou seja, aumentar o tempo de disponibilidade dos trabalhadores e cuidar para que a ocorrência de determinada falha, quando inevitável, seja em menor gravidade possível.

O crescimento monitorado da confiabilidade humana é uma excelente metodologia para identificação e correção das falhas humanas e deficiências do aprendizado, nas tarefas (ou missões), pelo monitoramento e contínuo aumento da confiabilidade observada, aplicando-se ações corretivas durante as etapas de seu envolvimento. (PALLEROSI., MAZZOLIN., MAZZOLINI, 2011).

Os dados de falha quando trabalhados em uma ferramenta auxiliar, como a Weibull++10 (RELIASOFT CORPORATION, 2016), levam a valores de confiabilidade; estes, são descritos por uma distribuição estatística que melhor os caracterize – Weibull, Gama, Normal, Exponencial, Lognormal, entre outras.

Cada uma das distribuições correspondente a um dado tipo de tarefa ou missão, de modo a melhor representar a ocorrência das falhas humanas. As falhas podem ocorrer no início ou no fim dos períodos de atuação, serem aleatórias, concentradas ao redor de um valor médio (simétricas ou não), e outros tipos. (PALLEROSI., MAZZOLIN., MAZZOLINI, 2011).

A análise dos valores obtidos de confiabilidade humana pode melhorar ações voltadas a manutenção ou aumento da disponibilidade dos executantes de determinada tarefa; quando aplicado um monitoramento contínuo desta, é possível mensurar se a gestão adotada para a segurança do trabalho é eficaz.

2.4 Análise de Confiabilidade

Dada a natureza falível do homem, o estudo de falhas que resultam em acidentes, a partir de métodos estatísticos, pode conduzir a práticas mais eficazes de saúde e segurança do trabalho. Quando o assunto é confiabilidade, almeja-se um crescimento desta e, uma probabilidade de falha mínima, de modo a construir ambientes seguros para o desenvolvimento de tarefas designadas ao homem. “A análise quantitativa da Confiabilidade Humana requer a consideração dos tipos de dados de entradas e das distribuições estatísticas (conhecidas ou desconhecidas) das falhas”. (PALLEROSI, C., MAZZOLINI B., MAZZOLINI L., 2011).

Em relação à qualidade dos dados analisados:

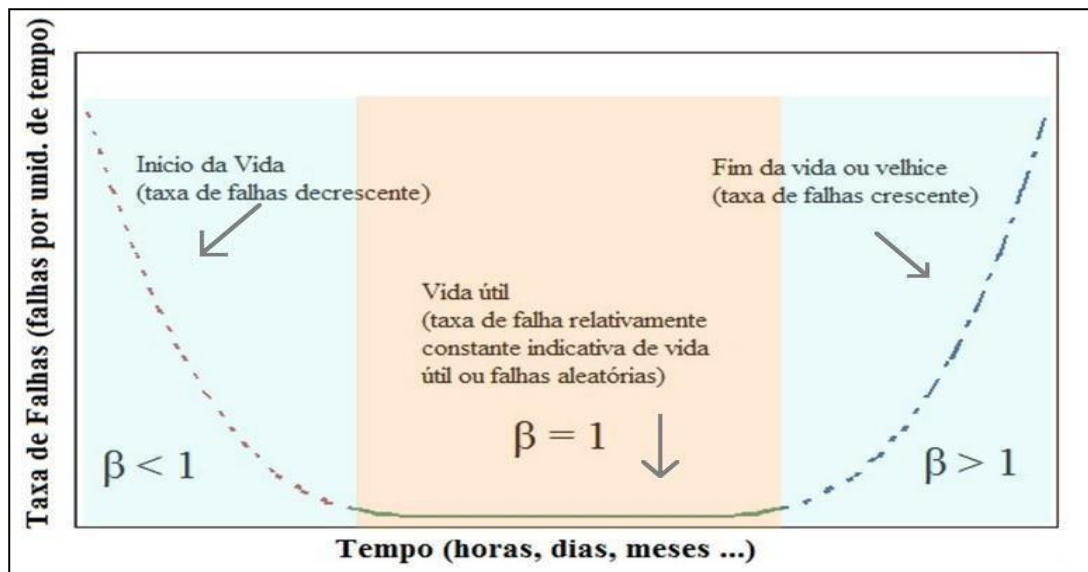
A precisão de qualquer previsão estatística depende fundamentalmente da qualidade e da quantidade de dados observados (obtidos). Bons dados implicam em previsões corretas, desde que o modelo estatístico e a amostra selecionada

representem o real comportamento da população (universo) dos dados. (PALLEROSI., MAZZOLIN., MAZZOLINI, 2011).

Dentre as principais distribuições estatísticas que podem caracterizar os dados estudados, são listadas: Exponencial, Lognormal e Weibull.

“A distribuição Weibull é a mais geral, precisa e prática dentre todas as outras possíveis distribuições utilizadas no estudo da Confiabilidade humana”. (PALLEROSI, C., MAZZOLINI B., MAZZOLINI L., 2011). Em suas variações – monoparamétrica, biparamétrica, triparamétrica, mista ou multimodal, é importante compreender a influência do denominado parâmetro de forma (β), na interpretação dos dados; tal parâmetro irá definir como as falhas se apresentam: aleatoriamente, no início ou fim da “vida”. A definição da confiabilidade como uma função do tempo resulta na chamada taxa de falhas – a partir de um intervalo de tempo, qual a probabilidade de uma nova falha, dado que esta não tenha ocorrido antes deste intervalo especificado. O comportamento da taxa de falhas pode ser ilustrado por uma curva que lembra uma banheira, denominada curva da banheira (Figura 1). Essa curva representa as fases da vida características do sistema em análise; neste estudo de caso, demonstra se a taxa de ocorrência de acidentes de trabalho é aleatória, crescente ou decrescente com o tempo.

Figura 1- Curva da Banheira



Fonte: RELIASOFT; tradução e modificações realizadas pelos autores

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido através de uma metodologia de Pesquisa Quantitativa e utiliza como método o estudo de caso.

A base de dados utilizada no desenvolvimento do presente estudo de caso consiste nos acidentes registrados nos anos de 2014, 2015 e 2016 (até fevereiro) por uma empresa situada em Belo Horizonte, atuante na construção civil. Por questões sigilosas, sua razão social não será revelada. Essa empresa é o resultado da combinação de outras quarenta e oito empresas, entre elas, as chamadas SPE's: Sociedades de Propósito Específico; é necessário tomar nota dessa particularidade para entender a relação com o FAP (Fator Acidentário de Prevenção):

Os benefícios de natureza acidentária serão contabilizados no CNPJ ao qual o trabalhador estava vinculado no momento do acidente, ou ao qual o agravo esteja diretamente relacionado. Para o trabalhador avulso não há configuração de vínculo empregatício, mas o benefício será vinculado à empresa onde presta o serviço (DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO – Seção 1, Brasília, 14 de junho de 2010).

Dada a natureza da aplicação do FAP (Fator Acidentário de Prevenção), os acidentes registrados com terceiros foram descartados, permanecendo apenas os registros de acidentes envolvendo os colaboradores vinculados aos dois CNPJ's de maior incidência. Foram mantidos apenas os registros de acidentes dos dois CNPJ's com maior incidência (empresas denominadas 3 e 8), configurando a Tabela 2. A partir destes dados foi utilizado o *software* Weibull ++ 10 (RELIASOFT CORPORATION, 2016), com o objetivo de estimar a probabilidade de novas ocorrências de acidentes. Foi aplicado o método estimação de parâmetros Máxima Verossimilhança (MLE).

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

As Tabelas 1 e 2 apresentam os dados coletados nas empresas 3 e 8, respectivamente.

Tabela1- dados de falha empresa 3

Ano	Data	Hora	Função	Tempo de Afastamento (dias)
2014	15/10/2014	09:00	Op. De Betoneira	3
2014	21/10/2014	14:10	Servente	15
2015	26/02/2015	08:30	Pedreiro	1
2015	09/07/2015	15:20	-	2
2015	31/07/2015	14:10	Servente	10
2015	20/08/2015	15:30	Servente	15

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 2 - Dados de falhas da empresa 8

Ano	Data	Hora	Função	Tempo de Afastamento (dias)
2014	01/04/2014	16:00	½ oficial de pedreiro	2
2014	14/04/2014	12:40	Servente	45
2014	25/06/2014	14:15	Carpinteiro	Indeterminado
2015	24/02/2015	10:30	Servente	4
2015	01/06/2015	15:30	Servente	10
2015	27/07/2015	13:00	Carpinteiro	60
2015	17/09/2015	08:30	Pedreiro	2

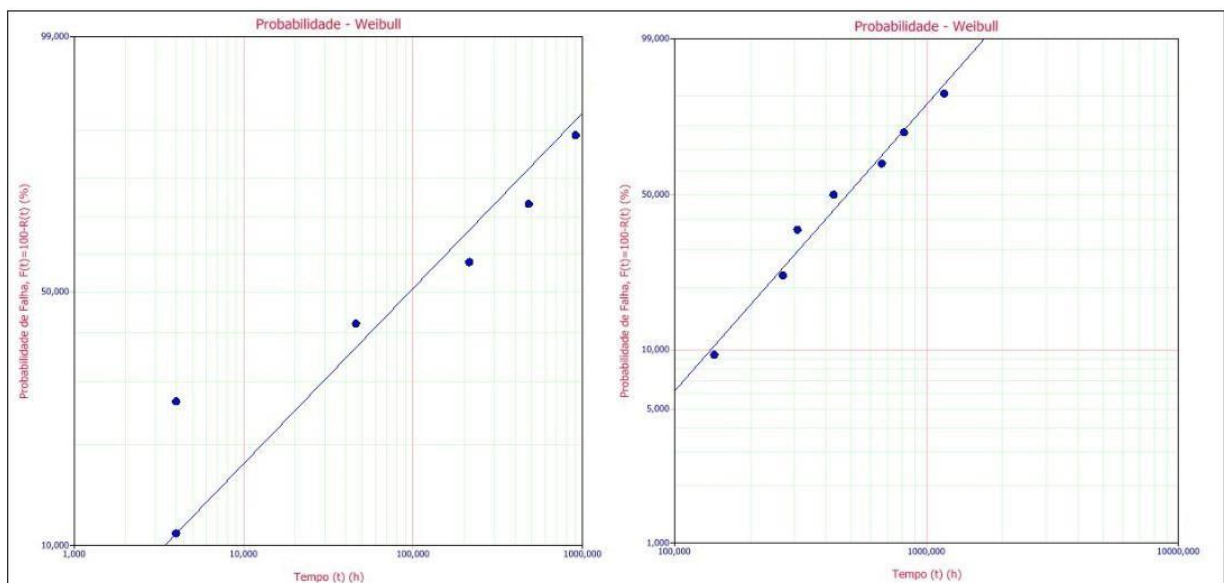
Fonte: Elaborado pelos autores

A Tabela 3 apresenta os modelos de confiabilidade obtidos para as Empresas 3 e 8, ambos considerando a adequação da distribuição de Weibull. A Figura 2 apresenta o Papel de Probabilidade que demonstra a aderência da distribuição de probabilidade utilizada.

Tabela 3 – Modelos obtidos

Modelo obtido para Empresa 3		Modelo obtido para Empresa 8	
Beta:	0,565434	Beta:	1,511462
Eta (h):	182,407793	Eta (h):	618,432513
Falhas/Suspensões:	6/0	Falhas/Suspensões:	7/0

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 2- Gráficos de Probabilidade considerando distribuição de Weibull para acidente em relação ao tempo - Empresas 3 e 8

Fonte: Elaborado pelos autores

Foi realizada uma análise comparativa entre as empresas 3 e 8, levando em consideração: taxa de falha por unidade de tempo (Figura 3), função densidade de probabilidade (Figura 4), parâmetros das distribuições (tabelas 3 e 4) e função confiabilidade (Figura. 5).

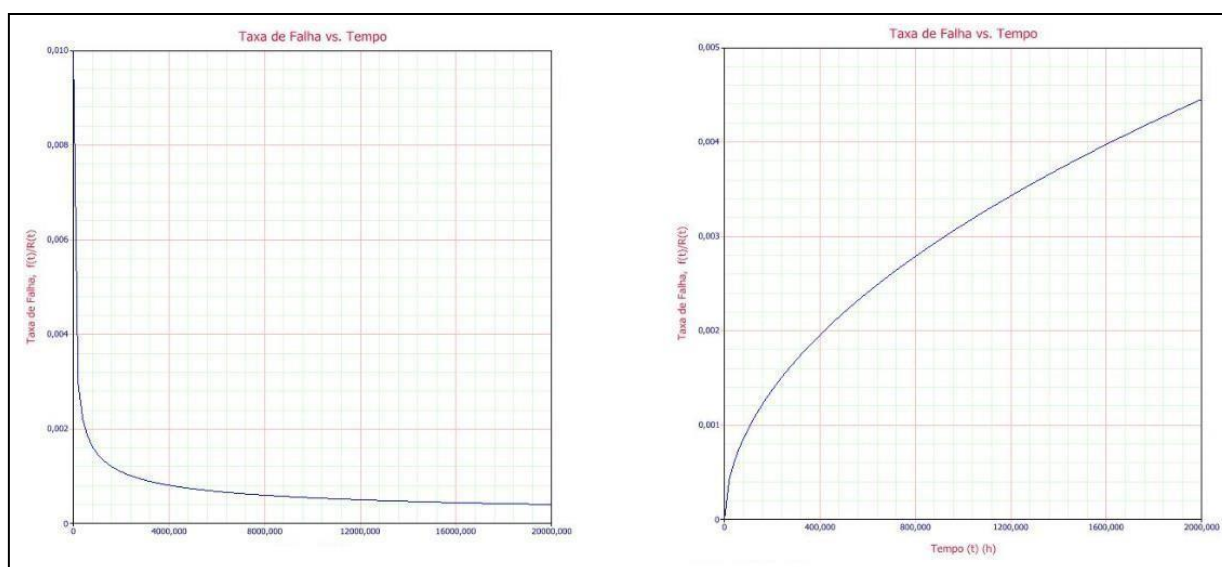
Observando a Figura 2, considerando a Empresa 3, percebe-se que probabilidade de falha para 200 horas trabalhadas (cerca de 8 dias) é de 65,13%; identifica-se a necessidade de uma intervenção da equipe de Saúde e Segurança do Trabalho, visto que a ocorrência de novo acidente de trabalho em um pequeno intervalo de tempo trabalhado é iminente.

Considerando-se a Empresa 8 (Figura 2), a probabilidade de falha para 800 horas trabalhadas (cerca de 33 dias) é de 77,14%; ações de melhoria na eficácia da gestão de saúde e segurança também são necessárias neste caso

A Figura 3 apresenta a função taxa de falha para ambas as empresas. O valor encontrado para o parâmetro $\beta = 0,565434$, para a Empresa 3, (Tabela 3) corresponde a região da curva da banheira caracterizada por falhas decrescentes ao longo do tempo, apontando falhas precoces, indicativo de ausência de treinamento ou qualificação para o desempenho da respectiva função

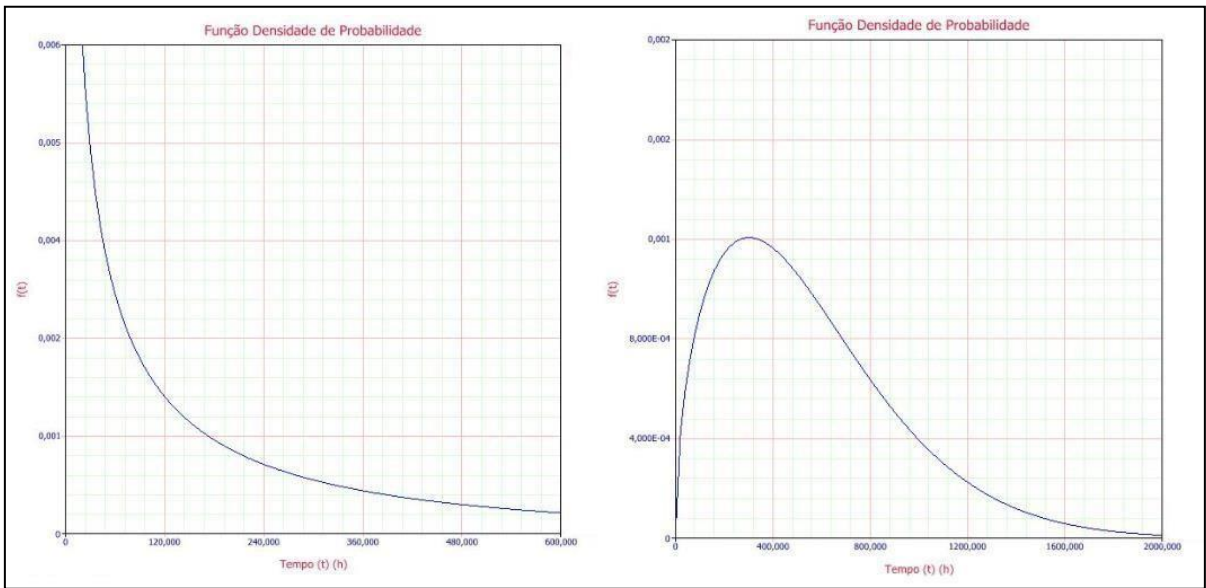
Considerando a Empresa 8, o valor encontrado para o parâmetro $\beta = 1,511462$, corresponde a região da curva da banheira caracterizada por falhas crescentes ao longo do tempo, apontando falhas por desgaste, indicativo de estresse ou excesso de confiança do executante da respectiva função.

Figura 3- Gráficos de Taxa de falhas por unidade de tempo - Empresas 3 e 8



Fonte: Elaborado pelos autores

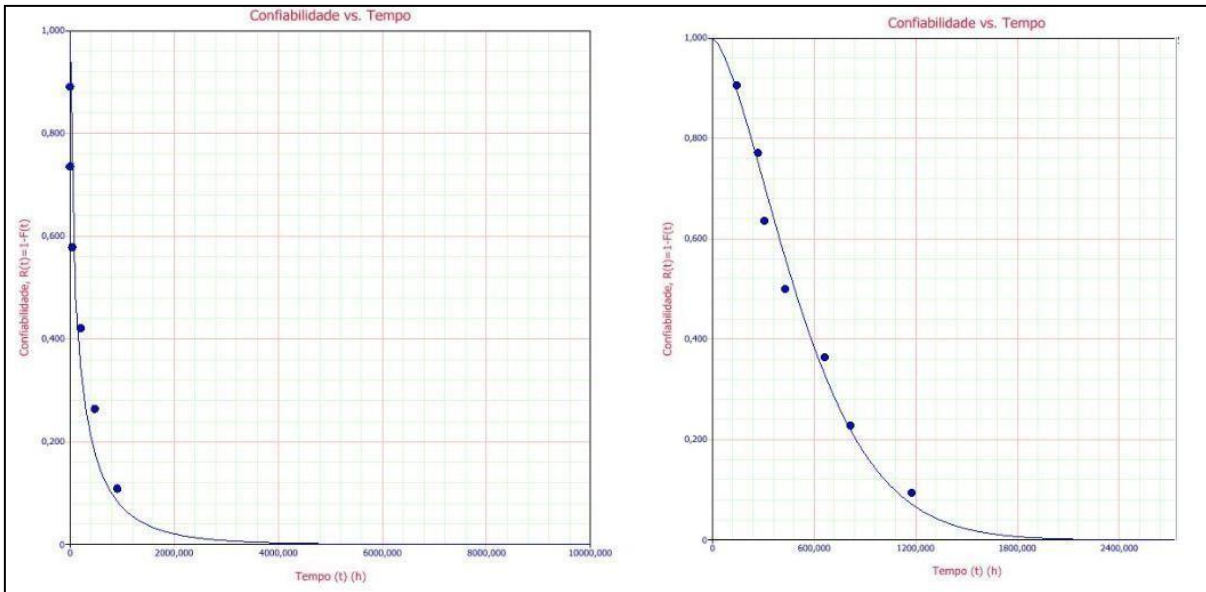
Figura 4- Gráficos da Função Densidade de Probabilidade considerando distribuição Weibull - Empresas 3 e 8



Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 4 apresenta a função confiabilidade obtida para as Empresas 3 e 8, respectivamente.

Figura 4- Gráficos de Confiabilidade VS Tempo - Empresas 3 e 8



Fonte: Elaborado pelos autores

Analisando a curva de confiabilidade para as empresas 3 e 8, para um $t = 2.000$ horas,

os valores para a função $R(t)$ para as empresas 3 e 8, são, respectivamente: 2,0797 % e 0,2754%. Em outras palavras, existe 97,9203% de chance de ocorrência de um novo acidente após duas mil horas de trabalho em obras vinculadas a empresa 3 e 99,7246% de chance de ocorrência para a empresa 8. Apesar do resultado de confiabilidade apresentar proximidade para ambas as empresas em $t = 2.000$ horas, é importante salientar que o comportamento diferenciado das falhas para as empresas indica ações de saúde e segurança do trabalho diferenciadas aos colaboradores para cada empresa. A assertividade dessas ações além de reduzir a ocorrência de novos acidentes, contribui na redução do Fator Acidentário de Prevenção para cada empresa (Tabela 4).

Tabela 4 - FAP's dos últimos dois anos e nº de acidentes de trabalho registrados - Empresas 3 e 8

Empresa	Atividade Econômica	Início da Atividade	Ano de Vigência	Nº Acidentes de Trab.	FAP Original	Data do Cálculo
8	Construção de Edifícios	29/03/15	2015	11	1,0768	30/09/14
			2016	17	1,1374	30/09/15
3	Incorporação de Empreend.Imob.	14/12/05	2015	16	1,124	30/09/14
			2016	18	1,1736	30/09/15

Fonte: Elaborado pelos autores

Não se objetiva projetar aproximadamente um valor para o multiplicador FAP para o ano de 2017, dada a complexidade de seu cálculo, que utiliza outras variáveis em sua composição, tais como: índice de frequência, índice de gravidade, índice de custo, ramo da atividade para o CNPJ, entre outras, não disponíveis. Pretende-se elucidar a importância que uma gestão eficaz da saúde e segurança do trabalho, na contribuição da redução deste mecanismo jurídico-previdenciário (FAP). Esse tipo de informação, na maioria dos casos, fica restrito ao departamento contábil e de pessoal das organizações; esse índice, aplicado sobre a folha de pagamento das empresas, representa uma parcela significativa da carga tributária paga pelas mesmas. As simulações realizadas neste trabalho indicam novos caminhos que permitam uma gestão estratégica da saúde e segurança voltadas a ações preventivas específicas, de acordo com a tendência das falhas apresentadas em cada empresa; dessa forma, o FAP pode representar um benefício, visto que sua redução, consequentemente, reduz o valor de tributos repassados.

5. CONCLUSÕES

Os dados coletados e analisados indicam que é possível prever potenciais taxas de ocorrência de acidentes ao longo do tempo, criando estratégias de prevenção (estratégia de manutenção), de acordo com a tendência de crescimento da taxa de falhas e redução da confiabilidade. O estudo indica uma boa aproximação de antecipação de acidentes, porém, carece de maior volume de dados históricos, coleta e análise contínuas, visando aumento da precisão dos resultados. Reside neste ponto, uma oportunidade de acompanhamento das falhas e da confiabilidade para identificar tendências instantâneas, visto que a utilização de método estatístico de controle mostrou-se eficiente como ferramenta de gestão e prevenção de acidentes. Além de aumentar o grau de qualidade e segurança do ambiente de trabalho, têm-se em mãos uma ferramenta de redução de carga tributária, essencial do ponto de vista de negócios da organização.

REFERÊNCIAS

- BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de metodologia científica**. 3ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de Produção e Operações**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011. Cap.21, p.629-666.
- EVANGELISTA, Clesia de Souza; GROSSI, Fernanda Machado; CARVALHO, Alessandra Lopes. Abordagem quantitativa para cálculo da confiabilidade humana: um estudo de caso aplicado à indústria automobilística. XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Belo Horizonte, 04 a 07 de outubro de 2011.
- FAP - Fator Acidentário de Prevenção. Por: Subsecretaria de Arrecadação e Atendimento - publicado 22/05/2015 11h56; última modificação 22/05/2015 12h10. Disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/declaracoes-e-demonstrativos/gfip-sefip-guia-do-fgts-e-informacoes-a-previdencia-social-1/fap-fator-acidentario-de-prevencao-legislacao-perguntas-frequentes-dados-da-empresa>>. Acesso em 17 de maio de 2016.
- FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.
- MORABITO, R.; PUREZA, V. **Modelagem e simulação**. In: MIGUEL, P. (org.) Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Rio de Janeiro: Campus, 2010.
- PALLEROSI, Carlos Amadeu; MAZZOLINI, Beatriz Pinheiro Machado; MAZZOLINI, Luiz

Ricardo. **Confiabilidade Humana:** conceitos, análises, avaliação e desafios. São Paulo: All Print Editora, 2011.

RELIASOFT CORPORATION, Weibull++ 10.0 Software Package, Tucson, AZ, 2011.

RIBEIRO, J. Soares. **Responsabilidade pela Segurança na Construção Civil e Obras Públicas.** 2ed.. Coimbra: Almedina, 2009.

SANTOS, Joel José. **Contabilidade e Análise de Custos.** 6 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

VIANNA, Cláudia Salles Vilela; FOLMANN, Melissa. **Fator Acidentário de Prevenção (FAP):** inconstitucionalidades, ilegalidades e irregularidades. Curitiba: Juruá Editora, 2011.

Capítulo 10

ANÁLISE DA GESTÃO DE MANUTENÇÃO SEMAFÓRICA EM BELO HORIZONTE

José Madalena Freitas
Rafael Dutra Fonseca
Sílvio Marques Rodrigues Junior
José Luiz Silva Ribeiro

Análise da gestão de manutenção semafórica em Belo Horizonte

José Madalena Freitas

Rafael Dutra Fonseca

Sílvio Marques Rodrigues Junior

José Luiz Silva Ribeiro

RESUMO

Para que o trânsito de veículos opere em condições seguras, faz-se necessário que todos os meios de controle de circulação estejam implantados e operando de acordo com que está estabelecido no Código de Trânsito Brasileiro (CTB). Estes meios devem permanecer em funcionamento de modo que as falhas sejam mínimas para evitar acidentes. Os semáforos são meios de controle de trânsito que necessitam de atenção, pois eles controlam conflitos de interesse no trânsito e são implantados em locais onde o fluxo de veículos e pedestres devem ser administrados de modo a dar fluidez ao trânsito, observando a segurança dos envolvidos naquele meio. O objetivo é verificar quais os maiores problemas enfrentados na gestão de manutenção semafórica e verificar a estratégia da manutenção adotada Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS), e se está de acordo com o grau de confiabilidade dos equipamentos, analisando informações fornecidas pela empresa, verificando o tempo de funcionamento dos equipamentos e os maiores problemas nos semáforos.

Palavras Chave: Manutenção. Semáforo. Disponibilidade.

1. INTRODUÇÃO

As interseções no trânsito são locais onde ocorrem interações entre várias modalidades de transporte como automóveis, caminhões, ônibus e pedestres. Essas interações ocorrem devido aos tráfegos conflitantes pelo direito de passagem em uma interseção. Quando o volume de passagem é baixo, o tráfego pode ser regularizado por regras gerais de circulação, porém caso exista um grande fluxo veicular de circulação nessas interseções, é necessário a implantação de uma sinalização semafórica no local conforme citam Hoel et al. (2012).

Alinhar o planejamento e controle da manutenção com o objetivo e missão da empresa é definido por Branco Filho (2008) como um conjunto de ações para preparar, programar e verificar o resultado da execução das tarefas de manutenção contra os valores preestabelecidos e adotar medidas de correção de desvios para a consecução dos objetivos e

da missão da empresa, usando meios disponíveis. Palomino et al. discorrem sobre a importância da confiabilidade.

A proposta para a elaboração dessa pesquisa vem do estudo de caso da Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S/A. (BHTRANS), analisando a gestão da manutenção semafórica praticada pela empresa, lembrando que em seu planejamento estratégico tem objetivos como: promover a segurança no trânsito para melhoria de saúde e garantia de vida, adotar padrões de excelência na gestão da empresa e adotar uma imagem positiva perante a sociedade. Assim, a pergunta para o problema da pesquisa será “quais os maiores problemas enfrentados na gestão da manutenção semafórica?”.

Dessa forma, o trabalho tem como objetivo analisar a gestão da manutenção semafórica realizada pela BHTRANS na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais. Assim foram definidos os seguintes objetivos específicos: Analisar a estratégia de manutenção adotada pela empresa; identificar as maiores falhas de equipamento semafóricas ocorridas; identificar a melhor estratégia de manutenção de acordo com o tempo médio entre falha dos equipamentos semafóricos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Organização e Gerenciamento da Manutenção

Para a correta aplicação da manutenção, deve se atentar para as técnicas de manutenção existentes.

Segundo Souza (2011) manutenção corretiva é quando um equipamento falha. Esta falha pode causar uma perda total ou parcial da capacidade operacional do sistema. Ocorrendo esta falha, deve ser corrigida de alguma forma. Além disso, mantém em operação o equipamento ou unidade produtiva, quando surge uma falha a manutenção corretiva se preocupa com o fato de que os serviços sejam prestados no menor prazo possível a fim de permitir a imediata retomada das operações, dentro dos níveis de qualidade e segurança exigidos.

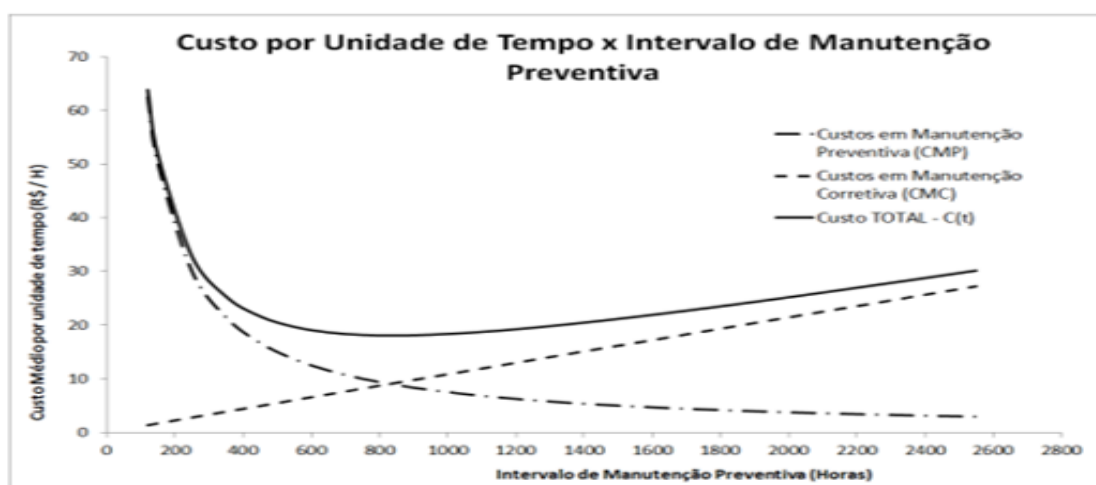
O autogerenciamento é verificado pelos operadores que assumem como seus os equipamentos possibilitando eliminar as paradas e falhas. Assim o TPM tem o objetivo de buscar a máxima eficiência do sistema de produção. Pode ser medido por algum indicador específico para os equipamentos. Muito usual é o Overall Equipment Effectiveness (OEE) - Eficiência Geral de Equipamento que tende a verificar o impacto da operação e da manutenção nos equipamentos para proporcionar uma produtividade adequada. Assim deve-se mirar a perda zero com envolvimento de todos da organização.

Mello Neto et al. (2011) descrevem que a manutenção corretiva é muito operante e muitas pessoas se satisfazem em realiza-la de forma correta, porém é necessário se atentar para que essa manutenção seja suporte para que não ocorra manutenção emergencial.

2.2 Custos de Manutenção

Lima et al. (2015) citam que o objetivo da estratégia da manutenção é buscar a redução do tempo de parada por falhas, reduzindo assim o número de ocorrências de falhas acarretando numa maior disponibilidade do equipamento e reduzindo custos, conforme Figura. 1.

Figura 1 – Definição do Intervalo Ótimo de Manutenção Preventiva



Fonte: Adaptado de Reliasoft (2010)

Lima et al. (2015) apresentam três condições para que seu modelo proposto seja aplicado. A primeira condição diz que a manutenção preventiva deve ser adotada por um conjunto de equipamentos. Na segunda condição, considerando os custos de manutenção e falha, é possível calcular o intervalo ótimo de manutenção do conjunto de equipamentos. Na terceira condição os intervalos ótimos de manutenção para estes equipamentos estão sujeitos à mão-de-obra para realizar as manutenções. A Figura 2 apresenta a relação que o modelo proposto tem com suas entradas e saídas.

Este modelo tem como alvo auxiliar o cronograma de manutenção para diminuir o custo médio tempo total. Deve ser elaborada uma ficha com o detalhamento básico de cada equipamento como fabricante, modelo, consumo, etc.

Figura 2 – Modelo proposto



Fonte: Lima e et al (2015)

2.3 Qualidade de Manutenção

A satisfação do cliente se dá através de uma manutenção de qualidade, aumentando a disponibilidade do equipamento e diminuindo custos. Para Lemos et al. (2011), o atributo de uma manutenção realizada com qualidade está relacionado com a satisfação dos clientes externos e internos, visto que a manutenção sem qualidade gera mais manutenção e consequentemente diminui disponibilidade do equipamento gerando custos desnecessários.

2.4 Manutenção Centrada na Confiabilidade

Muitos dos desenvolvimentos teóricos em confiabilidade pressupõem que os componentes de interesse são descartados após a primeira falha nos sistemas que não podem ser reparados. Tal pressuposto permite que a modelagem estatística das características dos componentes seja mantida em um nível baixo de complexidade matemática. Na prática, entretanto, poucos equipamentos e sistemas são projetados para operar sem sofrer manutenção de alguma natureza. Lâmpadas elétricas e disquetes de computador, por exemplo, são descartados após a primeira falha, já que realizar uma manutenção sobre esses itens seria economicamente desinteressante; o mesmo dificilmente ocorrerá com equipamentos como automóveis e aviões. Em síntese está a ideia de Souza (2011).

A confiabilidade é a probabilidade dos sistemas responderem a uma condição esperada durante determinado tempo e com condições propostas para a sua execução.

Souza (2011) discorre ainda sobre importantes conceitos como Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e MTTR (tempo médio para reparo). A partir do MTBF e do MTTR calcula-se a disponibilidade do equipamento, conforme Equação 1:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (1)$$

As falhas em função do tempo podem ser enumeradas em três etapas: primeiro serão citadas as em decorrência de partida ou início de operação e normalmente é conceituada pela distribuição de Weibull com beta menor que um. Logo em seguida notamos a baixa presença de falhas que é a etapa mais útil dos equipamentos. Por último as falhas começam a ocorrer pelo desgaste devido ao grande uso contínuo e sua distribuição é descrita pela normal. Pelos acontecimentos aleatórios em certas situações a distribuição exponencial é muito utilizada para definir o processo. A expressão $R = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)}$ representa a probabilidade de não apresentar falha até um instante t determinado.

Como os componentes interagem entre si, devemos destacar que além da confiabilidade destes é importante relatar a confiabilidade do sistema como um todo. Os componentes presentes estão ligados nas seguintes formas: Série, onde a confiabilidade é dada por $R_s = R_A \times R_B \times \dots \times R_n$, e a confiabilidade do sistema é menor que a confiabilidade individual de cada componente. Paralelo, onde a confiabilidade é dada por $R_s = 1 - (1 - R_A) \times (1 - R_B) \times \dots \times (1 - R_n)$, a confiabilidade do sistema aumentará a medida que aumentar o número de componentes em paralelo.

A manutenção preventiva é uma das estratégias para aumentar a disponibilidade nas empresas e estas são paradas programadas periodicamente em períodos de tempo.

3. METODOLOGIA

Segundo a BHTRANS, Belo Horizonte possui cerca de 80% de cruzamentos centralizados, ou seja, monitorados por computadores instalados no Centro de Controle Operacional. Estes são controlados por sistemas que possibilitam a manutenção de um relógio único para todos os controladores, garantindo o sincronismo entre os semáforos; a verificação das ocorrências de falhas nos controladores; a verificação da programação de um cruzamento; monitoramento de seu funcionamento e a alteração dos tempos semaforicos quando necessário, tais como acidentes, obras, manifestações, etc.

A manutenção semaforica é realizada por três empresas terceirizadas, que após o processo de licitação, foram contratadas pela BHTRANS para realizar o serviço. Cada

contrato possui sua particularidade, sendo que existe uma empresa que atende os controladores semafóricos TESC e DIGICON que normalmente estão localizados fora da região central. A segunda empresa atende os controladores semafóricos da TELVENT, que estão localizados na região central de Belo Horizonte.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

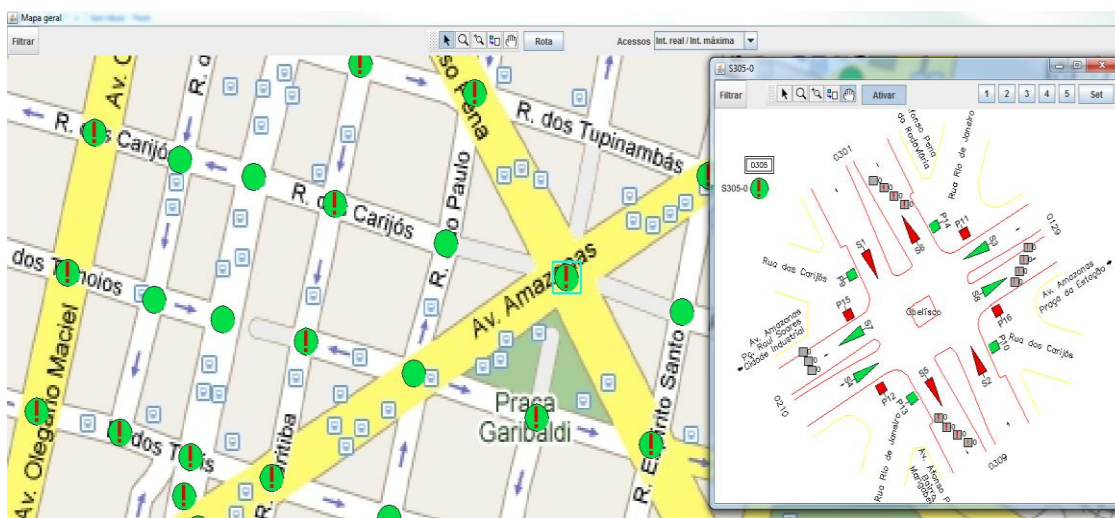
4.1 Descrição da Manutenção Semafórica

A parceria entre BHTRANS e as contratadas deve ocorrer constantemente, já que o gerenciamento do trânsito e da sua engenharia (inclusive a engenharia da manutenção) é de responsabilidade da contratante. Cabe, às contratadas, a execução da manutenção conforme normas técnicas, para que os dispositivos mantenham a sua durabilidade conforme tempo de vida útil dos principais componentes. Caso ocorram defeitos dentro do prazo de garantia a contratante pode exigir que materiais e serviços sejam corrigidos sem ônus para a contratante.

Através de cabos de comunicação, aproximadamente 80% dos semáforos em Belo Horizonte estão interligados a centrais semafóricas que conforme as Figuras 3 e 4. Tal permite à BHTRANS o monitoramento das condições de operação dos semáforos, repassando para a central da empresa caso algum semáforo apresente algum problema.

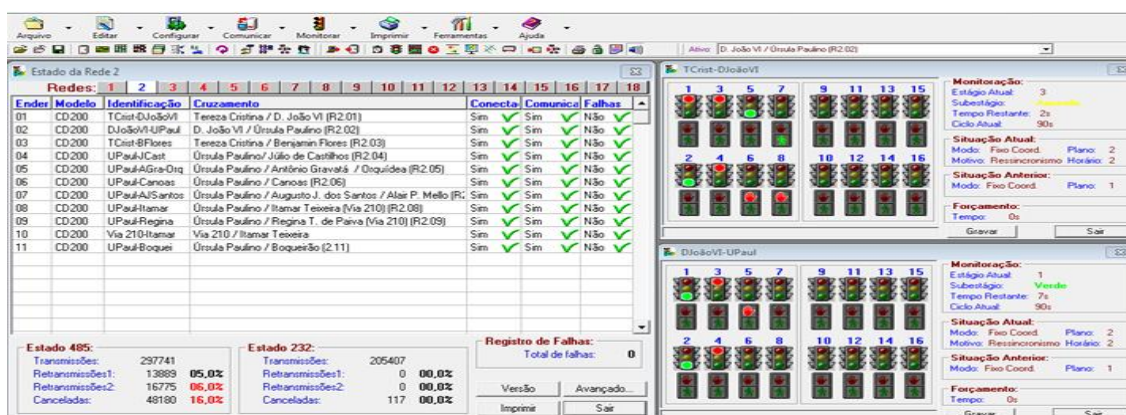
Toda ocorrência semafórica detectada pelas centrais semafóricas, pelos fiscais e pelos usuários são informados a central da BHTRANS, que registram as falhas dos equipamentos no Sistema de Gestão Operacional (SGO) e repassam para as empresas de manutenção.

Figura 3 – Central Semafórica TELVENT



Fonte: BHTRANS (2016)

Figura 4 – Central Semafórica DIGICON



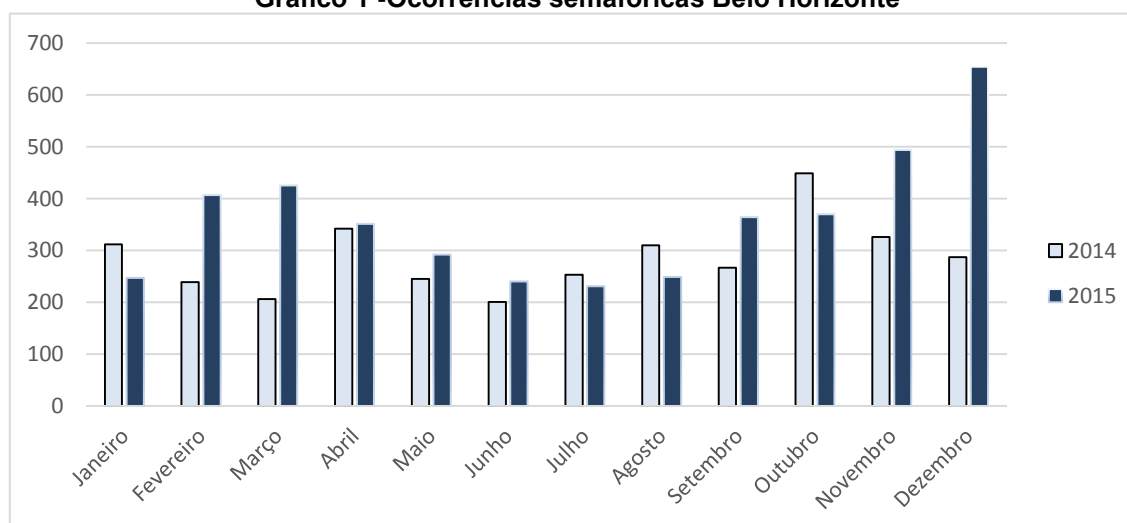
Fonte: BHTRANS (2016)

4.2 Ocorrências Semafóricas

Para a análise da situação real em que a manutenção é realizada, é necessário ter informações para suporte para elaboração de estratégias de manutenção, utilizando dessas informações para o planejamento e acompanhamento da manutenção e utilizar desses recursos para controlar os equipamentos semafóricos.

Observa-se que em comparação dos anos observados que as ocorrências semafóricas aumentaram cerca de 26%, podendo ser observado mês a mês a evolução das ocorrências conforme o Gráfico1, sendo assim necessária uma análise da qualidade e estratégia da manutenção adotada pela empresa.

Gráfico 1 -Ocorrências semafóricas Belo Horizonte



Fonte: SGO BHTRANS (2016)

É importante ressaltar que em novembro de 2015 houve redução de equipes de manutenção semafórica, diminuindo assim a qualidade das manutenções realizadas pelas terceirizadas.

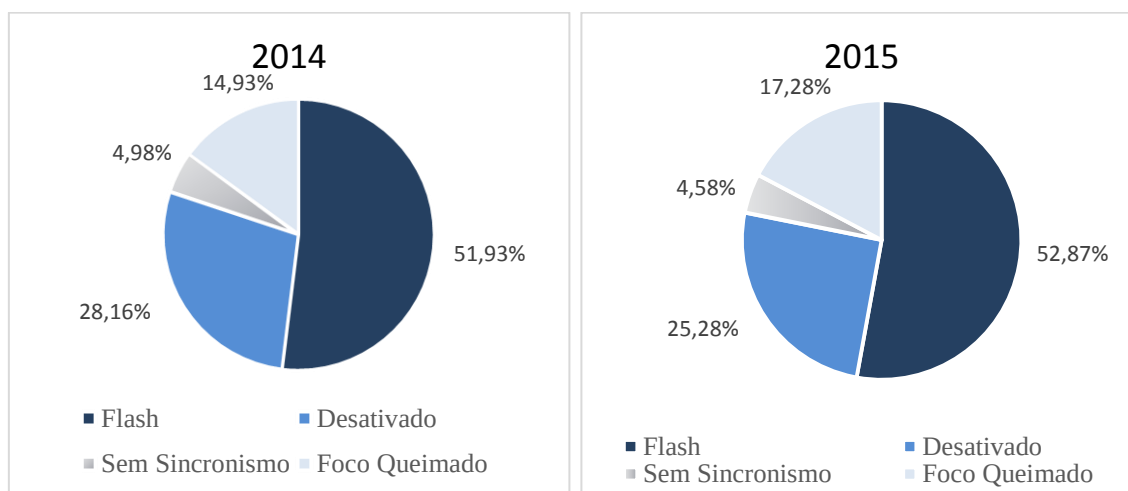
4.3 Principais Falhas Semafóricas

Como o objetivo da manutenção é manter os equipamentos em funcionamento de acordo com o que foi estabelecido em fabricação, o levantamento histórico das principais falhas ocorridas nos equipamentos auxilia na programação de equipes necessárias para a realização da manutenção, e indica de acordo com cada ocorrência qual a necessidade mínima de material de substituição para os componentes em falha.

Com o levantamento histórico é possível elaborar índices de manutenção como MTBF E MTTR que vão retratar aspectos importantes de manutenção. Assim, analisando o Gráfico 2 é possível observar que as principais ocorrências semafóricas de trânsito estão relacionadas a flash e semáforos desativados.

Portanto é importante realizar um estudo para verificar o que estão levando os dispositivos a ficarem nessas situações de falha, para elaborar uma estratégia de manutenção para que essas falhas diminuam e impactem menos os usuários das vias de trânsito, minimizando as ocorrências dando mais segurança no trânsito e melhorando a imagem da empresa perante a população em relação às ocorrências semafóricas.

Gráfico 2- Principais ocorrências que impactam os dispositivos semafóricos

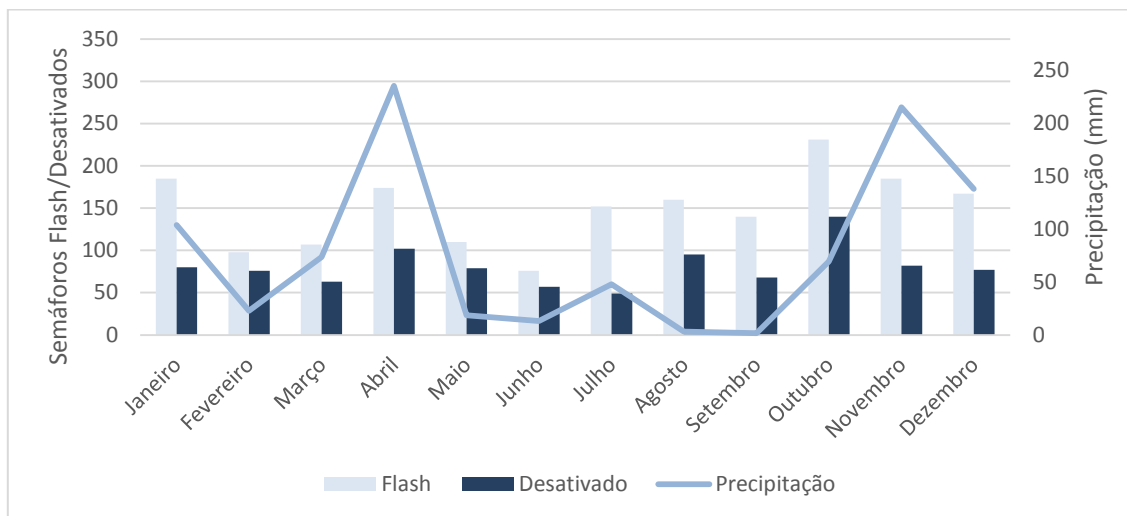


Fonte: SGO BHTRANS (2016)

Como o flash e semáforos desativados são os maiores problemas semafóricos sofridos pela população, foi realizado um levantamento da precipitação de chuva em Belo Horizonte nos anos de 2014 e 2015 junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo assim possível relacionar os períodos de chuva com essas ocorrências conforme os Gráficos 3 e 4,

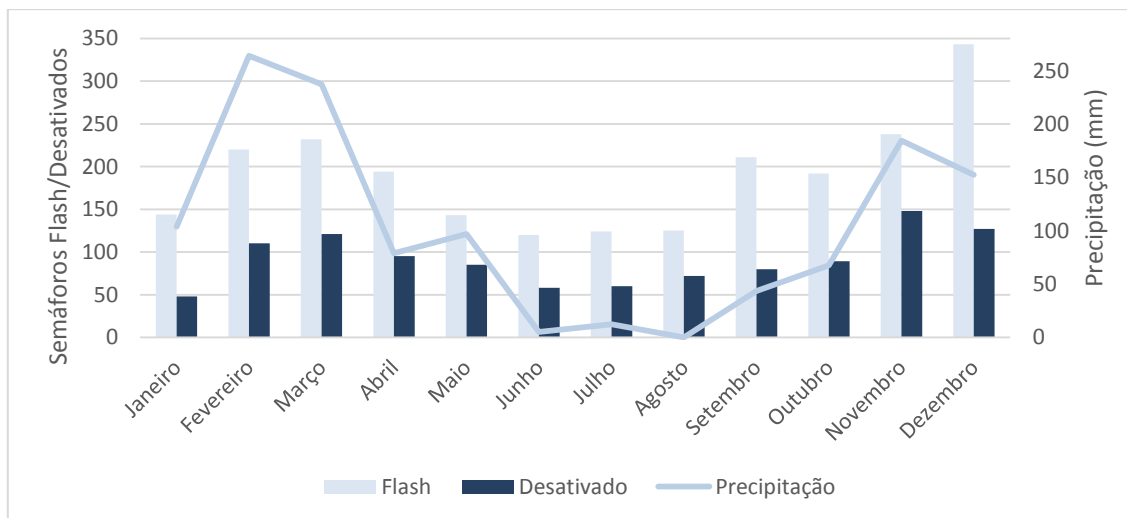
considerando que parte do mobiliário semafórico fica exposto ao ambiente em que ele está instalado sujeito a variações climáticas.

Gráfico 3- Semáforos em Flash/Desativados com Precipitação de Chuva em BH (2014)



Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016)

Gráfico 4-Semáforos em Flash/Desativados com Precipitação de Chuva em BH (2015)

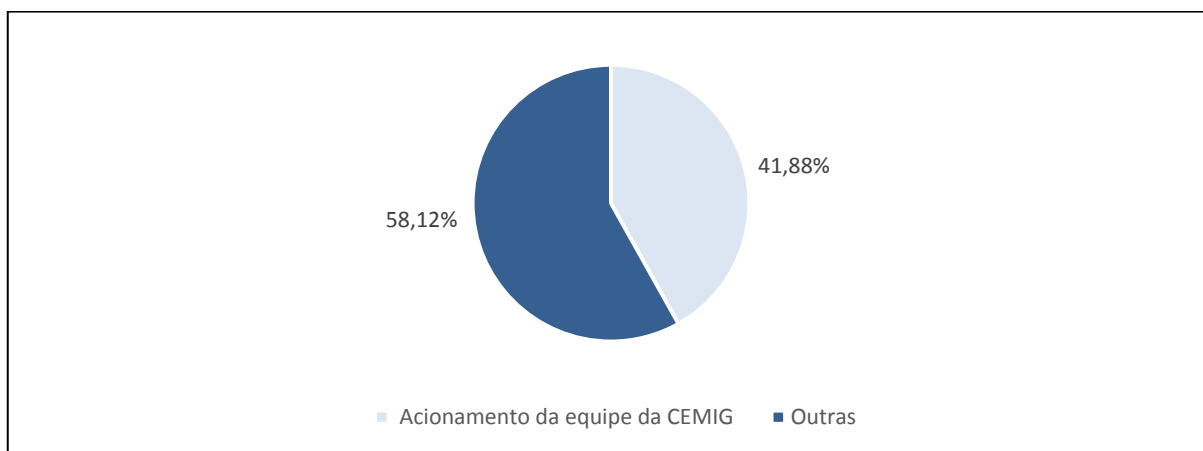


Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016)

Com as informações dos Gráficos 3 e 4 é possível a BHTRANS definir a melhor época para realizar as manutenções preventivas e alocar as equipes de acordo com o período chuvoso, já que nessas épocas os números de manutenções corretivas tendem a aumentar.

É possível observar conforme o Gráfico 5 que 58,12% estão relacionados a vários problemas como problemas como fusíveis, Módulo Lógico, erro no disjuntor dentre outros. Porém 41,88% estão relacionados com a falta de energia na região, sendo esse tipo de ocorrência dependente de uma interação da BHTRANS com a CEMIG.

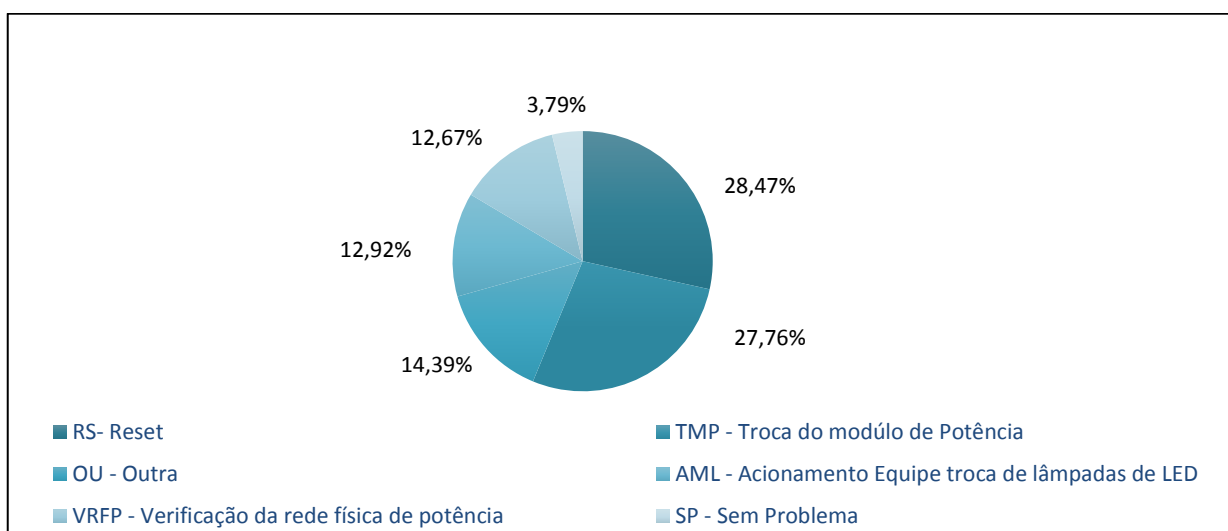
Gráfico 5 – Ocorrências Semáforos Desativados



Fonte: BHTRANS (2016)

Outra manutenção realizada e a troca do módulo de potência que são responsáveis por controlar a potência da energia entregue aos semáforos.

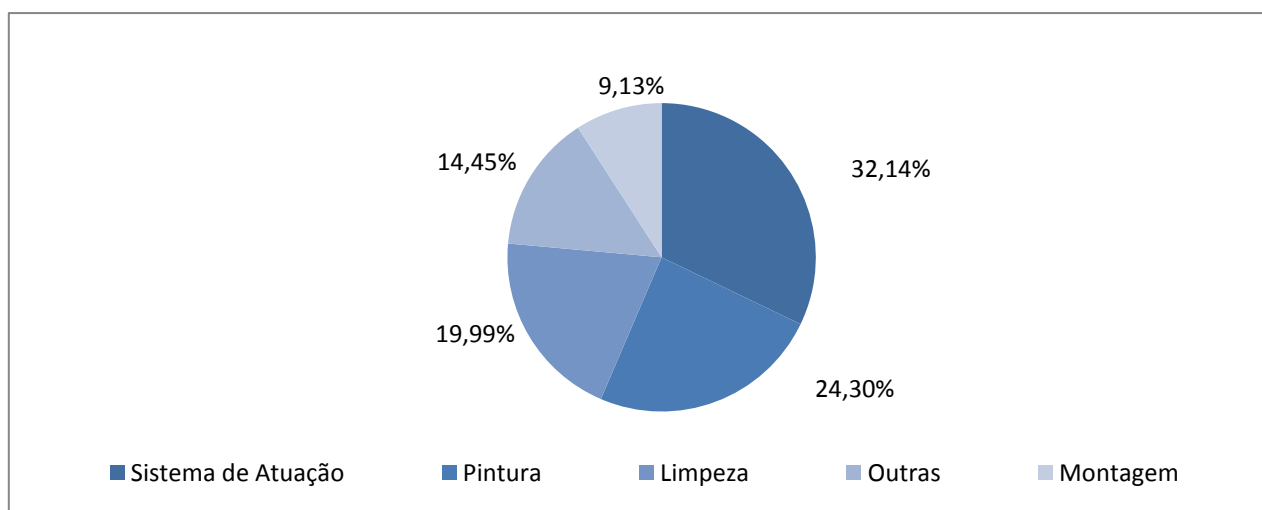
Gráfico 6 - Intervenções devido ao Flash



Fonte: BHTRANS (2016)

Deve-se ressaltar que as manutenções preventivas realizadas pelas terceirizadas estão previstas em contrato, assim as mesmas realizam em situações que as peças são substituídas por apresentarem situações de degeneração ou limpeza e pintura do equipamento observada por técnicos responsáveis pelas manutenções, sendo essas manutenções indicadas no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Manutenção Preventiva



Fonte: BHTRANS (2016)

4.4 Confiabilidade dos Equipamentos

Para determinar o melhor tipo de manutenção a ser realizado nos semáforos, foi realizado um estudo de confiabilidade nos equipamentos, considerando o tempo de funcionamento e parada nos anos de 2014 e 2015. Assim foi realizada uma coleta amostral de mais de 1000 semáforos e analisado os tempos entre falhas dessas amostras.

Verifica-se, conforme a Tabela 1 que pela amostragem dos últimos dois anos (dados de 2014 e 2015), que em média a cada 18,03 horas um semáforo apresenta um problema, e a duração das intervenções dura, em média, em torno de 0,47 horas (tempo médio total de reparo).

Tabela 1- Cálculo MTBF, MTTR e Disponibilidade

Equipamentos Semafóricos	MTBF (Horas)	MTTR (Horas)	Disponibilidade
TESC	07,25	0,40	94,77%
DIGICON	32,37	0,49	98,51%
TELVENT	26,63	0,56	97,94%
Média Ponderada	18,03	0,47	97,46%

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

Os equipamentos da TESC apresentam os maiores índices de falhas, porém é o tipo de equipamento semafórico mais instalado, sendo assim os mesmos estão mais sujeitos a falhas. Contudo é necessário um acompanhamento e uma estratégia de manutenção com esses equipamentos junto à empresa terceirizada responsável. O sistema tem uma disponibilidade física com valores elevados o que representa uma manutenção rápida no contexto geral dos semáforos para a cidade de Belo Horizonte, ou seja, em um horizonte de dois anos os equipamentos estiveram 97 % do tempo em operação.

5. CONCLUSÕES

Realizar a gestão da manutenção, de forma a assegurar que os semáforos permaneçam o maior tempo possível em funcionamento, sem falha, é um grande desafio para qualquer empresa, visto que as falhas muitas vezes podem ocorrer a partir de fatores que não podem ser controlados. Isso faz com que o controle e a eficiência da manutenção tenham de ser acompanhados constantemente, visto que estes equipamentos são fundamentais para dar segurança ao trânsito.

O fato de a empresa possuir vários equipamentos de trânsito na cidade e, ao mesmo tempo, possuir um tempo de reparo curto, possibilita a empresa trabalhar com maior foco no planejamento é priorização da manutenção em pontos críticos. Porém é necessário acompanhar a qualidade da manutenção preventiva pelo menos em semáforos cujas interseções apresentam grandes volumes de veículos e pedestres, uma vez que os custos gerados por um acidente a partir destas interseções podem ser maiores que um acompanhamento preventivo nesses locais.

Para as falhas onde não é possível ter controle, que acontecem de forma abruptas, a interação com órgãos como a CEMIG (falta de energia) e a Defesa Civil (previsão de chuva), é fundamental para que a população sofra o mínimo possível os impactos das falhas dos semáforos.

Com isso é necessário à elaboração de gráficos de controle para componentes que apresentam grandes índices de falhas em semáforos como para lâmpadas módulo LED, placa de módulo de potência e cabos de rede física de potência. Porém para a alimentação dessa carta de controle é necessário a implantação de ficha de inspeção contendo informações como descrição do problema, consequências e ações tomadas para resolução do problema, podendo assim fazer um histórico e acompanhamento da operação das empresas terceirizadas e podendo definir a manutenção preventiva para esses componentes de acordo com sua confiabilidade.

REFERÊNCIAS

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda. 2008.

HOEL, Lester A. et al. **Engenharia de Infraestrutura de Transportes**: Uma integração Multimodal. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning 2012.

EMPRESA DE TRANSPORTE E TRÂNSITO DE BELO HORIZONTE. Controle de Semáforos. Disponível em: <<http://www.bhtrans.pbh.gov.br/portal/page/portal/portalpublico/Temas/BHTRANS/semaforos-2013>> Acesso em: 12 mar. 2016

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 26 ago. 2016

LIMA, Pedro Nascimento de et al. Minimizando Custos de Manutenção: uma alternativa para o nivelamento de recursos de um cronograma de manutenção preventiva utilizando programação linear e a engenharia de confiabilidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35, 2015, Fortaleza, CE. Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção. Fortaleza: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_224_27252.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2016.

MELLO NETO, Francisco de Castro et al. A Importância da Manutenção para o Negócio. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011, Belo Horizonte, MG. Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_135_859_18427.pdf> Acesso em 28 fev. 2016.

PALOMINO, Reynaldo Chile et al. Estudo da Confiabilidade em uma Ensacadeira no Processo de Embalagem de uma Fábrica de Cimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32, 2012, Bento Gonçalves, RS. Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção. Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2012. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STP_157_917_20128.pdf> Acesso em 01 Mar. 2016.

SOUZA, Valdir Cardoso de. **Organização e Gerência da Manutenção**: Planejamento, programação e controle da manutenção. 4. ed. São Paulo: Hall Print 2011.

Capítulo 11

ANÁLISE DO IMPACTO DA AUTOMAÇÃO EM UM
PROCESSO METALÚRGICO SOB A ÓTICA DA
PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIAS DE FALHAS

Bárbara Paiva Araújo
Camila Flávia Pereira da Costa
Jayne de Miranda Silva Pacheco,
Alessandra Lopes Carvalho
Luciano Andrade

Análise do impacto da automação em um processo metalúrgico sob a ótica da probabilidade de ocorrências de falhas

*Bárbara Paiva Araújo
Camila Flávia Pereira da Costa
Jayne de Miranda Silva Pacheco,
Alessandra Lopes Carvalho
Luciano Andrade*

RESUMO

O cenário industrial está cada vez mais competitivo. As indústrias, para se manterem e se destacarem no mercado, estão adotando a automação em seus processos produtivos. O desempenho dos equipamentos é, então, crucial para se alcançar um alto rendimento operacional global, aumento da produtividade, maior eficiência e qualidade da produção. Tendo em vista garantir tais parâmetros, este trabalho realiza um estudo em uma linha de produção de uma empresa do ramo metalúrgico. A partir da análise da confiabilidade e manutenibilidade, foi estudado o comportamento de falhas do processo e analisadas as divergências quantitativas e qualitativas após a automação. Conclui-se que a confiabilidade do processo é menor após a automação e que o processo encontra-se menos disponível. É possível supor que o processo em estudo ainda está em fase de mortalidade infantil e que a taxa de falhas pode diminuir com o tempo. Uma outra hipótese é que o processo de automação foi mal executado introduzindo falhas ao processo que não existiam anteriormente. A comprovação de qualquer uma das hipóteses exige um maior tempo de coleta de dados, sugerindo a necessidade de trabalhos futuros.

Palavras-chave: Confiabilidade. Manutenibilidade. Disponibilidade. Automação.

1. INTRODUÇÃO

A competitividade do mercado faz com que as indústrias busquem automatizar seus processos com o intuito de se elevar seus indicadores de eficiência, produtividade e qualidade. Espera-se ainda minimizar os erros originados por falhas humanas e melhorar as condições de segurança, reduzindo o número de acidentes de trabalho. Observa-se que ainda a busca por melhorias de processo e a inserção de novas tecnologias, é um diferencial no processo de fabricação, reduzindo os custos logísticos.

A implantação da automação industrial (GROOVER, 2011), apesar de todos os efeitos positivos que proporciona, exige condições mínimas de confiabilidade das instalações físicas para que os sistemas de controle avançados atuem de maneira eficiente (LAFRAIA, 2008). A confiabilidade é uma das várias dimensões da qualidade. Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009),

a confiabilidade está associada à operação bem sucedida de um produto ou sistema durante um intervalo de tempo e em condições pré-determinadas.

Nesse contexto, considerando a necessidade crescente de automação dos processos, será realizada uma análise de falhas em uma empresa do ramo metalúrgico comparando o comportamento do sistema antes e após a automação. O foco principal deste trabalho consiste em identificar divergências quantitativas e qualitativas no processo de forma a auxiliar o processo de tomada de decisão

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Confiabilidade

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), a definição mais comum de confiabilidade de um componente ou sistema é dada em termos de sua probabilidade de duração até determinado tempo t de interesse. A determinação de tal probabilidade é possível através da modelagem dos tempos até a falha do componente ou sistema em estudo. A partir da distribuição de probabilidade que melhor se ajusta a esses tempos, é possível estimar a probabilidade de sobrevivência da unidade para qualquer tempo t .

Formalmente define-se confiabilidade como a probabilidade de que um componente, equipamento ou sistema exerça sua função sem falhas, por um período de tempo previsto, sob condições de operação especificadas (LAFRAIA, 2008).

Considerando que um item que não falhou para um tempo $T \leq t$ possa falhar em um tempo $T > t$, é possível definir o conceito de confiabilidade utilizando-se a Equação 1 (O'CONNOR.; KLEYNER, 2012).

$$R(t) = P(T > t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt \quad (1)$$

Onde T é a variável aleatória tempo até a falha (TTF)

$R(t)$ é a função confiabilidade

$f(t)$ é a função densidade de probabilidade de falhas

$F(t)$ é a função distribuição acumulada de falhas.

O parâmetro $MTTF$ (*tempo médio até a falha*) é definido como o valor esperado da variável aleatória T , conforme Equação 2.

$$MTTF = E[T] = \int_0^{+\infty} tf(t)dt \quad 2)$$

Existem distribuições de probabilidade que frequentemente são utilizadas para descrever tempos até falha de componentes e sistemas. Podem ser citadas as distribuições Exponencial, Weibull, Gama, Gama Generalizada, Lognormal e Loglogística, dentre outras. A distribuição exponencial, cuja função densidade de probabilidade é apresentada na Equação 3 caracteriza sistemas com taxa de falhas constante .

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (3)$$

A distribuição de Weibull é uma das distribuições mais importantes na modelagem de confiabilidade devido à sua flexibilidade e capacidade de representar taxas de falhas com comportamentos divergentes (FOGLIATTO, RIBEIRO, 2009). A Equação 4 apresenta a função densidade de probabilidade Weibull.

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta^\beta} (t - \gamma)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (4)$$

Onde β é parâmetro de forma ou inclinação

γ é parâmetro de localização ou vida mínima

η é parâmetro de escala ou vida característica

As Equações 5 e 6 apresentam a função densidade de probabilidade para as distribuições lognormal e gama, respectivamente.

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right]^2\right\} \quad (5)$$

$$f(t) = \frac{\lambda}{\Gamma(\gamma)} (\lambda t)^{\gamma-1} e^{-\lambda t} \quad (6)$$

Onde: $t \geq 0$

parâmetro de forma: $\gamma > 0$

parâmetro de escala: $\lambda > 0$

2.2 Manutenção e Manutenibilidade

Manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (SOUZA, 2011).

Atualmente espera-se que a manutenção exista para que a falha seja evitada e não corrigida. Percebe-se uma crescente conscientização do quanto uma falha afeta a segurança e o meio ambiente, além da pressão para se conseguir alta disponibilidade e confiabilidade da instalação, ao mesmo tempo em que se busca a redução de custos (KARDEC; NASCIF, 2012).

A maneira pela qual é feita a intervenção dos equipamentos, sistemas ou instalações caracteriza os vários tipos de manutenção existentes. A Manutenção corretiva pressupõe atuação para a correção da falha sendo, portanto, não planejada. A Manutenção preventiva obedece a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo.

Manutenção preditiva: a atuação com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Através de técnicas preditivas é feito o monitoramento da condição e a ação de correção, quando necessária, é realizada através de uma manutenção corretiva planejada.

A Manutenibilidade segundo Lafraia (2008) é probabilidade de se realizar manutenção, em um determinado tempo e em condições específicas. As equações utilizadas para modelagem de confiabilidade se aplicam também para modelagem de manutenibilidade.

3. METODOLOGIA

Este trabalho consiste em um estudo de caso realizado a partir de uma abordagem quantitativa (CAUCHICK MIGUEL, 2012). O foco do estudo é uma empresa do ramo metalúrgico e objetiva-se de analisar as divergências quantitativas e qualitativas após a robotização de uma linha de produção.

A análise foi realizada a partir de um banco de dados coletado no período em que a linha ainda era manual e depois que a mesma foi automatizada. Portanto, serão utilizados dados secundários, fornecidos pela empresa foco do estudo. Serão coletados também dados primários utilizando-se entrevistas semi estruturadas com o propósito de validar a veracidade do banco de dados e buscar possíveis inconsistências.

O trabalho será executado considerando-se as etapas: levantamento de dados históricos, pré-tratamento dos dados, cálculo dos tempos até a falha e de reparo, modelagem de confiabilidade e manutenibilidade e análise dos resultados.

Os pesquisadores realizaram uma visita técnica à empresa cedente dos dados com o propósito de compreender o processo e o equipamento em estudo. A empresa forneceu o banco de dados e em seguida iniciou-se a formatação das informações para posterior análise.

Inicialmente, os dados foram reunidos em uma planilha geral do Excel[™], uma vez que se encontravam em planilhas divididas por meses. Foram feitos ajustes na formatação das datas, nos modos de falhas que estavam inconsistentes, com descrição errônea e em duplicidade.

Para alinhamento das informações, foram necessárias reuniões com profissionais da empresa especialistas no processo em estudo. Com as especificações e orientações dos responsáveis o banco de dados foi corrigido e padronizado para que fossem feitas as futuras análises.

Foi utilizado como ferramenta o *software* Weibull® (RELIASOFT CORPORATION, 2016) para escolha da melhor distribuição de probabilidade a ser utilizada, estimação de parâmetros e validação do modelo obtido. O cálculo da confiabilidade total do sistema foi realizado utilizando-se o *software* BlockSim® (RELIASOFT CORPORATION, 2016)

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

A proposta deste estudo é fazer uma análise comparativa das falhas ocorridas entre o processo manual e automatizado na linha de produção em que se encontra o equipamento foco do estudo. Esta linha é responsável por unir os componentes da carroceria do automóvel (laterais, chassi e teto) através de pontos de solda.

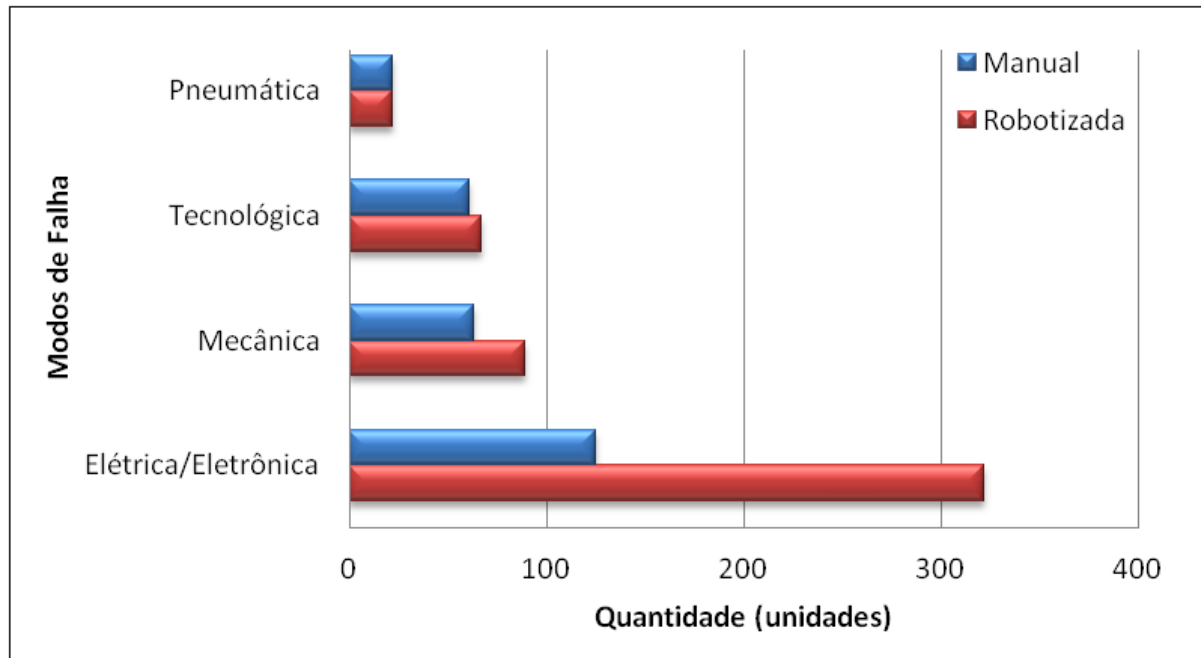
A linha de produção foco deste estudo passou por uma alteração sendo convertida de manual para automatizada. Durante a implantação do processo de automação a linha apresentou altos índices de falhas e por consequência foi selecionada, dentre os demais processos da empresa, para uma análise mais aprofundada. Observou-se a necessidade desse estudo devido à perda de produtividade gerada para a organização

4.1 Pré-tratamento do banco de dados

O banco de dados estruturado reúne informações de falhas não programadas dividido entre duas fases: processo manual, composto por 294 falhas coletadas entre e processo robotizado, composto por 579 falhas coletadas entre .

A Figura 1 representa os modos de falha encontrados: pneumática, tecnológica, mecânica e elétrica/eletrônica. As falhas pneumáticas são referentes à calibragem dos dispositivos pneumáticos. As tecnológicas referem-se à ajustes nos dispositivos. As falhas mecânicas são mais gerais, podendo incluir ajustes em pinças de solda e dispositivos. As falhas elétricas/eletrônicas são aquelas falhas referentes à falha de comunicação na rede e no sistema. Neste gráfico, as barras em azul representam a fase manual e as barras em vermelho, a robotizada.

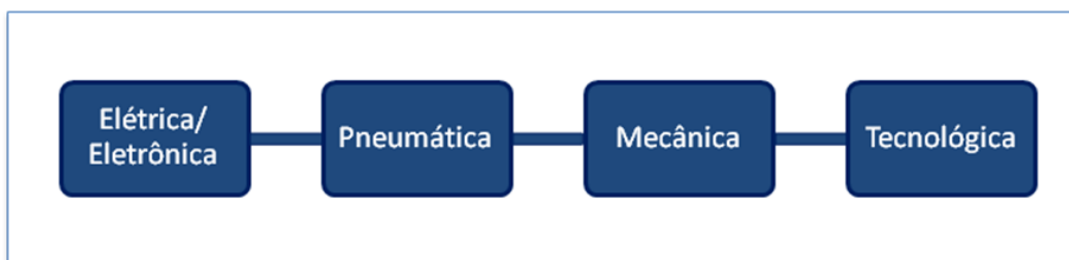
Figura 1 – Estratificação dos Modos de Falha



Fonte: Elaborado pelos autores

Considerando-se que os modos de falha em estudo são independentes, foi utilizada a teoria dos modos de falha competitivos para análise de confiabilidade, conforme Figura 2.

Figura 2 – Modos de Falha do equipamento foco do estudo



Fonte: Elaborado pelos autores

Observou-se a ocorrência de várias falhas de um mesmo modo de falha em um único dia, sendo necessário agrupar os dados. Posteriormente foram calculadas as variáveis aleatórias “tempo entre falhas” (TEF) e “tempo de reparo” (TR) para cada modo de falha. O mesmo procedimento foi realizado considerando-se cada fase, manual e robotizada, através das datas e dos tempos no qual o equipamento permaneceu parado.

4.2 Modelagem de Confiabilidade e Manutenibilidade

Utilizando-se o *software* Weibull® (RELIASOFT CORPORATION, 2016) foram realizados testes de aderência para cada modo de falha, com o objetivo de definir a distribuição de probabilidade mais adequada.

Devido a ocorrência de várias falhas relativas a um mesmo modo de falha em um único dia e a consequente necessidade de agrupamento dos dados foi utilizado o método de estimação de parâmetros MLE (máxima verossimilhança). As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados obtidos para todos os modos de falha.

Tabela 1 – Resultados Modelos de Confiabilidade - Linha Manual

Modo Falha	f(t)	Parâmetros	
Elétrica/Eletrônica	Gama	Mu= 7,982266	K=1,652587
Mecânica	Gama	Mu= 8,896428	K=1,040741
Tecnológica	Gama	Mu= 8,364773	K=1,455286
Pneumática	Lognormal	Log-Média=9,195527	Log-Desvio padrão=1,047910

Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 2 – Resultados Modelos de Confiabilidade - Linha Robotizada

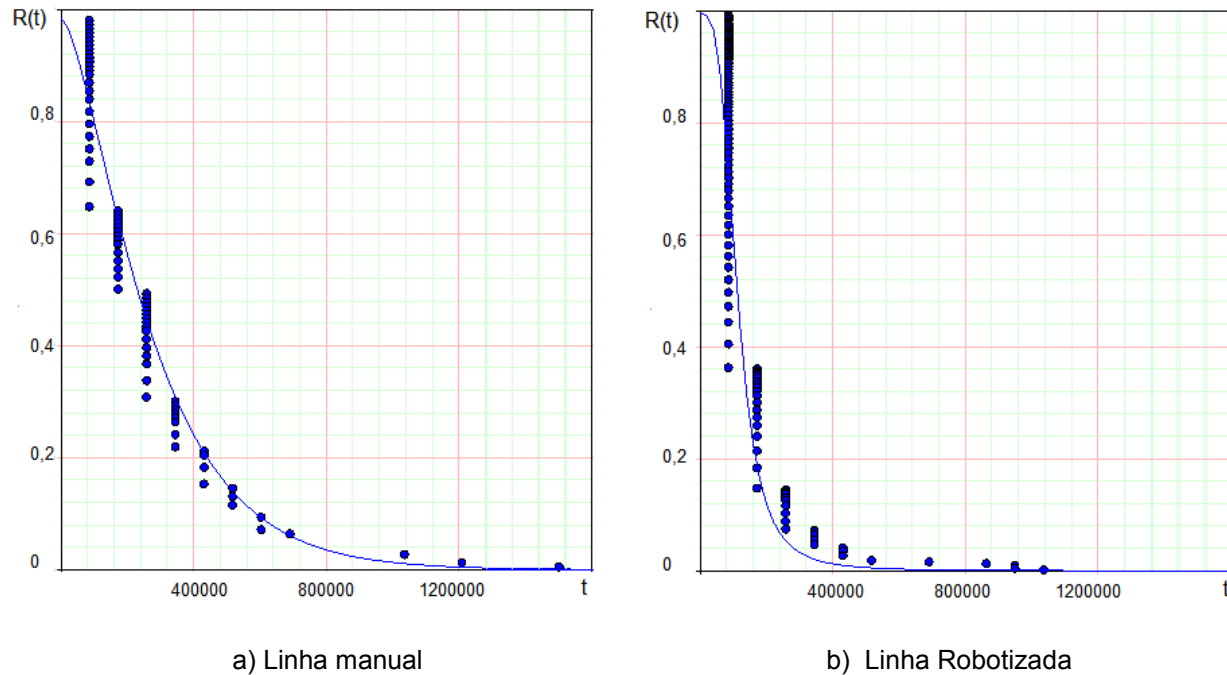
Modo Falha	f(t)	Parâmetros	
Elétrica/Eletrônica	Loglogística	Mu= 7,538111	$\sigma=0,289445$
Mecânica	Lognormal	Log-Média = 8,199967	Log-Desvio padrão =1,010251
Tecnológica	Lognormal	Log-Média = 8,202719	Log-Desvio padrão =0,863929
Pneumática	Loglogística	Mu=9,082916	$\sigma=0,715907$

Fonte: Elaborado pelos autores

Após a modelagem verificou-se que as falhas são aleatórias devido à complexidade do sistema. Tal fato pode ser comprovado pelas Tabelas 4 e 5, que evidencia o parâmetro de forma próximo de 1.

Com base nos gráficos de confiabilidade (Figura 3) para o modo de falha elétrica/eletrônica, pode-se observar que a probabilidade do equipamento não falhar é menor quando a linha é manual. Tal fato se deve a maior quantidade de componentes eletro-eletrônicos presentes após a automação.

Figura 3 - Confiabilidade para modo de falha elétrica/eletrônica



Fonte: Elaborado pelos autores utilizando o *software* Weibull™

O modo de falha mecânica demonstra um comportamento inverso ao anterior. A confiabilidade do sistema melhora na fase robotizada. No modo de falha Pneumática verificou-se que na fase robotizada a confiabilidade do sistema aumentou, ou seja, a probabilidade do sistema não falhar é maior. Diferentemente dos modos de falhas anteriormente citados, a confiabilidade do modo de falha tecnológica se manteve praticamente inalterada antes e após a automação. A modelagem de manutenibilidade foi realizada através do mesmo processo que a modelagem de confiabilidade. As Tabelas 3 e 4 apresentam os resultados obtidos.

Tabela 3 – Manutenibilidade - Linha Manual

Modo Falha	g(t)	Parâmetros		
Elétrica/Eletrônica	Loglogística	$\mu = 3,349751$	$\sigma = 0,459188$	-
Mecânica	Loglogística	$\mu = 3,087494$	$\sigma = 0,432913$	-
Tecnológica	Gama Generalizada	$\mu = 3,477943$	$\sigma = 0,444243$	$\lambda = 1,426249$
Pneumática	Gama Generalizada	$\mu = 2,983760$	$\sigma = 0,901769$	$\lambda = -0,443474$

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 4 – Manutenibilidade - Linha Robotizada

Modo Falha	g(t)	Parâmetros		
Elétrica/Eletrônica	Gama Generalizada	$\mu= 4,353763$	$\sigma=0,861569$	$\lambda=0,578748$
Mecânica	Weibull	$\beta=0,746095$	$\eta=30,199003$	$Y= 3,970000$
Tecnológica	Gama Generalizada	$\mu= 3,225904$	$\sigma=0,851470$	$\lambda=-0,121750$
Pneumática	Gama Generalizada	$\mu= 3,457154$	$\sigma=0,690077$	$\lambda=0,719107$

Fonte: Elaborada pelos autores

Considerando-se o modo de falha elétrica/eletrônica, quando a linha era manual, o equipamento tinha a necessidade de manutenção em um período de tempo inferior à linha robotizada. No modo de falha Mecânica, a probabilidade de reparo é maior na linha manual do que na automatizada. A linha automatizada tem probabilidade muito menor de reparo do que a linha manual. Tal prognóstico pode ser explicado pela maior precisão das máquinas e menor erro humano. Assim como os modos de falha anteriores, o modo de falha tecnológica também indica que na linha automatizada a probabilidade de reparo é bem menor, quando comparado à linha manual.

4.3 Cálculo da confiabilidade total e disponibilidade

Utilizando-se o *software* BlockSim™ (RELIASOFT CORPORATION, 2016) foi realizado um estudo de disponibilidade e confiabilidade do sistema como um todo, desprezando os modos de falha individualmente. Os resultados obtidos encontram-se nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 – Resultados Linha Manual

Tempo (min.)	Confiabilidade (%)	Disponibilidade (%)
1440	59,02	98,87
10080	0,2	98,34
43200	0	98,23
172800	0	98,22
345600	0	98,22

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 6 – Resultados Linha Robotizada

Tempo (min.)	Confiabilidade (%)	Disponibilidade (%)
1440	52,79	98,02
10080	0,13	96,94
43200	0	97,03
172800	0	97,14
345600	0	97,17

Fonte: Elaborados pelos autores

Observa-se que a confiabilidade e disponibilidade geral do sistema enquanto a linha era manual são maiores do que após a automação. Estes resultados sugerem que o processo era mais confiável e disponível em sua fase manual.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho propôs um estudo de confiabilidade de um processo, analisando as divergências entre suas duas fases: manual e robotizada.

Conclui-se que o equipamento encontra-se menos disponível depois da automação. Para informações mais precisas, faz-se necessária a coleta de dados por um período de tempo maior considerando-se a necessidade natural de estabilização do sistema.

Seria possível supor que o processo em estudo ainda está em fase de mortalidade infantil e que a taxa de falhas após a automação tenderia a ser igual ou menor antes da automação, considerando um período maior de coleta de dados. Entretanto, para comprovação desta suposição seria obrigatoriamente necessária a obtenção de novos dados.

Devido à falta de padronização do banco de dados, existe uma incerteza nos resultados encontrados. Recomenda-se a padronização do mesmo, através da melhoria da metodologia utilizada na coleta dos dados, como treinamento da equipe responsável por computar as falhas. Como exemplo sugere-se inserir códigos para identificação dos modos de falha, a fim de eliminar diferenças de nomenclaturas e impactos em análises futuras. Essa ação permitiria um sistema de coleta de dados mais confiável. Pode ser citada como ferramenta útil para padronização de modos de falha a FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A.L. **Análise de Disponibilidade Utilizando Abordagem Nebulosa**. 2008.123f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Elétrica, Belo Horizonte.

CAUCHICK MIGUEL, P.A. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**, 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J.L.. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

LAFRAIA, J.R.B.. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2008.

MICROSOFT OFFICE, **Excel Software Package**, 2007.

O' CONNOR, P.; KLEYNER, A. **Practical Reliability Engineering**. 5^{ed}. England: John Wiley & Sons, 2012.

RELIASOFT CORPORATION. **Weibull Software Package**, Tucson, AZ, 2016.

RELIASOFT CORPORATION. **BlockSim Software Package**, Tucson, AZ, 2016.

SOUZA, V. C. **Organização e Gerencia da Manutenção: planejamento, programação e controle da manutenção**. 4. ed. São Paulo: All Print Editora, 2011.

Capítulo 12

A GESTÃO DA EFICIÊNCIA EM UMA LINHA DE
PRODUÇÃO ESTACIONÁRIA: ESTUDO DE CASO NA
INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Raphael Victor Foureaux Paulino
Alexandre Carvalho Mendonça
Andressa Amaral de Azevedo
Cintia Rodrigues Lima
Roberts Vinicius de Melo Reis

A gestão da eficiência em uma linha de produção estacionária: estudo de caso na indústria da construção civil

Raphael Victor Foureaux Paulino

Alexandre Carvalho Mendonça

Andressa Amaral de Azevedo

Cintia Rodrigues Lima

Roberts Vinicius de Melo Reis

RESUMO

A conjuntura econômica mundial está sobre a ótica do capitalismo globalizado. A competitividade praticada no mercado é cada vez mais alta, e as organizações buscam usufruir de vantagens para sobreviverem a ferocidade da concorrência. A eficiência é um fator chave fundamental para uma organização ter sucesso e se manter no mercado, já que o termo é conceituado como uma maneira de executar as tarefas no tempo pré-determinado, sem desvios, utilizando somente o necessário dos recursos, sem desperdícios e excessos. O presente trabalho objetiva identificar a eficiência por meio dos indicadores chaves de desempenho no processo produtivo de construção de uma obra, e além disso demonstrar o quanto importante é aferir a eficiência para alcançar o resultado meta estipulado previamente.

Palavras Chave: Eficiência. Indicadores. Capacidade Produtiva. Planejamento.

1. INTRODUÇÃO

Apesar da crise política-econômica vivenciada pelo Brasil, o setor da construção civil movimentava a rede de fornecedores de materiais, gerando emprego e renda. Ela corresponde por cerca de 7,078 milhões de empregos, o que é 7,8% do total de empregos no Brasil (FIEMG, 2017). Portanto, a construção civil desempenha um papel de destaque e fundamental no Produto Interno Bruto (PIB) do país.

As melhorias contínuas que têm surgido no mercado, como o desenvolvimento de novas tecnologias e métodos de gerenciamento, têm levado as organizações a cada vez mais buscarem estar ciente dessas ferramentas, de forma que a implantação das mesmas resulta em um diferencial competitivo. Dessa forma, é ponto chave para uma empresa planejar as ações que serão tomadas no desencadeamento dos processos, de forma a alcançar a eficiência, conquistando e/ou mantendo o seu lugar no mercado.

Observando esses fatores, Corrêa e Corrêa (2010) advogam que a importância do planejamento se dá por meio da lógica de que existe um intervalo de tempo de reação entre o

momento da tomada de decisão, passando pela aplicação das medidas definidas na decisão, até o seu resultado efetivo.

No setor de construção civil, o produto é uma obra, portanto, observa-se um plano de produção bastante dinâmico e variável, de acordo com as várias fases de execução do projeto e também com as diferentes qualificações de mão de obra necessária. Para se alcançar os resultados esperados, o planejamento se torna essencial para direcionar as tomadas de decisões durante o processo. Uma vez que as construtoras encontram-se inseridas em um ambiente altamente competitivo, o aproveitamento adequado dos recursos produtivos, de maneira eficiente, configura-se como uma necessidade para o sucesso do empreendimento.

Por meio deste estudo será possível compreender a importância do planejamento e controle da produção para o eficiente gerenciamento do projeto, que contém diversas variáveis devido ao dinamismo da execução de uma obra. Além disso, sabe-se que o dimensionamento da mão de obra operante é um dos aspectos mais importantes na gestão de um projeto. Assim, o supervisor do projeto deve estar ciente da capacidade produtiva do projeto, sua forma de distribuição, e se a sua verba está sendo gasta da maneira planejada.

Diante deste cenário, a ocorrência de falhas no processo construtivo tem se tornado um grande desafio para as organizações deste segmento. Atentando para a importância do sucesso do empreendimento, surge a seguinte questão: Qual o grau de eficiência operacional alcançado em uma obra de grande porte?

De forma geral, esse trabalho busca utilizar os indicadores como o planejamento da capacidade produtiva com a execução, coerência e adequação ao longo do tempo, na indústria da construção civil, em vista da alta competitividade observada no mercado. Especificamente, pretende-se estabelecer um cronograma de Gantt, obedecendo aos fatores globais de utilização; verificar os desvios praticados – previsto x realizado, abordando a eficiência da obra; efetuar um estudo com base no método 5W2H após a verificação da eficiência da obra.

Existem na literatura alguns estudos que tratam desse assunto. Como exemplos, podem-se citar os trabalhos de Jeong & Phillips (2001), Crawford & Bryce (2003) e Chau et al (2005). O presente estudo se difere dos supracitados, pois aborda a eficiência dos processos produtivos em um canteiro de obra, setor que é carente de estudos no Brasil.

Além dessa introdução, este artigo contém mais quatro seções. Na próxima, tem-se uma breve descrição dos processos produtivos. Na seção três, a metodologia utilizada foi discutida. Na seção quatro, os resultados foram apresentados e discutidos. Finalmente, na quinta e última seção, estão descritas as conclusões do trabalho.

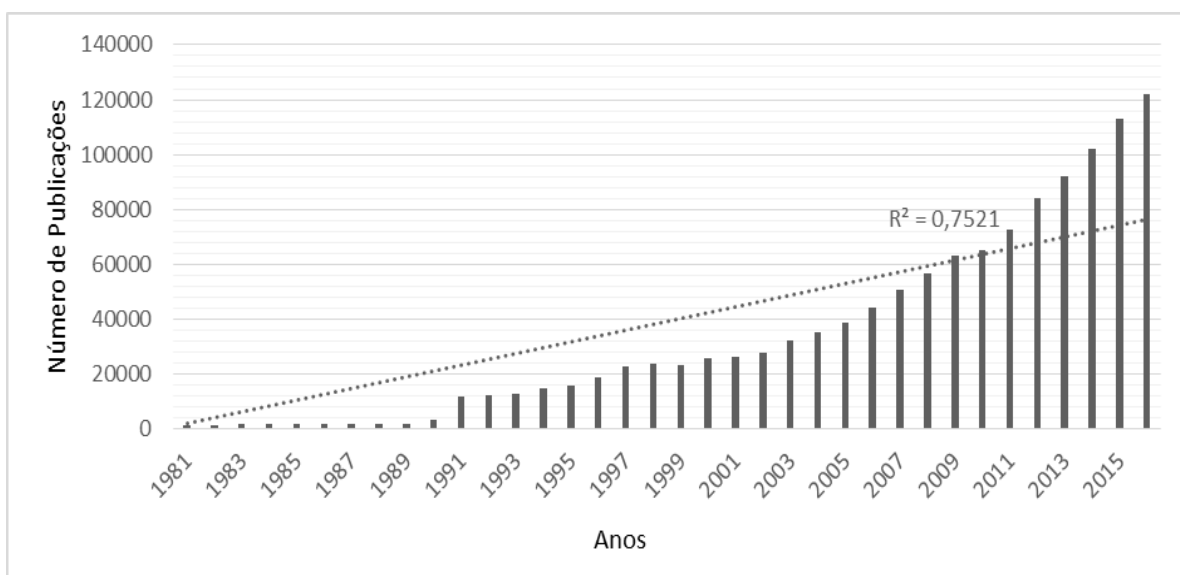
2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Planejamento e controle da produção

Especificamente no tocante ao estado da arte das pesquisas sobre os conhecimentos relativos ao Planejamento e Controle da Produção, o primeiro procedimento efetuado na presente pesquisa consistiu em uma análise detalhada do acervo da Web of Science (WOS), que consiste em uma base de dados que disponibiliza o acesso a mais de 9.200 títulos de periódicos. Deve-se destacar que a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) assina o conteúdo integral da supracitada base de dados e os fornece a toda a comunidade científica das Universidades e Institutos Federais do Brasil. Diante do exposto, o Referencial Teórico do presente artigo, inicia-se com a identificação de publicações científica relativas ao tema: Eficiência, a partir do ano de 1980. Para, tal, foi coletado junto à base da WOS, todo o histórico das principais publicações mundiais.

A Figura 1 apresenta o histórico de publicações, conforme mencionado no parágrafo anterior. Percebe-se que o tema relativo à expressão “Efficiency” é extremamente relevante e atual, uma vez que o crescimento do assunto demonstrou-se significativo ao longo dos anos, conforme evidencia a linha de tendência. Em especial destaca-se que existem 1.270.191 trabalhos relativos a supracitada área, cadastrados na base da *Web of Science*.

Figura 1- Publicações relativas à Eficiência de Processos à partir de 1980



Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Deve-se destacar que 22,6% das publicações sobre o referido tema foram realizadas nos Estados Unidos, líder mundial nos estudos sobre Eficiência, seguido pela China (19,6%), Alemanha (6,1%), Japão (5,6%) e, na 15ª posição, o Brasil (1,9%).

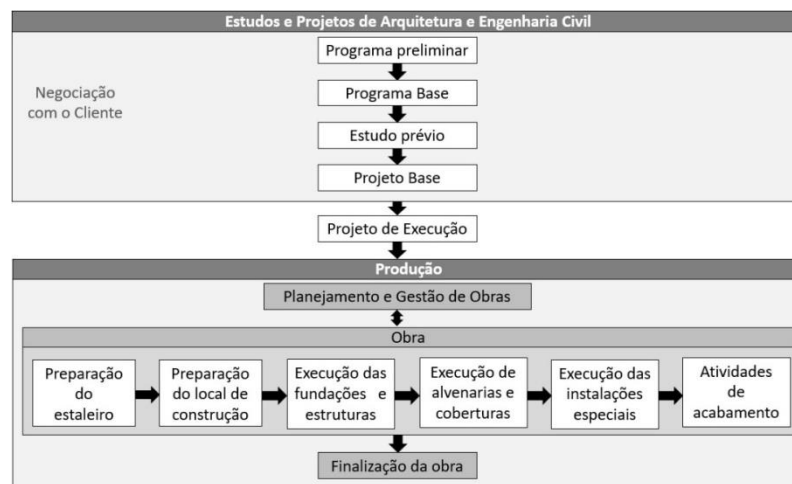
É digno de nota que 29,4% das pesquisas desenvolvidas na área foram aplicações, teóricas e práticas, no campo da Engenharia, Física (12,5%) e Química (11,9%).

Ainda, é importante ressaltar que foi realizado um ajuste de qualidade da reta de regressão no gráfico. Como o relacionamento da variável Y (número de publicações) e da variável regressora é linear ajustou-se uma equação de regressão entre X e Y. Portanto, a reta obtida não explica os dados perfeitamente. Nem todos os valores da amostra estão contidos na reta e quanto mais afastados estiverem pior será a representação das amostras. Assim, existe a parte de dados explicada pela regressão, e a parte não explicada, denominada resíduos.

2.1 Processos produtivos na construção civil

De acordo com Davenport (1994), o conceito de processo seria uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo e no espaço, com um começo, meio e fim, inputs e outputs claramente identificados, enfim, uma estrutura para a ação desejada. Na mesma linha de pensamento, Harrington (1993) o define como sendo um grupo de tarefas interligadas logicamente, que utilizam os recursos da organização para gerar os resultados definidos, de forma a apoiar o seu objetivo. A Figura 2 apresenta um fluxograma genérico de um processo produtivo da construção civil.

Figura 2- Processos Produtivos na construção civil



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Limmer (2012) reforça a linha de pensamento do esquema produtivo do produto da construção civil, exemplificado na figura 2, ensinando que, primeiramente ao se pensar em fazer uma obra, é criada uma ideia daquilo que se quer construir, como por exemplo uma casa ou um prédio, um galpão ou uma igreja, denominado de projeto preliminar. Em seguida, dimensiona-se a construção no local desejado e os impactos da mesma no ambiente ao redor, programa base. Posteriormente, estudos são realizados para verificar os dados técnicos do empreendimento, como sondagem do solo e viabilidade financeira. Esses processos resultam no projeto base, que é enviado para arquitetos e engenheiros calculistas que dão um grau elevado de detalhamento, originando o projeto de execução.

Limmer (2012), afirma que uma vez pronto o projeto de execução, a obra é iniciada, sendo gerenciada pela equipe condutora de engenharia, que irá fazer o planejamento, gestão e fiscalização da mesma que passa desde a preparação do solo até o assentamento do material de acabamento. Isso tudo é realizado para que o empreendimento possa alcançar o objetivo estipulado na sua concepção, desde questões de lucratividade a qualidade, dependendo da prioridade e finalidade de cada projeto.

2.2 Análise e mensuração de processos

Corrêa, Gianesi e Caon (2011) afirmam que a avaliação de desempenho é o processo que quantifica a ação. E seguindo uma visão mercadológica, em um ambiente competitivo, para alcançar as suas metas as empresas precisam satisfazer as necessidades de seus clientes de maneira mais eficiente e eficaz que seus concorrentes. Gaither e Frazier (2001, p.458) definem produtividade: “significa a quantidade de produtos ou serviços produzidos com os recursos utilizados.

Corrêa, Gianesi e Caon (2011) explicam que eficácia se refere à extensão segundo a qual os objetivos são alcançados, ou seja, as necessidades dos clientes e outros grupos de interesse da organização (funcionários, governo, sociedade) são satisfeitas. Por outro lado, eficiência é a medida de quão economicamente os recursos da organização são usados quando promovem determinado nível de satisfação dos clientes e outros grupos de interesse.

$$E = \frac{P}{R} \quad (3)$$

$$F = \frac{O}{S} \quad (4)$$

E = Eficiência

F = Eficácia

P = Consumo Previsto dos Recursos

R = Consumo Efetivo dos Recursos

O = Saída Obtida

S = Saída Esperada

Esses dois conceitos, exemplificados pelas Equações (3) e (4), permitem a identificação de duas dimensões de desempenho, e atenta para o fato de existirem razões internas, referente ao uso de recursos, e externas, referente ao nível de serviço aos clientes e aos *stakeholders*. Essas razões servem de base para perseguir determinados cursos de ação, justificam Corrêa, Giansesi e Caon (2011). Gaither e Frazier (2001) complementam determinando índices para a medição da produtividade em um determinado intervalo de tempo. O primeiro denominado capital, que é o número de produtos produzidos dividido pelo valor do ativo. O segundo índice de materiais, é o número de produtos produzidos dividido pelo dinheiro gasto em materiais. O terceiro, mão de obra direta: é o número de produtos produzidos dividido pelas horas de mão de obra direta. E o último indicador, gastos gerais, que é o número de produtos produzidos dividido pelo dinheiro despendido com gastos gerais.

3. METODOLOGIA

O estudo em questão foi realizado em uma grande construtora da região metropolitana de Belo Horizonte e o nome da empresa foi mantido em sigilo ao longo de toda a pesquisa por questões de ordem confidencial.

A pesquisa é de cunho exploratória e de natureza aplicada. Para seu desenvolvimento, foi realizada uma coleta documental para a obtenção de dados, por meio de fontes. Dados como “datas metas” e “datas reais” de execução dos processos e efetivo praticado foram fornecidos no horizonte de janeiro de 2016 a março de 2017 pela empresa. Estes dados foram coletados por meio dos relatórios de controle de produtividade da construtora, durante parte da execução da obra estudada. Além deles, também existem dados históricos de outros empreendimentos da empresa (obras do mesmo padrão já realizadas), contendo os índices de produtividade médio dos trabalhadores.

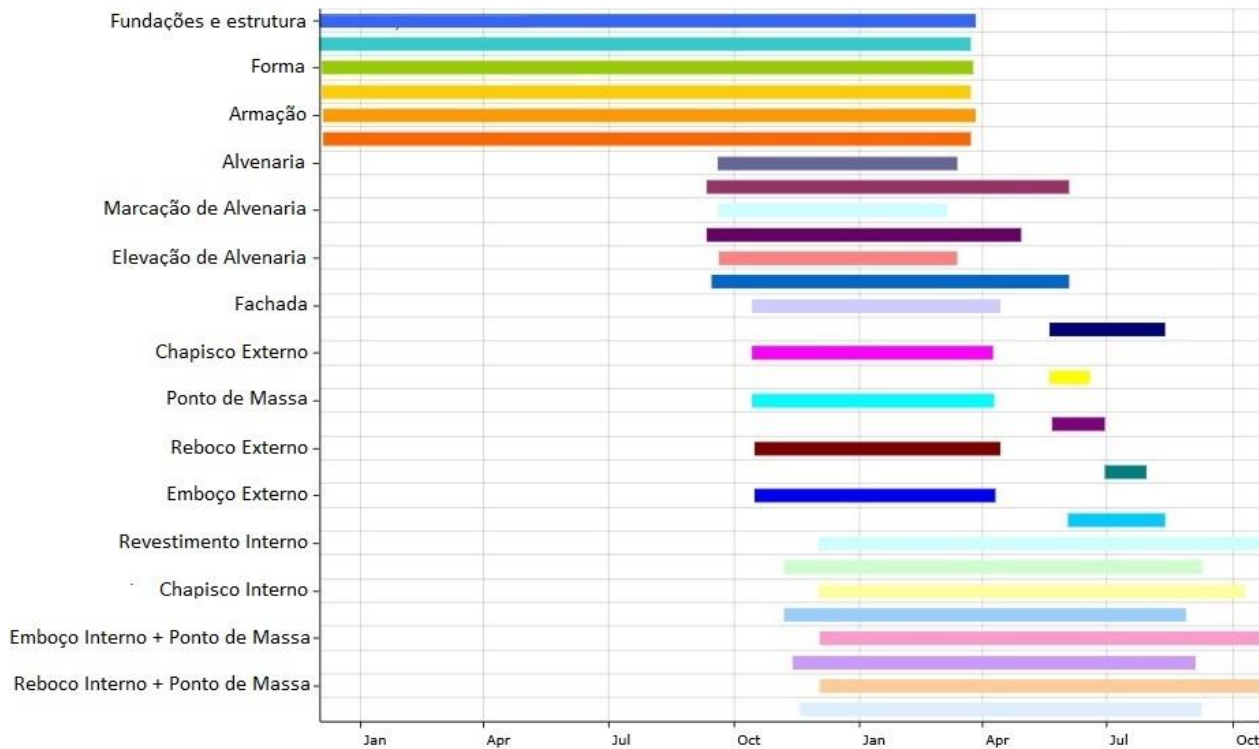
Os índices foram estipulados por meio da medição da produção diária de cada operário especializado. Esses são os balizadores do orçamento e planejamento da construção. Com os dados fornecidos, foi possível estabelecer um cronograma de Gantt por meio dos fatores globais de utilização calculados, fazendo uma identificação visual de todas as interações presentes no processo como um todo ao longo do tempo de execução. Após o cronograma de Gantt, determinou-se os níveis de capacidade e qualificação laboral da obra, confrontando com os índices de produtividade histórica fornecido.

4. Apresentação dos Resultados

Nesta seção são apresentados o cronograma de Gantt, por meio da utilização da ferramenta gráfico de barras, bem como os resultados obtidos na análise sobre o gerenciamento de projetos e seu impacto nos indicadores de desempenho da organização. É interessante observar que, a partir dos dados e indicadores criados de uma forma organizada e confiável, a identificação do

desempenho dos processos fica facilitada e a eficiência ou não é explicitada, de tal forma que o gestor possa avaliar devidas medidas corretivas a serem tomadas, a fim de cumprir a meta previamente determinada e planejada. A Figura 3 mostra o cronograma de Gantt dos processos envolvidos.

Figura 3- Cronograma de Gantt



Fonte: Elaborado pelos autores

As atividades encontram-se sequenciadas no cronograma, obedecendo a lógica de produção – atividade predecessora e sucessora, balizada de acordo com o método construtivo predeterminado pela construtora. Nele podem ser visualizadas as tarefas e sub-tarefas de cada setor, bem como o tempo utilizado para executá-la. A primeira barra de cada atividade é referente ao prazo real executado, e a barra abaixo desta é referente ao prazo meta pré-determinado. Segue a descrição da competência de cada atividade:

1. **Fundações e estrutura:** consiste da primeira atividade da obra, contemplando, basicamente, a execução de fôrma, armação e concretagem da fundação.
2. **Alvenaria:** em sequência, vem a marcação e elevação de alvenaria.
3. **Fachada:** consiste de chapisco, ponto de massa, entelamento, reboco, emboço, pintura e instalação da pele de vidro.

4. **Instalações:** engloba as instalações hidráulicas (prumadas, distribuição de água e esgoto) e elétricas (distribuição de tetos e paredes, enfição, quadros elétricos e luminárias).
5. **Revestimento Interno:** abrange chapisco, reboco e emboço.
6. **Revestimento de teto:** engloba forro de gesso *gypsum*.
7. **Portas de madeira e alumínio:** consiste no assentamento das portas.
8. **Impermeabilizações:** contempla a aplicação de *viaplus* e proteção mecânica.
9. **Áreas frias:** assentamento de revestimento cerâmico, granito e mármore nos banheiros e cozinhas.
10. **Pisos:** assentamento de revestimento cerâmico, granito e mármore nos halls.
11. **Pintura:** aplicação de massa, tratamento de concreto e tinta acrílica ou látex.

O horizonte de duração de cada atividade foi estabelecido relacionando o coeficiente histórico de produtividade de cada profissional especializado, contido na base de dados da empresa, com o planejamento esperado de fluxo de capital e vendas ao longo do tempo, observando os quantitativos totais de cada atividade a serem produzidos de acordo com o projeto da obra. Foram analisados neste artigo os processos 1, 2, 3 e 5.

Ao se calcular os fatores globais de produção, levaram-se em consideração quarenta e quatro horas semanais trabalhadas, permitidas pela legislação trabalhista brasileira vigente e praticada pela indústria da construção civil. Dessa forma, chega-se à quantidade ótima de trabalhadores necessários para a execução de cada atividade, como pode ser percebido na antepenúltima coluna do Quadro 1. Nota-se, porém, que existem algumas variantes que distanciam o planejamento da realidade executável em uma obra, como: absenteísmo, mão de obra mal qualificada, condições climáticas. E fatores como: tomada de decisões rotineiras pela equipe condutiva da obra, que vão na contramão do planejado pela diretoria, normas urbanas, como entrada e saída de caminhões durante o horário comercial no hipercentro da cidade de Belo Horizonte. Levando em conta o dinamismo do fato da construção de uma obra propriamente dita, que pode resultar em distorções do planejado previamente, o Quadro 1 também ilustra o efetivo real praticado na obra.

É interessante observar, que em todos os processos analisados, o efetivo real praticado é diferente do efetivo planejado anteriormente, seguindo os limitadores citados anteriormente. Esse fator interfere em todas as atividades da obra, que são interligadas, puxando ou empurrando o cronograma físico, além de alterar o fluxo de capital proposto, o que pode até mesmo alterar o processo construtivo, adiantando a entrega ou paralisando a obra. No entanto, ao comparar-se o efetivo real para o planejado, existem distorções nos quantitativos que é um convite para reflexão. Existem dez carpinteiros a mais que o quantitativo previsto, quatro vezes mais o número de ajudantes de carpinteiros e três

armadores extras. Como a atividade foi finalizada, grosseiramente, no tempo previsto, como pode ser observado no cronograma de Gantt, os resultados permitem pensar-se que a mão de obra contratada não era qualificada o bastante para produzir de acordo com o coeficiente de produtividade usado no planejamento, existindo a necessidade de se contratar mais profissionais para se cumprir o cronograma. Ou, a mão de obra estava ociosa, pela existência de profissionais em excesso devido a uma ingerência.

Quadro 1- Efetivo real praticado

Processos		Profissional	Coeficiente de produtividade	Unidade	Quantidade de profissionais planejada	Quantidade de profissionais real
Fundações e estrutura	Forma	Carpinteiro	0,83	m²/h	9,32	19,00
		Ajudante de carpinteiro	1,64	m²/h	0,52	4,00
	Armação	Armador	13,03	kg/h	8,02	11,00
		Ajudante de armador	11,73	kg/h	0,99	1,00
Alvenaria		Pedreiro	1,51	m²/h	5,42	9,00
		Servente	1,51	m²/h	0,61	3,00
Revestimento Interno		Pedreiro	1,54	m²/h	5,00	2,00
		Servente	4,55	m²/h	0,87	2,00
Fachada		Pedreiro	2,48	m²/h	9,88	7,00
		Servente	2,19	m²/h	4,79	3,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Os três próximos processos, alvenaria, revestimento interno e fachada, utilizam os mesmos tipos de profissionais: pedreiro e servente. Portanto, os operários são contratados e podem ser alocados para ambos os setores, dependendo da estratégia, orientação e necessidade estabelecida pelo engenheiro da obra, que deve seguir os parâmetros do planejamento. Uma vez que o produto em questão é uma obra, podem existir serviços liberados para a execução de vários processos diferentes, predecessores ou sucessores, já que os pavimentos inferiores podem estar aptos a receberem o revestimento interno enquanto a alvenaria está sendo executada em pavimentos superiores, bem como a execução da fachada. Assim, a alocação de recursos deve ser feita obedecendo aos critérios previamente estabelecidos para que um processo não seja beneficiado em detrimento de outro.

Segundo o Quadro 1, notoriamente, foi alocado um número maior de profissionais do que o previsto para a atividade de alvenaria, resultando numa projeção de antecipação de término da mesma, como explicitado no Quadro 2. Ao mesmo tempo, o efetivo real praticado para o processo de revestimento interno é menor do que o predeterminado, o que fez que o seu término fosse postergado. Além disso, é interessante observar a questão da fachada. Seu efetivo real foi subdimensionado, porém existe uma projeção de término antecipado, o que indicaria que, mesmo o processo de alvenaria ter alocado profissionais que deveriam ser alocados na fachada, essa atividade estaria respondendo bem a demanda que lhe é imposta. Contudo, inicialmente pode ser pensado que a mão de obra alocada está produzindo acima

do coeficiente de produtividade usado no planejamento para balizar a obra. Porém, a estratégia usada, foi diluir o prazo da atividade, iniciando antecipadamente, utilizando menos profissionais, finalizando, inclusive, antes do término meta. O Quadro 2 ilustra os indicadores de desempenho resultantes da obra descritos anteriormente, alinhado com o planejamento realizado.

Quadro 2- Desvios

	Início meta	Término meta	Dias meta	Início real	Término real	Dias real
Fundações e estrutura	04/12/2015	23/03/2017	475	04/12/2015	26/03/2017	478
Alvenaria	11/09/2016	03/06/2017	265	19/09/2016	13/03/2017*	175
Revestimento Interno	07/11/2016	08/09/2017	305	02/12/2016	22/10/2017*	324
Fachada	20/05/2017	12/08/2017	84	15/10/2016	13/04/2017*	180

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

A adoção das técnicas de gestão de projetos traz uma variedade de ganhos para a organização, como por exemplo: melhor visualização de alocação de recursos, o aumento significativo da previsibilidade de potenciais situações desfavoráveis que podem ser identificadas e, posteriormente, sofrerem ações corretivas, desenvolvimento de diferenciais competitivos. Ainda, o gerenciamento de projetos, permite o aperfeiçoamento das relações com todos os setores engajados, adaptando as rotinas de trabalho. Assim, auxiliando na tomada de decisões, uma vez que as informações serão disponibilizadas de uma maneira estruturada e organizada em tempo real. Contudo, vale ressaltar que a empresa usufruirá dos benefícios da gestão de projetos de acordo com a sua maturidade em relação a metodologia transmitida pelos conceitos dessa vertente.

Além disso, entende-se como planejamento, o estágio de suporte para um bom e esperado desempenho de execução e controle de todas as atividades futuras de um projeto. Dessa forma, a ferramenta permite uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais significativos e notórios para o gerenciamento de projetos. Uma análise balizada pelo planejamento permite a concentração de esforços sobre os desvios encontrados, como a má alocação de recursos ou atraso na entrega de uma atividade, por exemplo.

Utilizando das ferramentas descritas acima, foi possível perceber ineficiências nos processos produtivos. Assim, foi desenvolvido um modelo 5W2H, como um plano de ação para a solução das ineficiências identificadas, visando cumprir a meta previamente planejada. O Quadro 3, revela esse modelo 5W2H feito.

Quadro 3- 5W2H

O QUE (WHAT)	PARA QUE (WHY)	QUEM (WHO)	QUANDO (WHEN)	ONDE (WHERE)	COMO (HOW)	QUANTO CUSTA (HOW MUCH)
Necessidade de atuação	Justificativa / benefícios	Responsável	Prioridade	Qual área	Atividades necessárias p/	Recursos financeiros necessários
Realizar recrutamento para novos profissionais.	Necessidade de mão de obra qualificada.	Colaboradores da empresa com autonomia quanto à seleção e contratação.	Quando um novo projeto for executado.	Região da obra/sede empresarial.	Divulgação das vagas, análise e recrutamento.	Custo da mão de obra, materiais relativos ao processo seletivo.
Promover Capacitação técnica.	Favorecer o cumprimento de prazos e qualidade do serviço.	Colaboradores da empresa com exp. técnica em construção civil.	Após contratação de novos funcionários.	Região da obra/sede empresarial.	Curso introdutório: etapas de execução do projeto.	Profissionais alocados para promover o treinamento, material necessário.
Revisar o indicador de desempenho.	Elaborar execução, monitoramento e avaliação dos projetos.	Gestor de projetos/obra e analista de planejamento.	Na etapa de planejamento de obra.	Região da obra/sede empresarial.	Estratificar os dados para possibilitar alteração/validação do indicador.	Custo da mão de obra do gerente de projeto e seus subordinados.
Estabelecer metas individuais/ globais de desempenho.	Estabelecer uma visão sistêmica e senso de responsabilidade nos funcionários.	Gestor e analista de planejamento.	Na etapa de planejamento de obra.	Região da obra/sede empresarial.	Coleta de dados históricos de desempenho e do mapeamento do processo.	Custo da mão de obra dos profissionais envolvidos com o planejamento de obra.
Identificar caminho crítico (PERT).	Identificar o desempenho/impacto das atividades críticas.	Analista de planejamento.	Na etapa de planejamento de obra.	Região da obra/sede empresarial.	Listar atividades, duração precedência para pavimentos da obra.	Custo da mão de obra dos profissionais envolvidos com o planejamento de obra.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou identificar a influência que a identificação da eficiência nos processos produtivos, por meio do gerenciamento de projetos atrelado ao planejamento da capacidade produtiva impactou nos indicadores de desempenho de uma obra, imersa no contexto da indústria da construção civil brasileira. Pôde-se verificar a importância das informações que essa metodologia é apta a gerar, de modo a direcionar as tomadas de decisões diárias da equipe condutora, para a meta planejada pela direção, em relação ao cronograma, efetivo e orçamento predeterminados. Não obstante, demonstrou-se que por meio dessa ferramenta, é possível verificar os desvios praticados, a fim de corrigi-los, visando o sucesso do empreendimento.

Nos dias de hoje, devido ao alto grau de complexidade dos projetos e à alta competitividade existente entre as empresas no mercado, a utilização da gestão de projetos tem sido largamente difundida entre os investidores e companhias. Uma vez, conhecido o dinamismo das possíveis variantes que podem mudar o rumo planejado de uma obra, se faz necessário identificar as falhas dos processos, através dos recursos tecnológicos de monitoramento e controle aperfeiçoados disponíveis. Feito isso, a empresa preza pela eficiência e eficácia do projeto, o que é fundamental para se manter forte diante os concorrentes.

A partir da análise dos resultados obtidos, nota-se que o projeto analisado foi dividido em quatro macro áreas. Através dos indicadores foi possível verificar a qualidade dos serviços desempenhados pelos trabalhadores, compilando as informações de efetivo planejado, efetivo praticado, cronograma meta, cronograma real de execução e coeficientes de produtividade.

Portanto, foi viável verificar a eficiência dos setores da obra e da obra como um todo. No caso, perceberam-se setores com efetivo superestimados e outros subestimados, datas em atraso e adiantadas. No geral, os resultados apontam um desvio de alocação de recursos estabelecidos no planejamento e orçamento. Levando a um leve desequilíbrio com os parâmetros físico-financeiros, nos quais, uma vez não corrigidos, afetaram de forma prejudicial à rentabilidade prevista do empreendimento.

Deste modo, conclui-se que a avaliação da eficiência de uma obra, é facilitada por meio da implantação da metodologia de gestão de projetos dentro da empresa, viabilizando uma estimativa de alcance maior do prazo de acordo com a baseline, e um desvio menor dos custos, desde que a metodologia seja acompanhada de acordo com o ciclo de vida dos projetos previamente feitos.

REFERÊNCIAS

CHAU, K. W. et al. Technological progress and the productive efficiency of construction firms in Hong Kong, 1981–2001. **Journal of Construction Research**, v. 6, n. 02, p. 195-207, 2005.

CORRÊA, IGN; GIANESI, IRINEU GN; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRPII/ERP conceitos, uso e implantação**. São Paulo, Atlas, 2011.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de Produção E Operações: Manufatura E Serviços: Uma Abordagem Estratégica**. Editora Atlas SA, 2010.

CRAWFORD, Paul; BRYCE, Paul. Project monitoring and evaluation: a method for enhancing the efficiency and effectiveness of aid project implementation. **International journal of project management**, v. 21, n. 5, p. 363-373, 2003.

DAVENPORT, Thomas H. **Reengenharia de processo: como inovar na empresa através da tecnologia da informação**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

FIEMG. Monitor Econômico Fevereiro de 2017. Belo Horizonte, 2017.

FITZSIMMONS, James A.; FITZSIMMONS, Mona J. **Administração de Serviços: Operações, Estratégia e Tecnologia da Informação**. AMGH Editora, 2014.

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e operações**. SP: Pioneira, Thomson Learning. 2001.

HARRINGTON, H. James. **Aperfeiçoando processos empresariais: estratégia revolucionária para o aperfeiçoamento da qualidade, da produtividade e da competitividade**. São Paulo, MakronBooks, 1993.

JEONG, Ki-Young; PHILLIPS, Don T. Operational efficiency and effectiveness measurement. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 21, n. 11, p. 1404-1416, 2001.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Livros Tecnicos e Cientificos, 2012.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. Atlas, 2009.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2009.

WOS (2017). Web of Science. Databases of bibliographic information.

.

Capítulo 13

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM OPERADOR
LOGÍSTICO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA
INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA: AÇÕES DE
MELHORIAS PARA AUMENTO DO NÍVEL DE
SERVIÇO

Ariane Fialho Macedo
Jean Albino Gonçalves
Lauro Soares de Freitas
Cintia Rodrigues Lima
Patrick de Moraes Hanriot

Análise de desempenho de um operador logístico da cadeia de suprimentos da indústria automobilística: ações de melhorias para aumento do nível de serviço

*Ariane Fialho Macedo
Jean Albino Gonçalves
Lauro Soares de Freitas
Cintia Rodrigues Lima
Patrick de Moraes Hanriot*

RESUMO

O objetivo deste trabalho é elaborar um plano de melhorias para um operador logístico do setor automobilístico, adotando a metodologia da pesquisa-ação para atendimento do Nível de Serviço. Inicia-se apresentando a contextualização deste setor por meio da evolução do conceito de *Supply Chain Management* e crescimento das atividades logísticas no Brasil. Também são descritos os serviços e história da empresa pesquisada. A análise dos dados obtidos propiciou diagnosticar a situação prática, formular estratégias de ação e desenvolver essas para melhorar o indicador definido pelo Cliente. Por fim, as ações realizadas proporcionaram redução da variação do volume de serviços, controle do número de prioridades e dimensionamento assertivo da mão de obra.

Palavras-chave: Gestão da cadeia de suprimento. Indústria automobilística. Nível de serviço.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, com advento da globalização e a introdução do conceito de *Supply Chain Management (SCM)*¹ nas organizações, a relação de parceria entre cliente-fornecedor tem demonstrado significativa importância no mercado mundial. Para Fleury (2013), gerenciar relações de parcerias com fornecedores a fim de garantir respostas rápidas e a contínua melhoria de desempenho é um dos objetivos para o sucesso de implementação do SCM.

Segundo Novaes (2014), os gestores tiveram que adotar estratégias para suas empresas tornarem-se mais competitivas em seu ramo de atuação e atraentes para seus consumidores, no que tange a qualidade dos bens e atividades prestadas, tempo de entrega no prazo combinado, disponibilidade dos itens em estoque e preço justo. Neste cenário a terceirização de serviços logísticos torna-se uma das estratégias mais comumente

¹ Gestão da Cadeia de Suprimentos

empregadas. As empresas participantes da cadeia de suprimentos passaram a buscar soluções novas, usando a logística para ganhar competitividade e induzir novos negócios.

As empresas especializadas em prestação de tais serviços possuem conhecimento sobre atividades logísticas para exercer diferentes tipos de processos da cadeia de suprimentos. Tais empresas podem influenciar diretamente na redução dos custos logísticos de uma organização, caso o modelo operacional apresente redução nos custos de manutenção da operação e um alto índice dos níveis de serviços. Pelo Quadro 1 é possível visualizar os principais serviços fornecidos por Prestadores de Serviços Logísticos (PSL):

Quadro 1 - Classificação das atividades logísticas oferecidas por PSL.

<i>Área</i>	<i>Descrição</i>
Armazenagem	Armazenagem e administração de estoque
Armazenagem	Transferências de produtos entre fábricas e reposição de peças e produtos
Comercial	Despacho aduaneiro
Comercial	Recepção e processamento de pedidos
Comercial	Quarterização logística (gestão de terceiros que exercem as operações logísticas)
Comercial	Transferência de recursos (como locação de empilhadeiras e mão-de-obra)
Consultoria	Serviços e soluções de tecnologia de informação voltada para logística
Consultoria	Serviços de consultoria, projetos e coordenação logísticas em CS
Manipulação	Serviços de etiquetagem, packing e formação de kits
Pós Vendas	Logística reversa (retorno de defeitos, reparos, produtos)
Pós Vendas	Serviço de atendimento a clientes e sistemas de informações
Pós Vendas	Apoio as atividades de marketing
Transporte	Transporte interno (nacional) e externo (internacional)
Transporte	Serviços de cross-docking
Transporte	Auditoria de frete e pagamentos
Transporte	Planejamento de armazenagem e transporte
Transporte	Gestão de transportadoras, de frota e sistemas de monitoramento de frota

Fonte: Adaptado de Sharafali e Vikram (2007)

Na indústria automobilística, a terceirização dos serviços logísticos se faz presente há muitos anos no Brasil. A partir da década de 1990, com o fenômeno de globalização e abertura dos mercados mundiais, diversas indústrias automobilísticas e operadores logísticos se instalaram no Brasil. Nessa época, as montadoras de veículos nacionais sofreram um processo de transformação em seus meios de produção e os operadores logísticos tiveram que buscar novas tendências de trabalho no mercado para se tornarem competitivos.

No entanto, nem todas as peças produzidas pelos fornecedores são para atendimento direto à montadora. Como um elo da gestão da rede de suprimentos da indústria automobilística, as concessionárias de veículos são empresas autorizadas pelas montadoras para exercer a atividade de distribuição dos automóveis e de todos os seus componentes

originais. Para atender as concessionárias, uma opção para as montadoras tem sido a terceirização de processos logísticos que envolve o abastecimento de peças e veículos.

Segundo Ballou (2006), os macros processos logísticos em centros de armazenagem podem ser classificados em três conjuntos distintos: recebimento, armazenagem e distribuição. As atividades de recebimento são definidas por Arbache *et. al.* (2011) como logística de entrada de suprimentos ou *inbound logistics*. As atividades de armazenagem são definidas como logística interna ou de operações, relacionada ao controle das movimentações e dos estoques nas linhas de produção.

Neste estudo, as análises serão concentradas sobre os macros processos de recebimento e armazenagem, ou seja, na logística de entrada e interna, tendo como principal fundamento o não atendimento ao “nível de serviço de embalagem de peças por dia” definido em contrato entre montadora e seu operador logístico. O objetivo geral deste estudo é elaborar um plano de melhorias para a logística de entrada e interna de uma prestadora de serviços logísticos atuante no setor automobilístico, que tem como escopo atender todas as concessionárias de uma multinacional montadora de veículos.

A empresa “Delta”², onde o estudo foi realizado, é uma das maiores do mundo a realizar e operar contratos de prestação de serviços logísticos. A empresa oferece projetos e soluções que podem ser realizados em toda cadeia de suprimentos, desde o planejamento e implementação das operações nos armazéns, até às operações mais complexas em escala regional, nacional e global, para grandes companhias locais e multinacionais.

Criada no ano de 1946, a Delta tem atuado em diversos segmentos, dentre os quais se destacam o automotivo, eletrônico, industrial e de bens de consumo. Com uma equipe mundial de aproximadamente 41 mil funcionários, a empresa opera uma extensa rede global com instalações em 25 países e gerenciamento de 614 armazéns, que totalizam cerca de 6,4 milhões de metros quadrados. No Brasil, a Delta emprega cerca de 5,6 mil funcionários, possui 53 filiais e gerencia cerca de 490 mil metros quadrados de área de armazenagem.

A filial da empresa em estudo é responsável pelas atividades logísticas de recebimento, manipulação, armazenagem, separação e expedição dos componentes automotivos de todos os fornecedores diretos de uma das principais montadoras do país. O grande volume de movimentações por dia permite visualizar a dimensão e complexidade de sua operação. Também é possível visualizar que a rede de suprimentos do cliente é interligada por meio do fornecedor, operador logístico e concessionária.

Além desta introdução, este trabalho é composto por mais quatro seções. Na segunda seção é feita uma descrição com enfoque nos principais temas abordados de acordo com a literatura. Em seguida são apresentados o percurso de pesquisa e os instrumentos utilizados para coleta e análise de dados. A quarta seção é composta por uma breve descrição dos

² Nome fictício atribuído à empresa investigada por razões de confidencialidade.

processos da empresa estudada, do planejamento e análise dos dados coletados na mesma, seguido dos resultados obtidos. Por fim, na quinta seção apresentaremos as considerações finais para alcance dos objetivos inicialmente propostos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Logística e *Supply Chain Management*

O termo “Logística” tem origem do francês *Logistique*, do baixo latim *logisticus*, e de acordo com o Conselho Norte-americano de Gestão da Distribuição Física (1996) pode ser entendido como:

“Atividades associadas à movimentação eficiente de produtos acabados, desde o final da linha de produção até o consumidor, e, em alguns casos, inclui a movimentação de matéria-prima da fonte de suprimentos até o início da linha de produção. Estas atividades incluem o transporte, a armazenagem, o manuseio dos materiais, o empacotamento, o controle de estoques, a escolha da localização de plantas e armazéns, o processamento de ordens, as previsões de ordens e os serviços aos clientes.” (NCPDM, 1996).

Segundo Ballou (2006), tal definição abrange a noção de que o fluxo de mercadorias deve ser acompanhado desde o ponto em que existe como matérias-primas até aquele que são descartadas, na visão deste autor “a logística é a essência do comércio”.

No mesmo contexto, a expressão “*Supply Chain Management*” tem passado por contínua evolução. Masters e Pohlen (1994) identificam a evolução da gestão da cadeia de suprimentos em três estágios, cujo ponto de vista reside no modelo gerencial adotado: a) busca da eficiência em armazenamento e transportes, caracterizada por uma visão funcional da logística, predominante nas décadas de 1960 e 1970; b) preocupação com a integração interna das operações e oferta de serviços ao cliente, nos anos 1980; c) visão sistêmica da cadeia de suprimentos, caracterizada pela integração externa com os parceiros na cadeia de suprimentos, na década de 1990.

O SCM é um conceito mais abrangente que adquire um caráter estratégico e holístico na gestão empresarial, enquanto que a logística representa um conceito interno à empresa. (ZINN, 2002). Para Lambert, Cooper e Pagh (1998), o processo de gestão da rede de suprimentos deve envolver três postos-chaves para que o fluxo de informação bem como os processos críticos funcione como direcionadores de toda a rede, sendo eles: a rede estrutural, os processos de negócios e os componentes da cadeia de suprimentos. Tal rede estrutural da cadeia de suprimentos consiste numa rede de membros inter-relacionados. A gestão da cadeia de suprimentos implica em identificar e posicionar os membros críticos, identificar os processos que necessitam serem integrados, seus respectivos membros-chave e prioridades.

Os processos de negócios da cadeia de suprimentos são as atividades estruturadas de forma a atender determinada demanda dentro da cadeia: consumidores finais ou da própria cadeia. Os processos de negócios mais comuns são os seguintes: gestão de relacionamento com clientes; gestão de serviço ao cliente; gestão da demanda através da sincronização das informações; atendimento ao cliente na efetuação de pedidos; gestão do fluxo de produção através da sincronização do fluxo físico da produção; gestão de relacionamento com fornecedores; desenvolvimento de produtos e sua comercialização; e, gestão reversa da logística sobre o ciclo global do produto, reciclagem e responsabilidade social sobre o mesmo até o fim de sua vida útil.

2.2 Centros de distribuição e gestão de armazéns

Segundo Fleury, Wanke e Figueiredo (2000, p.155) “os Centros de Distribuição são típicos de sistema de distribuição escalonados, onde sua posição é estratégica e focada no objetivo do rápido atendimento às necessidades dos clientes em determinada área geográfica”. Para Gurgel (2000, p.308), afirmando que estes centros de distribuição devem ficar em áreas de fácil aproximação, facilitando o acesso de carretas para a fábrica e de caminhões para a distribuição urbana, sendo sua localização e tamanho, identificados pelo tipo de população, poder aquisitivo e área concentrada.

Os Centros de Distribuições também são conhecidos por armazéns. Moura (2005, p. 5) conceitua armazém como: “o elo que une a produção ao consumidor, ou também o fornecedor ao consumidor, quando se trata de armazém de entrada (tipo matérias-primas), que não é nada além do aspecto oposto do mesmo problema”.

2.3 Processos logísticos

As principais funções de instalações de armazenamento são: recebimento, armazenagem, recuperação de itens, montagem e embarque de pedidos (GU *et al.*, 2007). A “Logística de Recebimento” trata-se de um conjunto de operações que envolvem a identificação do material recebido, o confronto do documento fiscal com o pedido, a inspeção qualitativa e quantitativa do material e a sua aceitação formal (CASTIGLIONI, 2013).

A “Logística de Embalagem”, também classificada como atividades de manipulação por Colin e Fabbe-Costes (1995) corresponde ao segundo macroprocesso. Neste momento são realizadas as atividades de seleção de embalagens, embalagem de peças e disponibilização das mesmas para o estoque. Conforme Castiglioni (2013), a embalagem é parte significativa do sistema logístico, e tem a responsabilidade de minimizar o custo de entrega e impulsionar positivamente as vendas, pois agrega valor de diversas maneiras, oferecendo proteção, utilidade e comunicação, além de manter a condição de produtos durante o sistema logístico.

De acordo com Vieira e Roux (2011, p. 65) a expressão “família logística” refere-se a “um conjunto coerente de artigos que necessitam dos mesmos meios de estocagem, de movimentação e de preparação de pedidos (manipulação e procedimentos).” Também segundo o autor é necessário definir as diferentes famílias e em seguida classificar os artigos nas diferentes famílias.

A “Logística de Armazenagem” pode ser conceituada como um conjunto de atividades relacionadas à função de abastecimento, a qual requer meios, métodos e técnicas adequadas, bem como instalações apropriadas, e que tem como propósito o recebimento, a estocagem e a distribuição dos materiais (CASTIGLIONI, 2013).

De acordo com Ballou (2006), estoque são acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logística das empresas. Ainda afirma que, gerenciar estoques é equilibrar a disponibilidade dos produtos, ou serviço ao consumidor, por um lado, com os custos de abastecimento que, por outro lado, são necessários para um determinado grau dessa disponibilidade.

Para gerir os estoques, é preciso levar em conta duas funções que norteiam sua finalidade, sendo a alimentação da produção e o suprimento das vendas. A primeira função tem como objetivo a produção continuada, almejando a eliminação dos riscos de paradas de produção resultantes de problemas com o abastecimento, melhorando a eficiência do processo produtivo. Já na função de suprir as vendas, os estoques visam atender com segurança à sazonalidade da demanda e, por consequência, melhorar o serviço ao cliente.

2.4 Terceirização logística e operadores logísticos

Segundo Lavallo e Fleury (2000), as empresas cada vez mais estão conscientizando-se de que não é possível atender às exigências de serviço dos clientes e, simultaneamente, cumprir com os objetivos de custo da empresa sem trabalhar de forma coordenada com outros participantes da cadeia de suprimentos.

Para Wanke (2003), os motivos mais citados para a terceirização logística são, por ordem de frequência: a redução de custos 83%, foco no *Core Business* 76%, aumento da flexibilidade 68%, redução de investimentos em ativos 67%, aumento dos níveis de serviços 57%, aumento da eficiência operacional 44%, geração de novas soluções logísticas 35%, melhoramento em tecnologia de informação 30%, aumento do controle sobre a logística 29%, e expansão de mercado 22%.

Segundo Abrahão e Ribeiro (2006), a terceirização dos serviços logísticos pode ser dividida em atividades básicas, intermediárias e sofisticadas. Entende-se por atividades básicas o transporte *Inbound* (entrada), *Outbound* (saída), transferências, e desembaraço aduaneiro. As atividades intermediárias incluem armazenagem, *Milk Run* (sistema onde o

estoque é reposto com maior frequência) e gerenciamento de transporte multimodal. As atividades classificadas como sofisticadas aquelas que exigem um nível de gestão maior dentro das empresas, normalmente envolvendo maior complexidade.

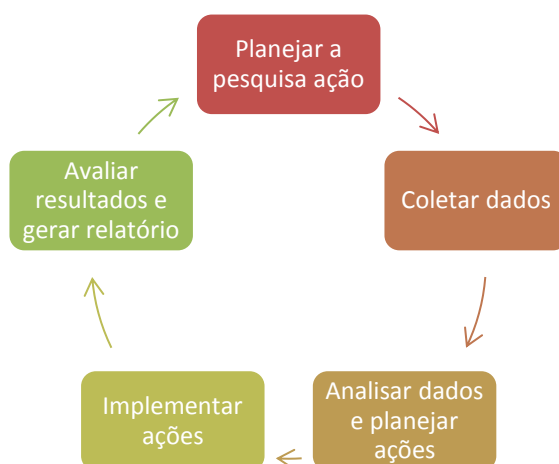
Fleury (2000) define operador logístico como um fornecedor de serviços logísticos integrados, capaz de atender a todas ou quase todas as necessidades logísticas de seus clientes, de forma personalizada. De acordo com Ching (1999), os operadores logísticos conceitualmente figuram-se como uma ferramenta para a gestão baseada em técnicas de *Just in Time*, onde as premissas de operação são a qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e compromisso, buscando agregar valor na identificação de gargalos, eliminação de perdas e desperdícios, eliminação de processos complexos e implantação de sistemas e procedimentos mais aderentes às necessidades do cliente.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada na concepção deste estudo será por meio de pesquisa-ação. Esta estratégia de pesquisa possui base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e na qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 2007).

De acordo com Thiollent (2007, p.125), “A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação da realidade a ser investigada estão envolvidos de modo cooperativo e participativo”. A estrutura da pesquisa ação definida por Thiollent segue um ciclo descrito na Figura 1:

Figura 1 - Estruturação para condução da pesquisa-ação



Fonte: Adaptado de Thiollent (2007)

Conforme Figura 1, o ciclo da pesquisa-ação se inicia com a análise situacional, que produz ampla visão do contexto da pesquisa-ação, práticas atuais, dos participantes e envolvidos. Paralelamente a projetar e implementar a mudança para melhoria da prática, o reconhecimento segue exatamente o mesmo ciclo da pesquisa-ação, planejando como monitorar e avaliar a situação atual, fazendo isso e, a seguir, interpretando e avaliando os resultados, a fim de planejar uma mudança adequada da prática neste primeiro ciclo.

Segundo Grundy (1982), a pesquisa-ação prática é diferente da técnica pelo fato de que o pesquisador escolhe ou projeta as mudanças feitas. Nesse caso, as duas características distintivas são: primeiro, é mais como a prática de um ofício – o artífice pode receber uma ordem, mas o modo como alcança o resultado desejado fica mais por sua conta de sua experiência e de suas ideias; e segundo, porque o tipo de decisões que ele toma sobre o quê, como e quando fazer são informadas pelas concepções profissionais que tem sobre o que será melhor para seu grupo. Os artífices estabelecem seus próprios critérios para qualidade, beleza, eficácia, durabilidade e assim por diante.

4. ANÁLISE DE DADOS

Nesta seção serão apresentadas as operações logísticas executadas na empresa Delta, com base nos macroprocessos logísticos abordados no referencial teórico.

4.1 As operações logísticas de armazenagem e embalo na Delta

Na Delta, o fluxo do processo de “Logística de Recebimento”, ou Logística de Entrada inicia-se com a chegada do veículo na portaria fiscal, onde o mesmo é direcionado à doca para descarga das peças por operadores de empilhadeira. Posteriormente é realizado o processo de conferência, que pode ser virtual ou por amostragem. A empresa é abastecida diariamente por uma média de 40 caminhões com um volume total aproximado de 68 mil peças.

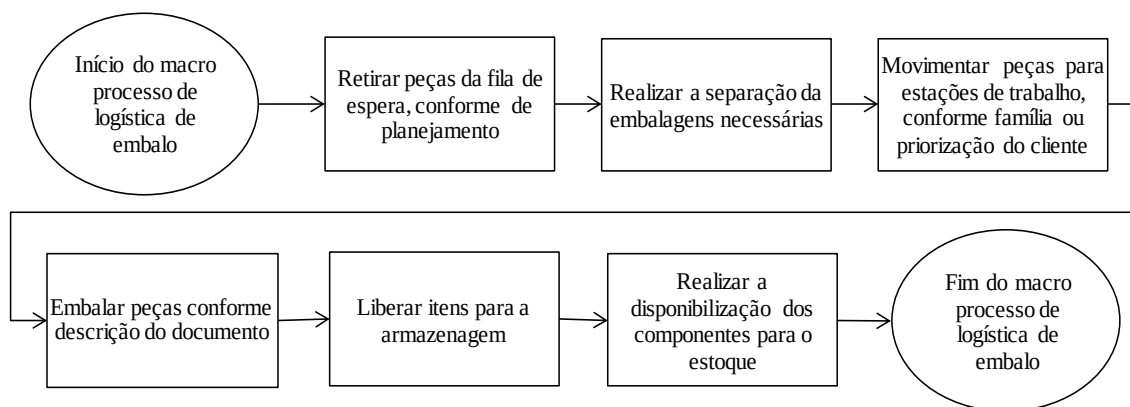
A escolha pelo tipo de conferência é definida pelo setor da Qualidade, que tem como base uma relação de peças informadas e definidas pelo cliente. Em seguida é realizada a emissão dos documentos que demonstram as especificações e quantidades de itens, e a identificação dos volumes. Por fim, os itens recebidos são liberados para embalo.

O macroprocesso de recebimento inicia-se com a entrada de notas fiscais na portaria e direcionamento dos caminhões para as docas. Depois os veículos são descarregados na área de conferência do armazém. São emitidos documentos referentes aos itens recebidos, os volumes são identificados com etiquetas e liberados para o embalo.

As peças conferidas e liberadas para o embalo são movimentadas para um estoque intermediário. Assim, inicia-se o processo de “Logística de Armazenagem”, ou logística interna. O fluxo do processo de embalo, que pode ser chamado de um sub processo da

logística interna, inicia-se na retirada das peças/volumes alocados em fila, conforme ordem de recebimento, e movimentação das mesmas até a área denominada “separação de embalagem”, onde são realizadas as separações das embalagens a serem utilizadas, conforme os critérios de embalagem da peça/volume. Após essa etapa, o item é movimentado até as estações de trabalho para que seja embalado e disponibilizado ao estoque, conforme pode-se visualizar no Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma do processo de embalo



Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme Figura 2, as peças devem ser embaladas conforme os procedimentos internos da empresa, atendendo aos requisitos do cliente. Posteriormente devem ser encaminhadas para a Armazenagem. Atualmente são embaladas aproximadamente 50 mil peças por dia, sendo que todos os processos de embalo são realizados em dois turnos, com alocação de 69 funcionários. Para a realização das atividades administrativas uma equipe com 12 funcionários realizam o planejamento, controle e suporte às atividades da área.

O *layout* do setor de embalo é definido de acordo com as famílias logísticas (farol, importado, lataria, mecânico pesado, mesa, mezanino, moldura, motor, para-choque, volumoso), e as peças são distribuídas no armazém conforme tal definição. Tais famílias serão codificadas no estudo. Além de distribuir as peças no armazém de acordo com o seu grupo de família, os itens também são submetidos a outro critério de armazenagem, de acordo com a “Curva ABC”, considerando o histórico de demanda e itens com maior giro.

A disponibilidade dos recursos (mão de obra e equipamentos) é dimensionada conforme quantidade e tipo de peças a serem embaladas. Na operação existem funcionários dedicados para determinadas famílias. Contudo, em dias de alta demanda, os trabalhadores podem ser deslocados para embalar outros tipos de peças.

Os recursos armazenados no centro de armazenagem e distribuição da empresa Delta tem o objetivo de suprir as demandas das concessionárias da montadora de veículos.

Atualmente são armazenados aproximadamente 72 mil diferentes tipos de peças, com um total aproximado de 10 milhões peças, em uma área estimada de 40 mil m².

Além desses dois macroprocessos centrais, existe o macroprocesso de Expedição. Todos os itens são expedidos por modal Aéreo, Marítimo ou Rodoviário. A atividade de exportação também é realizada nesta etapa do processo, sendo que países como Argentina, Chile, México, África do Sul recebem peças semanalmente. As atividades de carregamento de cargas, definição de rotas e faturamento de pedidos são realizadas nesta etapa do processo. Por dia são expedidos aproximadamente 20 caminhões e um carregamento aéreo, além de que semanalmente ocorre a expedição de dois containers para outros países.

4.2 Planejamento da pesquisa-ação

No início do planejamento da pesquisa-ação, foi realizada uma reunião com o Coordenador e Supervisor do *Inbound*, da empresa Delta para definir os critérios para análise preliminar dos processos e levantamento de dados. Após análise qualitativa das discussões propostas e de dados fornecidos pela empresa, tais como gráficos e fluxogramas, foi possível concluir que os pontos críticos que impediam o alcance da meta de 98% do nível de serviço, estavam relacionados à logística interna e de entrada.

É importante ressaltar que no início das atividades do operador logístico, o cliente estabeleceu, via contrato, um indicador de desempenho para o processo de Embalo, em que é estabelecido que 98% das peças recebidas deveriam ser embaladas dentro do prazo “D+5” (dia de recebimento mais cinco dias). Os principais gargalos identificados a partir da experiência dos funcionários da empresa foram: i) divergência entre a quantidade diária de peças programadas pelo cliente e recebida pelo operador; ii) número excessivo de priorizações de pedidos; e iii) dificuldade de quantificar a produtividade por operador.

A partir disso, foi estabelecido em reunião, um plano de ação listando todas as atividades a serem realizadas pelos autores do projeto e por funcionários da empresa para garantir o andamento da pesquisa. No plano de ação foi definido que seriam extraídas as informações do banco de dados da Delta nos últimos 12 meses, afim de analisar a demanda de serviços e resultados da empresa. As informações cruciais para o dimensionamento da operação tangem ao conhecimento do número de priorizações realizadas pelo cliente, para determinar a dimensão do impacto das mesmas no planejamento diário sobre os recursos da Delta, e também quantificar o impacto de tais priorizações no nível de serviço, para averiguar as falhas que impedem a acuracidade do nível de serviço. Além disso, foi levantada a necessidade de analisar as famílias logísticas existentes, a fim de conhecer a classificação e volume de *Part Numbers* para propor melhorias no dimensionamento de metas.

4.3 Coleta de dados

Inicialmente foram enviados pelos funcionários da Delta aos autores deste projeto relatórios do Recebimento, Embalo e Estoque, estes foram extraídos por meio do banco de dados do sistema da empresa, com histórico dos últimos 12 meses, originando-se em agosto de 2016 a julho de 2017. Os dados referentes ao nível de serviço foram coletados dos últimos três anos, pois representa o maior histórico possível disponibilizado pela empresa pesquisada. Os dados são referentes a priorizações foram coletados até agosto de 2017.

Os relatórios gerados continham: (1) a programação mensal do recebimento de cargas; (2) volume de cargas recebidas diariamente; (3) número de priorizações de pedidos; (4) tempo programado e realizado para disponibilidade das peças embaladas ao estoque e relação do grupo de famílias logísticas, estratificado por itens e produtividade de embalo.

Para possibilitar a avaliação das divergências de programação realizada pelo cliente no que tange ao recebimento de peças, além dos relatórios teve-se acesso ao contrato de prestação de serviços firmado entre cliente e o PSL. Verificou-se que o cliente deveria enviar ao PSL no início de cada mês um relatório com informações sobre quais peças e quantidades seriam encaminhadas. Com esse relatório, o operador logístico faria a programação diária do que deveria ser recebido e embalado.

Constatou-se também por meio do contrato, que existia uma determinação de que os itens recebidos possuíam o prazo de “D+5” para serem embalados e disponibilizados ao estoque. Ou seja, todas as peças recebidas devem ser embaladas em até 5 dias após o seu recebimento no armazém. Já os itens classificados pelo cliente como “prioritário”, deveriam estar disponíveis no estoque em “D+1”, portanto, em até 1 dia após o seu recebimento.

Para a realização da análise dos *Part Numbers* existentes, que está relacionada a dificuldade de quantificar a produtividade por operador, foram criadas tabelas a partir dos relatórios. De acordo com a Tabela 1, é possível identificar que as peças são classificadas em 10 diferentes tipos de famílias logísticas. Além disso, constatou-se que a família “A” corresponde por aproximadamente 46% da quantidade total de itens.

Tabela 1 – Relação de famílias logísticas por quantidade de itens e meta de produtividade

FAMÍLIAS LOGÍSTICAS	QUANTIDADE DE ITENS	META DE PRODUTIVIDADE (PEÇAS/HOMEM/HORA)	%SOBRE A QUANTIDADE TOTAL DE ITENS
A	32.752	91	45,64%
B	11.762	37	16,39%
C	11.205	83	15,61%
D	6.545	243	9,12%
E	5.542	173	7,72%
F	2.742	14	3,82%
G	644	8	0,90%
H	350	15	0,49%
I	124	45	0,17%
J	99	34	0,14%
Total/ Média	71.765	74	100%

Fonte: Empresa Delta, Julho de 2017.

Essa classificação foi aplicada para aproximadamente 72 mil diferentes tipos de peças, que possuem grande variação de tamanho e formas de embalo. É válido destacar que há relação entre família logística e meta de produtividade. Tal relação determina a capacidade operacional do operador logístico. Na Tabela 2 é possível verificar a presença de diferentes metas de produtividade dentro de uma única família.

Tabela 2 – Medições de tempo de ciclo na família logística “A”

FAMÍLIA	META DE PRODUTIVIDADE (PEÇAS/HOMEM/HORA)
A	91
Item 1	94
Item 2	90
....	
Item 32.752	80

Fonte: Empresa Delta, Julho de 2017.

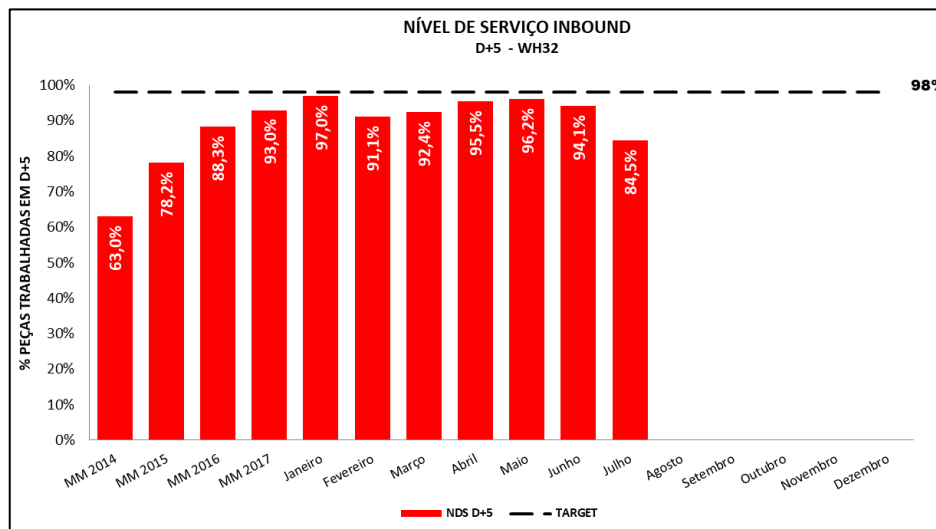
Avaliando como exemplo a família “A”, percebe-se a variação da meta de produtividade de até 10 peças por homem/hora. Porém, como a produtividade da família é definida pela média de cada item, a variação de peças/homem/hora não é evidenciada.

4.4 Análise dos dados e planejamento das ações

Por meio das informações dos relatórios e do contrato de prestação de serviços, foi possível analisar os dados coletados e definir ações a serem implantadas para alcance dos objetivos gerais e específicos desta pesquisa. Com base nos dados coletados, foi confeccionado o Gráfico 1, no qual foi possível perceber que o nível de serviço, estabelecido

entre as empresas, de 98% não era realizado. Em Julho de 2017, por exemplo, o NDS foi de 84,5%, ou seja, de todas as peças recebidas 15,5% não foram embaladas no prazo de “D+5”.

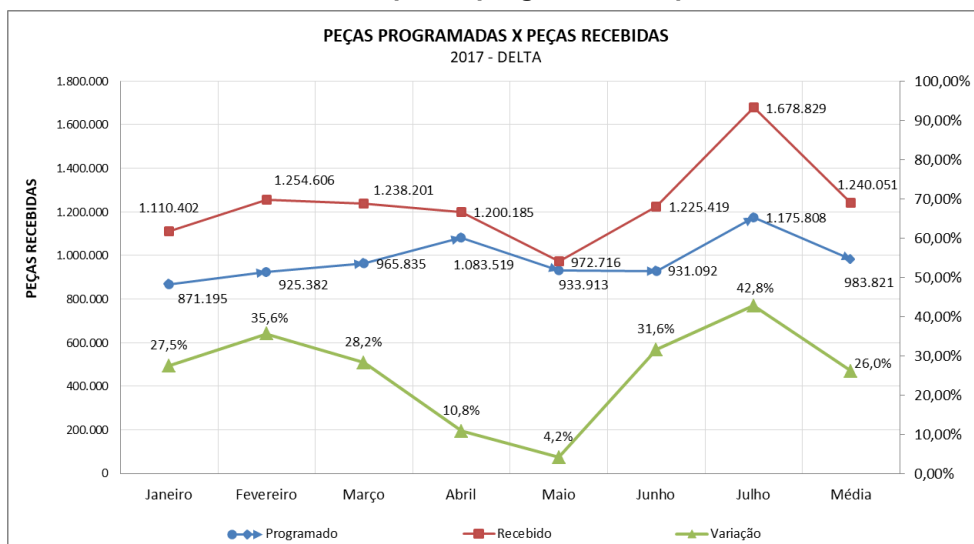
Gráfico 1 – Nível de serviço de Embalo da empresa Delta



Fonte: Empresa Delta

Pode ser observado no Gráfico 1, que as dimensões de média dos últimos anos possuem uma ascensão, no entanto, no ano de 2017, em nenhum dos meses o número de peças recebidas foram trabalhados em “D+5”, portanto, as peças recebidas não foram embaladas em até cinco dias após o seu recebimento no armazém, o que seria a garantia para atingir a meta proposta pelo cliente.

Gráfico 2 – Análise de peças programadas x peças recebidas

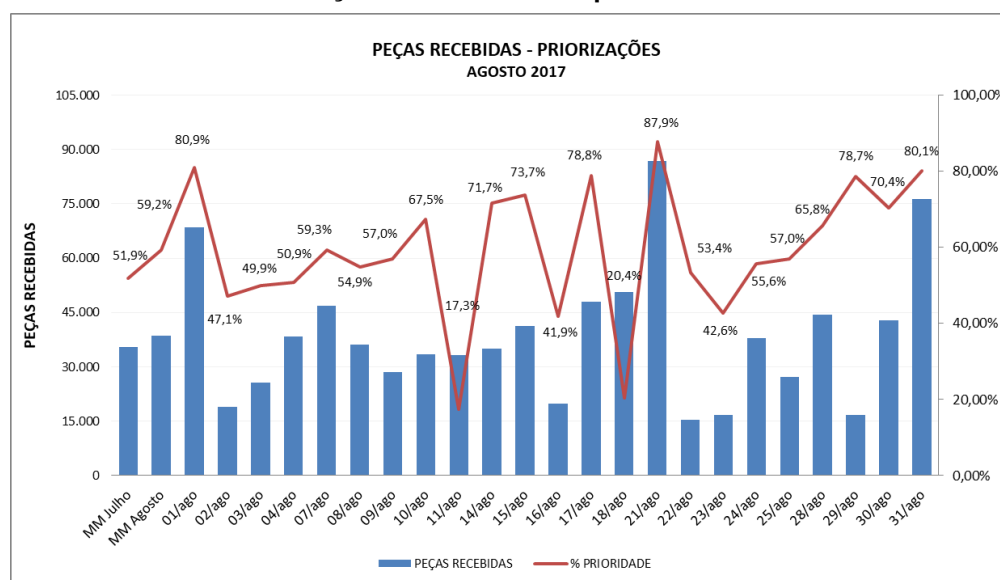


Fonte: Dados obtidos na empresa Delta pelos autores no mês de Julho de 2017.

Pelo Gráfico 2 percebe-se grandes variações entre a programação informada pelo cliente e quantidade de peças recebidas pela Delta. Ademais, percebe-se que no mês de Julho de 2017 a diferença entre o programado *versus* realizado foi cerca de 45% maior. Como o índice de peças recebidas é superior às peças programadas, e o PSL elabora o dimensionamento de sua mão-de-obra de acordo com o volume programado pelo cliente, as prioridades tomam frente do processo de embalo, o que faz com que as peças que não são prioridades fiquem numa fila de espera, onde cria-se um acúmulo de peças não embaladas, já que no dia seguinte as prioridades permanecem. Essa diferença impacta diretamente o não atendimento do nível de serviço, pois, com a informação da programação informada pelo cliente é realizado o dimensionamento da estrutura de mão de obra, quando essa informação não é eficaz o número de empregados também se faz ineficaz.

O Gráfico 3 foi elaborado com base no número de prioridades nos meses de Julho e Agosto de 2017. Ele apresenta que em uma média normal entre os dois meses, 55,6% do recebimento diário são estabelecidas prioridades (51,9% em Julho e 59,2% em Agosto). Assim, há impacto direto na programação da capacidade de mão de obra, visto que as prioridades são recorrentes, gerando o não cumprimento dos prazos e, conseqüentemente, a insatisfação do cliente pelo não atendimento do nível de serviço definido em contrato.

Gráfico 3 – Peças recebidas como prioridades do cliente

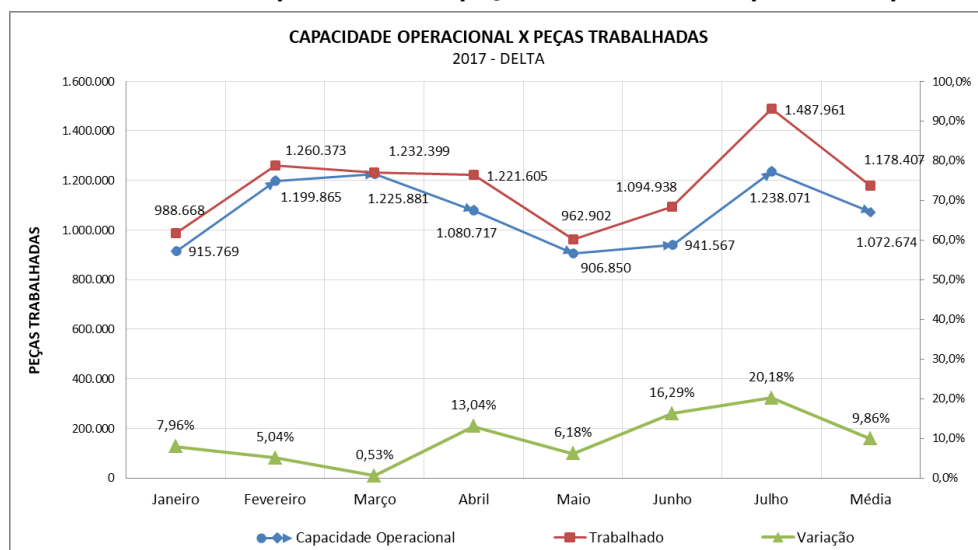


Fonte: Dados obtidos na empresa Delta pelos autores no mês de Agosto de 2017.

Neste Gráfico 3, pode-se perceber o percentual diário que corresponde as prioridades no número de peças recebidas no armazém da Delta. Ou seja, no mês de Agosto de 2017, aproximadamente 60% das peças recebidas eram prioridades para o cliente. No Gráfico 4 pode-se perceber que existe variação de aproximadamente 10% no volume de serviços mês

a mês. Nos meses do primeiro semestre de 2017, o número de peças embaladas supera a capacidade operacional da empresa.

Gráfico 4 – Análise comparativa entre peças trabalhadas e capacidade operacional



Fonte: Dados obtidos na empresa Delta pelos autores no mês de Julho de 2017.

A capacidade operacional é um número estimado pela Delta com base nos itens que estão programados para embalo e a sua meta de produtividade. Ou seja, a meta de serviços interna da empresa foi alcançada. Porém, não existe o controle sobre quais as famílias foram trabalhadas dia a dia, tendo como consequência a impossibilidade de comparação entre um dia de pico e dias de baixo volume.

Com base nos gráficos de Nível de serviço, Peças programadas, Peças recebidas e Capacidade Operacional, foram reunidos os autores do projeto, juntamente com os líderes e supervisores da Delta para o planejamento das ações propostas.

Para melhor aproveitamento dos recursos de pessoal da empresa e ganho de produtividade, foi sugerido que fossem reavaliadas as metas de produtividade por famílias logísticas, visto que, de acordo com Vieira e Roux (2011) é necessário definir as diferentes famílias e em seguida classificar os itens nas mesmas.

Percebe-se que na prática da empresa estudada, os itens não são classificados de acordo com os mesmos meios de preparação de pedidos, devido à grande variação de homens/horas dedicados a este processo, pois cada peça dentro de uma determinada família possui uma forma e especificação para que seja embalada. Ao analisar o fluxo de recebimento de materiais e informações da empresa Delta e seu cliente, por meio do número de priorizações realizadas, é possível inferir que o processo de comunicação entre o cliente e o operador logístico não é eficiente. Fleury (2013) cita que o maior ganho em se ter uma

relação de parceria entre clientes e fornecedores é garantir respostas rápidas e a contínua melhoria de desempenho.

De posse aos dados levantados, foi sugerido uma reunião com o cliente e operador logístico, para tornar o problema que vem impactando há anos o resultado da Delta à nível de conhecimento de todos e fortalecer a proposta de parceria entre ambas organizações.

4.5 Implementação das ações

Com as informações sobre a dimensão do impacto das prioridades no nível de serviço foi realizado uma reunião com os diretores, gerentes, supervisores e analistas da empresa contratada e contratante. Essa reunião teve como escopo apresentar os resultados da empresa Delta, divulgar as informações analisadas, e discutir ações para o cenário vivenciado no primeiro semestre de 2017.

Nessa reunião, a empresa contratante informou que não seria possível minimizar o número de prioridades diárias, tendo em vista o atendimento do mercado. Contudo, solicitou à Delta que fosse elaborado um orçamento para contrato de mão-de-obra externa para que as peças pendentes de embalo fossem trabalhadas e disponibilizadas ao estoque.

Foram desenvolvidos *Key Performance Indicators* para controle dos itens recebidos, embalados e para acompanhamento da relação entre programado e recebido. Informações sobre a quantidade de peças recebidas, nível de serviço realizado e quantidade de prioridades realizadas serão reportadas diariamente aos Diretores e Gerentes da empresa Delta e Cliente. Sendo essa ação para acompanhamento e controle dos resultados dia a dia.

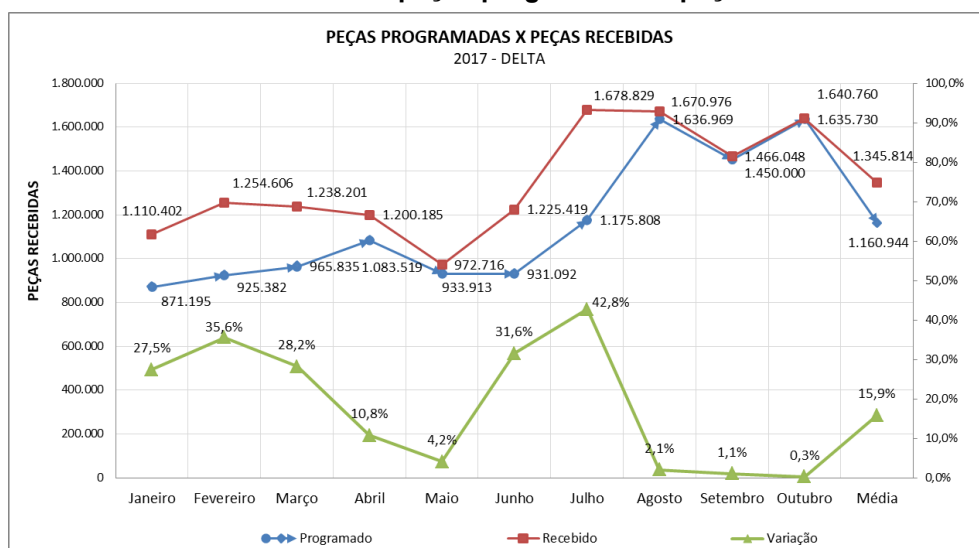
Ficou definido entre as empresas que reuniões para relatar os resultados irão acontecer mensalmente visando à troca de informações e alinhamento entre programado e realizado. Também foi definido que todas as informações alinhadas em reunião seriam enviadas ao cliente para que ele analisasse e executasse as melhorias de Planejamento e Controle de Compras. Com relação às metas de produtividade por famílias logísticas, foram definidos que seriam realizadas cinco observações por dia, no tempo total estimado de uma hora, dos itens que mais demandam prioridades do cliente, de acordo com a Curva ABC.

Neste período foram observados o embalo das peças e o tempo de ciclo necessário para embalo de cada item da família logística “A”. Essa ação possuiu o objetivo de comparar a produtividade programada por família logística e a produtividade de cada item. Não foram necessárias mão-de-obra extra para estas observações, pois foram delegadas a um analista da empresa, onde foi possível absorver esta função em sua rotina diária.

4.6 Avaliação de resultados

Os resultados foram obtidos pela pesquisa ação e definições do projeto entre autores do estudo, empresa pesquisada e cliente. O primeiro resultado foi a redução da variação da programação do volume de peças a serem recebidas e realizada, ver Gráfico 5:

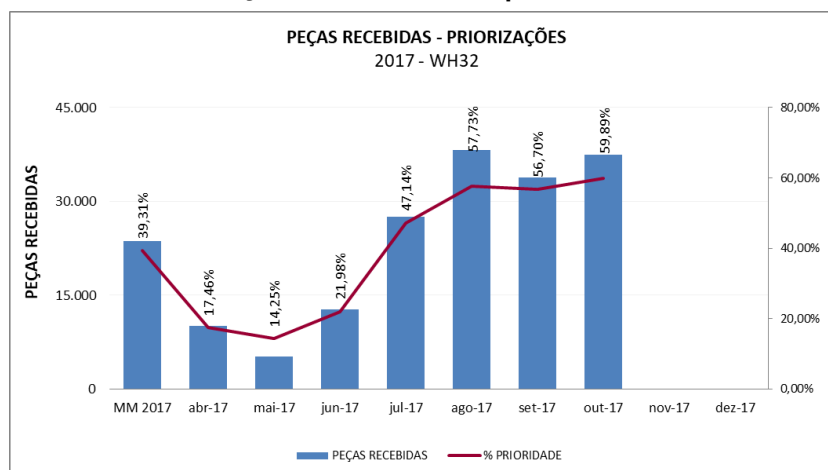
Gráfico 5 – Análise de peças programadas x peças recebidas



Fonte: Dados obtidos na empresa Delta pelos autores no mês de Outubro de 2017.

Pelo Gráfico 5, percebe-se grandes variações entre a programação informada pelo cliente e quantidade de peças recebidas pela Delta no primeiro semestre de 2017, não se repetiram nos meses de Agosto a Outubro onde a variação de programado e recebido foi cerca de 2%. Outro resultado foi a criação dos KPI's para avaliação e controle dos resultados.

Gráfico 6 – Peças recebidas como prioridades do cliente.

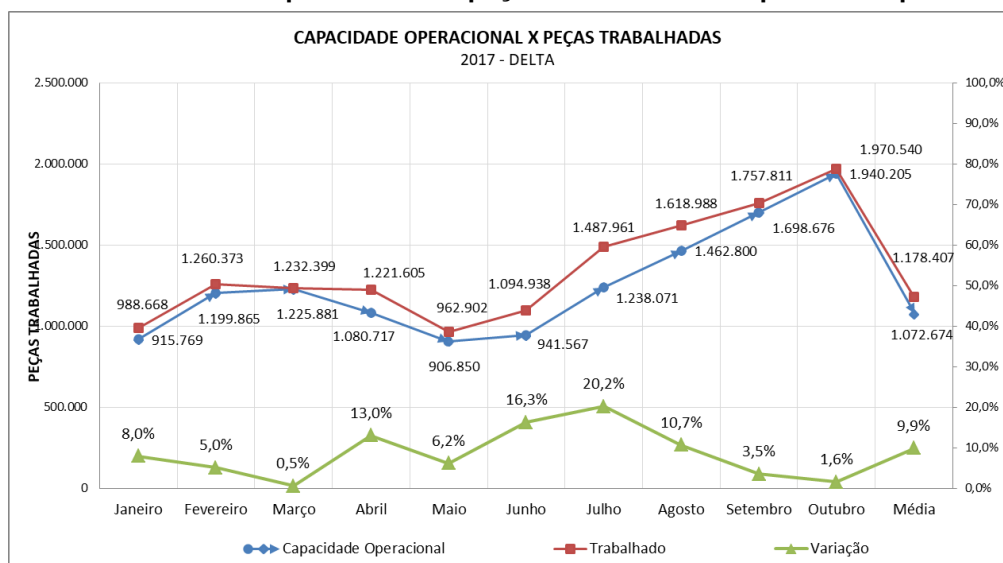


Fonte: Dados obtidos na empresa Delta pelos autores no mês de Outubro de 2017.

Por meio do Gráfico 6, é possível verificar que os números de priorizações realizadas se mantiveram constante conforme informação do cliente em reunião realizada em Agosto de 2017. Com relação às metas de produtividade por famílias logísticas, foram observadas no período de Agosto a Outubro de 2017, o embalo de aproximadamente 3.200 itens diferentes o que representa aproximadamente 10% das peças da família logística “A”. Essa ação possibilitou o planejamento da mão de obra mais assertivo, bem como o estabelecimento de metas de produção e acompanhamento da produtividade individual. Conforme Gráfico 7, pode-se perceber que a variação de aproximadamente 10% no volume de serviços até o mês de Julho foi reduzida para 1,6% no mês de Outubro de 2017. Este resultado é reflexo da ação realizada na maior família logística existente, onde mesmo com o número limitado de observações foi possível comparação entre a produtividade programada por família logística e a produtividade de cada item. As medições de tempo de ciclo demonstraram a variação de até 25% entre os itens da mesma família.

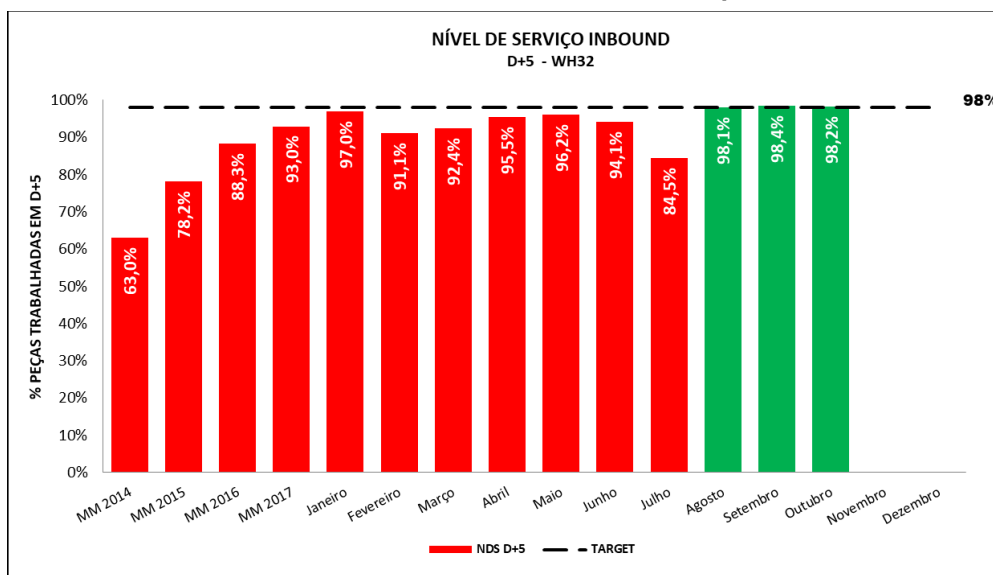
Como o número de peças recebidas no último trimestre foi muito próximo ao número de peças programadas, o dimensionamento da mão-de-obra se tornou eficiente, o que possibilitou a redução em quase sua totalidade da fila de espera, que era criada das peças não embaladas.

Gráfico 7 – Análise comparativa entre peças trabalhadas e capacidade operacional



Fonte: Dados obtidos na empresa Delta pelos autores no mês de Outubro de 2017.

Todas as ações supracitadas possibilitaram o alcance do grande objetivo do estudo que é o “atendimento do Nível de Serviço do cliente”, conforme Gráfico 8:

Gráfico 8 – Nível de serviço de Embalo da empresa Delta

Fonte: Empresa Delta

Por meio do Gráfico 8, é possível verificar que o atendimento ao nível de serviço nos meses de Agosto, Setembro e Outubro ultrapassaram a meta estabelecida de 98%, sendo os resultados atingidos de 98,1%, 98,4% e 98,2%, respectivamente.

5. CONCLUSÕES

A credibilidade de um prestador de serviços está além de seus resultados qualitativos. Por meio desta pesquisa foi possível compreender que a percepção de um cliente em relação aos serviços que lhes são fornecidos altera-se na medida em que resultados quantitativos são conhecidos e discutidos. Tão importante para o cliente, porém não menos para o fornecedor, essas informações gerenciais contribuem diretamente para o desenvolvimento da empresa, que é capaz de realizar um dimensionamento assertivo sobre seus recursos e capacidades, podendo aumentar sua produtividade, investir em qualidade e visar novos negócios.

Os mapeamentos práticos realizados na planta do Operador Logístico, em conjunto com o cliente, possibilitaram uma melhor compreensão dos processos existentes e, alinhado à teoria, foi possível propor uma série de melhorias em sua rotina que impactaram diretamente na imagem da organização de frente ao cliente e de seu pessoal, através do cumprimento do nível de atendimento de seus serviços prestados.

Destacam-se ainda mudanças significativas na visão e no comportamento dos gestores da empresa. O envolvimento da chefia com ações e análises demonstraram o grau de comprometimento dos mesmos para o alcance de um resultado positivo. Os números que não eram conhecidos por diferentes níveis hierárquicos, hoje são discutidos em reuniões diárias e

mensais desde o operacional até o estratégico, tornando-se as metas claras e objetivas a todos.

Esta pesquisa pode servir como abordagem para estudos futuros no que compete a importância da gestão do processo de comunicação entre cliente e fornecedor, pois mesmo com a evolução da tecnologia, que permite a integração entre ambos, a relação de parceria necessita ser estabelecida desde o início das operações.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, F.; RIBEIRO, N. **Estratégia de Terceirização de Serviços de Transporte**. Revista Tecnológica. parte 1, 2006.
- ARBACHE, J. S. **Transformação demográfica e competitividade internacional da economia brasileira**. Revista do BNDES. Rio de Janeiro, n.36, p.365-391, dez. 2011.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- CASTIGLIONI, J. A. M. **Logística Operacional: Guia Prático**. 3.ed. São Paulo: Erica, 2013.
- CHING, H. Y. **Gestão de estoques da cadeia logística integrada**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- COLIN, J.; FABBE-COSTES, N. **Les stratégies développées par les prestataires Logistiques**. Sidney: WORLD CONFERENCE ON TRANSPORT RESEARCH, 1995.
- FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE, P. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos**. 1.ed. São Paulo: Editora Atlas, 2013.
- FLEURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. **Logística empresarial: a perspectiva brasileira**. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- GRUNDY, S. J. **Three modes of action research**. Curriculum Perspectives. Geelong, v.2, n.3, p.23-34, 1982.
- GU, J.; GOETSCHALCKX, M.; MCGINNIS, L. **Research on warehouse operation: A comprehensive review**. European Journal of Operational Research. v.177, n.1, p.1–21, 2007.
- GURGEL, F. A. **Logística Industrial**. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- LAVALLE, C. R. S.; FLEURY P. F. **Avaliação da organização logística em empresas da cadeia de suprimento de alimentos: indústria e comércio**. Revista Administração Contemporânea. Curitiba, v.4, n.1, Jan./Apr, 2000.
- MASTERS, J. M.; POHLEN, T. L. **Evaluation of the Logistics Profession. In: The Logistics Handbook (edited by J. F. Robeson & W.C.)**. New York: The Free Press, p.13–34, 1994.
- MOURA, R. A. **Sistema e técnicas de movimentação e armazenagem de materiais**. São Paulo: IMAM, 2005.

NCPDM. **National Council of Logistics Management**. Membership Roster. Oak Brook, IL: Council of Logistics Management. p. 356, 1996.

NOVAES, A. G. **Logística de Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**. 4.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

VIEIRA, D. R.; ROUX, M. **Projeto de Centros de Distribuição: Fundamentos, metodologia e prática para a moderna cadeia de suprimentos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

WANKE, P. **Logística, gerenciamento da cadeia de suprimentos e organização do fluxo de produtos**. São Paulo: Atlas, 2003.

ZINN, R. A.; OWENS, F. N.; WARE, R.A. **Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle**. Journal of Animal Science. v.80, n.5, p.1145-56.

Capítulo 14

ANÁLISE DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO E DE SEU
ARRANJO FÍSICO SOB ASPECTOS DO SISTEMA LEAN
MANUFACTURING NO PROCESSO PRODUTIVO:
ESTUDO DE CASO DE UMA CONFECÇÃO DE PEQUENO
PORTE

Carlos Junio de Aguiar

Jean Cristian Miranda José da Silva

Clara Vasconcelos

Leticia de Castro Peixoto

Roberts Vinicius de Melo Reis

Análise de uma linha de produção e de seu arranjo físico sob aspectos do sistema *lean manufacturing* no processo produtivo: estudo de caso de uma confecção de pequeno porte

Carlos Junio de Aguiar

Jean Cristian Miranda José da Silva

Clara Vasconcelos

Leticia de Castro Peixoto

Roberts Vinicius de Melo Reis

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar a análise de uma linha de montagem e do seu arranjo físico sob os aspectos do sistema lean manufacturing de uma empresa de pequeno porte, que produz artigos de vestuário feminino. O estudo de caso foi realizado na linha de produção da confecção, buscando meios para melhorar a eficiência da linha de montagem e reduzir perdas a fim de diminuir os atrasos de entregas aos clientes. O trabalho está fundamentado em temas acerca do sistema de produção enxuta e sendo complementado pela abordagem de arranjos físicos. Desta forma, a pesquisa foi qualitativa, sendo realizadas visitas para observação do processo e fluxo produtivo, medição do ambiente e entrevistas com os gestores da empresa. Assim sendo, constatou-se que há diversas fontes de perdas ao longo da linha de produção. Ao final, foi proposto um novo arranjo físico e a adoção de práticas relacionadas à estratégia de produção enxuta.

Palavras-chave: Produção enxuta. Arranjos. Perdas. Confecção. Gestão da Qualidade

1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da moda é constituída basicamente por cinco conjuntos de atividades: fiação, tecelagem, beneficiamento, confecção e mercado, o que abrange desde a produção da matéria-prima até a comercialização de produtos. Ainda como suporte, há os produtores e fornecedores de máquinas e equipamentos, softwares e serviços intermediários (RECH, 2006). O setor têxtil e de confecções no Brasil é representado principalmente por empresas de pequeno e médio porte, sendo que cerca de 80% das confecções se enquadram nesta classificação (ABIT, 2013).

Neste sentido, visto a representatividade de empresas de pequeno e médio porte no segmento da confecção brasileira, destaca-se neste trabalho, o desafio de uma pequena empresa familiar de roupas femininas e com varejo próprio, que consiste em: criar métodos e procedimentos para melhorar a eficiência de sua linha de montagem e reduzir perdas, diminuindo, assim, os atrasos de entregas aos clientes. Atrasos estes que têm sido frequentes, impactando negativamente o negócio, em função do aumento de reclamações e

cancelamentos de pedidos. Ressalta-se ainda que a empresa possui dificuldade em avaliar os principais tipos de desperdícios da linha produtiva, a configuração do layout e o fluxo de produção.

A busca de melhores processos para a linha produtiva, alinhada a eliminação constante de desperdícios, poderá repercutir em aumento da qualidade dos produtos, aumento de produtividade e melhor atendimento às necessidades dos clientes. Ações de melhorias contribuem para competitividade da empresa frente ao mercado, ainda mais, que neste segmento há agentes locais e globais atuantes. Para obter excelência, o caminho é a implantação de um sistema produtivo enxuto, tendo como foco a melhoria contínua e a redução de perdas por meio da resolução de problemas (LIKER; FRANZ, 2013).

Considerando a heterogeneidade e complexidade do setor, este trabalho tem como foco o estudo de uma confecção com varejo próprio e limitando-se os estudos aos aspectos da linha de montagem da confecção. Desta forma, este trabalho teve como objetivo analisar aspectos do fluxo produtivo de uma confecção de roupas femininas e propor, além de uma configuração de layout em conformidade com o processo produtivo, plano de melhorias sob a abordagem do *lean manufacturing*.

Assim, para atender o objetivo, pontua-se a seguinte relação de objetivos específicos: (1) descrever as etapas do processo produtivo para que se possa adaptar o layout existente aos processos executados na confecção; (2) levantar os principais tipos de desperdícios ao longo da linha de montagem, para propor possíveis ações específicas de melhorias; (3) apresentar um layout de acordo com o processo produtivo, de tal forma que, propomos possíveis melhorias para reduzir desperdícios relacionados ao fluxo; e (4) aplicar a ferramenta de qualidade Diagrama de Ishikawa para análise dos desperdícios levantados.

Como resultados, descreveu-se as etapas do processo produtivo, identificou-se os principais tipos de desperdícios, analisou-se o diagrama aplicado à organização em análise e foi proposto um novo layout. Considerando os aspectos do lean production, a empresa obterá ganhos de produtividade e redução de perdas no seu sistema produtivo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Processos enxutos contribuem para o aumento da capacidade produtiva, ganhos de eficiência e eficácia em ambientes produtivos. Assim, destaca-se o sistema lean de produção, também denominado como Sistema Toyota de Produção (STP), desenvolvido por Eiji Toyoda, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo. O sistema está fundamentado na padronização e estabilidade, busca constantemente reduzir os desperdícios ou mudas por meio de processos de melhorias e envolvimento de equipes, possibilitando a entrega do produto ou serviço ao cliente com a maior qualidade possível, no menor lead time possível, no menor custo possível

(DENNIS, 2008) e com a eliminação das atividades que não agregam valor ao cliente (TUBINO, 2015; DENNIS, 2008; LIKER; MEIER, 2007).

Por outro lado, a definição do sistema lean ou produção enxuta não se restringe a uma metodologia para redução de perdas em sistemas produtivos. Segundo Liker e Franz (2013), seu objetivo é atingir a excelência em todo processo produtivo, englobando um sistema de filosofia, processos, pessoas e solução de problemas. Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015) também enfatizam os elementos-chave para o melhoramento contínuo, sendo eles: centralização no cliente; relacionamentos entre fornecedor e cliente interno; fluxo sincronizado; diminuição de erros; envolvimento das todas as pessoas; e eliminação do desperdício. Adicionalmente, a manufatura enxuta é definida como estratégia de produção que potencializa critérios competitivos como a redução e confiabilidade dos prazos de entrega e a flexibilidade no atendimento de demandas (TUBINO, 2015). Neste contexto de processos, identifica-se oito tipos de perdas (mudas): superprodução, tempo de espera (ou à disposição), perdas no transporte ou transferência, superprocessamento ou processamento incorreto, excesso de estoque, deslocamentos desnecessários, defeitos, não-utilização da criatividade dos funcionários (capital intelectual) (LIKER; MEIER, 2007; TUBINO, 2015).

Primeiramente, observa-se que a superprodução pode ocorrer de duas formas: quando se produz um volume maior do que a necessidade do cliente, e quando se produz antes do tempo necessário de atendimento ao cliente (LIKER; MEIER, 2007). Como consequência desse tipo de desperdício, há formação de estoque, aumentando os custos com excesso de pessoal, custo de armazenagem e transporte, imobilização de capital, lead time mais longos, obsolescência e produtos com defeitos ou fora dos parâmetros de qualidade definidos. As principais causas prováveis da superprodução são: lotes econômicos grandes, demandas instáveis passadas diretamente para a fábrica, programação empurrada, e falta de capacidade produtiva (TUBINO, 2015).

No que diz respeito à espera (ou tempo à disposição), é um tipo de desperdício em que há ociosidade no processo, onde trabalhadores aguardam por demandas de processos anteriores. Podem-se destacar como causas: espera pelo término de uma atividade anterior ou atrasos decorrentes de gargalos de capacidades, máquinas automatizadas, falta de estoque, atrasos de processamento, paralisação de equipamentos ou falta de peças, suprimentos (LIKER; MEIER, 2007). Albertin e Pontes (2016) apontam técnicas para eliminação ou otimização destas restrições, como produção de lotes menores e mais regulares, além de balanceamento da capacidade da linha de produção e utilização adequada de matéria-prima e recursos humanos.

Quanto às perdas geradas na movimentação, estas são encontradas nas atividades que movimentam materiais, máquinas e pessoas desnecessariamente, não agregando, portanto, valor ao processo. As principais causas destes desperdícios em atividades de

transporte estão relacionadas ao layout ineficiente implementado no local de trabalho (TUBINO, 2015; Antunes Júnior, 2008). Deve-se estudar aspectos do movimento humano e da sua postura no local trabalho, tornando possível a aplicação de melhorias das condições de trabalho. Estes avanços da contribuição da ergonomia (DENNIS, 2008) reduzem a repetição excessiva no desenvolvimento das atividades. Neste contexto, ressalta-se a importância de arranjos físicos adequados e coerentes com o fluxo produtivo, evitando fluxos longos ou confusos, longos tempos de processos, operações inflexíveis e altos custos (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015).

De forma básica, Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015) citam quatro tipos de arranjos: (a) arranjo físico de posição fixa, (b) arranjo físico funcional, (c) arranjo físico celular e (d) arranjo físico de produto (ou de linha de produto). Vale destacar que, de acordo com a operação ou processo, utilizam-se arranjos físicos híbridos, combinando elementos de um e de outro. Assim, a escolha do tipo de arranjo físico está associada ao fluxo de recursos e as características de volume/variedade.

Na indústria do vestuário, observam-se duas características de configuração do arranjo físico funcional. A primeira refere-se à disposição de máquinas e equipamentos semelhantes e que desempenham a mesma função sendo agrupadas por departamentos. Já a segunda, refere-se às máquinas e equipamentos fixos, enquanto recursos fluem por diversos processos (GOMES, 2002). As atividades de elaboração de peças do vestuário, como criação/design, a modelagem, o enfiesto, o corte, a costura e o beneficiamento do produto de moda (RECH, 2006), são as principais atividades da indústria e, assim, com o layout projetado e operado de forma correta utilizando uma produção em fluxo unitário, o item passa apenas uma vez pela linha, reduzindo os tempos de atravessamento, diminuindo a mão de obra e, conseqüentemente, melhorando os indicadores de qualidade. Em todas estas etapas devem observar maneiras e estratégias do modelo lean, inclusive o arranjo físico ótimo que possibilita a diminuição dos desperdícios.

No que diz respeito ao superprocessamento ou processamento incorreto que a causa está relacionada à falta ou pouca instrução de trabalho, falta de definição de requisitos de clientes (internos ou externos) ou quando as especificações de qualidade são superiores às exigidas pelos clientes, elevando os custos de produção. Já os desperdícios por estoque estão representados por altos níveis de inventário de matéria-prima, produto em processo e produto acabado. Incorrendo em custos financeiros, obsolescência e necessidade adicional de espaço físico (TUBINO, 2015).

Há também desperdícios elevados ao se produzir ou reparar produtos com defeitos ou fora das especificações de qualidade definida. A origem de defeitos pode estar relacionada a vários aspectos: equipamentos, procedimentos incorretos, mão-de-obra não treinada ou inexistência de lotes econômicos (TUBINO, 2015). Para minimizar estes defeitos, pode-se

empregar técnicas relativas à gestão da qualidade total, aumentando a satisfação do cliente, reduzindo custos e elevando a produtividade (LIKER; FRANZ, 2013).

A qualidade é formada durante o processo de produção (CORRÊA, 2016), envolvendo os processos e as pessoas, e não os produtos deles resultantes. A qualidade é definida por Montgomery (2016) como adequação ao uso e é inversamente proporcional à variabilidade. Deste modo, existem dois aspectos gerais ao uso que se correlacionam aos estágios abordados: qualidade de projeto e qualidade de ajustamento. Para Montgomery (2016) a qualidade é definida em cinco estágios ao longo do tempo, sendo eles: adequação ao uso, ao padrão, de custo, às necessidades latentes e às expectativas dos acionistas e de mercados maduros e saturados. Outra abordagem importante para a qualidade considera oito dimensões (CONTADOR et. al, 2016): desempenho, características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, manutenção, estética e qualidade percebida.

Neste sentido, um sistema de qualidade é visto como uma estrutura operacional de trabalho, documentado em procedimentos técnicos e de gestão efetivos e integrados (FEIGENBAUM, 1987 apud CÔRREA, 2016). Deste modo, para uma gestão de qualidade com excelência, torna-se necessário a execução bem-sucedida de três atividades: planejamento de qualidade, garantia de qualidade e controle e melhoria de qualidade (MONTGOMERY, 2016). Para tomada de decisões, promover soluções e melhorias nos processos, as ferramentas da qualidade são bastante utilizadas, destacando-as: análise de Pareto, diagramas de processo, diagrama de Ishikawa, diagramas de correlação, histogramas, cartas de controle de processos e folhas de verificação (CÔRREA, 2016).

Fluxogramas ou diagramas de processo são formas de representar a sequência dos passos de um trabalho (PEINADO; GRAEML, 2007), facilita a análise dos sistemas produtivos e auxilia na identificação dos locais onde podem ser aplicadas as melhorias dos processos. Já o diagrama de causa e efeito (ou diagrama de Ishikawa) é uma representação da relação significativa entre um efeito e suas possíveis causas (CONTADOR et. al, 2016). Segundo Batalha e outros (2014), a ideia é construir uma rede lógica de análise de causa e efeito dos problemas da área de qualidade.

Há inspeção ainda como procedimento para controle da qualidade. Antunes Júnior e outros (2008) afirmam que há dois tipos de inspeção: o primeiro tem como objetivo principal a prevenção, e é realizada para evitar o alastramento no sistema, corrigindo as causas dos defeitos antes de enviar o produto semiacabado ou acabado ao próximo processo. No segundo tipo, a inspeção é executada apenas no final da produção e tem como objetivo detectar produtos fora da especificação.

Por fim, os desperdícios referentes à não-utilização da criatividade dos funcionários tratam da perda de tempo por improdutividade, escassez de habilidades na função, falhas na

comunicação, ausência de melhorias e oportunidades por não utilizar o recurso humano disponível de forma adequada (LIKER; MEIER, 2007; CAMPOS, 2007).

3. METODOLOGIA

A pesquisa limitou-se ao estudo de uma linha de produção de uma empresa de pequeno porte, focando nos aspectos do sistema *lean manufacturing* e do arranjo físico, portanto caracterizado como um estudo de caso. Considerando o objetivo, a natureza da pesquisa está caracterizada pelo método qualitativo, justificada pela forma de abordagem do fenômeno, onde analisa-se o fluxo produtivo de uma confecção, bem como o arranjo físico disposto na confecção. A pesquisa tem, então, caráter descritivo, utilizando de pesquisa bibliográfica para investigação dos fenômenos relacionados à gestão da produção.

Em relação à coleta de dados, foram realizadas entrevistas por meio de aplicação de questionário semiestruturado aos gestores da empresa. Para tanto, quatro visitas à empresa para observação e levantamento de dados acerca do processo produtivo, como as etapas de fabricação, disposição de arranjo e fluxo de produção. Neste aspecto, através da pesquisa em campo e da coleta das informações, foi possível apontar as principais características da gestão de qualidade que possivelmente resultam em perdas e atrasos em todo processo produtivo.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Acerca dos dados gerais da organização objeto de estudo, destacamos que se trata de uma empresa de pequeno porte, de origem familiar, comandada por duas irmãs, sócias e gestoras da confecção. Instalada no bairro Santa Tereza em Belo Horizonte, a confecção produz artigos de vestuário direcionados ao segmento que engloba o público feminino adulto entre 20 a 60 anos. A loja de venda de varejo está anexa à confecção e a de venda por atacado, fica sediada no bairro Prado, no mesmo município. Ainda, como canais de vendas adicionais há um sítio eletrônico e utilização de market place da plataforma Dafiti, além de vendas por telefone e redes sociais. No quadro pessoal da empresa, além das duas sócias, há quatro empregados contratados em regime da CLT, sendo uma modelista, uma costureira, uma arrematadeira e uma vendedora.

A empresa atua no mercado há 10 anos e apesar de possuir uma estrutura simplificada, desenvolve, fabrica e vende seus produtos com marca própria. Atuar nestas frentes exige dos sócios conhecimentos técnicos sobre gestão da produção, principalmente sobre planejamento da produção, qualidade e do sistema *lean manufacturing* para tomada de decisões que tragam melhoramento da eficiência e eficácia da linha. Todavia, deparou-se com um ambiente com poucos registros de informações das atividades do próprio negócio e não pode se obter informações consistentes, como dados quantitativos do planejamento de

produção, da capacidade produtiva nominal, planilhas de cálculos do custo de produção e valores das perdas. Nesse contexto, as gestoras explanaram que há dificuldades na condução da gestão do negócio e principalmente na gestão da produção. A obtenção de dados ou informações da empresa é, portanto, realizada de forma precária. É possível levantar informações acerca da receita, quantidade de produtos vendidos e das despesas dos empregados. Mas outras informações da produção são praticamente inexistentes, pois, não há utilização de sistemas, ferramentas ou mecanismos para planejamento, controle e resultados. Por exemplo, foi mencionado que não há informações e nem mensuração do valor das perdas no processo produtivo.

A empresa passa, então, por dificuldades para atender os clientes de forma satisfatória e frequentemente ocorrem atrasos na entrega dos produtos, principalmente no atendimento dos pedidos realizados pelo e-commerce. Como repercussão, são constantes cancelamentos e reclamações o que gera perdas de receitas. Na plataforma do market place, cancelamentos e devoluções de pedidos incorrem em cobranças de taxas e até rescisão de contrato, caso mantenha constante um grande número de queixas.

Outro ponto observado foi a demanda instável enviada à linha de produção, ora há sobrecarga de trabalho e ora ociosidade, levando ao descontrole do estoque no processo. Desta forma, em consonância com Tubino (2015), constatou-se desperdícios relacionado a superprodução, estoques, espera e defeitos. Com intuito de melhor apresentar os dados coletados durante as entrevistas, observações e análise documental deste estudo de caso, esta seção foi subdividida em tópicos: (1) Fluxo do Processo Produtivo e Aspectos do Lean Management; (2) Aspectos da gestão de Qualidade.

4.1. Fluxo do processo produtivo e aspectos do Lean Management

As fases do processo produtivo da confecção foram desenhadas a partir de entrevistas e observações dos pesquisadores. As etapas são as seguintes: enfesto e corte, costura, arremate e expedição. A etapa de desenvolvimento dos produtos é primordial na indústria da moda e se inicia com a pesquisa de tendências das estações do ano, identificando-se os insumos que serão empregados e realizando-se o desenho da peça. Ao final desta fase, cria-se uma ficha descritiva do produto com desenho e informações das medidas para confecção de uma peça denominada piloto. Em sequência, para produção das peças de vestuário, a gestora faz o levantamento dos pedidos recebidos pelas lojas pelos meios eletrônicos. Logo após, verifica-se se há insumos suficientes em estoque e inicia-se o processo de fabricação enviando o tipo de peça à modelista para enfesto e corte.

No processo de enfesto e corte, a modelista separa a ficha, papel para copiar desenho, giz, tecido e demais ferramentas para o trabalho. Após copiar e reproduzir o molde sob o tecido, realiza-se o corte de partes da peça, com tesoura ou cortador de tecido manual. Para

finalizar o procedimento, separa-se as partes de uma mesma peça e reserva, refazendo até esgotar. Para análise dos processos relacionados à confecção, primeiro buscou-se identificar os processos executados na linha de produção. Iniciou-se observando as fichas dos produtos e os moldes utilizados pela modelista. As fichas são essenciais para início dos trabalhos na linha produtiva, porém nelas não constavam informações claras do modelo, tipo e quantidade de materiais utilizados, composição do tecido e tempo de processo de cada operação. A partir das fichas, a modelista elabora os moldes, que são utilizados para corte de tecido. Assim, a falta de informação acerca das especificações pode causar defeitos de fabricação. Conforme diversos estudos (Tubino (2015), Dennis (2008) e Liker e Meier (2007)), defeitos são desperdícios que devem ser eliminados na produção enxuta.

Adicionalmente, constatou-se ausência de planejamento, identificado pela inexistência de registros sobre o detalhamento da produção, como quantidades produzidas ou refugadas, tamanhos dos lotes, lead times de produção ou fornecimento, datas programadas de entrega de insumos. Portanto, as gestoras estão em desacordo com o proposto por Slack e outros (2013), visto que o planejamento e controle asseguram a eficiência de operações e processos, além do atendimento às demandas dos clientes.

No procedimento de enfesto e corte, verificou-se dificuldade da operadora na realização das atividades, uma vez que a mesa para corte não possui as dimensões adequadas para trabalhar o tecido, a mesma é considerada pequena. Visualizou-se desperdícios de tecidos, resultantes de cortes inadequados, que são armazenados para possível reaproveitamento. No entanto, não foram constatadas peças que os reutilizaram. Em continuidade, após o corte, o material é enviado à costureira para montagem, utilizando-se as máquinas de costuras disponíveis na confecção. Antes de iniciar o trabalho, as máquinas são abastecidas com as linhas correspondentes a cor e especificidade do tecido, conforme ficha do produto. Ressalta-se que este procedimento também pode ser realizado por terceiros, para tanto, o material é destinado à expedição e de lá, encaminhado às costureiras externas.

Constatou-se que os estoques de produto semiacabado da etapa anterior não são consumidos de forma imediata, restringindo o fluxo de produção, tornando-se um ponto de gargalo. Deste modo, no processo de costura foi relatado ocorrências de costura errada, tanto por parte da costureira interna quanto das costureiras terceirizadas, o que implica em retrabalho. Relaciona-se a possibilidade de ocorrência de defeitos e retrabalhos a sobrecarga de trabalho da costureira.

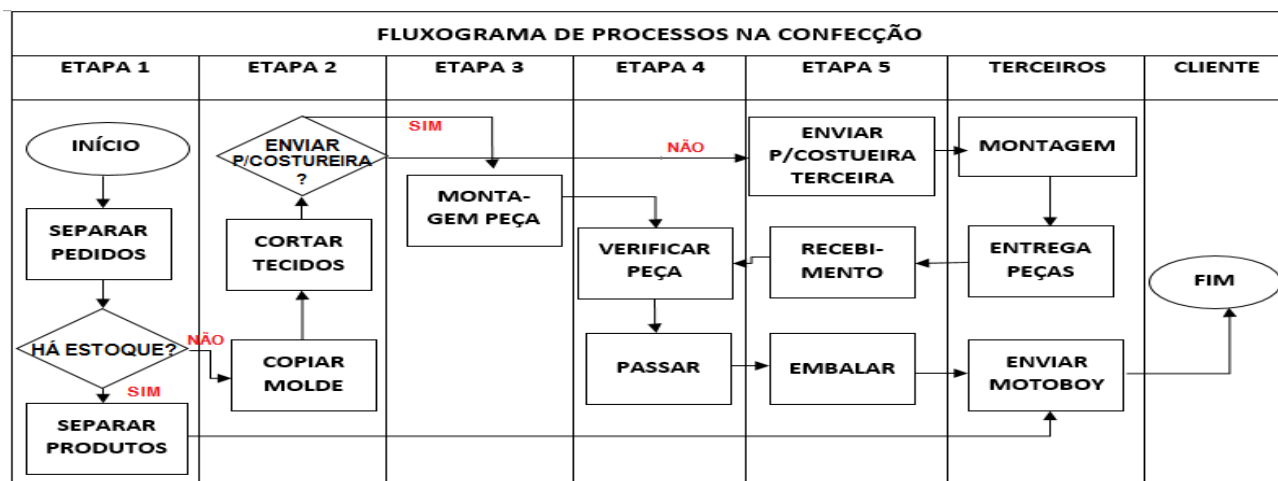
Os produtos semiacabados são enviados à arrematadeira para realização dos acabamentos; fixação de etiquetas, botões, passagem das peças e inspeção final dos produtos. Constatou-se que não é prática realizar inspeção em todos os produtos, conforme explicado pelas gestoras. Nem existe uma política de definição de lotes de inspeção (por amostragem). O procedimento é, então, realizado sem rigor ou qualquer tipo de

padronização. Utiliza-se somente a experiência da arrematadeira, porém, a mesma não registra os defeitos encontrados. Percebeu-se que existe uma maior frequência na inspeção da produção terceirizada. No entanto, não é apurado o percentual de peças defeituosas nesta produção em comparação à produção interna.

A última etapa do processo é a expedição, que acontece após a confecção e inspeção do produto. Nesta etapa o produto é embalado e enviado às lojas e aos clientes que realizaram as compras por meios eletrônicos. No envio para os clientes, junta-se a nota fiscal, a etiqueta, a embalagem e entrega-se ao motoboy contratado para que o mesmo realize as entregas aos clientes ou e as postagens nas agências dos Correios. Na expedição, há também entrada e saída de produtos semiacabados, quando direcionados aos terceirizados. Verifica-se, também, que os produtos semiacabados/acabados ficam à disposição de serviços de transportes, gerando desperdícios relacionados à espera. O fluxograma demonstrando todo o processamento da linha é apresentado na figura 1. Através do fluxograma, buscou-se observar a atual configuração do layout utilizado na produção, bem como a disposição do maquinário. Constatou-se que o tipo predominante do arranjo empregado na confecção é o arranjo funcional, pois, conforme Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015), os recursos materiais e humanos ou processos similares estão próximos e o fluxo percorre de atividade a atividade de acordo com necessidades específicas, exemplificado pelo corte, costura, arremate e expedição. No entanto, o layout não atende parte das necessidades da linha de produção de forma satisfatória, pois o fluxo de produção não é contínuo e o espaço destinado ao corte, que já é bem restrito, é utilizado também para arremate gerando confusão entre os insumos de produção e produtos acabados.

Após a confecção do fluxograma da Figura 1, foi realizada medição de toda a edificação, onde está instalada a confecção, e elaborou-se uma planta baixa no *software* Autocad demonstrando o atual arranjo, postos de trabalho e equipamentos utilizados no processo. A Figura 2 e a Figura 3 apresentam estes *layouts*.

Figura 1 - Fluxograma dos Processos da empresa.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 2 - Planta baixo do piso 1.

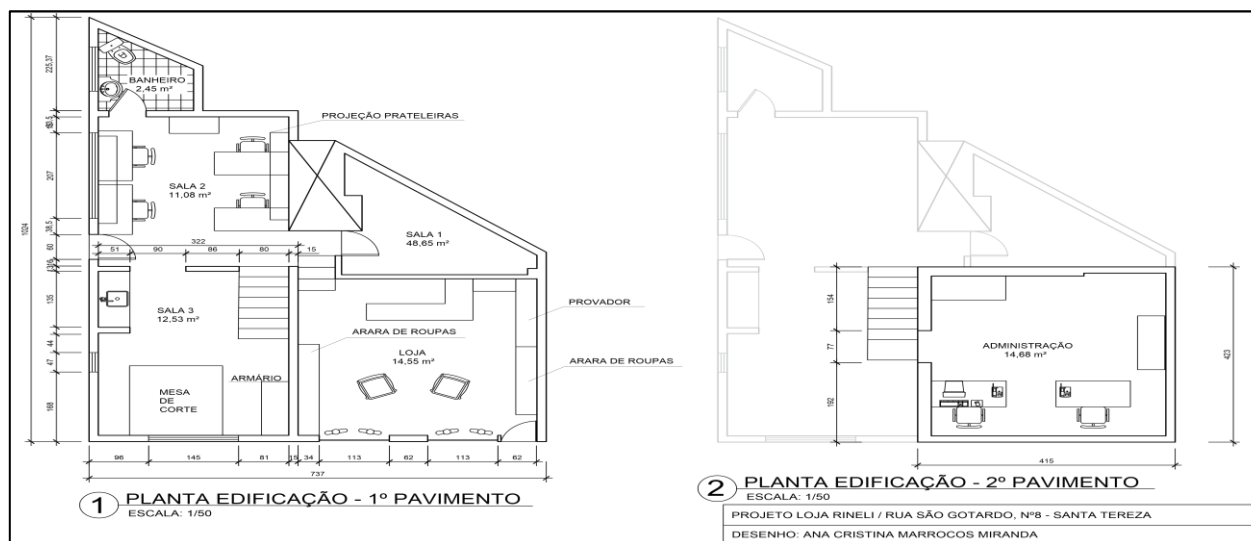
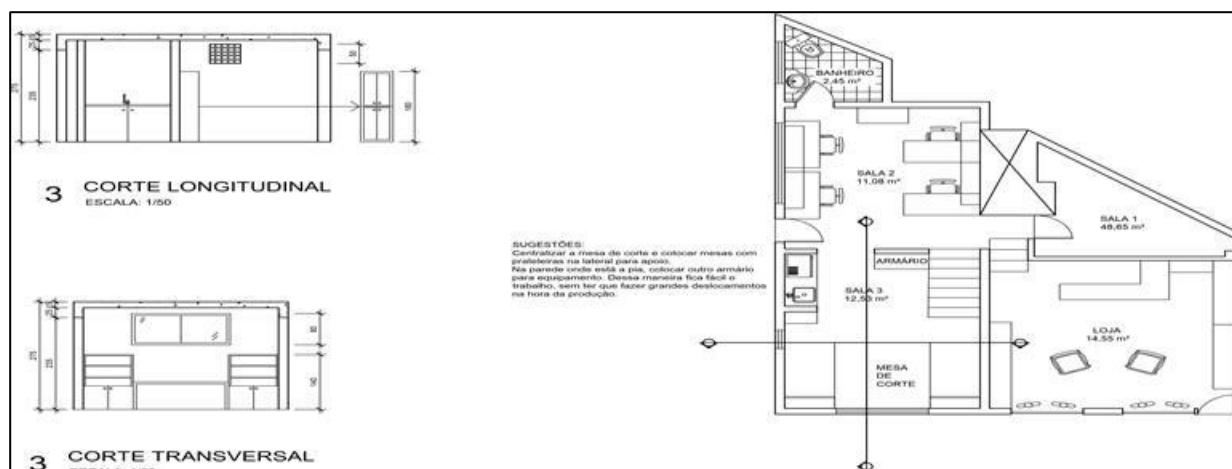
Fonte: Elaborado pelos autores. Completo: <https://goo.gl/vXMvAI>

Figura 3 - Planta baixo do piso 2.



Fonte: Elaborado pelos autores. Completo: <https://goo.gl/VSy03z>

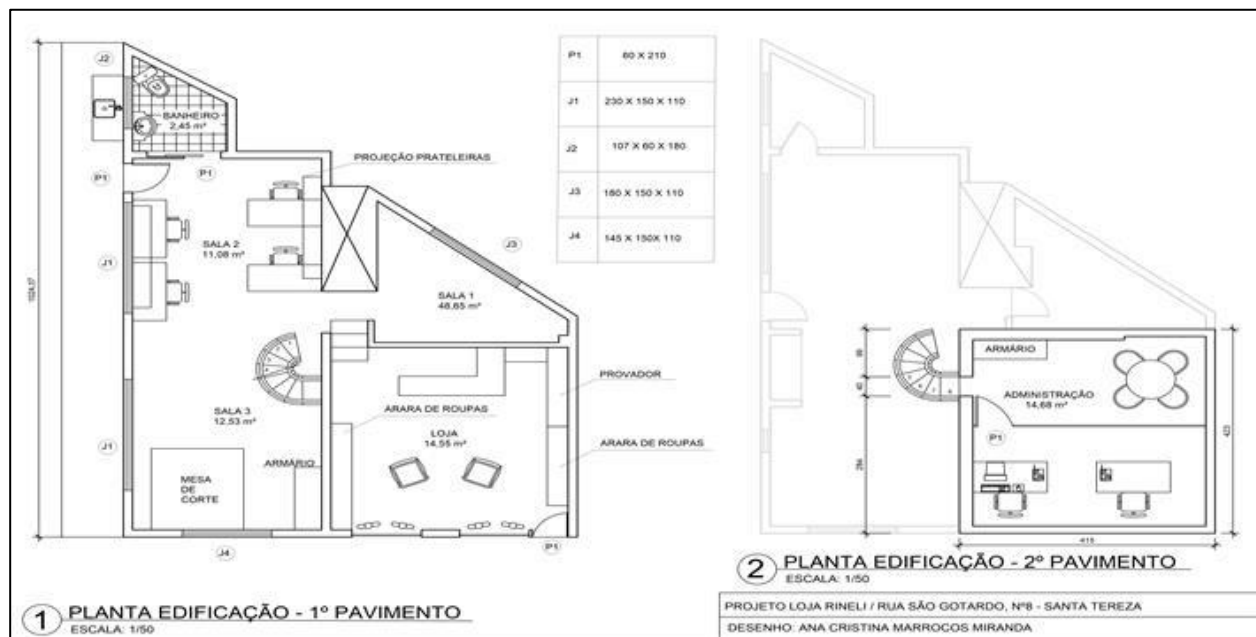
Comparou-se o fluxograma apresentado na Figura 1 com o atual layout da confecção, e constatou-se incompatibilidade entre o arranjo físico atual e fluxo produtivo, mostrando a falta de consonância aos princípios do *lean manufacturing*. Isto porque, conforme apresentado na seção 2, um dos objetivos do layout é reduzir a extensão do fluxo no sistema produtivo e minimizar os deslocamentos desnecessários.

Compreendido o processo de produção da empresa e representando-o através do fluxograma e do layout, pode-se destacar a necessidade de avaliação do melhor custo relacionado a utilização de mão de obra de terceiros, e compará-lo com o custo dos empregados internos. Uma vez que deixar de utilizar a criatividade dos empregados (intelectual) para implementação de melhorias nos processos é também considerado desperdício, conforme Liker e Meier (2007). Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015) o fluxo sincronizado, a inclusão de pessoas e eliminação de desperdícios são pontos que devem ser trabalhados para melhoria contínua do processo. Em função do exposto e com o objetivo de melhorar o fluxo da linha de produção, propôs-se uma melhoria no layout, conforme apresentado na figura 4. Esta proposta possibilita um melhor aproveitamento dos espaços e redução dos tempos de produção em alguns processos, como no caso do corte, onde a mesa apresentava-se no tamanho inadequado devido à falta de espaço físico. A ampliação de espaços para armários possibilita incrementos na gestão das perdas de pano (restos de cortes de pano que eram desorganizados) e consequentemente impactam nos custos de produção. Adicionalmente, o ganho de espaço na expedição poderá diminuir o tempo gasto na seleção e inspeção de qualidade final dos produtos.

Considerando a proposta do novo *layout*, poder-se-á adquirir uma mesa para corte com dimensões de 50% a maior, o que atende as necessidades demandadas. É possível

visualizar a operação da confecção na planta, desde os processos iniciais até a saída dos produtos acabados de forma clara e contínua. Sugere-se a implantação do projeto e adoção de práticas de *lean production*, para tanto, os gestores deverão introduzir o modelo de sistema produtivo enxuto como estratégia maior de produção, absorvendo os conceitos elementares de filosofia, processos, pessoas e solução de problemas, conforme apontado por Liker e Franz (2013).

Figura 4 - Novo Layout sugerido.



Fonte: Elaborado pelos autores. Completo: <https://goo.gl/xh1qpQ>

A relação das observações extraídas das entrevistas realizadas com as gestoras e suas respectivas relações com os princípios do *Lean Management* estão apresentados no Quadro 1. O objetivo deste quadro é explicitar como as falhas observadas na gestão estão correlacionadas aos preceitos da produção Enxuta. Uma melhor gestão das perdas pode acarretar a eliminação de diversas ineficiências hoje existentes nesta linha de produção.

Quadro 1 - Problemas encontrados na Gestão Enxuta.

Itens observados	Relação com a Gestão Enxuta ou <i>Lean Management</i>
(a) falta de planejamento e controle da produção;	Como não há registro dos tempos de produção de cada modelo, não se consegue planejar com antecedência. Se não há planejamento, não há como controlar a produção. Assim, o atendimento aos clientes fica prejudicado e não se consegue entregar no tempo previsto. Portanto, há perdas em toda a linha de produção, pois os desperdícios são inter-relacionados. Sobre planejamento e controle, Albertin e Pontes (2016) ressaltam a importância de se planejar a partir da demanda.
(b) falta de organização;	Como os insumos, produtos semiacabados, estoques e refugos não estão armazenados de forma adequada. Dennis (2008) aponta que a organização contribui para redução de perdas relacionadas a deslocamentos desnecessários.
(c) ausência de registros sobre a capacidade produtiva;	Não há registros da capacidade produtiva da confecção, pois ainda não realizaram nenhum tipo de medição. Portanto, não sabem quantos produtos são capazes de produzir com a capacidade atual instalada. A medição e registros da produção podem ser implantados através da criação de indicadores para avaliação do desempenho da produção. Com maior controle, poderá agir pontualmente na redução de perdas e melhoria da qualidade. Antunes Júnior e outros (2008) enfatizam necessidade do levantamento de dados da linha de produção para fortalecer a gestão.
(d) perdas de insumos de produção não contabilizados;	Como não mensuram as perdas dos insumos, não sabem o impacto no custo do produto. Não há mensuração das sobras de produção e destinação adequada das mesmas. Tubino (2015) enfatiza a busca pelo menor custo possível.
(e) falta de controle de estoque dos insumos;	Controlar os estoques é uma forma de reduzir as perdas relacionadas ao estoque. Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015) ressaltam a importância do controle de estoques, principalmente para o planejamento das necessidades de materiais da produção.
(f) falta de controle na inspeção de qualidade dos produtos e gestão de qualidade;	Como não há informações registradas dos defeitos, não tem como agir de forma preventiva. Não há ganhos de qualidade na inspeção feita no final do processo. Contador (2016) reforça a necessidade de usar ferramentas para garantir a qualidade no processo e o envolvimento das pessoas.
(g) perda de tempo;	A empresa pode ter ganhos de produtividade e eficiência, pois, o layout atual e a forma como estão dispostos os insumos acarretam em perdas. Segundo Battesini (2016), os processos tendem a seguir os arranjos físicos, portanto, um layout adequado poderá reduzir os tempos de setup.
(h) atrasos na entrega de produtos aos clientes.	Atrasos na entrega dos produtos aos clientes são frequentes. Liker e Meier (2007) relatam que o sistema enxuto reduz o tempo entre o pedido do cliente e a entrega, devido a utilização de processos enxutos com utilização de técnicas que buscam a melhorias, reduzindo perdas sem valor agregado.

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2. Aspectos da Gestão de Qualidade

Observou-se ainda, com base em entrevistas conduzidas, ausência de aplicação da gestão da qualidade na empresa. Não foram encontrados procedimentos técnicos documentados, prática de realizar inspeções em todos os processos de forma preventiva e aplicação de ferramentas de qualidade que auxiliem na prática de controle de qualidade. No Quadro 2 se encontra possíveis processos de inspeções que podem ser realizados visando uma qualidade de excelência.

Quadro 2 - Controle de Inspeção da Qualidade.

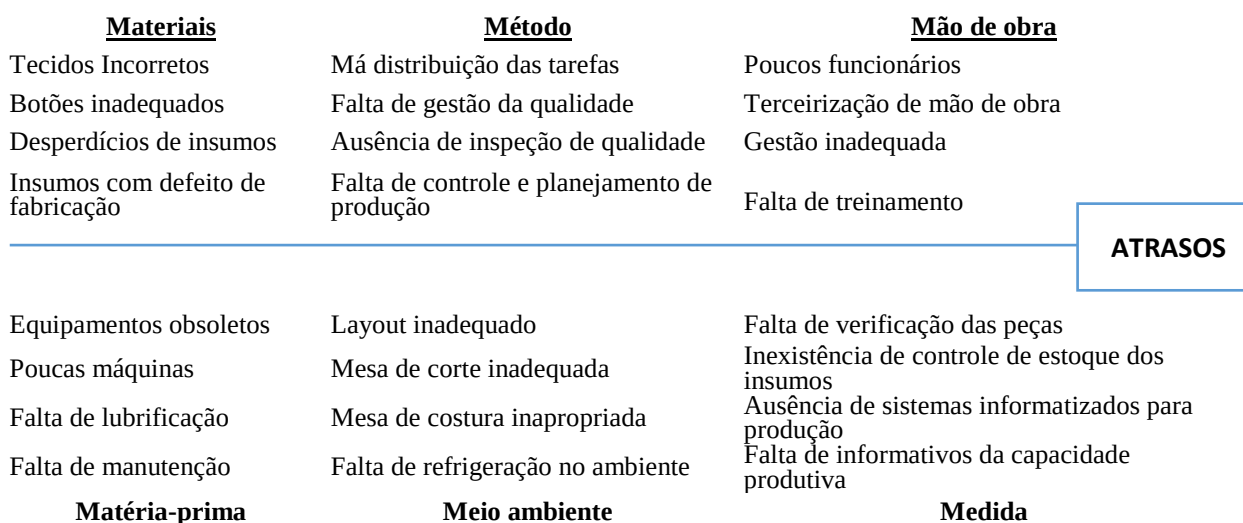
Item	Descrição dos itens de inspeção da qualidade
1	Verificação se consta afixada na peça a Etiqueta da marca.
2	Verificação se consta afixada na peça a Etiqueta de tamanho
3	Verificação se consta afixada na peça a Etiqueta de composição do tecido base.
4	Verificação se consta afixada na peça a Etiqueta de composição do tecido do forro.
5	Verificação se consta na peça a Etiqueta de código de barras.
6	Verificação se consta na peça a Etiqueta tag – marca.
7	Verificação se a peça foi costurada (fechamento e acabamento) adequadamente.
8	Verificação se há sobras de linhas na peça.
9	Verificação se a peça foi passada.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Acerca da qualidade, inferiu-se que não há garantia da qualidade do produto final, tendo em vista que o mesmo não teve os devidos processos de inspeção, consequentemente, a qualidade total não é alcançada. Por conseguinte, defeitos são frequentes, como cortes incorretos, fechamento de peças inadequadamente, falta de botões e de acessórios.

Através dos aspectos levantados acerca da falta da gestão de qualidade na empresa objeto de estudo, pode-se aplicar o diagrama da causa e efeito, conforme a figura 5. Neste aspecto, o diagrama auxilia no processo de identificação das raízes que causam o problema. Por conseguinte, é possível observar uma conjuntura de adversidades nos processos que resultam no principal problema observado na confecção: atraso na linha de produção. Dado que, com a falta de uma gestão de qualidade de excelência, as causas observadas na figura 5 persistem durante todo o processo produtivo.

Figura 5 - Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, ações de melhorias no fluxo produtivo da confecção são necessárias, tendo em vista a identificação de perdas, o que reduz a competitividade da pequena empresa frente ao mercado. As perdas geram custos adicionais desnecessários implicando em redução da margem de ganho, uma vez que estes custos não são incorporados no preço de venda, deixa-se de obter maiores ganhos. As gestoras deverão considerar como ferramenta fundamental a estratégia da produção enxuta, implantar novo layout e rever pontualmente os processos em busca de melhorias contínuas, bem como associar a melhoria da qualidade. Desta forma, diminuirá as perdas e os atrasos nas entregas, que tem sido um dos maiores problemas apontados na empresa. Uma gestão visando o melhor e atendendo as necessidades dos clientes, assegura um sistema de gestão de qualidade de excelência.

5. CONCLUSÕES

Analisou-se o fluxo produtivo de uma confecção de roupas femininas sob os aspectos do *lean manufacturing* para melhoria do fluxo de produção, assim, atingiu-se o objetivo o proposto por este trabalho, que foi de criar métodos e procedimentos para melhorar a eficiência de sua linha de montagem e reduzir perdas, diminuindo, assim, os atrasos de entregas aos clientes. Foram identificados os principais tipos de desperdícios e sugeriu-se aplicação da estratégia de produção enxuta.

A partir da descrição das etapas do processo produtivo utilizado atualmente na empresa, foi possível elaborar uma nova proposta de layout, considerando os fundamentos

da produção enxuta. Desta forma, alcançou-se também o objetivo. Ressalta-se que a empresa está com dificuldades em cumprir com os prazos estabelecidos para entrega dos produtos, e a análise identificou diversos pontos que podem estar impactando este problema: como a ausência de planejamento para produção, desconhecimento das fontes de desperdícios, fluxo produtivo em desacordo com o layout, além da ausência de gestão da qualidade no processo.

Diante do exposto, neste trabalho constatou-se a importância de um layout adequado para implementar processos fundamentados em manufatura enxuta. O trabalho teve uma abordagem qualitativa, entende-se que devido a amplitude dos temas abordados neste trabalho, sugere-se a realização de outras pesquisas para aprofundamento em tópicos específicos, visando por exemplo um levantamento quantitativo.

Registra-se agradecimento à Ana Cristina Marrocos Miranda, pela contribuição neste trabalho ao elaborar a planta baixa do imóvel, bem como, incluir propostas de melhorias propostas no desenho do novo layout da empresa em estudo. Agradecemos também à Letícia Peixoto pelo auxílio, contribuição e dedicação.

REFERÊNCIAS

ABIT. **Indústria têxtil e de confecção brasileira**. Brasília: 2013. Disponível em: <http://www.abit.org.br/conteudo/links/publicacoes/cartilha_rtcc.pdf> Acesso em: 10 jan. 2017.

ALBERTIN, Marcos Ronaldo; PONTES, Heráclito Lopes Jaguaribe. **Administração da produção e operações**. Curitiba: Intersaberes, 2016.

ANTUNES JÚNIOR, José Antônio Valle; et al. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BATALHA, Mário Otávio (Org.). **Introdução à engenharia de produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, Campus, c2008. 312 p. (Coleção Campus - ABEPRO Engenharia de produção).

BATTESINI, Marcelo. **Projeto e layout de instalações produtivas**. Curitiba: Intersaberes, 2016.

CORRÊA, Henrique L. **Administração de produção e de operações: manufatura e serviços**. São Paulo, atlas, 2016.

CONTADOR, Jose Celso (Org.). **Gestão de Operações: A Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2010. 543 p.

DENNIS, Pascal. **Produção lean simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

GOMES, Maria de Lorde Barreto. **Um modelo de nivelamento da produção à demanda para a indústria de confecção do vestuário segundo os novos paradigmas da melhoria dos fluxos de processos**. 2002. 320 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

LIKER, Jeffrey. K.; FRANZ, J. K. **O modelo Toyota de melhoria contínua: estratégia + experiência operacional = desempenho superior**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

LIKER, Jeffrey. K.; MEIER, D. **O modelo toyota manual de aplicação: um guia prático para a implementação dos 4Ps da Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MINICUCCI, A.. **Técnicas do trabalho de grupo**. São Paulo: Atlas, 2001.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 549 p.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

RECH, Sandra Regina. **Cadeia produtiva da moda: um modelo conceitual de análise da competitividade no elo da confecção**. 2006. 282 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 4. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2015.

SLACK, Nigel.; et al. **Gerenciamento de operações e de processos: princípios e práticas de impacto estratégico**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manufatura enxuta como estratégia de produção: a chave para a produtividade industrial**. São Paulo: Atlas, 2015.

Capítulo 15

ANÁLISE DO MÉTODO DE PRODUÇÃO UTILIZADO
POR UMA MICROEMPRESA DE BEBIDA DESTILADA
ARTESANAL

Giovane Viana Batista
Igor Gonçalves Ferreira
Andressa Amaral de Azevedo
Patrick de Moraes Hanriot

Análise do método de produção utilizado por uma microempresa de bebida destilada artesanal

*Giovane Viana Batista
Igor Gonçalves Ferreira
Andressa Amaral de Azevedo
Patrick de Moraes Hanriot*

RESUMO

A pesquisa desenvolvida neste trabalho teve como objetivo explorar o método de fabricação de bebida destilada artesanal adotado pela empresa Nova Fonte, pretendendo alcançar a evolução em sua produção. Procura-se distinguir o que é indispensável para que a produção aconteça e efetuou-se o mapeamento existente do processo de produção da empresa medindo sua eficiência bem como sua produtividade. O estudo apresenta características de natureza aplicada, uma vez que verifica-se a aplicação dos resultados obtidos na pesquisa para sanar os problemas que realmente ocorrem na empresa. No que se refere aos procedimentos, o estudo pode ser definido como estudo de caso e a técnica adotada para a obtenção das informações sucedeu por meio do levantamento de dados. Propõe-se o entendimento da relação existente entre a falta de gestão de estoque e a perda na fabricação da bebida destilada artesanal. Pôde-se verificar que a efetuação de um desenvolvimento e gerenciamento de fornecedores, é essencial para que a fabricação de bebida destilada artesanal seja capaz de ocorrer por um período superior e possa precaver perdas no processo devido à ausência de cana de açúcar, considerando que os mesmos proporcionarão a compreensão da quantidade que se deve fabricar, o momento, bem como a quantidade de matéria prima que é preciso. Constata-se também, a relevância da combinação entre empresa e fornecedores de matérias primas, com o intuito de ter as mesmas acessíveis em todo o tempo necessário, cessando dessa forma, máquinas e funcionários inativos e produção inferior a planejada. Dessa forma, a empresa torna -se capaz de alcançar uma eficiência produtiva maior, com despesas menores e consegue responder à demanda gradativa do mercado.

Palavras Chave: Planejamento e Controle. Fornecedores. Microempresa.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento da produção tem o papel de fazer a ligação entre o suprimento e a demanda necessária, com o intuito de manter eficiente em todo o processo de produção, o que resultará em produtos com qualidade para os consumidores, como afirmam Slack, Chambers e Johnston (2009).

A gestão de estoque influencia diretamente a produtividade da empresa e o nível de serviço ofertado aos clientes (BOWERSOX; CLOSS, 2001). O estoque acima do necessário implica em custos desnecessários e um estoque abaixo do necessário pode implicar em parada da produção por falta de matéria prima. Segundo Catarino et al. (2017), a maioria das

microempresas brasileiras não possuem nenhum tipo de controle de estoque, o que ocasiona prejuízos, situação financeira delicada ou em alguns casos até mesmo o encerramento de suas atividades.

Além da gestão de estoque, outra área de grande importância para as empresas produtoras é o controle da produção, pois uma empresa que não tem controle do seu processo produtivo não sabe o que está produzindo, podendo resultar assim em produtos com alto custo e baixa qualidade.

De acordo com os dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro da Cachaça (IBRAC), percebe-se que alguns Estados se sobressaem por possuírem uma maior produção da bebida destilada artesanal no Brasil. “Os principais estados produtores são: São Paulo, Pernambuco, Ceará, Minas Gerais e Paraíba. Os principais estados consumidores são: São Paulo, Pernambuco, Rio de Janeiro, Ceará, Bahia e Minas Gerais” (IBRAC, 2017).

Informações do IBRAC sinalizam que em 2016 a exportação da cachaça foi realizada por mais de 60 empresas exportadoras e direcionada para mais de 54 países, resultando numa receita de US\$ 13,94 milhões e de 8,38 milhões de litros. O Instituto ainda aponta que neste mesmo ano, os países que mais receberam bebida destilada artesanal em valor foram: Alemanha, Estados Unidos, Paraguai, Uruguai, França. Já os que mais receberam cachaça em volume foram: Alemanha, Paraguai, Estado Unidos, Portugal e França (IBRAC, 2017).

A Nova Fonte, fabricante de bebida destilada artesanal localizada no município de Novo Cruzeiro, na região do Vale do Jequitinhonha, é uma microempresa (ME) familiar, que por falta de recursos (financeiro e conhecimento administrativo) adequados, possui pouco controle do seu processo produtivo. Atualmente a empresa enfrenta problemas de perda de produção.

Dessa forma, procura-se neste trabalho avaliar o processo de produção de bebida destilada artesanal, tendo em vista o aumento da produtividade do processo. Busca-se assim, identificar o que é necessário para aprimorar o processo de produção de bebida destilada da empresa Nova Fonte; como também mapear o processo atual de produção e medir sua eficiência e produtividade.

Espera-se que este estudo ajude a compreender a relação que é estabelecida entre a falta de gestão de estoque e a perda na produção da bebida destilada artesanal. Sendo assim, acredita-se que é essencial uma administração adequada da produção para seu melhor funcionamento.

Para Slack, Chambers e Johnston (2009) a administração da produção se trata de gerenciar de forma eficiente os recursos necessários para a produção. É importante para as empresas ter controle de todo o seu processo produtivo, saber quais os recursos necessários (input) para produzir o seu produto e/ou serviço, a produtividade do seu processo e a qualidade do produto e/ou serviço final (output) para satisfação do consumidor.

Quando se trata do controle de estoque, Dias (2014) argumenta que o foco pode ser na matéria prima, nos produtos em fabricação e nos produtos acabados. A gestão de estoque deve controlar com intuito de não deixar faltar, seja matéria prima para produção ou o produto acabado para venda. O foco do trabalho será no estoque de matéria prima, devido à grande importância para um eficiente processo produtivo da bebida destilada artesanal.

Porter (2009) cita que, em caso de produto perecível, o estoque não deve ser superestimado, pois o produto pode perder sua qualidade. Para que se possa produzir uma bebida destilada artesanal de qualidade, o tempo entre o corte da cana de açúcar e a moagem da mesma não deve exceder 24 horas, o que torna a principal matéria prima para a produção de difícil estocagem. Por outro lado, o estoque também não deve ser subestimado, pois neste caso pode faltar matéria prima para produção da bebida destilada artesanal.

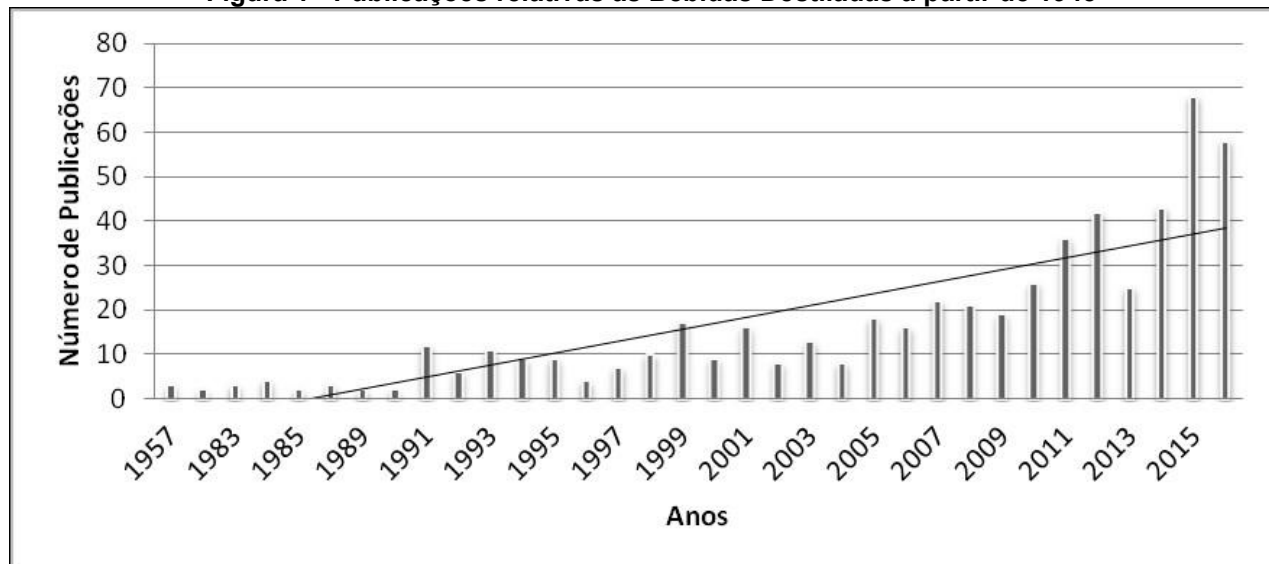
Com uma boa gestão de estoque interligado com um planejamento de produção adequado, a empresa saberá exatamente a quantidade necessária de cada matéria prima para produzir o produto final, a bebida destilada artesanal. Desta forma, a empresa terá uma eficiência produtiva maior e menor custo com ociosidade do maquinários e funcionários.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Especificamente no tocante ao estado da arte das pesquisas sobre os conhecimentos relativos às bebidas destiladas, o primeiro procedimento efetuado na presente pesquisa consistiu em uma análise detalhada do acervo da *Web of Science* (WOS). Diante do exposto, o referencial teórico do presente artigo, inicia-se com a identificação de publicações científicas relativas ao tema: bebidas destiladas, a partir do ano de 1945.

A Figura 1 apresenta o histórico de publicações, conforme mencionado no parágrafo anterior. Percebe-se que o tema relativo à expressão *distilled “and” beverage* é extremamente relevante e atual, uma vez que o crescimento do assunto se demonstrou significativo ao longo dos últimos anos, conforme evidencia a linha de tendência. Em especial destaca-se que existem 580 trabalhos relativos à supracitada área, cadastrados na base da *Web of Science*, dos quais, 513 são artigos científicos.

Deve-se destacar que 17% das publicações sobre o referido tema foram realizadas no Brasil, líder mundial nos estudos sobre bebidas destiladas, seguido pelos Estados Unidos (16.5%), Espanha (7%) e Japão (6%).

Figura 1 - Publicações relativas às Bebidas Destiladas a partir de 1945

Fonte: Resultados da Pesquisa (2017)

É digno de nota que 42% das pesquisas desenvolvidas na área foram aplicações, teóricas e práticas no campo da Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Química (24%), Saúde (10%). Estudos relativos à Engenharia correspondem a 3%.

Seguindo a demanda crescente do mercado, os produtores de bebidas destiladas devem manter um planejamento adequado da sua produção com intuito de conseguir atender a demanda, e para isso, deve também manter um foco na gestão de estoque dos seus insumos, principalmente os críticos. O principal insumo e o de mais difícil estocagem é a cana de açúcar, devido ser um produto perecível, onde o tempo entre o corte e da moagem não deve exceder 24 horas. Quanto mais esse tempo é excedido, mais seca a cana ficará e perderá qualidade, o que tem influência direta no volume e na qualidade da produção final.

Desta forma, deve existir uma correlação entre o Planejamento e Controle da Produção e a gestão do estoque, para que a cana de açúcar seja comprada e entregue no momento que seja necessário, para que seja encaminhada diretamente para a moagem e não ocorra perda de qualidade da matéria prima por estocagem por tempo superior ao tolerado.

2.1 Planejamento e Controle da Produção (PCP)

Os autores Corrêa, Giansesi e Caon (2010) definem planejar como a forma de relacionar a situação atual com a visão de futuro, com intuito de traçar estratégias que auxiliem atingir determinados objetivos traçados para o futuro.

Existe um tempo entre o planejamento e o real efeito da decisão tomada, no qual é nomeado como inércia intrínseca dos processos decisórios, pois caso o efeito da tomada de decisão fosse imediato, não seria necessário planejar, decidir no momento seria suficiente para atender à necessidade.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), planejamento é formalizar as estratégias que serão utilizadas para atingir os objetivos traçados para o futuro. Porém, a elaboração de um plano não garante que o que foi planejado irá acontecer. Embora os planos sejam baseados em expectativas, as necessidades dos consumidores podem mudar, podem acontecer atrasos na entrega de matéria prima pelos fornecedores, máquinas podem quebrar, ou seja, podem ocorrer imprevistos que influenciam diretamente o processo produtivo.

Já o controle corresponde ao processo de lidar com as variações ocorridas entre o planejamento e o real ocorrido. Pode significar que os planos precisem ser refeitos a curto prazo. Pode ser preciso intervenções no processo para colocá-lo novamente no planejado, caso ocorra mudanças, como no caso de quebra de um maquinário da linha de produção. O controle permite realizar ajustes para que o processo atinja os objetivos planejados.

Assim, de acordo com Lobo e Silva (2014) um sistema de planejamento e controle da produção concede um conjunto de informações, nas quais auxiliam o gerenciamento do fluxo de matéria prima, produto em produção, mão de obra e maquinário necessário para o processo de produção. Desta forma, busca ajustar as atividades internas e externas com as necessidades dos clientes, ou seja, ajustar a oferta de acordo com a demanda. O planejamento e controle da produção também auxilia a gestão nas mudanças que sejam necessárias no processo produtivo, para que o mesmo ocorra de forma mais eficiente possível.

O sistema de planejamento e controle da produção efetivo permite que a empresa atinja solidez e continuidade no seu processo produtivo (LOBO; SILVA, 2014). De acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015) o plano mestre de produção forma a principal entrada para o planejamento de necessidades de materiais (Material Requirement Planning) e contém informações de quantidade e do tempo de produção dos produtos finais a serem fabricados. É a base para o planejamento da utilização de mão de obra e equipamento para determinada produção, e determina o fornecimento de materiais necessários para atender esta produção. O Plano Mestre de Produção (PMP) deve conter todas as fontes de demanda, como peças sobressalentes em estoque, por exemplo.

Planos mestres de produção são registros dos tempos de ciclo de cada produto final que contêm a posição da demanda e do estoque atualmente disponível de cada item acabado. Usando essas informações, o estoque disponível é projetado antecipadamente. Quando não houver estoque suficiente para atender a demanda, as quantidades demandadas são inseridas na linha do PMP (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015).

A partir do plano-mestre, o MRP calcula a quantidade, o tempo de produção e os materiais necessários para atender a demanda. Para tal, é necessário saber quais os itens necessários para fabricar o produto final. Isso é denominado “lista de materiais”. O produto

final vai sendo desmembrado em partes para se saber quais itens compõem o produto final e qual a quantidade de cada item.

Segundo Corrêa, Gianesi e Caon (2010), o cálculo das necessidades de materiais é feita de forma bem simples. Para tal, se baseia na ideia de que, se são conhecidos todos os componentes de determinado produto e o tempo de produção, pode-se com a visão de futuro saber quais itens e quais as quantidades serão necessárias para atender a produção. Desta forma, com o MRP não haverá nem falta e nem excesso dos itens em estoque, auxiliando a gestão dos estoques a manter os níveis de estoques a ficarem o mais otimizado possível.

2.2 Produtividade e eficiência

Em relação à capacidade, Laugeni e Martins (2015) relatam que a mesma pode ser compreendida como capacidade do projeto, bem como efetiva ou real. A capacidade do projeto (também conhecida por capacidade teórica), se trata da capacidade em que o fornecedor, ou mesmo o fabricante dos equipamentos expõe para o produto. Já a efetiva ou real, é aquela em que o equipamento apresenta posteriormente o desconto de todos os tempos de parada tecnicamente fundamentais para que o mesmo, ou todo o sistema introduzido, possa ser executado corretamente. Os tempos mencionados anteriormente, podem fazer referência a diversas circunstâncias como, a elaboração (tempos de *set-up*), limpeza e descontaminação, aquecimento da máquina, conservações programadas obrigatórias, entre outras.

De acordo com Alves e Fiorio (2014) para realizar o cálculo de produtividade de uma empresa, é necessário compreender que a definição de produtividade se fundamenta na conexão entre saídas e entradas monetárias do setor que é passada pelo processo de análise de uma empresa em sua integralidade, conforme a intenção que se possui. Os autores acrescentam ainda, que o cálculo de produtividade vai mensurar quanto tempo e dinheiro são investidos pela empresa para a efetivação de determinada prática. Essa prática pode referir a determinado serviço ofertado ao cliente final, como também a uma etapa do processo.

Tratando-se do cálculo da eficiência da produção, Saad (2012) traz que para sua realização, é preciso primeiramente determinar o tempo que é necessário para que se complete cada período da produção, a contar do momento do pedido ao momento da entrega. Esse processo é nomeado como o tempo de produção total. Nessa etapa é incluso o tempo de inspeção, tempo de condução do produto e ainda, o tempo em que se aguarda entre os passos para dar seguimento ao processo de fabricação, por outro lado, nesta etapa não se inclui o tempo de espera anterior a finalização do processo.

Posteriormente, é necessário realizar a separação do tempo real passado desde a fabricação do produto (conhecido também como tempo de valor agregado). Nesta etapa é preciso observar o tempo que o produto mantém-se na linha de fábrica, onde a construção

acontece. As outras etapas que fazem parte do processo de entrega das encomendas não são incluídas nestes agrupamentos de dados.

2.3 Administração de fornecedores

O desenvolvimento da avaliação de fornecedores mostra uma teoria preocupante pelos estrategistas de fornecimento de que o “cliente tem sempre razão”. Esta ideia deixou diversas técnicas, nas quais o cliente tem um papel ditador, ao passo que os fornecedores se tornam engenhosos, utilizando de técnicas e truques (BROWN, S. et al, 2005).

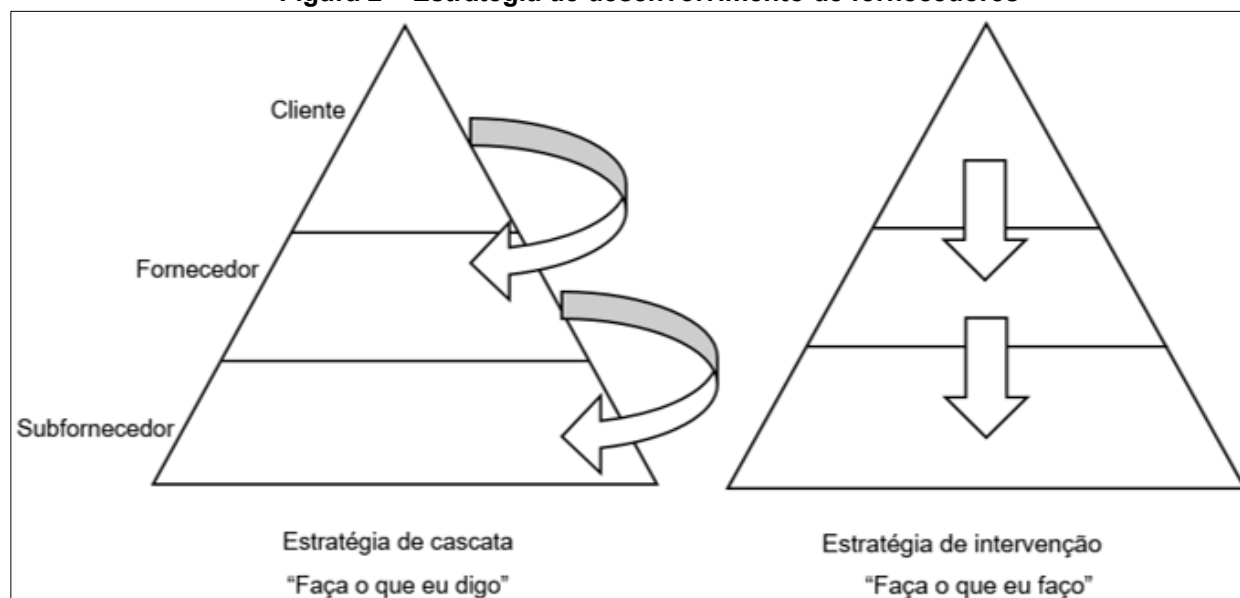
Segundo Brown, et al, (2005), do mesmo modo que a avaliação de fornecedores necessita de análise e revisão para o fornecimento de produção em massa, o desenvolvimento de fornecedores também está propício. O fato de que o cliente pode atribuir toda a culpa ao fornecedor por todos os problemas no processo de fornecimento, resultou não somente na avaliação, mas também no fato do cliente também se envolver no negócio do fornecedor.

O método de desenvolvimento de fornecedores constitui-se no cliente informando as especificações do que deseja ser alcançado, como por exemplo características e atributos de desempenho. Geralmente isso é integrado com um programa de avaliação de fornecedores (BROWN, S. et al, 2005).

Existem duas formas de desenvolvimento de fornecedores, nas quais são denominadas como “Estratégia cascata” e “Estratégia de intervenção”, de acordo com Lamming (1996), conforme demonstrado na Figura 2. Na primeira forma, o cliente desenvolve um novo conceito que deseja ver praticado por sua cadeia de fornecimento e o transmite em cascata aos seus fornecedores diretos. Ou seja, impõem aos seus fornecedores o que deseja e eles devem produzir de acordo com as formas e especificações ditadas pelo cliente.

Já na segunda estratégia, a base é a mesma que a primeira, onde a boa ideia do cliente é transmitida para os fornecedores. Porém, o cliente se envolve no negócio do fornecedor, trabalhando no nível operacional para auxiliar o fornecedor no desenvolvimento de habilidades. Neste cenário, o cliente está fazendo um investimento real no processo e consequentemente tende a ser mais reconhecido pelo fornecedor como uma rica contribuição. Ou seja, o cliente está trabalhando em conjunto com o seu fornecedor, com intuito de otimizar o processo e garantir a produção da matéria prima de qualidade, conforme sua necessidade.

Figura 2 – Estratégia de desenvolvimento de fornecedores



Fonte: Adaptado de Lamming (1996)

3. METODOLOGIA

A pesquisa em questão foi realizada na empresa fabricante de bebida destilada artesanal Nova Fonte, situada no município de Novo Cruzeiro. A mesma apresenta características de uma natureza aplicada, pois há um interesse prático, em que os resultados obtidos sejam utilizados para a solução dos problemas que ocorrem na realidade (MARCONI; LAKATOS, 2010).

No que diz respeito aos objetivos do estudo, os mesmos são de caráter descritivo. Este tipo de pesquisa, segundo Gil (2012) tem como principal objetivo o detalhamento das propriedades de alguma população ou acontecimento de correlações entre determinadas variáveis. Diversos estudos podem ser considerados de caráter descritivo e uma de suas peculiaridades de maior relevância se encontra no emprego de técnicas padronizadas de recolhimento de dados.

A técnica utilizada para obtenção das informações foi o levantamento de dados por fonte indireta através de pesquisa documental, como descreve Marconi e Lakatos (2010) ao enumerar técnicas de pesquisa. A coleta de dados foi restrita à relatórios de controle da empresa e observações do processo produtivo, denominados de fontes primárias, como afirma Yin (2015), de instituição de ordem privada.

Tratando da estratégia de pesquisa, para o desenvolvimento deste estudo e familiarização com os problemas a serem trabalhados e coletas de dados, foi realizada visita na empresa no mês de julho, período em que termina a maturação da cana de açúcar e se inicia a produção da bebida destilada artesanal Nova Fonte.

Através do banco de dados da empresa, foram levantadas informações referentes às paradas de produção programadas e não programadas e histórico de quebra de máquinas, dados da última produção realizada no período de julho a outubro de 2016

Foram utilizados os dados referentes à última produção com intuito de avaliar o processo mais atual e apresentar um diagnóstico da situação mais real da empresa, onde os resultados poderão ser utilizados para tomadas de decisões.

Nas etapas de desenvolvimento, realizou-se o mapeamento de processo de produção através de observações diretas. Com as informações do banco de dados, foram analisadas as causas das paradas de produção. Foram coletados dados da empresa com base em relatórios de controle e com informações sobre o maquinário, tornando possível através destes, efetuar os cálculos da eficiência da produção e determinar os índices de perdas.

Os dados obtidos foram analisados de forma quantitativa, com intuito de melhor compreendê-los. Após a análise dos dados, foram elaboradas tabelas detalhadas das paradas programadas e não programadas de produção, e o percentual de cada parada em relação ao total de horas improdutivas. Elaborou-se também, o Gráfico de Pareto, expondo as principais causas de parada de produção analisadas.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Mapeamento do processo de produção atual

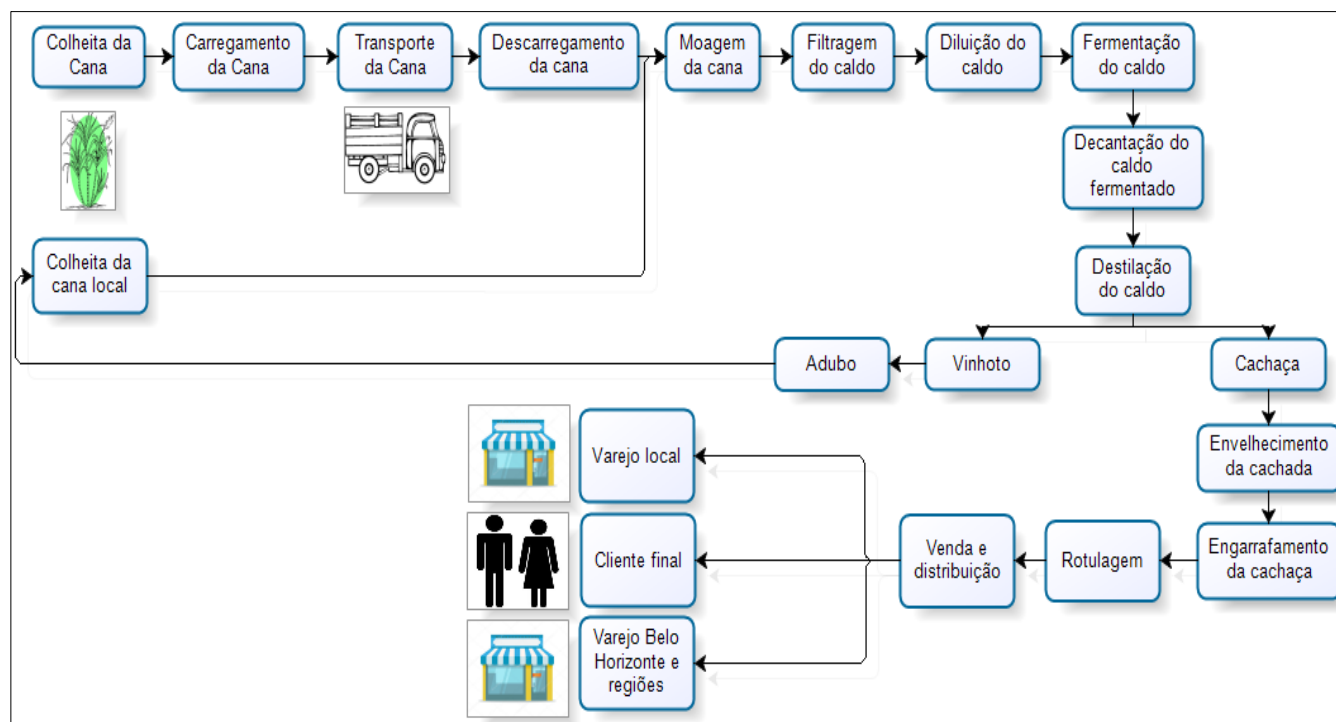
Buscando conhecer o processo e entender as causas das paradas de produção, foi realizado um mapeamento, desde a colheita da cana de açúcar até a venda e distribuição da cachaça. Este por sua vez, é representado através do fluxograma (Figura 3).

O processo de produção da bebida destilada artesanal da empresa Nova Fonte, apresentado na Figura 3, se inicia com a etapa de colheita da cana nas fazendas onde são cultivadas e finaliza com a venda e distribuição da cachaça e finaliza na venda e distribuição do produto.

A etapa que pode gerar gargalo no processo é a moagem da cana de açúcar, pois é através do caldo da cana que os demais processos serão realizados, ou seja, é este processo que ditará o ritmo da produção. Porém, para que a moagem ocorra, é necessário que a cana de açúcar esteja disponível, caso contrário, a produção não acontecerá ou terá o ritmo reduzido.

Um dos processos mais críticos na produção artesanal da cachaça é a fermentação do caldo, pois depende da maturidade certa da cana, da padronização do grau do Brix do caldo antes de entrar na dorna, da sanidade da cana, da higiene do processo e da composição química do caldo.

Figura 3 – Processo de produção da cachaça



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Caso os padrões necessários não sejam atendidos, a fermentação do caldo pode não ocorrer de forma eficaz, podendo tornar o processo mais demorado ou até mesmo não fermentando totalmente. Caso este não seja fermentado da maneira correta, a produtividade do processo e o volume de produção será menor do que o planejado.

Devido à grande influência que o grau Brix tem no processo de fermentação do caldo, é necessário alto controle nesta etapa. O controle do grau Brix é realizado com a utilização do refratômetro, aparelho no qual utiliza o sistema de medição do grau de refração da luz no caldo, onde o índice ideal para que o processo de fermentação ocorra de forma mais eficiente é entre 14 e 16 graus Brix.

A água utilizada para a diluição do caldo e ajuste do grau Brix deve ser limpa e isenta de microrganismos. A água não deve ser adicionada ao caldo diretamente na dorna de fermentação. Essa prática implica em risco de choque osmótico sobre as leveduras que compõem o fermento, com prejuízos para a produtividade e o rendimento da fermentação. A adição de água ocorre em tanques apropriados, feito em aço Inox, instalados entre o decantador e as dornas de fermentação.

Uma etapa que a empresa julga ser mais difícil é a etapa de fermentação, devido ao ajuste de sua acidez. Esta é medida por um aparelho medidor específico, mas a empresa não o possui, sendo assim, a acidez controlada pelo proprietário tomando como base sua

experiência na produção. Ainda julga esta etapa como sendo a mais minuciosa, pois o processo é demorado e também necessário para iniciar a decantação.

Figura 4 – Carregamento do caminhão (a) e processo de moagem da cana de açúcar (b)



Fonte: Banco de dados da empresa (2017).

A Figura 4 (a) mostra o carregamento da cana de açúcar no caminhão da empresa, realizado pelos funcionários da Nova Fonte.

A moagem da cana de açúcar, conforme demonstrado na Figura 4 (b), é realizada através de moinho elétrico. O descarregamento da cana de açúcar no local onde é realizado a moagem agiliza o processo, eliminando o tempo de deslocamento da cana de um lugar para o outro. O bagaço resultante do processo de moagem é utilizado pela empresa para abastecimento do forno, no qual abastece com calor o alambique que irá fazer a destilação da cachaça.

Figura 5 – Filtragem do caldo da cana (c) e dornas de fermentação (d).



Fonte: Banco de dados da empresa (2017).

A etapa de filtragem do caldo de cana apresentado na Figura 5 (c), é o processo onde o mesmo passa por peneiras de diversas micragens, com intuito de retirar as partículas

presentes no caldo. A presença de bagacilho poderá trazer elementos indesejáveis ao destilado.

Após a filtragem, o caldo da cana é encaminhado para as dornas de fermentação, conforme demonstrado na Figura 5 (d). Nesta etapa, é acrescentado fermento caipira ao caldo da cana com a finalidade de transformar o açúcar em álcool.

4.2 Eficiência e produtividade do processo atual

A empresa em estudo possui um maquinário com capacidade projetada de produção de 50 litros por hora, de acordo com o especificado no manual do fabricante. Levando em consideração que a empresa trabalha 9 horas por dia e os dados referente a produção da última safra, conforme banco de dados; obteve-se os cálculos de eficiência e produtividade.

A empresa funcionando 9 horas por dia e produzindo 50 litros por hora, logo, ela pode produzir 450 litros por dia. A mesma trabalha 6 dias por semana, então, por mês tem-se 24 dias trabalhados. Com a produção de julho à outubro, são 4 meses de produção. Assim, o volume de produção projetado foi de 43.200 litros por semana, mas o volume de produção real da última safra foi somente de 32.600 litros de cachaça. Considerando 864 horas pelo ciclo de 4 meses, a eficiência da fábrica foi de 75,46% e a produtividade foi de 37,73 litros por hora.

A eficiência e a produtividade da empresa poderiam ser melhores, caso tivesse um fornecimento maior de cana de açúcar, pois permitiria que a produção ocorresse de forma mais contínua, resultando de um maior volume diário de cachaça, próximo ao volume de produção projetado do seu maquinário.

4.3 Análise de perdas de produção

Após o mapeamento do processo, foram analisadas as informações do banco de dados da empresa Nova Fonte sobre as causas das paradas de produção ocorridas na última safra. De maneira a avaliar o desempenho do processo produtivo na última safra, foi realizada uma coleta de dados da empresa, referente ao período entre julho e outubro de 2016.

Os dados da Tabela 1 demonstram as paradas de produção identificadas na última safra, nas quais ocasionam perdas de produção.

As manutenções preventivas eram realizadas uma vez por semana de forma programada, com duração de 15 minutos, onde é realizado a lubrificação dos equipamentos, conforme orientações do fabricante no manual de operação e manutenção. Estas manutenções foram realizadas nos finais de cada sábado, onde o volume de produção é menor.

Tabela 1 – Perda na produção da cachaça Julho-Outubro de 2016

PERDA NA PRODUÇÃO EM HORAS								
Mês	Total	Manutenção Preventiva	Manutenção Corretiva	Falta de matéria prima	Quebra caminhão	Falta de energia	Falta de funcionário	Limpeza das máquinas
Julho	13	1	2	0	0	0	2	8
Agosto	15	1	0	0	0	3	3	8
Setembro	35,33	1	0	18	9	0	0	7,33
Outubro	37,5	1	1,5	27	0	0	1	7
Total	100,83	4	3,5	45	9	3	6	30,33

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

A manutenção corretiva ocorreu devido à quebra de um componente do moinho, o que fez com que a produção parasse por 2 horas no mês de julho. Referente a manutenção no mês de outubro, ocorreu novamente devido à quebra do moinho, o que fez com que a produção parasse por 1h30min para realização do reparo.

A falta da cana de açúcar fez com que a empresa não tivesse matéria prima disponível para realizar a produção, o que fez com que não ocorresse produção por 2 dias no mês de setembro e 3 dias no mês de agosto.

No mês de agosto, o caminhão responsável por transportar a cana de açúcar das fazendas até a empresa sofreu uma falha mecânica, o que resultou em falta de matéria prima para a produção e fez com que a empresa não produzisse nada por 1 dia.

Alguns funcionários da empresa Nova Fonte não puderam trabalhar por alguns dias nos meses de julho e agosto, o que fez com que a produção da empresa diminuísse o ritmo da produção, resultando em perda de 2 e 3 horas em julho e agosto, respectivamente.

No mês de agosto ocorreu uma queda de energia na região da empresa, e pelo fato de o moinho ter funcionamento dependente desta, a produção foi interrompida por 3 horas neste dia, ocasionando uma pequena parada não programada.

A limpeza das máquinas é realizada todos os dias em que ocorre produção, com duração de 20 minutos, utilizando água quente para remoção dos resquícios do caldo da cana de açúcar que fica acumulado no moinho.

Com intuito de melhor entender os tipos de paradas de produção em uma empresa produtora, as mesmas foram classificadas como Parada Programada, na qual é planejada pela gestão da produção, e a Parada Não Programada, na qual acontece ocasionalmente e sem consentimento da gestão de quando irá ocorrer, o que interrompe e causa grandes perdas na produção.

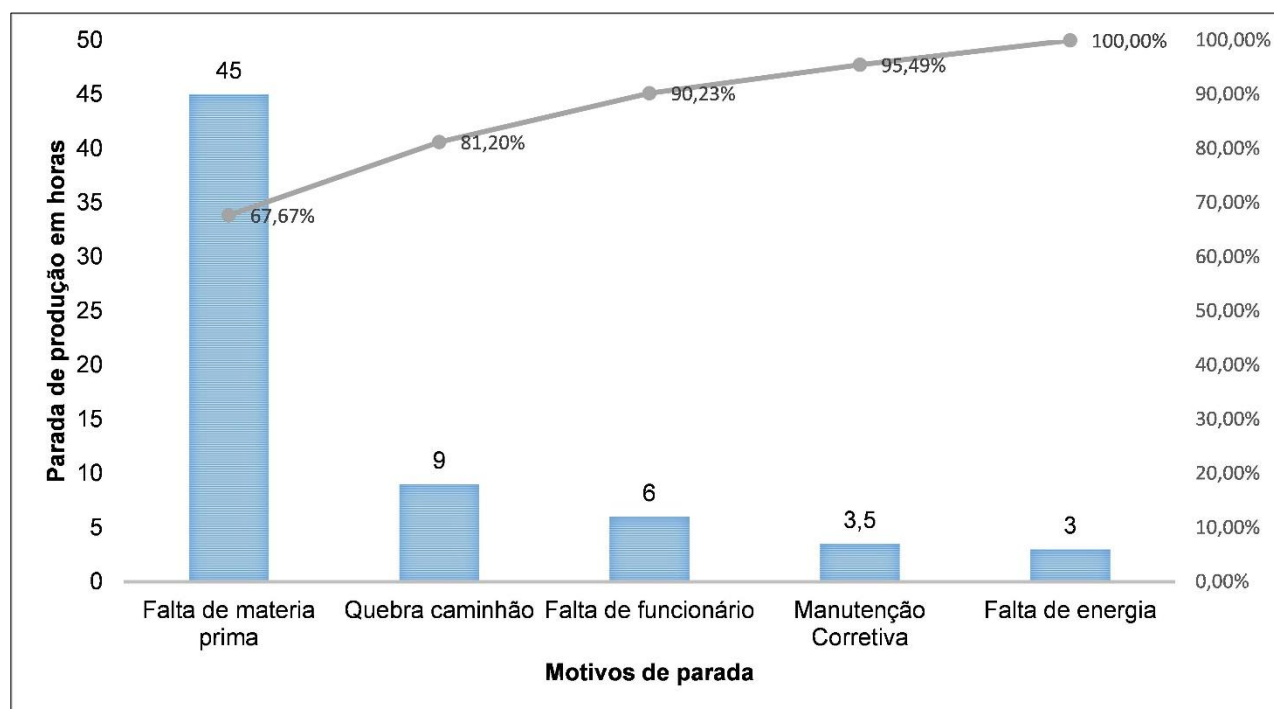
A Tabela 2 classifica as Paradas Não Programa ocorridas na safra de 2016, nas quais a gestão não tinha controle e não tinha conhecimento de quando iriam ocorrer, ou seja, são as paradas que mais causam perdas na produção.

Tabela 2 – Paradas Não Programadas 2016

Motivos de parada	Falta de materia prima	Quebra caminhão	Falta de funcionário	Manutenção Corretiva	Falta de energia
Total em horas	45	9	6	3,5	3
Percentual	67,67%	13,53%	9,02%	5,26%	4,51%
Acumulado	67,67%	81,20%	90,23%	95,49%	100,00%

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Utilizando a ferramenta Gráfico de Pareto, conforme a Figura 6, foi possível analisar quais foram as principais causas das paradas de produção. Pode-se ver que a “Falta de matéria prima” e a “Quebra caminhão”, no qual é responsável pelo transporte da cana de açúcar, representam aproximadamente 81% da perda na produção. Desta forma, 81% de perda ocorrida no processo de produção se deu devido ao fato da produtora não ter a matéria prima principal para produzir a cachaça.

Figura 6 – Parada de Produção 2016

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Este resultado preliminar confirma a hipótese do proprietário da empresa, de que a falta de matéria prima representa a principal fonte de perda na produção, onde devido à grande demanda da cana de açúcar na região, e por ser uma região com grande número de produtores de cachaça, os cultivadores de cana de açúcar não conseguem atender toda a demanda regional. Considerando a importância que a matéria prima tem no processo de produção, é vantajoso para a empresa recorrer à uma estratégia de parceria com intuito de

manter um fornecimento mais efetivo, permitindo que a empresa produza continuamente por um período maior durante o ano.

4.4 Análise dos Resultados

Atualmente, a empresa tem capacidade de produção de 600 litros de cachaça por dia, mas para produzir essa quantidade, necessitaria aproximadamente de 6 toneladas de cana diária, com uma produção normal de 12 horas/dia. É possível comprar 6 toneladas diariamente, mas como a disponibilidade para compra da cana de açúcar é pequena, a mesma esgotaria em um prazo de tempo mais curto, impossibilitando uma produção contínua até o mês de outubro, perdendo o fermento feito no início da produção e interrompendo a mesma até a maturação de outro lote para compra.

Comprando em média 4,5 toneladas da cana, fabrica-se um volume menor, mas possibilita uma produção contínua até outubro e a utilização do mesmo fermento, considerando que quando a produção é interrompida, tem-se a perda deste. Pelo fato da empresa perceber que o gasto gerado para a produção de outro fermento é maior que os custos da produção contínua abaixo da capacidade, a mesma acaba por optar por esta última. Outro problema gerado com a interrupção da produção, é o tempo de ociosidade dos equipamentos e dos funcionários.

Foi proposto para a empresa Nova Fonte realizar um desenvolvimento e gerenciamento de fornecedores, tendo como o objetivo disponibilizar uma maior variedade para a empresa, com intuito de não depender somente de um fornecedor, como é o caso atual, o que pode acarretar em gargalos no processo de produção devido ao fornecedor não conseguir atender a demanda da empresa.

O método de desenvolvimento de fornecedores proposto para a empresa é utilizar a Estratégia de intervenção, na qual permite que a empresa participe do processo de cultivo da cana de açúcar junto aos fornecedores. Desta forma, a Nova Fonte estará acompanhando e participando de perto a produção dos seus fornecedores, seja por exemplo fornecendo muda do tipo de cana mais adequada para a produção da sua cachaça ou sugerindo técnicas de preparo de terra.

Desta forma, a empresa terá uma maior opção de fornecedores, não dependendo mais somente de um, nos quais produzirão a cana de açúcar com a qualidade desejada, o que terá influência direta na qualidade final da cachaça produzida pela Nova Fonte. Esta proposta visa aprimorar o processo de produção da cachaça, onde ela receberá o fornecimento constante de cana de açúcar em quantidade suficiente para produzir um maior volume diário de cachaça por dia e por um período maior durante o ano.

5. CONCLUSÕES

Atualmente no mercado de produção e comercialização de bebida destilada artesanal em ascensão e apresentando grande competição e concorrência, as empresas devem buscar gerenciar a produção de forma mais otimizada possível, reduzindo o tempo de ociosidade de funcionário e máquinas, desperdícios de matéria prima e produzindo com a maior eficiência possível, o que acarretará em redução dos custos da produção.

Para tal, é importante que as empresas mantenham parceria com fornecedores das matérias primas, em especial a cana de açúcar, principal insumo para produção da cachaça, com intuito de sempre ter disponível quando for necessário realizar a produção. Desta forma, a empresa evita que ocorra interrupções na produção, o que ocasionará em máquinas e funcionários ociosos e produção da cachaça em menor volume do que foi planejado.

O estudo mostrou a importância de se manter o planejamento e o controle da sua produção, com intuito de saber o quanto deverá ser produzido, a quantidade de matéria prima que será necessária e quando a matéria prima será necessária. Assim, permitirá que a empresa possa desenvolver parcerias com fornecedores.

Através dos resultados obtidos, foi possível verificar que os objetivos propostos no início do trabalho foram alcançados. A proposta de realizar parcerias com fornecedores de cana de açúcar terá grande impacto na empresa, haja vista que com a cana de açúcar disponível para a empresa, a produção de cachaça ocorrerá por um período maior durante o ano, o que antes não era possível devido aos produtores regionais não conseguiram atender a demanda.

Sendo assim, a empresa terá um menor tempo de ociosidade dos funcionário e maquinário e um maior volume de produção da cachaça artesanal, conseguindo atender à crescente demanda do mercado.

REFERÊNCIAS

Alves, F., & Fiorio, V. (2014). Como Calcular a Produtividade da sua Empresa. Disponível em <<https://www.industriahoje.com.br/como-calcular-produtividade-da-sua-empresa>>. Acessado em 26 out. de 2017.

Bowersox, D. J., & Closs, D. J. (2001). Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas.

Brown, S., Lamming, R., Bessant, J., & Jones, P. (2005). Administração da produção e operações: um enfoque estratégico na manufatura e nos serviços. Rio de Janeiro: Campus.

Catarino, F. R. S., dos Santos, M. A., Gontijo, T. S., & de Cássio Rodrigues, A. (2017). Gestão de Estoque em uma microempresa do ramo alimentício: Comparação entre a curva ABC e o

método XYZ. Revista Caribeña de Ciencias Sociales. Disponível em <<https://www.scholar.google.com.br>>. Acessado em 28 out. de 2017.

Corrêa, H. L., Giancesi, I. G. N., & Caon, M. (2010). Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRPII/ERP, conceitos, uso e implantação. São Paulo: Atlas.

Dias, M. A. P. (2014). Administração de materiais: princípios, conceitos e gestão. São Paulo: Atlas.

Gil, A. C. (2012). Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas.

Instituto Brasileiro da Cachaça. Brasília, 2017. Disponível em <<https://www.ibrac.net>>. Acessado em 28 out. 2017.

Lamming, R. (1996). Squaring lean supply with supply chain management. International Journal of Operations & Production Management, 16(2), 183-196.

Laugeni, F. P., & Martins, P. G. (2015). Administração da produção. São Paulo: Saraiva.

Lobo, R. N., & Silva, D. L. (2014). Planejamento e Controle da Produção. São Paulo: Erica

Marconi, M. D. A., & Lakatos, E. M. (2010). Fundamentos de metodologia científica. São Paulo: Atlas

Porter, M. E. (2009). Competição: estratégias competitivas essenciais. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda.

Saad, F. Como Calcular a Eficiência de Produção. (2012). Disponível em <<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/5695-como-calcular-a-eficiencia-de-producao/>>. Acessado em 28 out de 2017.

Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2009) Administração da produção. São Paulo: Atlas.

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2015). Administração da produção. São Paulo: Atlas.

Web of science (WOS). Disponível em: <<https://webofknowledge.com/>>. Acesso em 5 mai. 2017.

Yin, R. K. (2015). Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman.

Capítulo 16

POTENCIAL DE MERCADO: RELAÇÃO ENTRE A
DEMANDA E A POPULAÇÃO DA REGIÃO SUDESTE
DO BRASIL

Sidney Lino de Oliveira

Renato Moreira Hadad

Josmária Lima Ribeiro de Oliveira

Francesca Francielle Ramos Cabral

Lorena Alves Ribeiro

Potencial de mercado: relação entre a demanda e a população da região Sudeste do Brasil

Sidney Lino de Oliveira

Renato Moreira Hadad

Josmária Lima Ribeiro de Oliveira

Francesca Francielle Ramos Cabral

Lorena Alves Ribeiro

RESUMO

Identificar o potencial de mercado para prever as metas orçamentárias a serem utilizadas a partir das premissas estabelecidas é um processo que demanda a leitura das variáveis apresentadas ao contexto de cada organização. Para analisar a cobertura de mercado, a presente pesquisa utilizou conceitos de geomarketing aplicados a uma instituição sem fins lucrativos, atuando em mais de 200 países. A instituição tem como objetivo social distribuir gratuitamente Bíblias e Novos Testamentos em lugares de trânsito que são hospitais, hotéis, escolas, penitenciárias, quartéis e estabelecimentos públicos. A abordagem quantitativa tratou dados secundários das bases governamentais quanto aos equipamentos disponíveis por Municípios em cada Estado da Região Sudeste do Brasil. Os resultados aferem que o desdobramento das metas por distribuição uniforme, aplicando o percentual de crescimento esperado em proporcionalidade à meta nacional é inadequado em relação ao potencial de mercado; validando o modelo desenvolvido.

Palavras-Chave: Potencial de Mercado; Geomarketing; Design de Território

1. INTRODUÇÃO

Identificar qual a demanda do mercado é relevante para compreender o esforço mercadológico necessário à organização no alcance do seu mercado potencial. As pesquisas sobre potencial de mercado registram uma corrente sólida de investigação e aplicação prática, como pode ser visto pelos estudos de Erickson (1961). Com o avanço do tratamento dos dados nas últimas décadas, o uso dos modelos teóricos tem sido possível a mais organizações. Para FARRIS et al (2007), o potencial de vendas em um mercado é determinado pelo número de contas possíveis multiplicado pelo poder de compra.

Davies (1976) define geomarketing como o estudo das relações existentes entre as estratégias e políticas de marketing e o território ou espaço onde a instituição, fornecedores e pontos de distribuição se localizam. Cobra (1994) destaca que para a estruturação da força de vendas, as modalidades mais comuns são por: território, produto, mercado, e combinada. A modalidade por mercado é a mais frequente para as organizações por delimitarem a atuação de seus vendedores a um grupo ou setor específico de clientes.

O objetivo dessa pesquisa é identificar métricas que componham um modelo de previsão para a análise dos mercados de vendas em uma instituição sem fins lucrativos. Para

tanto, será considerada a adequação do trabalho e da cobertura geográfica, baseada em um design territorial pré-determinado para a região Sudeste do Brasil. A pesquisa consiste na aplicação de linhas teóricas sobre geoespacialização gravitacional com utilização de base de dados governamentais. Essa prática científica potencializará a efetividade das ações nas organizações considerando as variáveis demográficas, econômicas e geográficas envolvidas na análise dos mercados de atuação. Como a organização já desenvolveu um modelo espacial para definir sua distribuição territorial é preciso considerar as restrições laterais impostas, como esclarecem Kalcsics et. al (2005).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para Kotler e Keller (2012, p. 88), “demanda de mercado para um produto é o volume que seria comprado por um grupo de clientes definido, em uma área geográfica definida, em um período definido, em um ambiente de marketing definido e sob um programa de marketing definido”. Já para estimar o potencial total do mercado, os mesmos autores sugerem multiplicar o número de compradores potenciais pela quantidade média que cada comprador adquire e multiplicar esse resultado pelo preço médio.

Como a associação estudada não tem concorrentes diretos, os “clientes” não pagam pelo material recebido e, cada “cliente” recebe somente um exemplar, o potencial de mercado total pode ser calculado pelo número de “clientes”, ou seja, capacidade dos locais, onde serão distribuídos os livros. Contudo, o método de mercado por área, pode ser calculado pelo método de desenvolvimento de mercado precisa de identificação de todos os locais selecionados e que têm potencial em cada um dos territórios específicos, previamente selecionadas.

De acordo com Zoltners e Sinha (1983), ao longo dos anos, houve o desenvolvimento de inúmeros modelos para tomadas de decisões na gestão de vendas. As decisões comumente contempladas por esses modelos são: dimensionamento e organização da força de vendas, alocação de esforço de vendas de produtos e mercados, gestão do tempo do vendedor, estabelecimento de taxas de comissão e quotas, alinhamento de território de vendas e seleção de vendedor. Neste trabalho concentraremos nossos esforços no quesito “alinhamento do território de vendas”.

Segundo Kalcsics; Nickel; Schroder (2005) pode-se entender como design ou alinhamento de território o problema que ocorre em situações nas quais é necessário agrupar pequenas áreas geográficas - que são denominadas áreas básicas - em áreas geográficas maiores chamados territórios de maneira que o território formado seja aceitável de acordo com os critérios de planejamento considerados relevantes. Os autores destacam que são variadas as motivações que originam problemas de design de territórios, passando desde

aplicações para decisões sobre políticas distritais de escolas, equipamentos sociais e serviços de emergência à política de vendas adotadas pelas empresas.

Todas as empresas que utilizam de força de vendas precisam executar a tarefa de projetar áreas de vendas, subdividindo-as em regiões destinadas ao atendimento de cada vendedor. Sendo necessário realiza-la varias vezes, sempre que ocorrerem situações que altere as características do mercado como, por exemplo, deslocamento de mercados e introdução de novos produtos; com isso as decisões de design de território tomadas inicialmente precisam frequentemente ser revisitadas e atualizadas. Se a quantidade de áreas e territórios básicos a serem analisados é abrangente, essa atividade pode ser demasiadamente demorada. Por isso, faz-se necessário a utilização de algoritmos para acelerar o processo (KALCSICS; NICKEL; SCHRODER; 2005).

Os estudos realizados por Zoltners e Sinha (1983) constataram, nas empresas, um aumento na implementação da gestão através da abordagem das decisões de alinhamento do território de vendas em detrimento de qualquer outra decisão de força de vendas. Para justificar essa atitude as empresas alegam três motivos principais. Em primeiro lugar, as empresas recebem regularmente os resultados das decisões de alinhamento do território de vendas, vista que à medida que novos produtos são introduzidos e os mercados vão mudando é necessário ajustar os territórios de vendas. Variações nas vendas, no tamanho e na organização da força de vendas, assim como o anseio de melhorar o desempenho da equipe através de uma melhor cobertura do mercado, da equalização das cargas de trabalho e redução do tempo de viagem trazem à tona a necessidade de realinhar os territórios de vendas. Em segundo lugar, para a maioria das empresas o realinhamento dos territórios de vendas é um processo demorado que demanda muitos homens-meses de dedicação, por isso elas consideram positiva uma abordagem organizada para acelerar este processo. Por último, os modelos para as demais decisões de força de vendas exigem dados que apenas um pequeno percentual das empresas dispõe.

Quando as decisões são bem planejadas, as empresas conseguem penetrar no mercado de maneira eficiente o que leva à redução dos custos e melhora do atendimento ao cliente. Porém, segundo Kalcsics; Nickel; Schroder (2005), na literatura não há muitos trabalhos que abordam problemas de design de território, e os existentes normalmente estão ligados a um tema e aplicação específicos. Entretanto, ao analisar os modelos propostos para aplicações distintas, observam-se muitas semelhanças entre eles. Em vendas, algumas das motivações para realizar o alinhamento de novos territórios ou daqueles já existentes podem ser: variação positiva ou negativa no número de vendas ou de vendedores; obter melhor cobertura com a quantidade de pessoal existente; equilibrar a carga de trabalho de maneira uniforme entre eles e/ou introdução de novos produtos. Ao fazer o design de território para

vendas devem-se considerar três tipos de critérios: organizacionais, geográficos e relacionados com a atividade (KALCSICS; NICKEL; SCHRODER; 2005).

Design de território pode ser usado como equivalente a distritamento, dependendo do contexto do problema, que é um campo de investigação verdadeiramente multidisciplinar que inclui diversas áreas, tais como geografia, ciência política, administração pública e operações de investigação. Podemos generalizar e afirmar que problema de design de território é comum a todos os aplicativos que operam dentro de um grupo de recursos que precisam ser atribuídos de uma forma otimizada, a fim de subdividir a área de trabalho em regiões equilibradas de responsabilidade. Como exemplo, cita-se: entregas, coleta de resíduos, distritalização, escolas, força de vendas e, até mesmo, algumas questões geopolíticas. A maioria dos serviços públicos, tais como hospitais e escolas, são gerenciadas ao longo dos limites territoriais (RÍOS-MERCADO; LÓPEZ-PÉREZ; 2011).

O problema de alinhamento de território em vendas pode ser encarado como o problema de agrupamento de pequenas unidades geográficas de cobertura de vendas em clusters geográficos maiores conhecidos como territórios de vendas, de maneira que estes territórios sejam aceitáveis (ou ideais) conforme critérios de alinhamento gerencialmente relevantes. Condados, áreas de código postal, setores censitários, áreas comerciais de empresas são alguns exemplos de pequenas unidades de cobertura (ZOLTNER; SINHA; 1983).

3. METODOLOGIA

Para identificar o mercado de vendas da Instituição para os Estados da Região Sudeste do Brasil, a abordagem quantitativa tratou dados secundários das bases governamentais quanto aos equipamentos disponíveis por Municípios em cada Estado da Região Sudeste do Brasil. Como a organização procede à entrega gratuita de seu material, a variável preço não foi considerada.

O ambiente de análise contempla o cenário brasileiro da associação sem fins lucrativos, presente em 201 países e territórios, que distribui gratuitamente Bíblias e Novos Testamentos em lugares específicos: hospitais, hotéis, escolas, penitenciárias, quartéis e estabelecimentos públicos. As entregas são feitas pelos associados, uma a uma, somente em determinados lugares (e para as pessoas), previamente aprovados, conforme as diretrizes estabelecidas internacionalmente pela associação.

As bases de dados consideraram as seguintes instituições para os Estados da Região Sudeste do Brasil: alunos de escolas públicas e privadas matriculados na 4ª série, atual 5º ano do ensino fundamental, número de leitos em hospitais, número de unidades de hospedagem em hotéis, e capacidade de detentos nas instituições penais. Os dados foram

coletados na Internet em sites oficiais de órgãos do Governo. O Quadro 01 evidencia a origem dos dados utilizados assim como o período de referência de cada um.

Quadro 01: Informações Sobre os Dados Coletados

Instituição ou Dado	Fonte dos Dados	Período de Referência
Escolas (quinto ano do Ensino Fundamental)	MEC – Ministério da Educação INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira	2012
Hospitais (leitos)	DATASUS - CNES - RECURSOS FÍSICOS - HOSPITALAR - LEITOS DE INTERNAÇÃO – BRASIL	2017
Unidades Prisionais (número de vagas)	MINISTÉRIO DA JUSTIÇA - Departamento Penitenciário Nacional e Fórum Brasileiro de Segurança Pública através do banco de dados do Levantamento Nacional de Informações Penitenciárias do Sistema Integrado de Informações Penitenciárias (Infopen)	Junho/2014
Hotéis – Unidades habitacionais (quartos)	MINISTÉRIO DO TURISMO	4º Trimestre / 2017
População de cada município mineiro (projeção)	Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar)	2020
Unidades de NT a serem entregues (projeção)	Os Gideões Internacionais no Brasil	2020

Fonte: Dados da pesquisa

O cálculo do potencial de mercado para cada município foi realizado em duas etapas, primeiramente calculou-se o potencial de mercado para cada instituição isoladamente e, posteriormente para o município. O potencial de mercado para cada instituição foi calculado utilizando a Equação (1) abaixo:

$$P_{ins} = n \times f \quad (1)$$

Onde:

P_{ins} = Potencial da instituição

n = Número de unidades a serem entregues em todas as instituições deste tipo no município

f = Frequência de entrega naquela instituição conforme Apêndice B.

O potencial de mercado calculado para o município consiste no somatório do potencial obtido para cada instituição que aquela cidade possui, de acordo com a Equação 2:

$$P_{mun} = Pot_{esc} + Pot_{hos} + Pot_{hot} + Pot_{pre} \quad (2)$$

Onde:

P_{mun} = Potencial de mercado total do município

P_{esc} = Potencial de mercado das escolas

P_{hos} = Potencial de mercado dos hospitais

P_{hot} = Potencial de mercado dos hotéis

P_{pre} = Potencial de mercado das instituições carcerárias

Para saber o quanto o potencial de mercado de cada município representa em relação à respectiva população percentualmente utilizou-se a Equação (3):

$$P_{\%} = \frac{P_{mun}}{Pop_{mun}} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

$P_{\%}$ = Potencial de mercado percentual

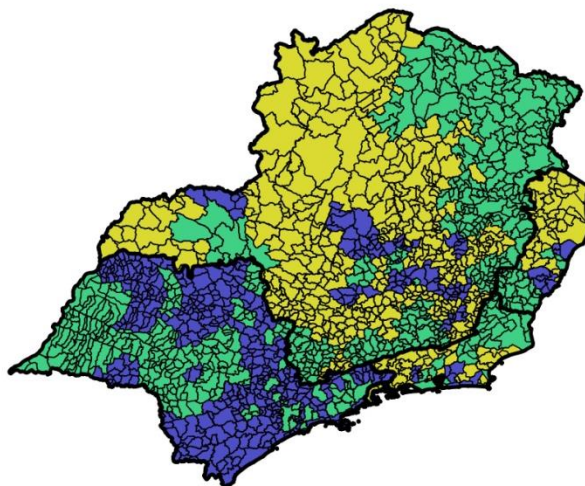
P_{mun} = Potencial de mercado total do município

Pop_{mun} = População do município em 2020

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Com o tratamento dos dados foi possível identificar o mercado absoluto, e caracterizá-lo por quartis por quantidade de material a ser distribuído em cada território, previamente estipulado. A comparação, contudo, não foi feita em relação apenas aos Estados da Região Sudeste, mas em relação a todos os territórios de mercado dentro do próprio Estado. Desta maneira, os territórios com maior potencial de mercado foram apresentados no nível 3 (FIGURA 1).

Figura 1- Mapa de potencial de mercado absoluto

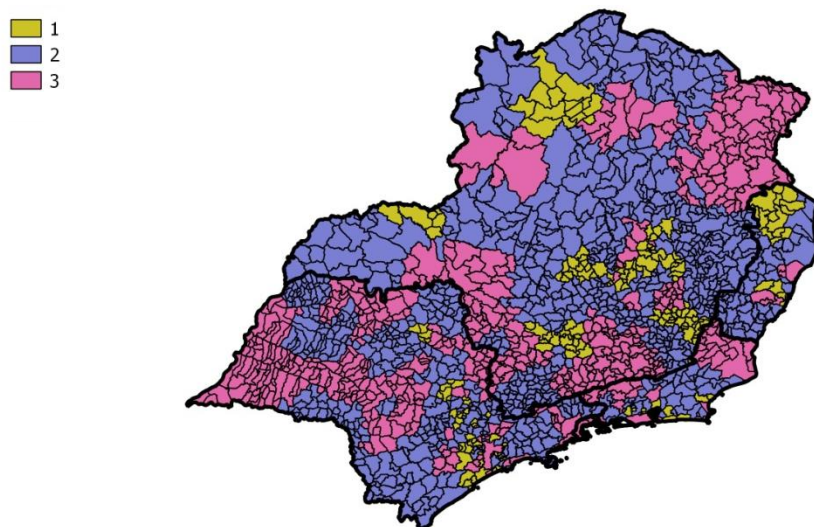


Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Após verificar os resultados do mercado absoluto, foi levado em consideração o quanto o potencial representa em relação à população do território de mercado analisado. A esta

nova visão, denominou-se mercado relativo, que também permitiu hierarquizar os potenciais em três níveis sendo 1, 2 e 3 os respectivos quartis (FIGURA 2).

Figura 2-: Mapa de potencial de mercado relativo

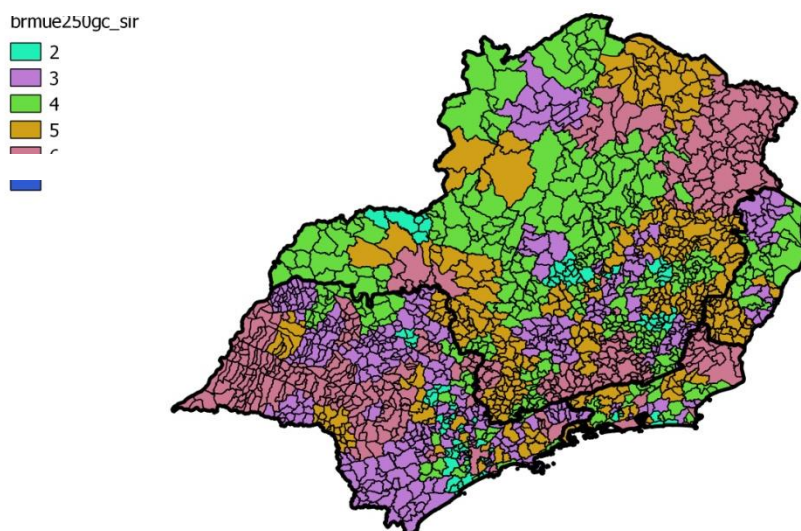


Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

No quartil 3 é possível observar que o potencial é maior do que o número de membros da organização, uma vez que a organização registra tem um número de membros proporcional à população. Portanto, tais territórios de mercado, devem ter maior atenção da sede nacional da organização para que as metas sejam alcançadas.

Finalmente, em confronto aos resultados da análise absoluta e relativa (FIGURA 3), foram somados os níveis de quartis, obtendo-se uma pontuação de 2 a 6, sendo 2 o território que está no primeiro quartil absoluto e também no relativo; e 6 o território que está no terceiro quartil absoluto e também no relativo.

Figura 3- Mapa de potencial de mercado geral



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Contata-se em todos os Estados do Sudeste que, apesar do grande número populacional nas Capitais estaduais, todas obtiveram nota 6, devido à importância e quantidade dos equipamentos públicos e privados (escolas, hotéis, hospitais e presídios) presentes.

Com a análise do cenário registrado, recomenda-se que as metas não sejam feitas somente com base na população das cidades, pois os valores de mercado potencial absoluto estão baseados nos equipamentos públicos e privados, como presídios, hotéis, escolas de ensino fundamental e hospitais. Nestas circunstâncias, é importante considerar que a escolha do local para a localização dos equipamentos públicos, especialmente os presídios e os hospitais regionais, registram influência de escolhas políticas e estudos próprios para definição. Uma das variáveis que apresenta este impacto é, por exemplo, a localização de um grande presídio na região Noroeste do Estado de São Paulo, como apresentado por Cescon e Baeninger (2010), que em Pracinha a população carcerária representa 44% da população do município.

Todas as capitais dos Estados apresentaram índice 6, o que revela alto potencial de mercado. Contudo, na região Nordeste de Minas, por existir baixa densidade populacional, pois de acordo com a metodologia, são cidades com menos de 50 mil habitantes, em uma extensa área geográfica. Assim, os municípios próximos a Teófilo Otoni atenderiam proporcionalmente em maior expressividade a população, apesar de não ser o grupo de territórios com maior volume para a região Sudeste, o que se opõe a capital Paulista. Outro caso de destaque é a cidade de Vitória, que apresenta um expressivo número de equipamentos mapeados pelo modelo, pela presença de leito dos hospitais e hotéis.

Entretanto, a capital do Espírito Santo apresenta uma baixa densidade populacional equiparada às demais capitais da região Sudeste.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados, foi feita a análise da relação confrontando os resultados apresentados pela Instituição para as metas a serem alcançadas em 2020. Ao confrontar os dados foi possível identificar que o desdobramento das metas por distribuição uniforme, ou seja, aplicação do percentual de crescimento esperado em proporcionalidade à meta nacional é inadequado, ao considerar o potencial de mercado. Em alguns territórios existia um superdimensionamento da meta enquanto em outros foi possível notar uma subestimação do potencial.

Os resultados favorecem a otimização de recursos por definir os territórios de mercado com maior potencial de mercado absoluto e relativo; confrontadas com as metas estabelecidas pela sede internacional da organização. A distribuição anterior era proporcional ao número de habitantes em cada território da Região Sudeste, e a proposta considera mais variáveis. A metodologia adotada foi favorável ao desenvolvimento da pesquisa e o uso do dimensionamento espacial favoreceu a interpretação dos dados apresentados.

REFERÊNCIAS

CEDEPLAR. **Estimativas de população para o Brasil: total do país, unidades federativas e municípios, 2010-2030**. 2014.

CESCON e BAENINGER. **Cidades Carcerárias: Migração e Presídios em Regiões de São Paulo. XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais**. Caxambu – MG, 2010.

COBRA, Marcos. **Administração de Vendas**. 4ed. São Paulo: Atlas, 1994.

DATASUS. CNES - RECURSOS FÍSICOS - HOSPITALAR - LEITOS DE INTERNAÇÃO – BRASIL. <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?cnes/cnv/leintbr.def>> .2017

DAVIES, R. L.; ROGERS, D. S. **Store location and store assessment research**. John Wiley & Sons Ltd: New York, 1984.

ERICKSON, Leo G. **Potencial de vendas: conceito e determinação**. Rev. adm. empres. 1961, vol.1, n.2, pp.85-106.

FARRIS, P. W. B.; NEIL T.; PFEIFER, P. E.; REIBSTEIN, D. J. **Métricas de Marketing: mais de 50 métricas que todo executivo deve dominar**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

IBGE. **Censo Demográfico 2010: Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência**. 2010

KALCSICS, J.; NICKEL, S.; SCHRODER, M. **Towards a Unified Territory Design Approach** – Applications, Algorithms and GIS Integration. Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 71 - January 2005.

KOTLER, P.; KELLER, Kevin L. **Administração de marketing**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

MEC - INEP. Cadastro das Matrículas da Região Sudeste(1) ... <URL: http://repositorio.dados.gov.br/educacao/CADASTRO_MATRICULAS_REGIAO_SUDESTE_S_P_2012.csv>. Referente a São Paulo. 2012.

MEC - INEP. Cadastro das Matrículas da Região Sudeste(2) ... http://repositorio.dados.gov.br/educacao/CADASTRO_MATRICULAS_REGIAO_SUDESTE_M_G_2012.csv .Referente a Minas Gerais. 2012.

MEC - INEP. Cadastro das Matrículas da Região Sudeste(3) ... <URL: http://repositorio.dados.gov.br/educacao/CADASTRO_MATRICULAS_REGIAO_SUDESTE_E_S_RJ_2012.csv>. Referente ao Rio de Janeiro e Espírito Santo. 2012

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA. Censo das unidades prisionais e dados agregados. <http://www.justica.gov.br/seus-direitos/politica-penal/transparencia-institucional/estatisticas-prisional/base-de-dados-infopen-csv.csv>. 2014

MINISTÉRIO DO TURISMO. Meios de Hospedagem - 4º Trimestre/2017 <http://turismo.gov.br/dadosabertos/cadasturpj/MeiodeHospedagem201704TrimestreCadasturPJ.csv>. 2017

RÍOS-MERCADO, Roger Z.; LÓPEZ-PÉREZ, J. Fabían. **Commercial Territory Design Planning with Realignment and Disjoint Assignment Requirements**. Omega, Elsevier, vol. 41(3), pages 525-535, 2013.

ZOLTNERS, Andris A.; SINHA, Prabhakant. **Sales Territory Alignment: A Review and Model**. Management Science, Vol. 29, Nº 11, November 1983.

Capítulo 17

CONVERSÃO DE MODELO QUALITATIVO EM
QUANTITATIVO DE UM AGLOMERADO PRODUTIVO
LOCAL USANDO DINÂMICA DE SISTEMAS

Pedro Vieira de Souza Junior
Maria Aparecida Fernandes Almeida,
Paula Karina Salume

Conversão de modelo qualitativo em quantitativo de um aglomerado produtivo local usando dinâmica de sistemas

*Pedro Vieira de Souza Junior
Maria Aparecida Fernandes Almeida,
Paula Karina Salume*

RESUMO

Os Diagramas de Laços Causais (DLC) captam e comunicam questões dinâmicas de forma concisa, mas não fornecem uma representação detalhada da estrutura que produz a dinâmica. Os Diagramas de Estoques e Fluxos (DEF) fazem com que o pensamento sobre o ciclo causal seja mais rigoroso. Assim, no desenvolvimento dos DEF, verifica-se a necessidade de determinar quais variáveis estão faltando e precisarão ser adicionadas a um modelo mental de causas e efeitos, que podem equilibrar ou desequilibrar um sistema. Este trabalho apresenta o estudo da conversão, com auxílio do software Anylogic®, de um DLC proposto por Salume (2016), para análise de dimensões de governança em uma aglomeração produtiva em um DEF. Os resultados revelaram os vínculos entre as abordagens “soft” (DLC) e “hard” (DEF), demonstrando a aplicabilidade da dinâmica de sistemas como ferramenta de apoio a tomada de decisões e estabelecimento de contramedidas antes da realidade simulada.

Palavras-chave: Dimensões de Governança. Aglomerações Produtivas. Dinâmica de Sistemas. Diagramas de Laços Causais. Diagrama de Estoques e Fluxos.

1. INTRODUÇÃO

Grande parte das decisões gerenciais é baseada em modelos mentais. Os modelos mentais podem incluir efeitos deletérios na consideração das diversas partes dos sistemas, que podem não ser bem compreendidos. A Dinâmica de Sistemas (DS) oferece uma compreensão mais ampla do sistema em estudo, auxiliando no desenvolvimento de modelos mentais e formalizando-os para a simulação computacional. Dentre diversas ferramentas da DS, os Diagramas de Laços Causais (DLC) focalizam os modelos mentais de captura de causalidade dos fatos e os efeitos de realimentação em um sistema na forma qualitativa. Os DLC são utilizados antes da simulação de um sistema, para descrever os mecanismos causais básicos como referência do comportamento ao longo do tempo. Os DLC também

formam uma conexão entre a estrutura e as decisões que geram o comportamento do sistema (BINDER, 2004).

A outra notação comum na DS para descrição de um sistema são os Diagramas de Estoques e Fluxos (DEF). Proponentes dos DEF criticam a ambiguidade e a falta de detalhe dos DLC que impedem a simulação. Entretanto, autores como Binder (2004) propõem o uso dos DLC para "brainstorming" e a mudança para um DEF para modelar o sistema com exatidão. O DEF, incluindo realimentações de um sistema, determina os modos de comportamento que o sistema pode assumir (os parâmetros determinam os detalhes). O DEF particulariza o DLC quantitativamente.

Este trabalho apresenta um protótipo da conversão dos modelos qualitativos de relações causais entre dimensões da governança em aglomerações produtivas, propostos por Salume (2016), em uma abordagem quantitativa, por meio do uso de Diagrama de Estoques e Fluxos (DEF) da DS.

A seção 1 deste trabalho apresenta a introdução e objetivos do trabalho. A seção 2 mostra o referencial teórico sobre a construção de DLC e DEF. A seção 3 apresenta a metodologia do trabalho, considerando o modelo genérico DLC das dimensões de governança, conforme proposto por Salume (2016). A seção 4 apresenta o protótipo de conversão do modelo DLC para DEF em uma aglomeração produtiva do setor de pedras, gemas e joias do estado do Rio Grande do Sul. A seção 5 apresenta as considerações finais do trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Desenvolvida por Jay Forrester (1961), a DS estuda as características de realimentação da atividade industrial para mostrar como a estrutura organizacional, a amplificação (em políticas) e os atrasos de tempo (em decisões e ações) interagem para influenciar o sucesso de a empresa. Em DS, duas formas de modelagem são empregadas para caracterizar um sistema:

- Abordagem *Soft* é baseada nos DLC utilizando-se de uma perspectiva mais qualitativa. A modelagem qualitativa é fundamentada em crenças e suposições do modelador sobre como o sistema trabalha.
- Abordagem *"Hard"* se caracteriza pela utilização de DEF, fornecendo uma perspectiva mais quantitativa. O modelo quantitativo surge a partir do DLC.

2.1 Abordagem Soft: Diagrama de Laços Causais (DLC)

A visão do mundo através de uma lente estrutural permite o entendimento de como as coisas realmente funcionam. Há um interesse em se construir as estruturas causais que produzem o comportamento observado. Os DLC são úteis para visualização do sistema em

alto nível fornecendo um primeiro passo para a análise sistêmica de um problema. Uma das principais vantagens da modelagem com DLC é a discussão intensa que pode ser gerada em torno das variáveis importantes e como elas se relacionam.

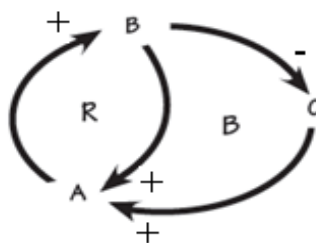
Para abordar um problema com DS é preciso descrever o comportamento do sistema como um número de laços de realimentação interativos, equilibrando ou reforçando e talvez atrasando estruturas (BIEßLICH, 2014). Os DLC indicam realimentações no sistema que está sendo representado. Uma determinada mudança no sistema inicia um conjunto de outras mudanças em cascata por fatores que reforçam ou equilibram a alteração original.

Os DLC consistem em fatos e ligações que os conectam. Qualquer ligação tem anotações sobre sua polaridade e atraso. A polaridade indica se uma dependência tem polaridade positiva (se a causa aumentar, o efeito também aumentará em comparação com a situação onde a causa não mudou) ou polaridade negativa (se a causa aumentar, o efeito irá diminuir em comparação com a situação onde a causa não mudou).

Os DLC abarcam também variáveis (coisas, ações ou sentimentos) conectadas por ligações causais (setas), com polaridades (+ e - sinais) e atrasos. Juntos, esses criam laços de realimentação positivos e negativos, os quais descrevem os círculos de causa e efeito que assumem uma vida própria (Figura 1). Os DLC, conforme The Systems Thinker (1991), são compostos de:

- a) **Variáveis:** um elemento em uma situação que pode agir ou ser colocado sob ação. Na Figura 1, a variável A sofre influência das variáveis C e B e influencia B.
 - b) **Ligações** ("Links"): as setas representam o relacionamento e a direção da influência entre as variáveis.
 - c) **Direções:** indicam a maneira como uma variável se move ou muda em relação a outra.
 - Símbolo ("+") significa mesma direção;
 - Símbolo ("-") significa direção oposta;
 - Laço B: laço de realimentação de balanceamento ("balancing feedback loop") que busca o equilíbrio;
 - Laço R: laço de realimentação de reforço ("reinforcing feedback loop"), que amplifica a mudança.
-

Figura 1 - Diagrama de Laços Causais



Fonte: THE SYSTEMS THINKER (1991)

Os DLC podem ser pensados como frases que são construídas identificando as variáveis chaves em um sistema (os substantivos) e indicando as relações causais entre elas por meio de ligações (os verbos). Os passos para criação de um DLC, segundo Lannon (2008), são resumidos a seguir:

- I. **Criação dos nomes de variáveis:** identificar os substantivos - ou variáveis - que são importantes para a questão.
- II. **Desenho das ligações:** preencher os verbos, vinculando as variáveis e determinando como uma variável afeta a outra.
- III. **Rotulação do laço:** determinar qual tipo de comportamento é produzido. Existem dois tipos básicos de laços causais: reforço e equilíbrio. Em um laço de reforço, a mudança em uma direção é agravada por mais mudanças. Em contraste, os laços de equilíbrio, contam mudanças em uma direção com a mudança na direção oposta.
- IV. **Verificação:** verificar o caminho dos laços para assegurar se os mesmos captam o comportamento que está sendo descrito.

Ao vincular vários laços, cria-se uma história concisa sobre um determinado problema.

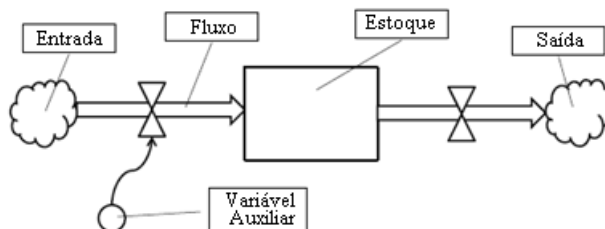
2.2 Abordagem “Hard”: Diagrama de Estoques e Fluxos (DEF)

Uma análise em DS pode ser subdividida em três etapas. Primeiro, a geração de um DLC, que será transferido para um DEF em uma segunda etapa e, finalmente, a formulação de um modelo matemático. Para transferir o DLC para um DEF, os elementos devem ser distinguidos por seus atributos, mostrados na Figura 2 (BIEßLICH, 2014):

- a) **Entrada-fonte** (entrada padrão): parâmetros constantes do sistema, influências ambientais exógenas e valores iniciais de estoque.
- b) **Estoques** (níveis): indicam o estado atual do sistema por inteiro.
- c) **Fluxos:** atividades que produzem crescimento ou redução do estoque.

- d) **Variáveis auxiliares:** calculáveis por valores de entrada padrão ou valores de estoque com base em funções algébricas, de lógica ou de planilhas.
- e) **Saída:** reflete a saída do sistema.

Figura 2 - Diagrama de Estoques e Fluxos



Fonte: Adaptado pelos autores, a partir de Bießlich (2014)

O processo de conversão inclui os seguintes passos, conforme proposto por (ARONSON, ANGELAKIS, 1999):

- I. **Especificar as unidades de todas as variáveis:** identificar todas as variáveis contidas no DLC.
- II. **Identificar e criar os estoques:** determinar quais variáveis do DLC representam ações.
- III. **Criar os fluxos:** os fluxos são as variáveis que se somam ou subtraem dos estoques. Apenas um fluxo pode aumentar ou diminuir um estoque, então se uma variável está diretamente influenciando um estoque e é uma função do tempo, pode ser um fluxo.
- IV. **Conectar fluxos a estoques e estoques a fluxos (se necessário):** conectar todos os fluxos aos estoques que eles influenciam.
- V. **Adicionar e vincular variáveis restantes:** adicionar quaisquer variáveis do diagrama de laços causais que não foram identificadas anteriormente como ações ou fluxos. Essas variáveis "auxiliares" são de dois tipos: variáveis cujo valor não muda em todo o período de tempo denominadas "constantes", e variáveis que simplesmente representam os cálculos baseados em ações e fluxos.
- VI. **Definir estoques e fluxos e verificar unidades:** definir formalmente as variáveis especificando a equação que permite calcular o valor de uma cada uma.
- VII. **Criar e vincular quaisquer variáveis adicionais:** depois de ter determinado que os estoques e os fluxos têm as unidades adequadas, examinar as outras variáveis.

Depois de ter definido todas as variáveis necessárias e verificadas todas as unidades consistentes, conclui-se a conversão do DLC para DEF. Em geral esta conversão é desenvolvida com o auxílio de uma ferramenta computacional.

3. METODOLOGIA

O presente artigo adotou como referência o trabalho de trabalho Salume (2016), o qual analisou as dimensões da governança sob a perspectiva da abordagem dinâmica, no contexto do Polo Joalheiro do Pará e No Arranjo Produtivo Local (APL) de pedras, gemas e joias do Rio Grande do Sul.

Na pesquisa, a autora propõe três dimensões de governança para estudo dos arranjos produtivos, conforme Quadro 1:

Quadro 1 – Dimensões da Governança

DIMENSÃO	ELEMENTOS
Dimensão Contextual	Composta pelos elementos ambiente, compartilhamento, macro cultura, confiança, características das firmas e tamanho e escopo.
Dimensão Estrutural	Inclui a análise dos elementos tais como centralização, especialização e formalização.
Dimensão Instrumental	Composta pelos elementos coordenação, incentivos e controle.

Fonte: Salume (2016)

Ao contemplar os elementos da governança no Polo Joalheiro do Pará e no APL de pedras, gemas e joias do Rio Grande do Sul, Salume (2016) desenvolveu uma análise cruzada dos casos, a partir da interpretação comparativa do nível de intensidade dos elementos em cada uma das aglomerações, em duas fases temporais de gestão. A partir dessa análise, definindo as relações que considerou relevantes no comparativo das aglomerações estudadas, Salume (2016) propôs, usando a abordagem Soft da dinâmica de sistemas com DLC, um modelo genérico contendo as dimensões de governança (Figura 3), descrito pela autora da seguinte forma:

“... O modelo básico buscou revelar, a partir dos principais componentes do sistema (ou loops), como as dimensões da governança podem afetar o desempenho da aglomeração e, conseqüentemente, a evolução da mesma. Para os propósitos do presente estudo, consideraram-se os componentes loop 1 (L1) – dimensão contextual; loop 2 (L2) – dimensão instrumental; e loop 3 (L3) – dimensão estrutural, como um processo não sequencial, tendo sido adotado um ponto de partida para estabelecer a inter-relação dos elementos e as

ligações de cada parte do sistema a outras partes, dentro de um ambiente geral. Os “recursos” (L1 - dimensão contextual) foram adotados como elemento precursor do sistema, pelo entendimento de que pode funcionar como evento catalisador para ocorrência de “incentivos” (L2 - dimensão instrumental), direcionados para o fomento da atividade vinculada ao recurso disponível, em determinada região...”

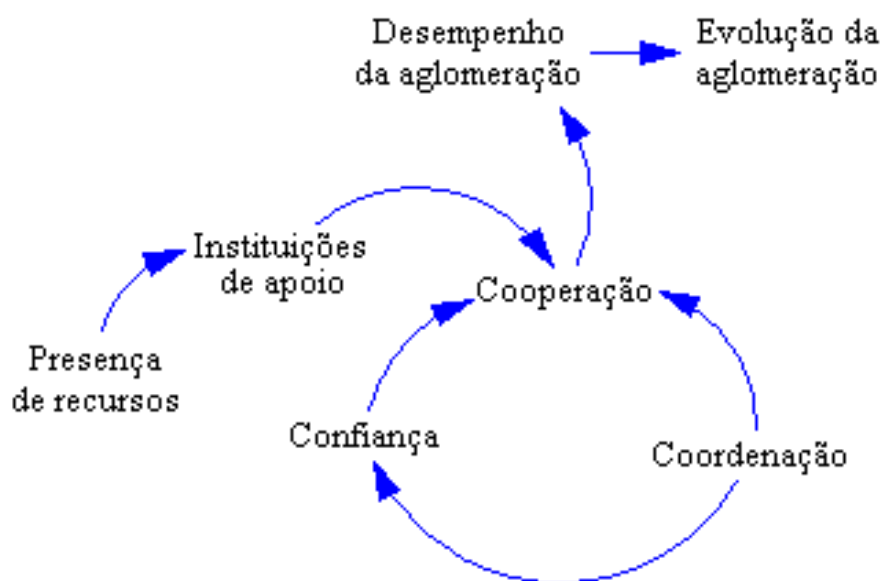
Figura 3 – Modelo genérico das dimensões da governança



Fonte: Salume (2016)

O referido modelo genérico (de relações causais) das dimensões da governança foi aplicado ao contexto do Polo Joalheiro do Pará e do APL de pedras, gemas e joias do Rio Grande do Sul, o que permitiu indicar como as relações causais existentes entre elementos influenciam as diferentes formas de governança e estas impactam na trajetória das aglomerações de empresas do setor de gemas e joias. Salume (2016) apresenta ainda um modelo sintético (Figura 4), o qual objetiva mostrar as principais relações entre os elementos da governança, que poderiam aproximadamente prever o potencial de evolução das aglomerações de empresas do setor de gemas e joias.

Figura 4 – Modelo Sintético das principais relações entre os elementos da governança



Fonte: Salume (2016)

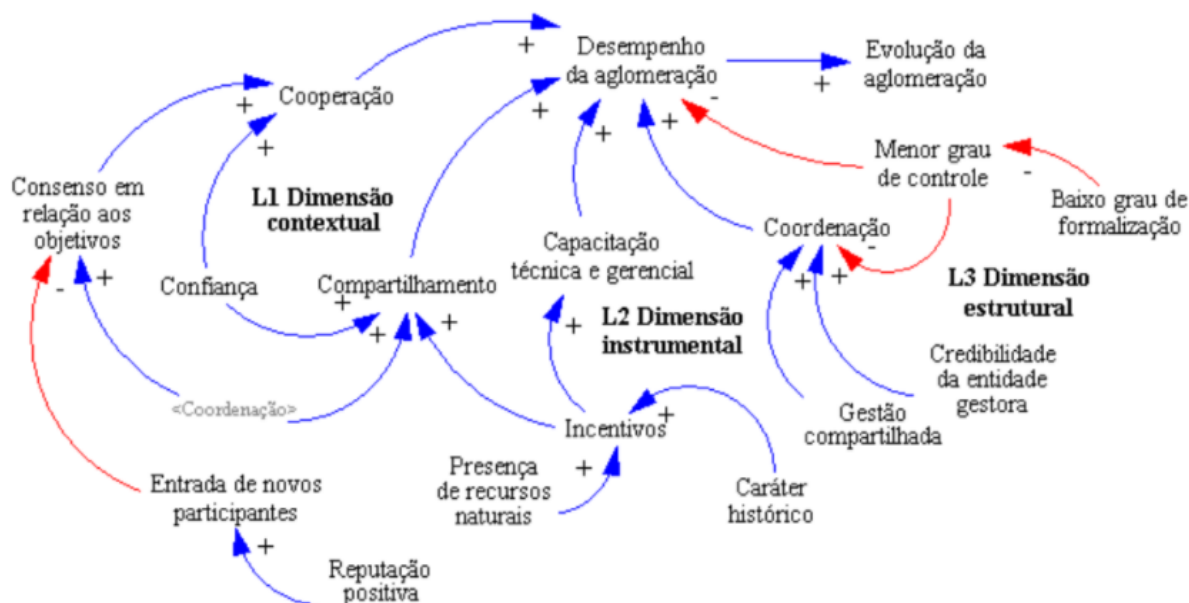
Como objeto de estudo foi escolhido para a conversão em um DEF o modelo DLC proposto por Salume (2016), no contexto do APL de pedras, gemas e joias do Rio Grande do Sul – Fase 1 (Figura 5), que foi convertido com auxílio do software Anylogic®.

A primeira fase da construção do DEF foi a identificação das variáveis e acumulações. Na segunda etapa foram determinados os estoques representativos das ações envolvidas na composição das dimensões de governança do referido APL. Por fim, criaram-se os fluxos com as ponderações do modelo mental do DLC.

4. CONVERSÃO DO MODELO DLC DE SALUME PARA UM DEF

O DLC desenvolvido por Salume (2016) fornece uma descrição geral do comportamento e interações que ocorrem no sistema. Com a análise do diagrama (Figura 5), é interessante analisar as consequências de tais interações em relação a evolução no APL e possíveis cenários oriundos das relações causais mapeadas.

Figura 5 – Relações causais entre as dimensões da governança no APL de Pedras, Gemas e Joias do Rio Grande do Sul: fase 1



Fonte: Salume (2016)

Em virtude do desenvolvimento do DLC e suas principais relações de causa e efeito, torna-se necessário quantificar e verificar o comportamento dos elementos do sistema quando submetido a oscilações no decorrer do tempo.

As Figuras 6 e 7 apresentam a conversão do DLC, apresentado na figura 5, para um DEF, com o auxílio do Anylogic®. Os elementos do DLC foram posicionados, inicialmente, de forma estática na interface do software para melhor compreender o comportamento do modelo (Figura 6).

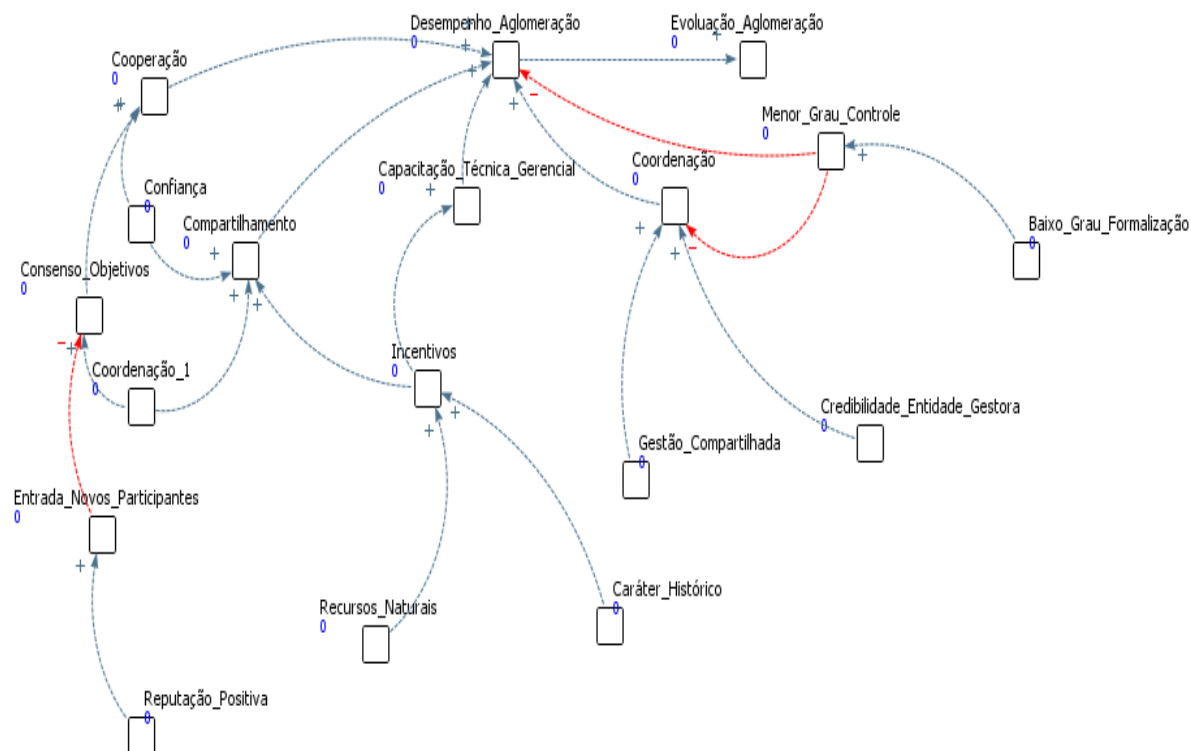
Os elementos do modelo descritos por Salume (2016) possuem atributos que sofrem alterações em função do tempo, portanto, podem ser representados por acumuladores. De modo geral, cada loop de um DLC engloba no mínimo um acumulador.

Uma característica inerente aos acumuladores é que eles sofrem alterações com o passar do tempo. Assim sendo, ao “congelar” o sistema é possível identificar o que poderia ser contado e atribuir uma representação de estoque (THE SYSTEMS THINKER, 1991). Por exemplo, a credibilidade da entidade gestora depende do seu desempenho e resultados alcançados em um dado período de tempo.

Em seguida, é necessário identificar os fluxos que são basicamente válvulas que controlam o fluxo do conteúdo fora ou dentro do acumulador. Segundo The Systems Thinker (1991) para localizar fluxos, é necessário identificar oscilações nos acumuladores. Para garantir a produtividade, as empresas integrantes do APL precisam transformar recursos

naturais, com objetivo de agregar valor e garantir o comércio na região. Portanto, há um fluxo de saída (consumo) de recursos para fora do modelo. A Figura 6 apresenta a tela do software Anylogic® com o modelo estático do DEF proposto. Os quadrados representam acumuladores, as setas os fluxos.

Figura 6 - Modelo estático das relações causais entre os elementos das dimensões da governança

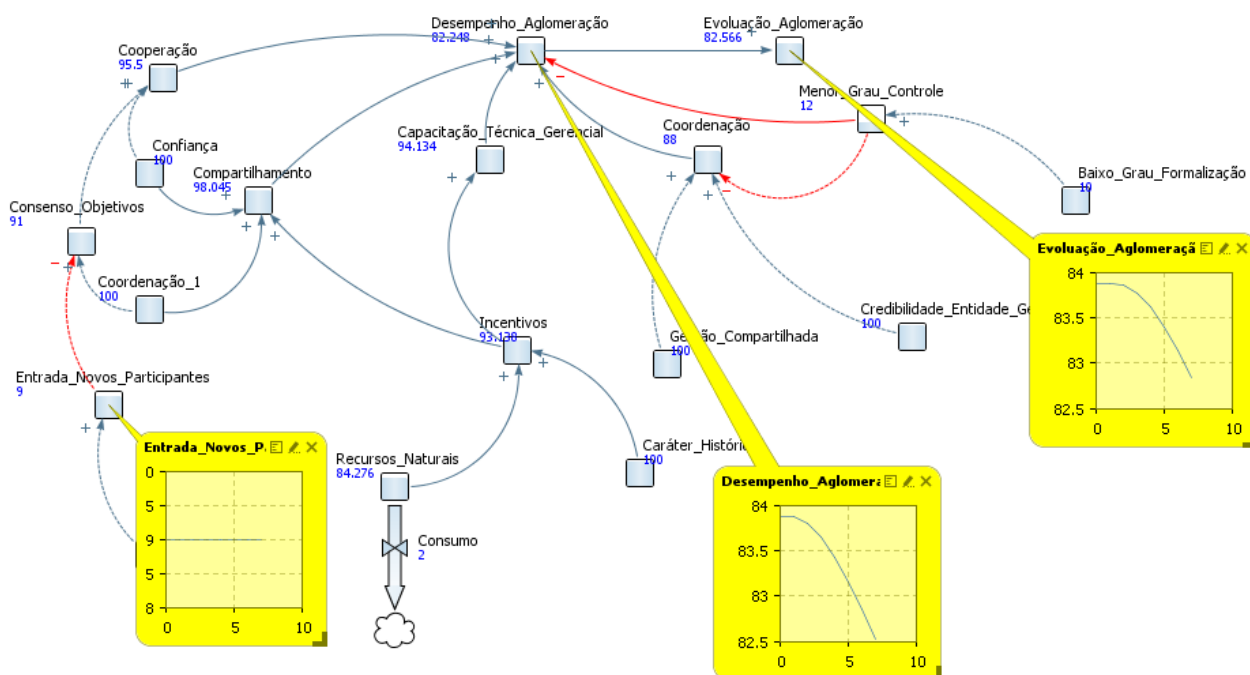


Fonte: Elaborado pelos autores

Além da identificação dos fluxos e acumuladores, é interessante determinar outras relações e elementos que podem ser associados ao modelo, para ampliar sua precisão na representação da realidade. Ao estabelecer as fronteiras do modelo delimitadas pelas dimensões de governança descritas por Salume (2016), é possível estabelecer interações lógico-matemáticas condicionadas pelas relações entre os elementos. Assim, as equações foram introduzidas no modelo levando-se em consideração a média das conexões de impacto positivo subtraídas das conexões de impacto negativo.

De acordo com The Systems Thinker (1991), após o estabelecimento de equações e valores numéricos, é necessário testar se as interações estabelecidas conseguem “contar uma história”, ou seja, descrever o comportamento do sistema de forma satisfatória dentro da consistência das dimensões propostas.

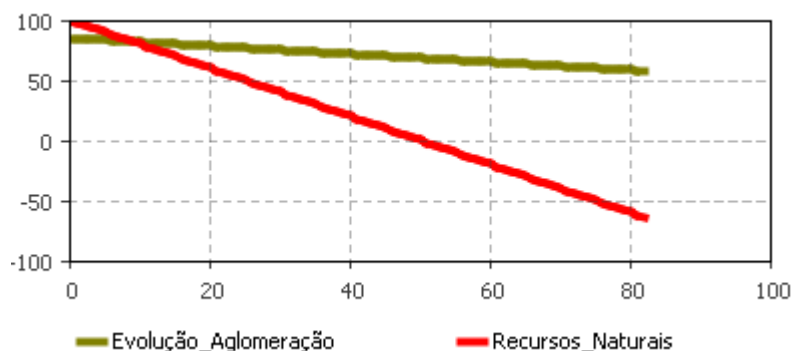
Figura 7 - Diagrama de Estoques e Fluxos proposto



Fonte: Elaborado pelos autores

A análise conduzida, considerando uma quantidade finita de recursos naturais explorados apenas na região, ocasiona um decréscimo na evolução do APL, à medida que os recursos naturais vão diminuindo (Figura 8). Tal fato pode ser justificado pela diminuição da produtividade da região devido à redução no volume de insumos para a transformação. Os gráficos apresentados em cada estoque representam as iterações especificadas e os valores dos parâmetros que são calculados de acordo com as expressões definidas de balanceamento e reforço nos DLC proposto por Salume (2016). Na Figura 7 podem ser vistos os resultados em forma gráfica dos principais parâmetros do modelo “hard” proposto. No gráfico *Entrada de novos Participantes* observa-se o comportamento de declínio dos recursos naturais quando é aumentado o consumo dos mesmos influenciado por este aumento de participantes. No gráfico *Desempenho da aglomeração* pode ser vista a diminuição deste parâmetro como influência do menor grau de controle. Do mesmo modo o gráfico *Evolução da aglomeração* também apresenta que seu declínio pela diminuição do desempenho da aglomeração.

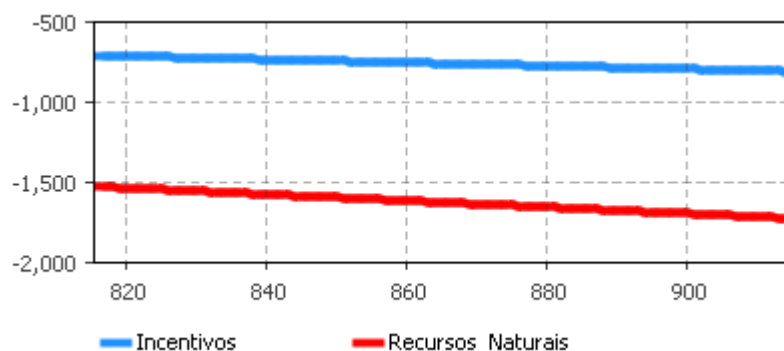
Figura 8 – Relação entre Consumo de Recursos e Evolução no APL Durante a Execução do Modelo



Fonte: Obtido dos dados das simulações (Elaborado pelos autores)

Com a baixa movimentação do mercado é possível observar que a entrada de novos participantes permanece inalterada Figura (9), evidenciando falta de atratividade econômica na região. Os incentivos governamentais também tendem a diminuir, ocasionando um impacto direto na capacitação técnica dos envolvidos na geração de valor do APL.

Figura 9 – Relação entre Consumo de Recursos e Evolução no APL Durante a Execução do Modelo



Fonte: Obtido dos dados das simulações (Elaborado pelos autores)

Seguindo a linha de raciocínio do cenário proposto, com o fim dos recursos naturais, o sistema converge para o colapso com um desenvolvimento negativo e paralisação completa do comércio. Os resultados indicaram que o modelo DEF confirma o modelo DLC proposto por Salume (2016). Os detalhes de implementação e construção das equações foram omitidas aqui para simplificação e melhor entendimento do trabalho.

Vale ressaltar que o DEF desenvolvido aqui não explora a totalidade das possíveis interpretações do pensamento sistêmico sobre as Dimensões de Governança de APL do modelo proposto por Salume (2016).

5. CONCLUSÕES

Os Diagramas de Laços Causais (DLC) e Estoque e Fluxos (DEF) são ferramentas valiosas, mas são fundamentalmente diferentes. DLC são úteis para a análise sistêmica de um problema. Os DEF levam a análise a um maior nível de rigor. Ao contrário dos DLC, os DEF diferenciam-se pelas partes do sistema. Geralmente, DEF incluem mais detalhes sobre os elementos do sistema do que os DLC - por exemplo, as variáveis adicionais não são representados nos DLC.

Uma das principais vantagens da modelagem com sistemas de ferramentas de DLC ou DEF é como as variáveis se relacionam. Os DLC podem ser pensados como um mapa simplificado das conexões em um sistema fechado de relações de causa e efeito.

Segundo Wardman e Kim (2012), um princípio comum do pensamento sistêmico é que não há ausência. Mapear um sistema em termos de acumuladores e fluxos pode auxiliar a representação visual da estrutura de um sistema e identificar a fonte de problemas.

Uma das principais vantagens da modelagem de sistemas com ferramentas DLC e DEF é a discussão intensa que pode ser gerada em torno de variáveis importantes e como elas se relacionam. Nesta primeira construção do DEF, a partir do DLC proposto por Salume (2016), procurou-se demonstrar as possibilidades do uso das abordagens “hard” e “soft” como complementares.

Com a modelagem “hard” foi possível atribuir valores para elementos até então abordados de forma qualitativa, além de evidenciar com o todo e as partes se ajustam para conceber o comportamento. Ao complementar a abordagem “soft” com a simulação computacional foi possível conter a realidade em um ambiente temporal controlável e de fácil alteração.

A análise conduzida no presente trabalho evidência os vínculos entre as abordagens “hard” e “soft”, demonstrando também a aplicabilidade da dinâmica de sistemas como ferramenta de apoio a tomada de decisões e estabelecimento de contramedidas antes da realidade simulada.

A abordagem “hard” possibilitou ainda identificar um cenário que converge para instabilidade. Com a evolução do APL cada vez menor, a movimentação do mercado tende a ser diretamente proporcional, subsidiando uma provável redução nos incentivos oferecidos pelo governo, contribuindo para a estagnação da entrada de novos empreendedores no segmento de joias, gemas e pedras na região.

Trabalhos futuros poderão abordar outros aspectos que reforçam ou desequilibram as dimensões de governança de uma aglomeração produtiva, analisando a dinâmica do sistema referente a outras influências que vão além dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

ARONSON, Daniel; ANGELAKIS, Daniel. **Step-By-Step Stocks and Flows: Converting From Causal Loop Diagrams**, The Systems Thinker, Pegasus Communications, vol. 10, May, 1999.

BIEßLICH, Peter; SCHRÖDER, Matthias; GOLLNICK, Volker; LÜTJENS, Klaus, A System Dynamics Approach to Airport Modeling, **14th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference** Atlanta, GA, 2014.

BINDER, T.; VOX, A.; SALIM, B.; HARALDSSON, H.; SVENSSON, M. Developing System Dynamics Models From Causal Loop Diagrams, In: **Proceedings** of the 22nd International Conference of the System Dynamics Society, 2004.

FORRESTER, Jay W. **Industrial Dynamics**, Waltham, MA: Pegasus Communications, 1961, 464p.

LANNON, Colleen. **A Beginner's Guide to Systems Thinking**, Westford, Pegasus Communications, Inc., 2008.

SALUME, Paula Karina. **Governança em Aglomerações Produtivas sob a Perspectiva da Abordagem Dinâmica: um estudo multicaso no segmento de gemas e joias**, Tese (Doutorado), 2016, 190f. - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Administração, Belo Horizonte.

THE SYSTEMS THINKER, **A Palette of Systems Thinking Tools**, v.1, n. 3, August, 1991.

WARDMAN, K.; KIM, D. **Managing with Accumulators and Flows**, The Systems Thinker, Pegasus Communications, vol. 23, November, 2012.

Capítulo 18

MANUTENÇÃO PREDIAL: ESTUDO COMPARATIVO DE
VIABILIDADE ENTRE TERCEIRIZAÇÃO E PRIMARIZAÇÃO
DE SERVIÇOS

Marina Rocha
Ludmila Monteiro Maia,
José Luiz Silva Ribeiro
Alessandra Lopes Carvalho

Manutenção predial: estudo comparativo de viabilidade entre terceirização e primarização de serviços

*Marina Rocha
Ludmila Monteiro Maia,
José Luiz Silva Ribeiro
Alessandra Lopes Carvalho*

RESUMO

Diante do alto custo com serviços terceirizados na área de manutenção predial, o presente estudo vem propor melhorias no processo, com o desenvolvimento de uma equipe interna, denominada facilities em busca de ganho financeiro, agilidade e maior controle dos cronogramas de manutenção. Com base em dados comparativos entre as manutenções realizadas por serviços terceirizados e por uma equipe interna, serão demonstradas todas as vantagens e desvantagens de efetivação da proposta. Após toda a análise realizada, estudadas as vantagens que ambas as opções oferecem, propõe-se uma parceria entre terceirização e primarização, na qual se utiliza o melhor de cada um dos dois modelos para melhorias na manutenção predial.

Palavras Chave: Valor Presente Líquido. Manutenção. Custos.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo do presente trabalho é propor melhorias na área de manutenção predial, diante do alto custo com serviços terceirizados, por meio do desenvolvimento de uma equipe interna, buscando-se a redução de custos, agilidade e maior controle dos cronogramas de manutenção.

A metodologia adotada foi o estudo de casos reais da concessionária Via 040, responsável pela gestão do trecho de aproximadamente 936 km da BR-040 compreendido entre Brasília (DF) e Juiz de Fora (MG), abrangendo 35 municípios. Nessa concessão está previsto a recuperação, operação, manutenção, conservação, implantação de melhorias e ampliação do sistema rodoviário.

A manutenção predial preventiva na Via 040 é feita por meio de terceiros, utilizando-se de cronogramas que devem ser cumpridos. As pequenas manutenções prediais corretivas são realizadas por colaboradores internos. No entanto, observa-se um grande custo com a manutenção preventiva realizada pelos terceiros e o não aproveitamento integral dos colaboradores internos, tendo em vista que hoje este último grupo é muito limitado a realizar certos tipos de atividades, devido à falta de treinamentos específicos.

De acordo com dados levantados na empresa, os serviços prestados representam um alto impacto na infraestrutura e no desenvolvimento das regiões incluindo inspeção viária, centro de controle operacional, SOS mecânico, posto de atendimento, apreensão de animais, combate a incêndios e ouvidoria.

Para qualquer tipo de serviço prestado para a empresa existe grande desafio logístico, visto que todas as dependências estão distribuídas entre 936 km, além de que muitos destes lugares se encontram em regiões afastadas de cidades desenvolvidas, dificultando ainda mais o desenvolvimento e atendimento de parceiros em regiões próximas, gerando custos elevados de deslocamento.

Neste sentido, a proposta desse estudo é validar a viabilização das atividades que possam ser transferidas de terceiros para os colaboradores internos. Levando-se em consideração todos os treinamentos e equipamentos necessários para o desenvolvimento da equipe, em busca de atendimento mais rápido, eficaz e viável, sem deixar de lado a qualidade do serviço prestado.

Neste trabalho serão apresentados dados comparativos entre as manutenções realizadas pelos terceiros e pelos colaboradores internos, demonstrando todas as vantagens e desvantagens de cada ponto tratado por meio de análises, comparações de viabilidade financeira e contextualizando com conceitos da engenharia de manutenção.

De acordo com Lima, Santos e Sampaio (2010), a manutenção vem sofrendo frequentes mudanças em função das diretrizes que buscam ações sustentáveis e serviços prestados com maior valor agregado.

Com o objetivo de dar suporte às empresas nesta abordagem e objetivando a aplicação da manutenção cada vez mais eficaz, foram desenvolvidas algumas análises dos sistemas de gestão da manutenção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A manutenção se faz necessária em uma empresa para garantir sua qualidade, funcionamento normal e também evitar possíveis falhas. Segundo Xenos (2004), a manutenção tem por objetivo garantir o devido funcionamento dos equipamentos. Dessa forma, é possível reduzir a probabilidade de falhas causadas pelo desgaste natural ou pelo uso, reduzindo, assim, o custo e aumentando a produtividade.

A Manutenção Produtiva Total (TPM) possui uma abordagem de melhoria contínua para evitar que a falha ocorra tanto nas pessoas quanto nos equipamentos. Dentre os objetivos da TPM pode-se citar a melhoria na eficácia dos equipamentos, a realização de manutenção autônoma, planejamento da manutenção, gestão dos equipamentos e também o treinamento de todo o pessoal, que é elemento fundamental para o processo. Para alcançar

estes objetivos é preciso trazer maior autonomia aos funcionários, com o intuito de gerar maior comprometimento dos funcionários ao torna-lo parte integrante do processo.

Além da TPM, a manutenção é dividida em três principais grupos, quais sejam, corretiva, preventiva e preditiva, podendo ser classificadas como planejada ou não planejada.

Primeiramente, a manutenção corretiva é a manutenção que não é planejada e representa um custo elevado para a empresa, pois pode gerar perdas de produção e de qualidade do produto. Dessa forma, este tipo de manutenção possui caráter reativo, pois a decisão é tomada após da ocorrência da falha e representa um maior custo para empresa.

Já a manutenção preventiva é a manutenção planejada que visa agir antes que o sinistro ocorra, muitas das vezes, de forma periódica, como exemplo a dedetização trimestral, evitando assim o aparecimento de pragas e vetores. No entanto, ocorre que em, muitas das vezes, a impossibilidade de prevenir tudo ou mesmo com a prevenção, que diminui significativamente o possível dano, a necessidade da correção pode também ocorrer. Como exemplo disto, podemos citar a queima de uma lâmpada, na qual se torna necessário a intervenção apenas após o item apresentar defeito. Conforme a ABNT (1994), a manutenção preventiva é realizada conforme critérios pré-estabelecidos, buscando a redução da probabilidade de ocorrência da falha, diferenciando-se da manutenção corretiva uma vez que não espera o defeito ocorrer para trata-lo.

Por fim tem-se a preditiva, que também é uma manutenção planejada, a qual é realizada através do acompanhamento constante de diversos parâmetros, nos quais é observado o funcionamento do equipamento sem nenhuma intervenção, até se constatar alguma anormalidade, por exemplo, um barulho diferente ou temperatura, o que sinaliza que a manutenção ocorra antes da paralização total do processo. De acordo com Almeida (20--), a principal premissa deste tipo de manutenção é que por meio do monitoramento frequente dos indicadores de rendimento operacional e do processo se obtém os dados necessários para garantir um maior intervalo entre os reparos. Isto representa uma redução das paradas de manutenção não programadas e do custo vinculado a este serviço.

Portanto, é de extrema importância analisar cada necessidade, tendo em vista que cada uma delas corresponde a um custo diferenciado. Para a realização da manutenção preventiva, tem-se um gasto mesmo antes do equipamento apresentar algum defeito, porém, se o equipamento parar de funcionar o prejuízo pode ser maior. No entanto, a manutenção corretiva gera um custo apenas no momento da correção de algo, mas deve-se observar se a parada é algo que não interfere no processo da atividade principal, se possui um caráter emergencial ou não. Por sua vez, a manutenção preditiva requer o conhecimento técnico de todos os dados envolvidos no processo para que se possa conseguir um retorno válido em relação a observação do desvio de algum funcionamento.

Na empresa Via 040 as verificações rotineiras são realizadas pelos colaboradores internos, denominados *facilities*, após ser solicitado o chamado no sistema interno. Os serviços especializados, que necessitam de maior conhecimento técnico, são realizados por empresas terceirizadas.

Os *facilities* são funcionários multifuncionais que realizam atividades de manutenção predial ao longo do trecho. A grande maioria das atividades tem caráter rotineiro e periódico, o que possibilita a programação e o planejamento da manutenção de forma estratégica. No entanto, devido ao caráter emergencial e esporádico de algumas atividades, também são utilizadas técnicas corretivas na manutenção predial da empresa.

Quando não se trata da atividade principal, a terceirização é uma ótima aliada para determinadas situações, visto que se pode contar com um fornecedor que tem expertise em um serviço específico mas que não é do interesse do contratante em controlar. Serviços muito comuns neste ramo são os de segurança e limpeza predial. Tem-se um custo superior se comparado com a contratação de empregado interno, mas tem-se um outro custo que é responsável por toda a gestão das áreas, o que permite um foco maior da equipe interna na atividade principal.

Entretanto, outros serviços podem ser mesclados, contando com todo o apoio técnico de um fornecedor em um período estabelecido e tem-se também, a partir de um treinamento, um funcionário interno que possa zelar pelo bom funcionamento de equipamentos e bom estado de conservação das estruturas prediais.

Atualmente nas grandes empresas os processos internos de aquisição de materiais ou contratação de serviço são muito burocráticos, e requerem um workflow de aprovação que muitas das vezes atrasam a execução da manutenção. Este é um dos motivos pela qual a criação de contratos com terceiros deve ser importante, para garantir uma boa parceria com a empresa terceirizada, uma vez que tratar-se de uma atividade contínua e que deve ser monitorada para o eficaz desempenho do planejamento e controle da manutenção e também para assegurar a competitividade da empresa.

O tema estudado tem relação com o ponto de equilíbrio entre treinar e capacitar os *facilities* para realização de determinados serviços, abrindo mão da parceria de terceiros, em busca de redução de custo e maior controle dos serviços de manutenção predial.

Conforme se verifica no Quadro 1, foram identificadas algumas vantagens e desvantagens entre manter os colaboradores como *facilities* ou terceiros.

Quadro 1 – Vantagens e Desvantagens dos serviços primarizados e terceirizados

Variável	<i>Facilities</i>	Terceiros
Custo	Menor	Maior
Expertise	Menor, decorrente da pouca prática	Maior, devido ao foco principal na atividade específica
Gestão de Serviço	Menor burocracia por se tratar diretamente com o executor da atividade	O maior contato com o executor passa a ser do gestor da empresa terceirizada
Risco	Falha na execução	Quebra de contrato

Fonte: Elaborado pelos autores

Diante disso, observa-se que a terceirização apresenta maior especialização no serviço prestado. No entanto, para o sucesso de sua realização se faz necessário o alinhamento das metas da organização com os terceiros, a fim de diminuir a burocracia, de modo a garantir a qualidade e confiabilidade do serviço. E também apresenta um alto risco de descontinuidade do contrato com a empresa terceirizada e a dificuldade de encontrar uma parceria ideal.

Nessa mesma ótica, observa-se as principais vantagens da internalização dos colaboradores em comparação à terceirização, conforme apresentado por citado por Bezerra (20--) é a continuidade dos serviços e interesses comuns do pessoal interno, uma vez que a terceirização geralmente implica em aumento de custos, perda de flexibilidade e de valor estratégico. Portanto, faz se necessário uma análise de cada cenário antes de propor a terceirização ou internalização a fim de compreender suas vantagens e desvantagens.

Diante de uma análise *Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats* (SWOT), que significa forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, é possível realizar esta análise de cenário. As informações sobre estes dois serviços são cruzadas para se obter a simulação de cada cenário, sendo possível identificar qual posição estratégica é mais vantajosa para a empresa a partir da avaliação do ambiente interno e externo

Segundo Tonini, Spinola e Laurindo (2007) na análise SWOT, a partir da identificação das variáveis externas e internas é possível iniciar o plano de ação a fim de intensificar as variáveis favoráveis e reduzir as variáveis desfavoráveis.

As variáveis do ambiente interno podem ser controladas pela empresa, sendo assim, suscetíveis às estratégias formuladas pela organização. Já, considerando-se o ambiente externo, que age da mesma forma para todas empresas de mesmo mercado, a empresa não possui controle sobre estes aspectos.

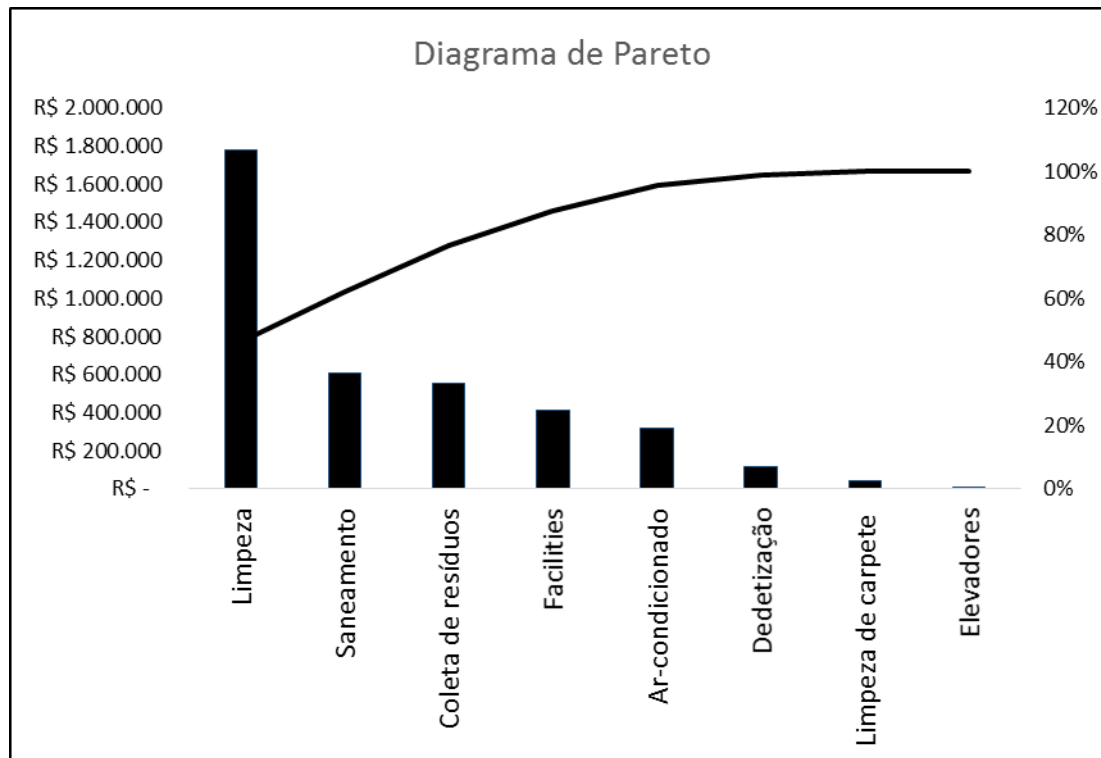
Para determinação da prioridade dos serviços a serem analisados no presente trabalho, é possível utilizar uma ferramenta da qualidade denominada gráfico de Pareto, cujo conceito determina que na maioria das situações, 80% das consequências tem origem em 20% das causas. Dessa forma, é possível fazer o plano de melhoria da internalização nos serviços que representam maior impacto e criticidade para a empresa.

Com o objetivo de demonstrar financeiramente o ganho do investimento em cada cenário apresentado, internalização e terceirização, utilizamos o método do Valor Presente Líquido (VPL) para auxiliar na tomada de decisão final, o qual é muito utilizado pelas empresas para análises de retorno de projetos. Devido às incertezas do futuro, na mesma lógica que os juros são utilizados, o dinheiro no futuro não vale o mesmo que no presente, por isso é utilizado uma fórmula matemática levando em consideração taxas de custo e capital estipulados para ajustar os resultados.

3 METODOLOGIA

Para definição de quais serviços priorizar na análise da primarização ou terceirização em relação ao ganho financeiro foi utilizado a análise de Pareto, conforme Gráfico 1.

Gráfico 1- Diagrama de Pareto dos serviços



Fonte: Elaborado pelos autores

Por meio da análise do Gráfico 1, observa-se que os primeiros quatro serviços representam 87% (oitenta e sete por cento) do valor total. Entre eles temos a serviço de limpeza, serviço de saneamento básico, coleta de resíduos e os facilities.

Nos estudos de primarização não foi incluído o serviço de saneamento, devido à sua complexidade que envolve alto investimento de equipamentos, criação de laboratórios de estudos e alto nível de exigências em relação as certificações para comprovação de tratamentos de redes de água e esgoto.

O próximo serviço da lista é a manutenção em aparelhos de ar-condicionado. Para não haver precipitação em relação ao serviço primarizado com a mão de obra disponível também não foi levado em consideração nos estudos. Entretanto, é um serviço não muito complexo, que após um período de experiência com a primarização de demais serviços, pode ser levado em consideração. Representando assim, um ponto muito positivo em relação a novas oportunidades que podem ser criadas com a contratação de mão-de-obra própria.

Dessa forma, os serviços levados em consideração no estudo foram a limpeza, os facilities e o recolhimento de resíduos. De modo que, por meio da análise de orçamentos e planilhas de cálculos, se faz necessária a defesa da primarização dos serviços ofertados.

3.1 Limpeza e *facilities*

O cenário atual da prestação do serviço de limpeza é composto por um contrato no valor de R\$1.776.000,00/ano, o qual se refere a 35 auxiliares de serviço gerais, 1 supervisor, 1 veículo e 9 motocicletas.

A inclusão da motocicleta permitiu que 9 auxiliares de serviços gerais possam atender 18 bases, o que resultou na diminuição de custos. Por outro lado, implica em risco aos auxiliares, uma vez que os mesmos têm que dirigir em média 50km para iniciar o serviço em outra base. Além disto em algumas unidades a limpeza acontece em dias alternados, o que faz com o que o serviço não seja eficiente.

O cenário atual para prestação do serviço de manutenção predial, inclui pequenas manutenções civis, elétricas e hidráulicas, que é composto por 4 inspetores de infraestrutura, contratados pela empresa Via 040. Gerando um custo de R\$ 288.600,00/ano, além dos respectivos veículos para cada inspetor que custam R\$ 124.800,00/ano, totalizando um custo de R\$ 413.400,00/ano.

O proposto é a primarização do serviço, o qual será composto por 46 operadores de serviços gerais, 3 supervisores, cada um com o seu respectivo veículo.

Foram consideradas como premissas para os cálculos todos os valores vinculados a esta contratação, tais como auxílio transporte, hospedagem, alimentação, ferramentas, uniformes e EPIs, totalizando o valor de R\$ 1.738.800,00. Portanto, com as devidas primarizações, o ganho financeiro seria de R\$ 450.600,00/ano.

Considerando que o foco principal das empresas é o ganho financeiro, este será devidamente atendido conforme o ganho apresentado. Além deste ganho tem-se todos os outros benefícios em relação à eficiência do serviço, na qual não é possível contabilizar mas deve ser levado em consideração também, como agilidade e flexibilidade para gerir os recursos e mão de obra.

Nesse sentido, a Tabela 1 apresenta a análise financeira referente ao cenário atual e proposto.

Tabela 1- Análise de cenários do serviço de limpeza

CENÁRIO ATUAL				
Custos atuais	Qtde	Preço	Valor/mês	Total/Ano
Custo contrato	-	-	R\$ 148.000,00	R\$ 1.776.000,00
Facilities	4	R\$ 6.012,00	R\$ 24.050,00	R\$ 288.600,00
Veículos	4	R\$ 2.600,00	R\$ 10.400,00	R\$ 124.800,00
			R\$ 182.450,00	R\$ 2.189.400,00
CENÁRIO PROPOSTO				
Custos primarização	Qtde	Preço	Valor/mês	Total/Ano
Operador de serviço gerais	46	R\$ 2.150,00	R\$ 98.900,00	R\$ 1.186.800,00
Auxilio transporte	46	R\$ 250,00	R\$ 11.500,00	R\$ 138.000,00
Supervisor	3	R\$ 6.200,00	R\$ 18.600,00	R\$ 223.200,00
Veículo	3	R\$ 2.600,00	R\$ 7.800,00	R\$ 93.600,00
Hotel e alimentação	16	R\$ 200,00	R\$ 3.200,00	R\$ 38.400,00
Ferramentas, Uniforme e EPI	42	R\$ 1.400,00	R\$ 4.900,00	R\$ 58.800,00
			R\$ 144.900,00	R\$ 1.738.800,00
REDUÇÃO			R\$ 37.550,00	R\$ 450.600,00

Fonte: Elaborado pelos autores

Em seguida, foi utilizada uma análise SWOT referente a aspectos que não são possíveis de contabilizar, mas são de extrema importância em relação a eficiência do serviço, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2- Análise SWOT do serviço de limpeza

ANÁLISE SWOT				
CENÁRIOS	FORÇAS	OPORTUNIDADES	FRAQUEZAS	AMEAÇAS
Terceirização	Substituição rápida de mão de obra	–	Maior custo operacional	Restrições na descrição de cargo devido normas CLT Passivo trabalhista
Primarização	Melhor condição de trabalho aos colaboradores em relação ao atual Menor risco de acidentes no trajeto Maior zelo, agilidade e eficiência	Menor custo operacional Possibilidade de redução de custo na otimização dos recursos	Dificuldade em encontrar mão de obra especializada em alguns trechos	Restrições na descrição de cargo devido normas CLT Afastamento do funcionário Acidente de trabalho

Fonte: Elaborado pelos autores

Com esta análise foi identificados pontos de fraqueza e ameaça para ambos os cenários, bem como que os pontos são os mesmos referente a terceirização ou primarização. Neste sentido observa-se a prevalência dos pontos de força e oportunidade para primarização, os quais trazem maior segurança e flexibilidade para este tipo de serviço, assim como um menor custo.

O objetivo é unir o serviço de limpeza e manutenção, visto que com a contratação da mão de obra interna a ser realizada o número de horas trabalhadas será maior, possibilitando, assim, o atendimento das duas demandas.

Será proposto a criação do “síndico da unidade”. Dessa forma, todos os dias um funcionário fixo estará na base para realização do serviço, além de realizar a orientação dos usuários para auxílio na manutenção da limpeza e cuidado com os patrimônios; maior segurança referente a eliminação do uso da motocicleta; maior eficiência devido ao zelo e agilidade na execução das manutenções ao buscar desenvolver as pessoas pra melhorar o processo.

No cenário atual, tem-se 8.800h/ano trabalhadas com o custo de R\$ 2.189.400,00, totalizando R\$20,73 por homem-hora. Avaliando-se o cenário proposto obtém-se 10.780h trabalhadas no total de R\$ 1.738.800,00, totalizando R\$ 13,44 por homem/hora.

3.2 Recolhimento de lixo

A atividade de manutenção referente ao recolhimento de lixo deve ocorrer em todo o trecho com a frequência de uma vez por semana, incluindo a destinação dos resíduos classe I (resíduos perigosos) e classe II (resíduos não perigosos e não inertes).

Para a contratação deste serviço o contrato de um ano resultaria no valor de R\$ 463.479,00. Para a primarização seria necessário um investimento inicial para adequação de 2 caminhões munck que empresa já possui, a contratação de 2 operadores e de 2 auxiliares de serviços gerais para a prestação do serviço, além dos custos com impostos, combustível, manutenção e outros vinculados ao caminhão e para destinação dos resíduos.

Dessa forma, o custo total da primarização, considerando as demais premissas citadas acima, seria de R\$ 357.467,00 por ano. Acrescentando-se R\$ 104.00,00 referente ao investimento inicial para adequação dos 2 caminhões munck apenas para o primeiro ano.

A proposta apresentada torna-se mais interessante ao se considerar que com a adaptação nos caminhões, outros tipos de serviços que hoje necessitam de contratação de caminhão munck poderiam ser atendidos pelo mesmo caminhão de coleta, de modo que se teria os caminhões trabalhando durante toda a semana. Sendo assim, é possível otimizar a utilização deste recurso e atender a outras necessidades da empresa. Dentre estes outros serviços tem-se a retirada de insetos em geral em altura, o apoio ao setor de tecnologia da informação TI referente as manutenções em altura em torres de comunicação e demais serviços que não dependem do caminhão, mas que poderiam ser realizados devido a ociosidade do auxiliar de serviços gerais.

Portanto, todo este apoio resultaria em um ganho financeiro de R\$ 87.348,00, considerando se o custo com a locação do caminhão munck e o custo com a contratação de funcionário terceiro para realizar o serviço de pintura, como se pode verificar na análise financeira apresentada na Tabela 2.

Em sequência, foi utilizada uma análise SWOT referente ao serviço de recolhimento de lixo, conforme apresentado no Quadro 3.

Além de todo o ganho financeiro mesmo diante de um investimento inicial, tem-se, ainda, as demais vantagens decorrentes dos pontos de força da primarização como o ganho com eficiência e agilidade da prestação deste serviço. Tendo em vista que a partir da primarização teremos a eliminação do processo de contratação, que hoje demanda um tempo significativo, levando-se em consideração todo o processo burocracia interna. Assim como demais atividades que demandam mais tempo na terceirização, como por exemplo a aprovação do workflow, a consulta de mercado, a contratação de um caminhão *munck* para prestação de outros serviços, na qual o processo de agendamento do serviço interno é mais ágil.

Tabela 2- Análise de cenários do recolhimento de lixo

CENÁRIO ATUAL		
Custos com a terceirização	Valor/mês	Total/Ano
Coleta, transporte e destinação final de resíduos	R\$ 38.623,29	R\$ 463.479,52
Custo para locação do caminhão com cesto aéreo para retirada de marimbondos	R\$ 1.875,00	R\$ 22.500,00
Custo para pintura do meio fio de praças e SAUs	R\$ 2.904,00	R\$ 34.848,00
Custo de TI para locação da Plataforma ou caminhão com o cesto aéreo	R\$ 2.500,00	R\$ 30.000,00
	R\$ 45.902,29	R\$ 550.827,52
CENÁRIO PROPOSTO		
Custos com a primarização	Valor/mês	Total/Ano
Custo mão de obra própria (Operador Munck)	R\$ 8.800,00	R\$ 105.600,00
Custo mão de obra própria (Aux. Serviços Gerais)	R\$ 5.200,00	R\$ 62.400,00
Custo total do caminhão munck (Impostos, combustível, manutenção e outros)	R\$ 15.000,00	R\$ 180.000,00
Custo para destinação dos resíduos Classe II (105.192 Ton.)	R\$ 788,94	R\$ 9.467,28
Destinação Classe I / ano (5,6 Ton.)	R\$ 672,00	R\$ 8.064,00
	R\$ 30.460,94	R\$ 365.531,28
Investimento para adequação dos 02 caminhões muck		R\$ 104.000,00
Resultado Geral custo da Primarização + Investimento		R\$ 469.531,28
REDUÇÃO		R\$ 15.441,35 R\$ 81.296,24

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 3- Análise do recolhimento de lixo

ANÁLISE SWOT				
CENÁRIOS	FORÇAS	OPORTUNIDADES	FRAQUEZAS	AMEAÇAS
Terceirização	Atendimento exclusivo para coleta e destinação dos resíduos	Parcerias com Associações de Catadores	Maior custo operacional	-
Primarização	Manutenção da rotina Aumento do escopo de serviços Melhor Gestão dos serviços e dos colaboradores Melhor aproveitamento dos caminhões	Menor custo operacional Parcerias com Associações de Catadores Apoio na logística de materiais Apoio no serviço aos facilities	Investimento de aproximadamente R\$ 104.000,00 para adaptações nos dois caminhões (02 cestos aéreos , aumento da altura da caçamba e instalação lona).	Restrições na descrição de cargo devido normas CLT

Fonte: Elaborado pelos autores

Devido a grande importância que se deve dar não só ao ganho financeiro mais também a qualidade, existe indicadores de desempenho para medir a eficiência dos serviços

prestados. Portanto, em cada base de trabalho é disponibilizado um livro , para que qualquer funcionário ou cliente da rodovia possa se expressar de forma anônima referente aos serviços prestados. Assim com base em reclamações e sugestões pode-se sempre forçar em planos de melhoria para atender de forma exemplar os funcionários internos e usuários das rodovias.

3.3 Análise VPL

Considerando que a concessão é de 30 anos e a empresa atua há 2 anos, o ganho real desta primarização deve ser projetado para 28 anos. Daí a importância do cálculo do VPL para prever o ganho real em todo o projeto, e não apenas anual ou mensal, conforme apresentado acima.

Para o serviço de coleta de resíduos, o resultado da fórmula financeira corresponde à R\$ 1.166.000,00. Neste, além da inflação tem que ser levado em consideração o investimento com os caminhões e a depreciação de compra dos mesmos, bem como todas as manutenções necessárias a serem realizadas nos veículos e a troca dos 02 caminhões a cada 10 anos. Para o serviço de limpeza e *facilities* o VPL obtido é de \$ 3.493.000,00.

4 CONCLUSÕES

Com base em todos os cálculos apresentados nesse trabalho, constatou-se a comprovação da viabilidade da primarização dos serviços de manutenção predial. Além de todos os ganhos, os quais não podem ser contabilizados, como a qualidade e eficiência do serviço prestado, a primarização representa para a empresa uma maior flexibilidade para utilização dos recursos e da mão de obra.

Verificou-se ainda, através da análise SWOT os riscos e dificuldades referente a primarização, como a responsabilidade com encargos trabalhistas, treinamento e seleção. Porém estes riscos facilmente são superados por todas as oportunidades encontradas ao permitir a gestão do serviço para dentro da empresa. Uma vez que ao se terceirizar um serviço tem-se uma empresa específica para a realização de um determinado tipo de serviço e em contrapartida, ao primarizar um serviço é possível visualizar oportunidades em cada ociosidade dos equipamentos ou trabalhadores na realização de outras atividades, o que geraria um custo extra e várias outras contratações.

Portanto, identifica-se a necessidade de utilizar ambos os serviços em parceria, terceirização e primarização, para atender a um eficaz desempenho do planejamento da manutenção predial.

Como a proposta apresentada se trata de uma concessão de 30 (trinta) anos, esta se torna ainda mais interessante em razão da especialização que se tem em função da terceirização, que pode ser construída, através de treinamentos e prática, eliminando, assim,

uma fraqueza na primarização no médio prazo e garantindo o desenvolvimento de um funcionário multifuncional e integrado no processo.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira Regulamentadora 5462 – NBR 5462: Confiabilidade e Manutenabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ALMEIDA, Márcio Tadeu. Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade. Itajubá, 20-- .timbrado_ARTIGO_a4_210x297mm_simposio_gestao_PUC Minas_2017_SemAutores.docx. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2016.

BEZERRA, José Emidio Alexandrino. Um estudo da manutenção predial na gestão terceirizada dos condomínios com base na TPM. Florianópolis, 2000. Dissertação - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/78934/177319.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 14 set. 2016.

BEZERRA, José Emidio Alexandrino; TUBINO, Dálvio Ferrari. A manutenção de condomínios em edifícios, TPM, terceirização e o JIT/TQC.[S1], 20--. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção Disponível em:< <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2000E0210.PDF> >. Acesso em: 04 set. 2016.

LIMA, José Ricardo Tavares de Lima; SANTOS, Alex Alisson Bandeira Santos; SAMPAIO, Renelson Ribeiro Sampaio. Sistemas de gestão da manutenção – Uma revisão bibliográfica visando estabelecer critérios para a avaliação de maturidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 10, 2010, São Carlos-SP. Sistemas de gestão da manutenção: Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2010. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

MEYER, N. Dean. Sensible outsourcing. NDMA Inc. N. Dean Meyer Associates Inc. [S1]. Disponível em: <<http://www.ndma.com>>. Acesso em: 04 set. 2016.

TONINI, Antônio Carlos; SPINOLA, Mauro de Mesquita; LAURINDO, Fernando José Barbin. A análise SWOT: Uma nova perspectiva para a aplicação do seis sigma no desenvolvimento de software. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 10, 2007, Foz do Iguaçu-PR. A energia que move a produção. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2007. Disponível em:< http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr640475_9247.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2016

VIA 040. Disponível em:< <http://www.via040.invepar.com.br>>. Acesso em: 02 mai. 2017

XENOS, Harilaus Georgios d'Philippou. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.

Capítulo 19

RASTREABILIDADE COMO FERRAMENTA PARA
INVESTIGAÇÃO DE CAUSA RAIZ: UM ESTUDO DE CASO
EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO AUTOMOTIVO

Erica Silva Araujo
Leonardo Gabriel de Souza Chagas
Victor Henrique Torres e Souza
Roberts Vinicius de Melo Reis
Patrick de Moraes Hanriot

Rastreabilidade como ferramenta para investigação de causa raiz: um estudo de caso em uma indústria do ramo automotivo

*Erica Silva Araujo
Leonardo Gabriel de Souza Chagas
Victor Henrique Torres e Souza
Roberts Vinicius de Melo Reis
Patrick de Moraes Hanriot*

RESUMO

O objetivo geral desse estudo é analisar a aplicabilidade da rastreabilidade como ferramenta no auxílio da identificação do local de origem da causa raiz dos problemas nas peças usinadas. A base para esta pesquisa incidiu em analisar o sistema de rastreabilidade falho das atividades de controle de inspeções realizadas após a rebarbação dos excessos de materiais nas peças providas da fundição de alumínio por uma empresa prestadora de serviços de apoio industrial. O sistema falho de rastreio permite erro nas análises da origem da causa raiz das não conformidades evidenciadas pelo cliente da empresa. Defende-se que sistemas de rastreabilidade podem amparar a análise e a identificação da origem dos problemas decorrentes nos processos produtivos, uma vez que a rastreabilidade pode assessorar na concepção de mapeamentos ao longo de cadeias produtivas. Como ferramenta, a rastreabilidade pode auxiliar na identificação da origem da causa raiz de um defeito. Através de tais considerações, foi sugerida uma ferramenta de rastreio robusta e adequada para implantação na empresa analisada, que vise uma análise rápida e correta das origens das não conformidades. O estudo demonstrou como uma ferramenta de rastreabilidade poderá permitir mais segurança nos processos fabris, otimizar a cadeia produtiva e gerar vantagem competitiva para empresa.

Palavras Chave: Ferramenta de melhoria de produtividade. Causa Raiz. Não conformidade. Sistema de rastreio. Rastreabilidade

1. INTRODUÇÃO

Na cadeia produtiva, quando se detecta avarias em produtos manufaturados, ações imediatas devem ser tomadas. Como Liker (2007) afirma, a produção de peças defeituosas envolve conserto, retrabalho, descarte e produção para substituição. Tais atividades devem ser eliminadas, pois não agregam valor em processos de manufatura uma vez que envolvem desperdícios de tempo, de manuseio e de esforço. Identificadas as perdas, torna-se necessário compreender quais são as fontes causadoras do desperdício. Germano e Germano (2013, p. 57) falam que como “ação corretiva e preventiva, a alta direção de uma empresa deve garantir que existam procedimentos para investigação da causa raiz de não

conformidades e avaliação de eficácia”. Para tanto, ferramentas metodológicas são utilizadas para apontar hipóteses – a serem avaliadas – com a finalidade de identificar a causa raiz do problema gerador da falha e posterior correção do desvio. Goode e Hatt (1969, p. 75) mencionam que “a hipótese é uma proposição que pode ser colocada a prova para determinar sua validade”, nesse sentido, a hipótese é uma suposição que pode vir a ser a resposta do desvio analisado, devendo ser testada para ser aceita.

Segundo Moraes e Tavares (2016, p. 176), “[...] a cadeia de suprimentos passou por significativas alterações, e hoje, sofre expressiva influência da TI. [...] nesse contexto, a busca pela melhoria dos processos e aumento da eficiência operacional na gestão da cadeia de suprimentos é constante”. Uma forma de reduzir perdas por fabricação de produtos defeituosos consiste na inspeção e também na instalação de dispositivos de inspeção no processo (SHINGO, 1996). Contudo, quando a inspeção não garante um sistema confiável, ocasionando perdas por refugo ou retrabalho, os fatores causadores devem ser identificados rapidamente para que as perdas possam ser eliminadas ou minimizadas. Liker (2007) menciona que quando há um problema proveniente de fonte desconhecida como um problema de qualidade – que tem origem em um lugar diferente daquele que foi identificado – a produção provavelmente é interrompida e permanece assim até que o problema seja eliminado. Tal parada de linha pode gerar perdas de grande magnitude para a empresa. Nessa perspectiva, a tecnologia dos dispositivos de inspeção ampara a identificação das fontes primárias das avarias.

Quando se refere à prestação de serviços, processo definido como “qualquer atividade ou benefício que uma parte possa oferecer a outra, essencialmente intangível e que resulte na propriedade de nada” saber em que local foi efetuada a prestação de serviço, bem como quem a realizou, em qual planta, linha ou equipamento, torna-se necessário na investigação das não conformidades. Nesse viés, a rastreabilidade, que é comumente entendida por um sistema informatizado responsável pelo armazenamento e rastreamento das informações (AZEVEDO; VINHOLIS, 2002), pode auxiliar na busca por informações desconhecidas do processo.

Segundo relatório¹ da Secretaria da Justiça e da Defesa da Cidadania do estado de São Paulo, desde o ano de 2002, quando os dados começaram a ser coletados, até os anos de 2016, houve 849 campanhas de *recall* somente no setor de veículos, representando 78,83% de todos os casos de chamamento no Brasil desde o início de 2002. Haja vista a participação do setor de veículos nas campanhas, as empresas deste setor têm adotado sistemas de rastreabilidade, que, embora a complexidade varie de acordo com o porte, exigência legal e capacidade produtiva da empresa, vêm sendo adotados em larga escala.

¹ Relatório gerado a partir do site do PROCON SP, no link recall, aba Relatórios Campanhas.

Cardoso, Chaves e Correa (2006) afirmam que a rastreabilidade é uma ferramenta que apresenta um processo crescente e irreversível, impulsionado pelas economias de escala e da demanda do mercado importador, que exige ética e transparência nos processos de produção e distribuição dos produtos.

O estudo presente foi direcionado às atividades de controle de inspeções realizadas após a rebarbação dos excessos de materiais nas peças provindas da fundição de alumínio por uma empresa participante da cadeia automotiva de grandes montadoras atuantes no Brasil. O sistema de rastreabilidade vigente na EVLtda (nome fictício) faz-se por meio de uma marcação em forma de ponto na peça manufaturada. Tal marcação é feita através de um marcador industrial em uma região pré-determinada, porém este método de rastreio é falho e permite erro nas análises de causa raiz das não conformidades evidenciadas pelo cliente da EVLtda. Assim, a ineficiência do processo ocasiona perdas para empresa, que eventualmente assume a responsabilidade por falhas que são difíceis de comprovar onde ocorreram, além de não gerar informação para atuação corretiva na origem dos problemas.

No atual sistema de rastreabilidade utilizado, quando alguma não conformidade ocorre, não é possível identificar a origem da mesma dentro da EVLtda ou mesmo saber se o problema foi ocasionado em uma planta externa à empresa. Caso a EVLtda seja de fato responsável, o sistema mostra-se incapaz de determinar o que causou a não conformidade, devido à ausência de informações do processo. A soma das ineficiências desse sistema potencializa a dificuldade da busca pela causa raiz, podendo direcionar para uma análise equivocada e, por consequência a tomada de decisões e ações ineficazes.

Diante desses fatos, surge a pergunta: a rastreabilidade pode ser utilizada como ferramenta auxiliar para identificação da causa raiz de um defeito? Para responder tal pergunta, o objetivo geral desse estudo é analisar a aplicabilidade da rastreabilidade como ferramenta no auxílio da identificação de causa raiz. Como objetivos específicos, pretende-se apontar como a ferramenta rastreabilidade auxilia na identificação da causa raiz das não conformidades detectadas ao longo dos processos produtivos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Análise da causa raiz

Teixeira 2010 afirma que a compreensão do termo é importante para que tais causas possam ser identificadas corretamente. Sendo assim, Huevel *et al.*² (2005) *apud* Teixeira (2010) descreve causa raiz como sendo aquelas causas fundamentais de um acontecimento

² HEUVEL, L.N.V; LORENZO, K.D; MONTGOMERY, R.L; HANSON, W.E.; RONEY, J.R. **Root cause analyses handbook. A Guide to Effective Incident Investigation.** Brookfield: ABS Consulting, 2005 p 35.

– podendo ser ele um defeito ou não – e que possibilitam direcionar ações para corrigir os efeitos, além de impedir a reincidência desses.

Rafinejad³ (2007) *apud* Treter, Caten e Tinoco (2014), defende que uma causa levantada só poderá ser definida como causa raiz quando, após análise, é permissível dizer que o problema em foco ocorre somente na presença de tal causa. Dessa forma, uma vez tratada e eliminada essa causa, o defeito não acontecerá novamente. De modo análogo, se a causa raiz de um problema não for identificada, a empresa tratará apenas os sintomas, e o problema continuará a existir (CHAM; LUA, 2005).

Vários autores destacam a importância da análise de causa raiz para evitar a recorrência de acontecimentos indesejáveis (TEIXEIRA, 2012; TEXEIRA; CASSIANI, 2010; FRIENDMAN *et al.*, 2007). Friendman aponta ainda que tal metodologia busca explicar porque determinado incidente aconteceu, além de sugerir ações para solucioná-lo, afirmação na qual é apoiado pela Organização Mundial de Saúde – OMS (2009) ao propor que a análise de causa raiz diz respeito a uma maneira de analisar os ocorridos reativamente, apresentando ações capazes de diminuir o impacto dos mesmos. A OMS também afirma que essa análise é um processo sistemático, no qual através da reconstituição dos passos do acontecimento, são apontados os fatores que influenciam na ocorrência desse, e se utiliza a pergunta “por que?” para encontrar a causa raiz.

Relativo aos benefícios da análise de causa raiz, o INSTITUTO INTERNACIONAL DE ANÁLISE DE NEGÓCIOS – IIBA (2011) afirma que a análise assegura uma compreensão global dos pontos a serem corrigidos, isso porque oferece um método estruturado para descobrir as causas de um problema. Neste ponto, Teixeira e Cassiani (2010) alertam que analisar a causa raiz não é somente encontrar a causa raiz do problema, mas sim em clarear o que de fato ocorreu, a fim de evitar que novos episódios semelhantes aconteçam. Teixeira (2012, p. 58) reconhece ainda que apesar de o método possuir limitações, essas são superadas pelos benefícios que traz pelo uso do “raciocínio crítico sobre cada incidente ocorrido e também com a melhoria do sistema com a implantação das ações corretivas”.

A origem do termo causa raiz está ligada a indústria (RZEPNICKI; JOHNSON, 2005; TAMUZ; HARRISON, 2006), porém, o que outrora havia sido projetado para revelar fatores que contribuíam para resultados indesejados em empresas de alto risco, como explosões em fábricas químicas, falhas aéreas e em operações militares, vem sendo utilizado nas mais diversas áreas. É possível encontrar aplicações tanto em empresas quanto na área hospitalar (TEIXEIRA; CASSIANI, 2010) ou ainda, mais especificamente, na gestão do conhecimento (LAM; CHUA, 2005), na qual a análise de causa raiz foi utilizada para identificar os principais

³ Rafinejad, D. **Innovation, Product Development and Commercialization: Case Studies and Key Practices for Market Leadership**. 1 ed. J. Ross, USA. 2007. 432 p.

motivos para o abandono dessa gestão. Há também aplicação em áreas sociais (RZEPNICKI; JOHNSON, 2005), identificando as causas raízes de erros na proteção infantil.

Já no processo de execução, após identificar e definir a equipe para analisar a causa raiz, Teixeira (2012, p 59) reitera que “é fundamental a escolha de uma metodologia adequada de análise de causa raiz”, embora um grande número de pessoas costume não seguir todas as etapas da metodologia adotada, o que Witt (2002) diz ser devido ao conhecimento tácito da equipe. Ainda conforme Witt, tal ato mostra falta de planejamento e imediatismo, o que pode prejudicar a análise e a tomada de decisão. Campagnaro *et al.* (2007) completa dizendo que a metodologia contribui para a qualidade da análise, assim, tem-se como resultado ações corretivas mais precisas, o que evita a reincidência de defeitos (TRETER, 2014). Dentre outros benefícios da análise de causa raiz pode-se evidenciar o baixo custo da metodologia e o curto tempo para realizar a análise (LESZAK; PERRY; STOLL, 2000), e também a grande quantidade de ferramentas que podem ser usadas para sua realização, como Pareto, diagrama de Ishikawa, histogramas e desenho dos fatores causais (TEIXEIRA, 2012).

2.2 Rastreabilidade

A rastreabilidade dos lotes de produtos se faz válida em diversas etapas da produção e até mesmo após o produto já estar de posse do consumidor final. Neste ponto, ela torna-se imprescindível quando produtos que comprometem a segurança e saúde dos consumidores são diagnosticados como falhos sendo necessário que se faça o *recall* dos mesmos. O *Recall*, também tratado como chamamento, é uma ferramenta que garante aos consumidores o direito de serem avisados pelo fabricante sobre um produto defeituoso adquirido e que apresente risco potencial para a saúde deste consumidor informando também o que será feito para resolução do problema (INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR, s.d.). Um caso revelado em 2013, em que *airbags* mal dimensionados, fabricados pela empresa japonesa Takata, explodiam no momento do acionamento, colocando em risco a vida dos passageiros em caso de acidente é até então o maior *recall* da história, chegando a quase 100 milhões de veículos retirados no mundo inteiro (MUNIZ, 2016).

Sem o rastreamento, a identificação da origem das matérias-primas e das circunstâncias em que se realiza o processamento do produto seria certamente mais difícil retirar produtos defeituosos do mercado (EXAME.COM, 2017). Para Leonelli *et al.* (2006) a rastreabilidade de um produto objetiva identificar a localização física do mesmo com o intuito de favorecer o gerenciamento logístico, facilitar o fornecimento de informações para o consumidor e contribuir no *recall* de produtos. Nesse sentido a rastreabilidade é um tema de alta relevância, pois ampara a execução de *recalls* de produtos não conformes. Em casos como esse, a rastreabilidade permite identificar o lote defeituoso, retirá-lo do mercado e ainda definir a responsabilidade de cada um dos envolvidos na cadeia de produção.

Mesmo que a empresa não tenha a obrigação legal de realizar o *recall* ou que o produto não gere risco para a saúde pública, estabelecer um sistema de rastreabilidade traz significativos benefícios à empresa. Segundo Cardoso, Chaves e Correa (2006, p. 5), “a qualidade e segurança dos produtos e serviços oferecidos, contribuem de forma decisiva para aumentar a confiança do cliente e fortalecer o seu relacionamento com as empresas”.

Quando se trata do tema rastreabilidade, é possível encontrar diferentes definições na literatura, como: informações necessárias para traçar o percurso de um produto e todas as etapas pelas quais este passou, desde o fornecedor até o consumidor final (CLARKE; WILSON, 1998); uma associação de medidas que objetivam uma produção de qualidade e com origem garantida, pois, permitem monitorar e controlar todas as movimentações relativas aos processos de entrada e saída (BRABET *et al.*, 2003), ou ainda a possibilidade de seguir os passos de alguma coisa da aquisição ao consumo (BRUHN *et al.*, 2017). Para Pinto (2016), as variações no conceito de rastreabilidade são fruto das diferentes áreas de atuação que aplicam esse termo, sendo que cada setor econômico define rastreabilidade de acordo com sua finalidade. Ramesh (1998), Azevedo e Vinholis (2002) vão mais além quando dizem que tal variação também decorre das estratégias adotadas pela organização, bem como pela influência que esta recebe do ambiente externo no qual está inserida.

No Brasil as indústrias ligadas ao setor automobilístico não são obrigadas legalmente a possuírem um sistema de rastreabilidade de sistema, peças, componentes, apenas no setor de medicamentos que a legislação brasileira determina que haja um sistema de rastreamento, que é a Lei nº 11.903, de 14/01/2009, que dispõe sobre o rastreamento da produção e do consumo de medicamentos, por meio de tecnologia de captura, armazenamento e transmissão eletrônica de dados.

Apesar de não ser exigência legal, a grande competitividade faz com que as empresas invistam cada vez mais em sistemas que tragam maior eficiência para o processo de uma maneira geral. Segundo Bento, Tambosi e Prus (2009, p.16), “este segmento [automotivo] busca por tecnologias de ponta para rastrear seus produtos, buscando manter ou até aumentar sua participação no mercado”. Dentre tais tecnologias, Dalbosco *et al.* (2013, p.25) dizem que as principais são:

[...] métodos analíticos, que fornecem resultados de análises que identificam procedência e qualidade do produto; dispositivos eletrônicos, como, identificação por rádio frequência (RFID), que estão relacionados com estado do produto, condições ambientais ou de posicionamento; e sistemas de informação, que envolvem redes e sistemas de transferência de dados, que permitem a operacionalização de toda a gama de funcionalidades do sistema de rastreabilidade.

Contudo a tecnologia aplicada pela indústria para o rastreamento de produtos, pode em futuro próximo ser também aproveitada para outros fins, como é o caso da tecnologia de Identificação por Rádio Frequência (RFID), que segundo Bento, Tambosi e Prus (2009, p.19):

[...] poderão ser implementadas em formas de “etiquetas inteligentes”, como um botão de camisa e, provavelmente, se tornarão o primeiro e mais difundido exemplo de computação embarcada. Como a tecnologia é utilizada para identificar e rastrear produtos ou mesmo proteger as mercadorias de furtos e imitação, ela também pode ser usada para monitorar o produto adquirido em um posto de venda por um cidadão, agindo desta forma como um espião.

Para este estudo, a definição de rastreabilidade adotada será a da NBR ISO 9001:2015:

A rastreabilidade é a capacidade de seguir a história, aplicação e localização do que estiver a ser considerado. No caso de um produto, resultado de um processo, a rastreabilidade pode relacionar, a origem dos materiais e componentes, o histórico de processamento, distribuição, e localização do produto após a entrega.

Embora o estudo seja voltado para aplicação na prestação de serviço, o resultado final é um produto (peças de alumínio rebarbadas), portanto a definição adotada para rastreabilidade engloba os aspectos necessários para este mesmo estudo.

A rastreabilidade envolve diferentes áreas, como a engenharia de requisitos, por ser, segundo Pinto (2016), a área de origem da rastreabilidade, ou do setor alimentício ou do farmacêutico, por se tratarem de uma exigência legal (no Brasil, exigência da Lei nº 11.903, de 14/01/2009, que dispõe sobre o rastreamento da produção e do consumo de medicamentos, por meio de tecnologia de captura, armazenamento e transmissão eletrônica de dados). Para tanto, todos os níveis hierárquicos da empresa devem se empenhar, contudo, a iniciativa deve partir do nível mais alto da organização, para que seja percebido o compromisso e engajamento da empresa, de forma que demonstre a relevância do projeto (LEONELLI; TOLEDO, 2006).

Machado (2005) diz que a rastreabilidade faz com que os clientes passem a perceber a certificação não só como garantia de atributos de um produto, mas também como uma forma de confirmar a qualidade no processo de produção. Isso ocorre porque com a rastreabilidade, as informações obtidas são usadas para monitorar os riscos dos produtos, garantindo a qualidade deste (CARDOSO; CHAVES; CORREA, 2006). Do ponto de vista empresarial, os autores ainda citam que:

- A rastreabilidade influencia incontestavelmente a qualidade do produto, assegurando a qualidade de seus componentes;
- Implementando um sistema de rastreabilidade, a empresa é capaz de aumentar a confiabilidade das informações obtidas. Assim, é possível melhorar funções como gestão de estoques, compras e expedição;
- A complexidade e eficiência do sistema de rastreabilidade são diretamente proporcionais à eficiência da rastreabilidade aplicada. De tal modo, é possível identificar produtos defeituosos com antecedência, evitando frustração por parte do cliente quando assim for desejado;
- Com a rastreabilidade é possível criar o fluxo de informações da cadeia de suprimentos, permitindo que sejam monitorados aspectos tanto qualitativos quanto quantitativos do processo produtivo, indo desde matérias-primas ao produto final.

Ainda de acordo com Cardoso, Chaves e Correa, a rastreabilidade se tornou um tópico obrigatório nas empresas que almejam a competitividade. Portanto é necessário que as empresas implantem sistemas apropriados para garantir tal rastreabilidade.

3. METODOLOGIA

A pesquisa realizada na concepção deste estudo é de natureza aplicada, posto que para Barros e Lehfeld (2000, p.78), a pesquisa aplicada tem como justificativa a necessidade de gerar conhecimento para aplicação em campo com a finalidade de “contribuir para fins práticos, visando à solução mais ou menos imediata do problema encontrado na realidade”. O estudo gira em torno da utilização da rastreabilidade como ferramenta para investigação de causa raiz de produtos defeituosos, para tanto, buscou-se uma base teórica e prática para a formulação e aplicação de ações que validem a suposição proposta. De acordo com Lundvall (1988), a pesquisa de natureza aplicada precisa afluir nas atividades de desenvolvimento, objetivando propor soluções cabíveis para atender a expectativas produtivas determinadas.

Além de evidenciar o problema, o estudo tem o propósito de averiguar a razão principal que o causa, através do levantamento de hipóteses, e por meio destas propor soluções plausíveis para eliminação da(s) causa(s) raiz(es) identificada(s). Nesse viés a presente pesquisa pode ser definida como um estudo de caso. Segundo Yin (2001), o estudo de caso é viável quando o pesquisador se encontra em fenômenos recentes adentro de um contexto de realidade, para tanto o estudo apoia-se em experiências e várias fontes de evidência para investigar tal fenômeno contemporâneo. De acordo com Gil (2008, p.58) o estudo de caso pode auxiliar no esclarecimento das “variáveis causais de certo fenômeno em condições complexas que não permitem emprego de levantamentos ou experimentos”. No tocante aos

objetivos da pesquisa Gil (2008) comenta que este método de pesquisa pode ser empregado tanto em pesquisas exploratórias quanto em explicativas. O presente estudo de caso pode ser classificado como caso único, válido e decisivo para testar a teoria, (GANGA, 2012) e apresenta características exploratórias, uma vez que objetiva evidenciar a real natureza do problema e sugerir possíveis soluções (KELLER; KOTLER, 2006).

As etapas do estudo de caso envolveram; a definição do constructo a partir da literatura (etapa 1): nesta etapa buscou-se na literatura definições acerca dos termos causa raiz e rastreabilidade, bem como também a origem dos termos, aplicações e impactos para as empresas que adotam tais ferramentas. Em seguida, (etapa 2) levantou-se a hipótese de a rastreabilidade poder ser utilizada como ferramenta auxiliar para identificação da causa raiz de um defeito. Assim, na etapa 3, EVLtda foi escolhida como unidade de análise por ser uma empresa que está localizada próxima aos pesquisadores, e também por enfrentar dificuldades relacionadas aos temas acima mencionados.

Uma vez escolhida à empresa, foi feito o contato com o setor de qualidade desta e obtida permissão para realizar o estudo. Após o contato, visitou-se a empresa com o propósito de entender como era realizado o processo, definiu-se as etapas de rebarbação e inspeção como objeto de análise (etapa 4). Também nesta etapa, foi decidido à quais informações se teria acesso e quais eram confidenciais.

As técnicas e métodos para coleta de dados se deram por meio de pesquisas primárias e secundárias, na forma quali-quantitativa. Conforme apontado por Mattar (1996), dados primários são aqueles que não foram antes coletados e estão de posse dos pesquisados, portanto ainda devem ser coletados, já os dados secundários, são os que já foram captados e as vezes até analisados. Quanto aos métodos qualitativos ou quantitativos, Kirk e Miller⁴ *apud* Mattar, (1997) afirmam que tecnicamente a pesquisa qualitativa identifica a presença ou ausência de algo, enquanto a quantitativa procura medir o grau em que algo está presente. Keller e Kotler (2006) elucidam que os procedimentos de pesquisa qualitativa são configurações de questões não estruturadas que concedem uma extensa gama de respostas, adentro do universo das pesquisas qualitativas, a observação direta consiste em observar pessoas utilizando produtos, ou no caso do presente estudo observar processos.

Para coleta de dados primários foi utilizado pesquisa qualitativa por meio de observação direta tendo o ambiente natural uma fonte para a coleta de dados. A observação direta consistiu na análise de como é feito o processo de rebarbação e inspeção das peças. Durante tal contato direto (etapa 5), foi acompanhado os acontecimentos em tempo real para compreender o contexto destes (GANGA, 2012). Definido os métodos de pesquisa, realizou-se quatro visitas à empresa base de estudo, que se sucederam no mês de junho de 2017 -

⁴ KIRK J; MILLER, M. L., *Reliability and validity in qualitative research*, Beverly Hills: Sage, 1986

uma a cada semana. A periodicidade semanal das visitas foi escolhida a fim de que os operadores se acostumassem com a observação e agissem de maneira natural, possibilitando ver como o processo é realmente executado. O entendimento suscitado pela observação direta permitiu melhor compreensão do problema. No decorrer da observação direta também foi realizado o mapeamento do fluxo de trabalho das três linhas que executam a produção da empresa EVLtda, para constatar a melhor forma de promover a rastreabilidade das peças. Em cada visita realizada à EVLtda foi produzido um relatório, garantindo acessibilidade às informações levantadas para consulta em um momento futuro.

A observação direta foi apoiada pela pesquisa documental definida por apresentar vantagens como estabilidade, permitindo ao pesquisador rever os dados quando necessário, e por ser exata, apresentando informações detalhadas sobre um evento (GANGA, 2012). As informações averiguadas no método qualitativo da observação direta foram corroboradas através da pesquisa quantitativa, fazendo o uso de dados secundários provenientes de documentos da empresa (etapa 6). A análise documental é usada com o intuito de apoiar as informações obtidas através de outras fontes de evidência, muitas vezes apontada como fonte secundária (YIN, 2010). Para fundamentação do problema base do estudo, observou-se uma série de problemas causados devido a ineficiência na obtenção da causa raiz das não conformidades ocorridas na análise do processo produtivo da EVLtda. O principal indicador externo da empresa, o IQF (Índice de Qualidade de Fornecedores), é um documento que classifica a empresa como uma fornecedora boa, regular ou ruim. O IQF traz uma série de critérios que são utilizados para pontuar e classificar a empresa, dentre os quais pode-se destacar: nível de rejeição/devolução, existência de reclamações (RAC), atendimento ao programa de entrega, tempo de resposta, avaliação do processo produtivo e embarques controlados.

Os dados levantados foram então tabulados e analisados, e uma narrativa com os resultados foi produzida a fim de facilitar o entendimento do leitor (etapa 7). Por fim, (etapa 8) as conclusões sobre o estudo foram apresentadas, abordando o atendimento ou não da pergunta problema e se os objetivos da pesquisa foram concluídos. Somando-se a isso, são apresentadas recomendações para a empresa onde foi realizado o estudo, propostas para outras empresas que tenham como base um problema similar ao estudado e propostas para trabalhos futuros.

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

4.1 Efeitos da ineficiência da análise da causa raiz na empresa

Após detectar e definir o problema, o estudo objetivou analisar a aplicabilidade da rastreabilidade como ferramenta no auxílio da identificação de causa raiz, sendo amparado

pelo aprofundamento no referencial teórico dos assuntos que englobam tais problemas.

Dentre os critérios do IQF, pode-se destacar os que são diretamente afetados negativamente pela impossibilidade de detecção da causa raiz de um problema, que são (1) Nível de rejeição/devolução, (2) Existência de reclamações (RAC), (3) Tempo de resposta e (4) Avaliação do processo produtivo.

Nível de rejeição/devolução são aquelas peças que sofrem algum tipo de dano durante o processo que impossibilita sua funcionalidade transformando-a em refugo. Geralmente o dano a peça é ocasionado devido a execução incorreta de alguma etapa do processo produtivo que reflete em problemas no produto final. Depois de detectado o problema no produto final, inicia-se a busca pela causa raiz objetivando a correção da fonte causadora do problema para que não haja reincidência do mesmo. Como a EVLtda adota o método de produção continua é de suma importância que a detecção da causa raiz seja a mais breve possível, visto que, a falta de intervenção na causa raiz de um processo produtivo contínuo, faz com que o mesmo continue produzindo peças defeituosas e conseqüentemente aumenta os níveis de rejeição/devolução, o que não é benéfico para empresa pois afeta diretamente na sua reputação para com seu cliente.

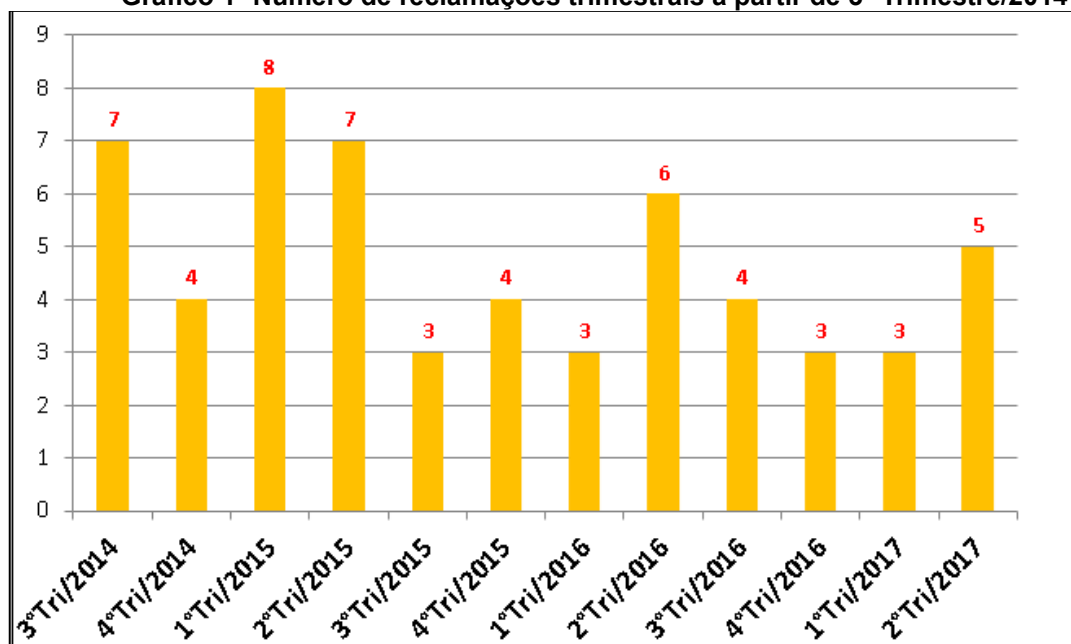
Após a análise de um tipo de problema (excesso de rebarbação) durante dois meses, pôde-se perceber o aumento das não conformidades nas peças 4 e 10. Esse aumento impacta diretamente nos níveis de rejeição/devolução da empresa.

No que se refere a existência de reclamações (RAC - Requisitos de Avaliação da Conformidade), quando alguma não conformidade é detectada e o problema é atribuído a EVLtda, o cliente notifica a empresa através de uma reclamação oficial, que serve como método sistêmico que a contratante usa para exigir ações para que este problema não ocorra novamente. O método de resposta destas reclamações consiste na detecção da causa raiz, e a partir deste a formulação de ações para correção do processo que originou o problema. Na medida em que se atua na causa raiz do problema a possibilidade de reincidência do mesmo é extinta fazendo com que não ocorram novas reclamações devido o mesmo problema, e prevenindo a existência de novas RAC's. Foi monitorado o número de reclamações a partir do 3º trimestre de 2014 até o 2º trimestre de 2017 conforme mostra o Gráfico 1.

Destacando a importância do tempo de resposta, a partir do momento em que a EVLtda recebe uma reclamação, a mesma tem 5 dias corridos para respondê-la e submeta-la ao cliente, ou seja, são 5 dias corridos para detectar a causa raiz e formular ações para resolver o problema. Depois de respondida a reclamação é avaliada pela contratante, podendo ser aprovada ou reprovada. Caso a contratante entenda que as ações propostas não são suficientes para resolver o problema, a reclamação é reprovada e cabe a empresa (EVLtda) analisar novamente o problema afim de propor ações mais robustas. A real detecção da causa raiz está intimamente ligada a ações eficazes para solução do problema, pois a

partir do momento em que se conhece a verdadeira origem do problema fica mais fácil tomar decisões para que ele não ocorra novamente. Segundo dados fornecidos pela EVLtda, 70% das reclamações são respondidas mais de uma vez devido a reprovação do cliente, gerando retrabalho e fazendo com que todas as análises sejam realizadas novamente.

Gráfico 1- Número de reclamações trimestrais a partir de 3º Trimestre/2014



Fonte: Elaborado pelos autores.

No tocante a avaliação do processo produtivo, anualmente a EVLtda é auditada pelo fornecedor em relação a capacidade de seu processo produtivo. Para realizar essa auditoria a contratante formulou uma série de requisitos a serem cumpridos pela EVLtda. O sucesso da auditoria é mensurado através de uma pontuação, onde a nota 4 é a pontuação máxima a ser atingida. Atualmente a EVLtda possui a nota 3, é isso deve-se ao não cumprimento eficiente dos requisitos relacionados a detecção e análise da causa raiz. Foi solicitado a empresa os itens relacionados a causa raiz que possuem nota inferior a 4, e a partir destas informações foi confeccionado o Quadro 1.

4.2 Rastreabilidade como instrumento na análise da causa raiz

A empresa base do estudo (EVLtda) dispõe de um galpão em sua sede, de onde opera através de 6 linhas de produção. O fluxo de trabalho começa no recebimento, e perpassa pelo processo de acabamento, granalhamento, inspeção, e embalagem das peças automotivas oriundas da contratante. Por exigência contratual, estabelecida pela contratante, a EVLtda deve garantir o correto processamento de todas estas etapas de seu processo produtivo, sobe pena de deméritos financeiros ou até perda de contrato. Os serviços prestados em

peças automotivas são realizados tanto na EVLtda quanto também na planta da empresa contratante, sendo o fluxo possível de duas formas. Na primeira, a empresa contratante envia as peças a serem rebarbadas para EVLtda (passo 1 da Figura 1), e as recebe novamente depois de realizadas as operações de rebarbação, granalhamento e inspeção (passo 2). Por fim - passo 3 - as peças são enviadas ao cliente final. Já na segunda forma, o rebarbação é realizada na própria planta da empresa contratante, enviando as peças para o cliente sem essas passarem pela EVLtda (apenas passo 3). O Quadro 1 representa os dois possíveis fluxos.

Quadro 1- Requisitos de auditoria para qualificação de fornecedor

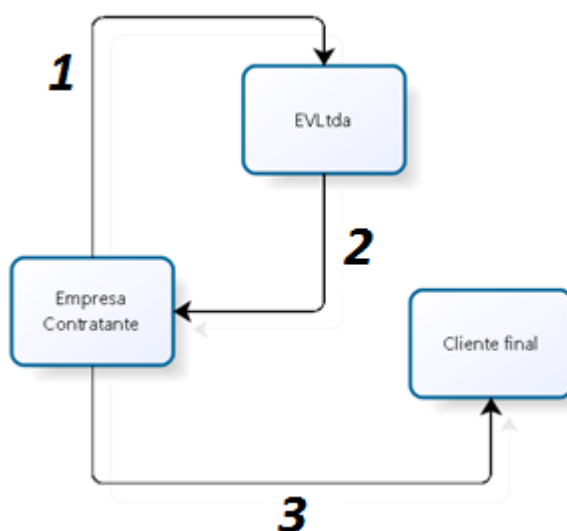
Auditoria de Processo	Na área de recebimento retirar uma amostra de um lote já aprovado/aceito e controlá-lo.	4
	Na área de fabricação o auditor solicita componentes produzidos por diferentes máquinas e operadores e acompanhe a realização dos controles, verificando a coerência dos resultados obtidos em comparação com os registros anteriores e em relação às especificações. em caso de não conformidade, os resultados devem ser analisados para encontrar a causa raiz.	3
	O auditor deve verificar que a matéria prima utilizada seja a mesma que foi aprovada pelo cliente.	NA
	Durante a auditoria de Processo, os operadores estão adequadamente treinados?	4
	Os métodos de controle são adequados à inspeção solicitada e são respeitados?	4
Provas e controles de processo	Os parâmetros de processo e máquina estão definidos e estão de acordo com o prescrito nas instruções de processo e plano de controle (temperatura, pressão, tensão, corrente, força, vazão, torque de aperto, etc.)?	4
	O método de registro dos dados deve ser adequado aos controles realizados e todos os limites de controle utilizados devem ser coerentes. As condições de "fora de controle" ou variações por causas especiais devem ser claramente identificadas, documentadas para que sejam realizadas ações corretivas.	4
	O fornecedor deve ter um procedimento para garantir, caso ocorra uma não conformidade, que os particulares produzidos desde o último lote conforme produzido sejam tratados como produto não conforme	4
	Devem estar definidas e implementadas regras para a gestão das não conformidades encontradas compreendendo: - identificação da não conformidade; - análise da causa raiz; - ações de contenção e corretivas; - verificação da eficácia das mesmas; - extensão da melhoria para os processos similares.	3

Fonte: Adaptado pelos autores.

Quando algum sinistro ocorre em determinada peça, a EVLtda dispõe de um sistema de rastreabilidade frágil e de fácil reprodução, onde não é possível a comprovação que a origem da peça com problema tenha partido de um fluxo diferente que não perpassa por sua planta. Droppa et al. (2011, p. 202.) cita que “a rastreabilidade das causas de não conformidades faz parte do conjunto de ações de um controle de qualidade, devendo ser uma etapa de decisão rápida.” Nesse sentido, o sistema de rastreabilidade adotado pela EVLtda ainda apresenta outro revés importante; caso a empresa seja de fato responsável pelas não-conformidades, o sistema mostra-se incapaz de definir com agilidade onde incidiu a causa raiz das avarias. O sistema de rastreabilidade da empresa é incapaz de identificar em qual linha originou-se a não conformidade, qual o operador realizou o rebarbamento, qual inspetor fez a verificação na peça e nem quais equipamentos foram utilizados no processo. Ainda de

acordo com Droppa *et al.*(2011) um processo tem relação de cliente com o processo anterior e fornecedor com processo subsequente, compreender e controlar tais processos são elementos fundamentais para garantir a supervisão das não conformidades. Contudo, como na EVLtda, é comum não se identificar de prontidão as causas que decorreram as falhas e não conformidades, pois faltam ferramentas físicas que possibilitem traçar o histórico produtivo.

Figura 1- Representação do fluxo de peças de alumínio para rebarbação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quando ocorre alguma não conformidade, a rastreabilidade torna o processo de identificação da causa raiz muito mais ágil. Conforme Droppa et al. (2011), a necessidade da identificação ágil da causa de uma não conformidade no produto é fundamental para decisões administrativas, para tanto, deve-se elaborar roteiros indicativos para o direcionar na análise dos problemas. Segundo Liker (2007) é importante conhecer o ciclo completo de um problema produtivo, para tanto aplica as etapas de: reconhecimento do problema, solicitação de assistência do problema, avaliação, controle, contenção e prevenção do mesmo. Na fase de avaliação do problema, quando as fontes das não conformidades são desconhecidas, elas devem ser possíveis de rastrear por análise. A empresa deve garantir ferramentas que auxiliem tal análise.

Vale salientar que a rastreabilidade não é capaz de identificar a causa raiz e sim torná-la mais fácil de compreensão, uma vez que é capaz de apontar para as hipóteses da origem do problema. A ferramenta rastreabilidade pode garantir que a análise seja feita em menos tempo, e com isso gerar menos prejuízos do que em processos que não tenham ferramentas que auxiliem na rastreabilidade.

Diante do exposto, é possível constatar que a rastreabilidade como ferramenta de análise, pode contribuir na identificação da causa raiz de falhas ocasionadas na cadeia produtiva, quando este sistema garanta informações palpáveis para o rastreio do processo. “Um sistema de rastreabilidade, permite seguir ou rastrear informações referente à processos, produtos, pessoal e ou serviços, a jusante e ou montante de um elo de cadeia ou de um departamento interno de uma empresa” (CAMPOS, 2015, p. 183). Mesmo um simples sistema de rastreio, pode tornar a tarefa de identificação da causa raiz muito mais simples e rápida. Ao identificar uma não conformidade em algum produto é possível eliminar várias partes do processo produtivo que não tem relação com a não conformidade, isto faz com que o universo de consequências que hipoteticamente possa causar aquele problema, seja drasticamente reduzido.

5. PROPOSTAS DE MELHORIAS

Após realização do estudo, observou-se impactos negativos causados pela ineficiência do sistema de identificação da causa raiz da empresa EVLtda. Esses impactos podem ser de natureza interna, onde a empresa encontra dificuldades em atuar na origem do problema e propor ações eficazes para contenção das causas das não conformidades, como também externa, referente a perda de credibilidade da EVLtda perante seus clientes. A inefetividade das ações resulta na reincidência das não conformidades, influenciando negativamente a relação com os clientes, podendo gerar perda de contrato e perspectiva de novos negócios.

Um dos fatores que contribuí para a falta de informações é o frágil sistema de rastreabilidade vigente na empresa. A utilização do marcador industrial não fornece informações suficientes para que empresa possa definir a origem do problema com precisão, não sendo possível agregar informações importantes a esta forma de rastreio: a data da operação, a linha por qual a peça passou, e o operador que fez o trabalho. Um sistema de rastreabilidade eficiente na empresa garantiria mais assertividade na identificação do local das falhas, bem como influenciaria positivamente no tempo gasto para a identificação das causas raízes. Uma vez que a empresa adota o método de produção contínua, a identificação rápida da causa raiz é um fator crucial para evitar paradas de linha não programadas ou refugos no caso de continuar produção havendo um problema não identificado.

Depois de identificado os efeitos negativos, bem como uma ferramenta que quando utilizada de forma eficaz é capaz de auxiliar na melhora do processo de identificação do local da causa raiz, propôs-se uma melhoria no processo atual de rastreabilidade da EVLtda, foi sugerida uma reformulação no sistema de rastreabilidade, no qual essa última resultaria no monitoramento de informações importantes, e paralelamente se adequaria a realidade da empresa, para identificação da origem dos problemas. Assim, depois de considerar variáveis como, investimento, aceitação e facilidade, chegou-se à sugestão um carimbo modificável.

O carimbo modificável é composto por seis marcações, sendo que cada uma contém números de 0 a 9 e algumas letras. Essas marcações são modificáveis podendo ser alteradas de acordo com objetivos pretendidos. A combinação destes números e letras podem trazer informações como, data, linha de operação, e código do operador. Seria disponibilizado 1 (um) carimbo para cada linha de produção e o mesmo poderia ser alterado de acordo com a necessidade da empresa, como mudanças de datas e linhas, bem como alteração de operador.

Dentre os principais benefícios desta proposta, destacam-se a possibilidade de identificação de informações precisas em relação ao fluxo da peça, o aumento da eficiência na identificação da causa raiz, e, conseqüentemente, a valorização da capacidade do processo produtivo da empresa.

6. CONCLUSÕES FINAIS

O objetivo geral desse estudo foi analisar a aplicabilidade da rastreabilidade como ferramenta no auxílio da identificação de causa raiz. Como objetivos específicos, pretendeu-se apontar como a ferramenta rastreabilidade auxilia na identificação do local da causa raiz das não conformidades detectadas ao longo dos processos produtivos.

Recomenda-se para outras empresas que tenham como base um problema de pesquisa similar ao realizado neste estudo, que avaliem primeiramente os reais impactos que o problema gera para a Organização. Essa avaliação é fundamental para estabelecer medidas que não sejam nem insuficientes – incapazes de lidar com o problema – e nem superdimensionadas, resultando em custos elevados, que dependendo da ação tomada podem ser maiores que os prejuízos que o problema em si causa.

Este estudo de caso, abordou o fenômeno da ineficiência da análise das fontes de problemas na empresa EVLtda, compreendeu o porquê de tal fato acontecer e avaliou como a rastreabilidade interfere e pode auxiliar no diagnóstico do local da causa raiz. Foi verificado que a EVLtda carece de uma ferramenta eficaz de rastreabilidade e por isso foi dada uma opção que pode vir a resolver os problemas suscitados por tal carência. Caso a empresa adote o carimbo como ferramenta de rastreabilidade, é conveniente a elaboração de um novo estudo de caso que verifique a dificuldade de emprego do novo sistema, o emprego adequado da ferramenta e a eficiência do carimbo após completa inserção do mesmo no processo produtivo. Deve-se verificar se o carimbo ao sugerir o ponto exato onde o problema é suscitado, garante estatisticamente a identificação das raízes dos problemas no processo e com isso traz ganhos satisfatórios para empresa.

Diante da apresentação de tais argumentos, identificação e detalhamento do problema, aprofundamento e proposta de melhoria, o presente estudo alcançou seus objetivos propostos, onde contou com a fundamental parceria da empresa estudada (EVLtda) que

forneceu dados e possibilitou a realização do mesmo.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, P. F.; VINHOLIS, M. de M. B. **Segurança do alimento e rastreabilidade: o caso BSE**. RAE Eletrônica. São Paulo, v. 1, n. 2, p. 19, 2002. Disponível em <<http://www.rae.com.br/eletronica/index.cfm?FuseAction=Artigo&ID=1233&Secao=OPERA/LOGI&Volume=1&Numero=2&Ano=2002>>.

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. S. **Fundamentos de metodologia científica: uma guia para a iniciação científica**. 2 ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

BENTO, A. R.; TAMBOSI, S. L.; PRUS, E. M. **Uma Aplicação da Tecnologia de Coleta de Dados na Gestão de Materiais no setor Automotivo**. In: 67º Congresso Internacional da ABM, 2009.

BRABET, C.; IBA, S. K.; OLIVEIRA, I. J. de; PALLET, D.; **Um panorama da rastreabilidade dos produtos agropecuários do Brasil destinados à exportação: carnes, soja e frutas**. Piracicaba: ESALQ-USP 2003.

BRUHN, F. R. P.; CUSTÓDIO, I. A.; FARIA, P. B.; LOPES, M. A.; MAIA, E. M. M.; ROCHA, C. M. B. M.. **Fatores associados à percepção e atitude de consumidores de carne bovina com certificação de origem em Uberlândia, Minas Gerais**. Ceres, v. 64, n. 1, 2017.

CAMPAGNARO, C. A.; REBELATO, M. G.; RODRIGUES, A. M.; RODRIGUES, I. C. (2008). Um Estudo sobre Métodos de Análise e Solução de Problemas (MASP) na Cadeia de Fornecimento das Montadoras Automotivas Nacionais. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_070_501_10707.pdf>. Acesso em 21 set 2017.

CAMPOS, M. R. R. **Gestão de estoques com rastreabilidade de materiais—estudo de caso de impactos no inventário físico de uma indústria eletroeletrônica**. Revista de Ciências Gerenciais, v. 12, n. 15, p. 177-194, 2015.

CARDOSO, A. A.; CHAVES, C.A.; CORREA, J. C. **Os benefícios de um sistema de rastreabilidade em uma empresa de Autopeças**. XIII SIMPEP Bauru. São Paulo: 2006, v. 6, p. 2.

CLARKE, W. R.; WILSON, T. P. **Food safety and traceability in the agricultural supply chain: using the Internet to deliver traceability**. Supply Chain Management: An International Journal, v. 3, n. 3, p. 127-133, 1998.

DALBOSCO, J.; FERNANDES, J. M. C.; PAVAN, W.; TIBOLA, C. S. **Sistema de Rastreabilidade Digital para Trigo**. Embrapa, Brasília, p. 22-24, 2013.

DROPPA, E. E.; NICKEL, R.; PILONETTO, M.; SAMPAIO, T. L. **Rastreabilidade das causas de não conformidades em meios de cultura**. RBAC, v. 43, n. 3, p. 201-12, 2011.

EXAME.COM. **DPDC abre processo contra BRF, Souza Ramos e Peccin**. São Paulo. Disponível em <<http://exame.abril.com.br/negocios/dpdc-abre-processo-contr-brf-souza-ramos-e-peccin/>> Acesso em 03 de abril de 2017.

Friedman, A. L., Geoghegan, S. R., Sowers, N. M., Kulkarni, S., & Formica, R. N. (2007). Medication errors in the outpatient setting: classification and root cause analysis. **Archives of Surgery**, v. 142, n. 3, p. 278-283, 2007. Disponível em: <<https://jamanetwork.com/journals/jamasurgery/fullarticle/399919>>. Acesso em 23 set 2017

GANGA, G. M. D. **Trabalho de Conclusão de curso na Engenharia de Produção: um guia prático de conteúdo e forma**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GERMANO, P.M.L.; GERMANO M.I.S. **Sistema de gestão: qualidade e segurança dos alimentos**. 3.ed. São Paulo: Manole, 2013, p.57.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1999. p. 206.

_____. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOODE, W. J. HATT, P. J. **Métodos em pesquisa social**. São Paulo: Nacional, 1969.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR. **Recalls e Produtos Inseguros**. Disponível em < <http://www.idec.org.br/consultas/recalls-e-produtos-inseguros>>. Acesso em 03 abr. 2017.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE ANÁLISE DE NEGÓCIOS. Guia BABOK. IIBA, 2011. 266p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=wZvSEEG39N4C&printsec=frontcover&dq=babok&hl=en&ei=byNtTaiTJMSltwfFjoXDBQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Acesso em 20 nov 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) 9001:2015, **Quality management systems** — Requirements.

KELLER, K. L.; KOTLER, P. **Administração de Marketing**. 12 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. p. 752.

LAM, W.; CHUA, A. Knowledge management project abandonment: an exploratory examination of root causes. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 16, n. 1, p. 35, 2005. Disponível em: <<http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=3053&context=cais>>. Acesso em 20 set 2017.

LEONELLI, F. C. V.; TOLEDO, J. C. **Rastreabilidade em cadeias agroindustriais: conceitos e aplicações**. Embrapa Instrumentação Agropecuária. Circular Técnica, 2006. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/31555/1/CiT332006.pdf>>. Acesso em 01 nov. 2017.

LESZAK, M; PERRY, D. E.; STOLL, Dieter. A case study in root cause defect analysis. In: **Proceedings of the 22nd international conference on Software engineering**. ACM,

2000. p. 428-437. Disponível em: <<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=337232>>. Acesso em 20 set 2017.

LIKER, J. K.; **O modelo Toyota manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LUNDVALL, B. A. **Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation**. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.R.; SILVERBERG, G. AND SOETE, L. (eds.). *Technical change and economic theory*. London: Printer Pub., 1988. p. 349-369.

MACHADO, R. T. M. **Sinais de qualidade e rastreabilidade de alimentos: uma visão sistêmica**. Organizações Rurais & Agroindustriais v. 7, n. 2, 2005.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1996. p. 48.

_____. **Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1997.

MORAIS, K.; TAVARES, E.. **Uso da tecnologia da informação na gestão da cadeia de suprimentos em São Luís, Maranhão, e oportunidades para o desenvolvimento de fornecedores locais**. *Interações (Campo Grande)*, v. 12, n. 2, 2016.

MUNIZ, G. B.. Exclusivo: **Por Dentro do Maior Recall do Mundo**. *Revista Auto Esporte*. Seção Notícias, set. 2016. Disponível em <<http://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2016/09/exclusivo-por-dentro-do-maior-recall-do-mundo.html>>. Acesso em 03 abr 2017.

PINTO, C. P. **A Rastreabilidade no Contexto da Gestão da Qualidade**. 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/504>>. Acesso em 19 maio 2017.

RAMESH, B. **Factors influencing requirements traceability practice**. *Communications of the ACM*, v. 41, n. 12, p. 37-44, 1998.

RZEPNICKI, T. L.; JOHNSON, P. R. Examining decision errors in child protection: A new application of root cause analysis. **Children and Youth Services Review**, v. 27, n. 4, p. 393-407, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0190740904002476>>. Acesso em 21 set 2017.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Justiça e da Defesa da Cidadania. **Campanhas de Recall por Segmento e Tipo de Produto – Geral**. Disponível em <http://sistemas.procon.sp.gov.br/recall/relatoriosPHP/campanhas_recall_segmento_tipoproduto.php>. Acesso em 22 mar 2017. (Relatório)

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookmen, 1996.

TAMUZ, M.; HARRISON, M. I. Improving patient safety in hospitals: contributions of high-reliability theory and normal accident theory. **Health services research**, v. 41, n. 4p2, p. 1654-1676, 2006. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-6773.2006.00570.x/full>>. Acesso em 23 set 2017

TEIXEIRA, T. C. A. CASSIANI, S. H. B. de. Análise de causa raiz: avaliação de erros de medicação em um hospital universitário. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 44, n. 1, 2010. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/3610/361033303020/>>. Acesso em 20 set 2017

TEIXEIRA, T. C. A. **Análise da causa raiz de incidentes relacionados à segurança do paciente na assistência de enfermagem em unidades de internação, de um hospital privado, no interior do Estado de São Paulo.** Tese (Doutorado em Enfermagem). Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22132/tde-17042013-160047/en.php>>. Acesso em 16 set 2017.

TRETER, F. M; CATEN, C. S. T; TINOCO, M. A. C. Utilização da análise de causa raiz e 8D nos atrasos de entrega de ordens de compra. **Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias**, n. 13, 2014. Disponível em : <>. Acesso em 18 set 2017

WITT, H. C. V. **Aprendizagem Organizacional a partir do ensino da metodologia de análise e solução de problemas.** Tese (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em:<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10175/000558435.pdf?sequence=1>>. Acesso em 26 set 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Conceptual Framework for the International Classifications for Patient Safety.** WHO, Janeiro, 2009. Disponível em: < http://www.who.int/entity/patientsafety/taxonomy/icps_full_report.pdf>. Acesso em : 25 setembro 2017.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001
_____. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

Capítulo 20

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE:
ESTUDO DE CASO APLICADO A ÁREA DE MONTAGEM
FINAL DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Denia Oliveira Gois
Ramon Parreiras Filho
Alessandra Lopes Carvalho
José Luiz Silva Ribeiro
Ion Willer dos Santos

Manutenção centrada na confiabilidade: estudo de caso aplicado a área de montagem final de uma indústria automobilística

*Denia Oliveira Gois
Ramon Parreiras Filho
Alessandra Lopes Carvalho
José Luiz Silva Ribeiro
Ion Willer dos Santos*

RESUMO

Este trabalho caracteriza-se por uma pesquisa de natureza quantitativa na qual foi utilizado o método estudo de caso. O foco do estudo é um equipamento crítico localizado na área de montagem final de uma grande indústria automobilística. Objetiva-se derivar os modelos de confiabilidade e manutenibilidade de forma a possibilitar o cálculo de disponibilidade. Objetiva-se ainda, utilizando a filosofia RCM (*Reliability Centered Maintenance*), identificar em qual fase de vida o equipamento avaliado se encontra (mortalidade infantil, vida útil ou velhice), de forma a propor ações compatíveis e elevar a assertividade das decisões a serem tomadas. Os parâmetros da modelo de confiabilidade obtido indicam a existência de falhas prematuras (mortalidade infantil). A observação mais detalhada levou a percepção de que o equipamento está sofrendo uma solicitação superior a prevista em projeto. Os resultados demonstram alta disponibilidade apesar da baixa confiabilidade. Atribui-se este fato a alta manutenibilidade, o que indica um grande esforço de manutenção. Foi sugerido a empresa cedente dos dados que seja realizado um estudo no sentido de maximizar a robustez do equipamento e compatibilizá-lo com a solicitação do sistema produtivo em que está inserido.

Palavras chave: Confiabilidade. Manutenibilidade. Disponibilidade.

1. INTRODUÇÃO

O estudo de confiabilidade é de vital importância no âmbito econômico do mercado automobilístico brasileiro devido à grande competitividade que o caracteriza. A confiabilidade fornece as ferramentas que permitem especificar, projetar, testar e demonstrar a capacidade segundo a qual componentes, equipamentos, produtos e sistemas desempenharão suas

funções por períodos determinados de tempo, em ambientes e condições específicas sem apresentar falhas.

Entretanto, considerando-se a ocorrência de falhas, é necessário que o ativo seja colocado novamente em operação o mais rápido possível. Neste contexto, a manutenção industrial passou a assumir função estratégica dentro das organizações por estar diretamente relacionada com a produtividade dos processos (KARDEC, 2012).

Portanto, uma linha de produção apenas terá resultados satisfatórios se os equipamentos que a compõem possuírem altos níveis de confiabilidade e manutenibilidade. Estudos de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade tem sido aplicados em várias áreas com resultados satisfatórios (BERNARDA et al, 2014; GUIMARAES et al, 2014, MENGUE, SELLITTO, 2013; SILVA, SAMPAIO, ROBLES, 2013; CERVEIRA; SELLITTO, 2015).

Considera-se, assim, que a implantação de técnicas baseadas na Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM -*Reliability Centered Maintenance*) e nos princípios do *World Class Manufacturing* (WCM), sejam determinante para que efetivamente se consiga obter resultados satisfatórios.

Neste contexto, objetiva-se quantificar a confiabilidade de um equipamento crítico inserido em uma linha de produção da Montagem Final de uma indústria automobilística. Objetiva-se ainda identificar em qual fase da curva da banheira o equipamento avaliado se encontra de forma a propor ações compatíveis e elevar a assertividade das decisões a serem tomadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Confiabilidade é a probabilidade de um sistema exercer sem falhas a função para a qual foi projetado, por um determinado período de tempo e sob um conjunto de condições pré-estabelecidas (NBR 5462, 1994).

De acordo com Carvalho (2008) e Fogliato, Ribeiro (2009), o tempo até a falha pode ser representado por uma variável T distribuída continuamente, com densidade de probabilidade dada por $f(t)$ e função de distribuição acumulada dada pela Equação 1:

$$F(t) = P[T \leq t] = \int_0^t f(t)dt \quad (1)$$

O valor esperado da variável aleatória tempo até a falha T é definido como $MTTF$ (tempo médio até a falha), conforme Equação 2 (O' CONNOR; KLEYNER, 2012).

$$MTTF = E(T) = \int_0^{\infty} t f(t)dt \quad (2)$$

A função confiabilidade $R(t)$ é definida como o complemento da função probabilidade de falha conforme Equação 3.

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (3)$$

Considerando-se, por exemplo, a distribuição de Weibull, a função confiabilidade é dada pela Equação 4.

$$R(t) = e^{-\left[\frac{(t-\gamma)}{\eta}\right]^\beta} \quad (4)$$

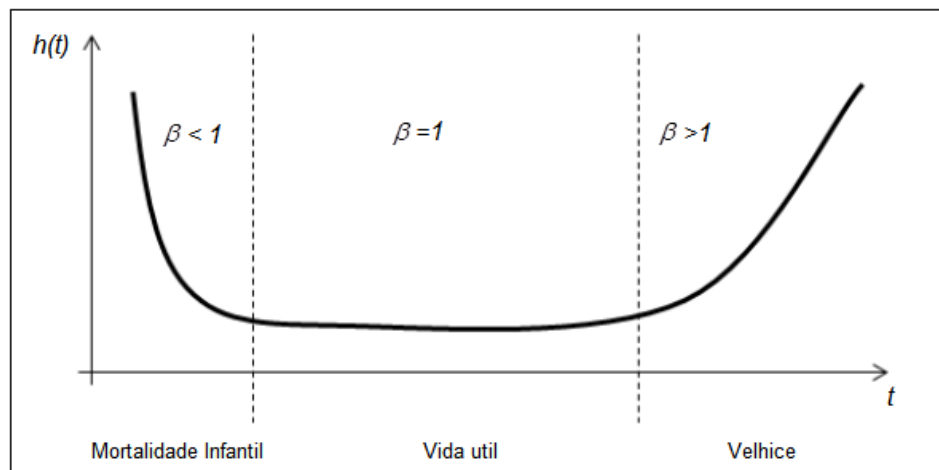
Onde: β é parâmetro de forma ou inclinação
 γ é parâmetro de localização ou vida mínima
 η é parâmetro de escala ou vida característica

A função taxa de falhas $h(t)$ é definida pela relação entre as funções densidade de probabilidade e confiabilidade, conforme Equação 5.

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (5)$$

O comportamento da taxa de falhas é um indicativo da maneira como uma componente envelhece. Segundo Fogliato e Ribeiro (2009) a taxa de falhas pode ser crescente, decrescente ou constante. A Figura 1, conhecida como curva da banheira, caracteriza os três períodos da vida de um componente: mortalidade infantil, vida útil e velhice.

Figura 1- Curva da Banheira



Fonte: Adaptado de Fogliato e Ribeiro (2009)

O tempo de reparo pode ser considerado uma variável aleatória, de maneira análoga ao tempo até a falha. Portanto, da variável aleatória tempo de reparo T_R pode ser modelada por uma distribuição de probabilidade $g(t)$. A probabilidade de que uma falha seja reparada até um tempo t previamente estabelecido é definida como manutenibilidade, conforme Equação 6.

$$G(t) = P[T_R \leq t] = \int_0^t g(t)dt \quad (6)$$

O tempo médio para o reparo (MTTR), pode ser definido de forma análoga ao tempo médio até a falha (MTTF) , conforme Equação 7.

$$MTTR = E(T_R) = \int_0^{\infty} t g(t)dt \quad (7)$$

A partir dos conceitos confiabilidade e manutenibilidade é possível definir a disponibilidade como a capacidade de um item desempenhar sua função, mediante manutenção apropriada, por um período de tempo predeterminado (LAFRAIA, 2008). Considerando-se itens não reparáveis, os conceitos de disponibilidade e confiabilidade se equivalem. Considerando-se itens reparáveis a variável de interesse passa a ser o tempo médio entre falhas MTBF (definido de forma análoga ao MTTF). Supondo que os reparos devolvam o item à condição de nova, a disponibilidade é definida conforme Equação 8.

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (8)$$

3. METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se por uma pesquisa de natureza quantitativa na qual foi utilizado o método estudo de caso (CAUCHICK MIGUEL, 2012). O foco do estudo é um equipamento crítico localizado na área de montagem final de uma grande indústria automobilística.

Serão avaliados dados reais de falhas. Após a coleta, os dados receberão um pré tratamento para eliminação de *outliers*, ou seja, observações que apresentam um grande afastamento das restantes ou são inconsistentes.

De posse dos dados históricos, devidamente filtrados, serão calculadas as variáveis tempo entre falhas TBF e tempo de reparo TR do equipamento. A partir dessas variáveis

serão derivadas os modelos Confiabilidade $R(t)$ e Manutenibilidade $G(t)$ utilizando-se como ferramenta o software Weibull® (RELIASOFT CORPORATION, 2016).

Posteriormente será verificado o posicionamento do equipamento avaliado na curva da banheira de acordo com o comportamento de sua taxa de falhas. Assim, será definida a política de manutenção mais adequada, segundo princípios da metodologia RCM (*Reliability Centered Maintenance*). Finalmente será calculada a disponibilidade do equipamento.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Priorização do Equipamento

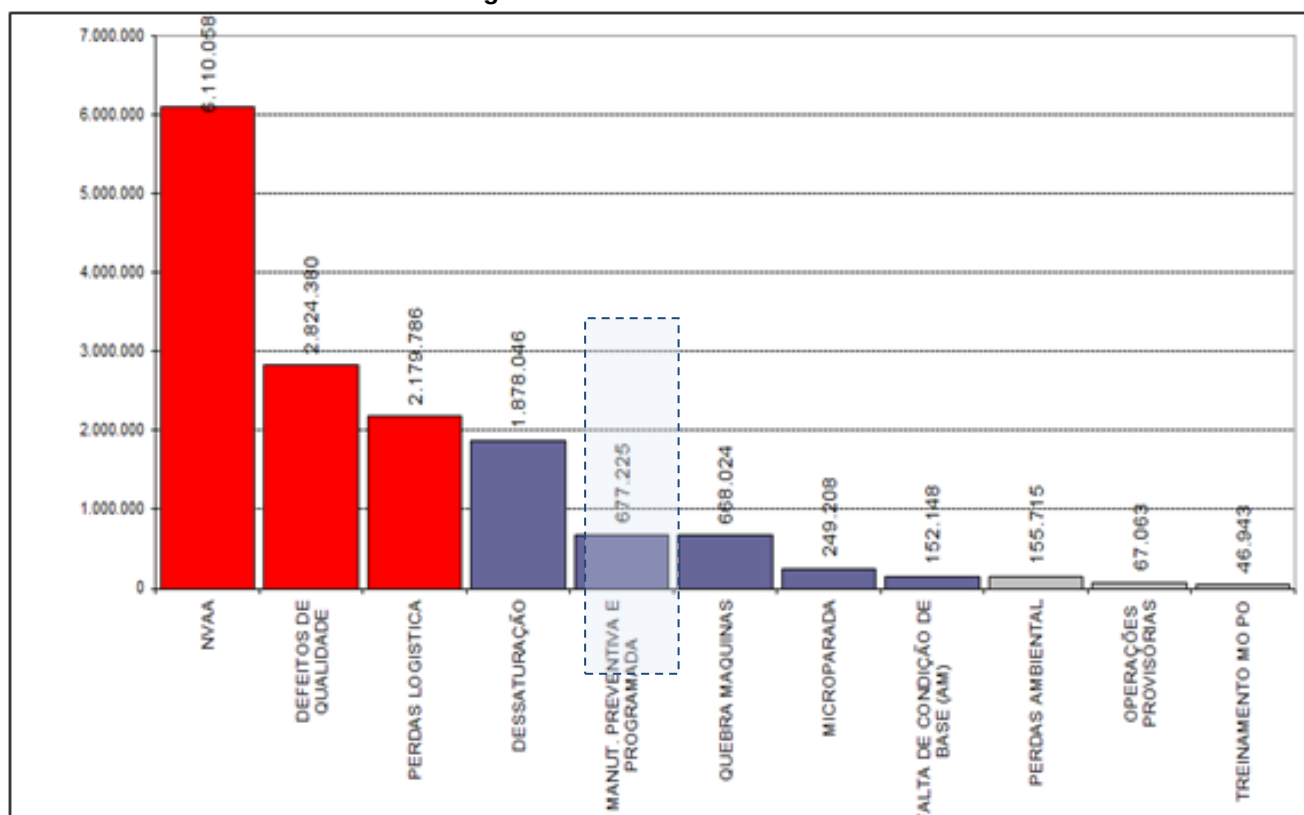
De acordo com a filosofia *World Class Manufacturing* (WCM), existem três fases da manutenção. A primeira delas é a fase reativa. Nesta fase os equipamentos apresentam quebras, ou seja, defeitos que ocasionam a indisponibilidade das máquinas e que normalmente são maiores ou iguais a dez minutos. A escolha de equipamentos nesta fase é feita com base em outro pilar do WCM, o pilar *Cost Deployment* (CD). Este pilar irá mensurar as perdas financeiras resultantes da unidade operativa em um determinado período de forma estratificada, onde os valores de perda financeira correspondem à média mensal.

Através da estratificação, todas as perdas financeiras são identificadas e organizadas de forma decrescente. A atualização deste gráfico é definida pela gerência da organização e compreende um determinado período crítico a ser avaliado. Cada atualização do gráfico é denominada “giro” e o estudo em questão refere-se ao 11º giro do *Cost Deployment* que compreende um período de 4 meses. A Figura 2 apresenta as perdas financeiras da unidade operativa em questão referente ao período analisado.

Uma das perdas resultantes da unidade operativa refere-se a “Quebra Máquina”, que representa a perda total associada à indisponibilidade de máquinas. Este indicador será o direcionador deste trabalho que pretende maximizar os resultados da unidade operativa Montagem Final.

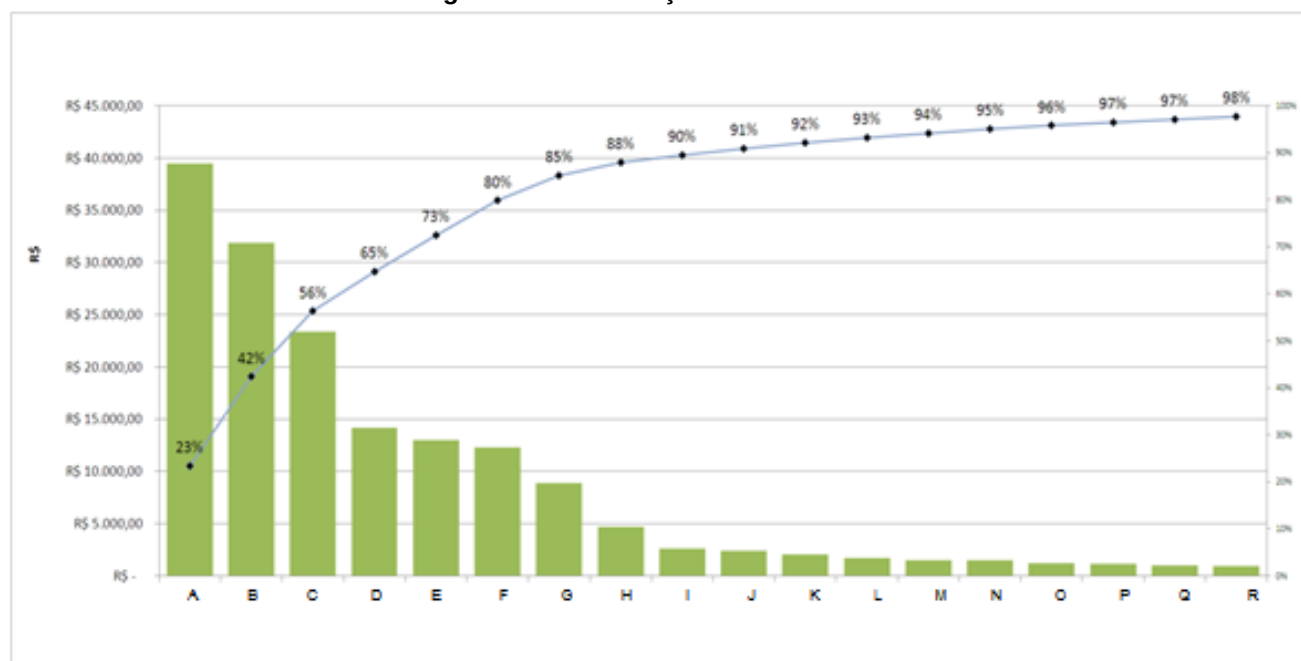
Considerando-se a perda por quebra de máquina escolheu-se como foco a causa “Manutenção Insuficiente” e os equipamentos foram estratificados conforme Figura 3. O equipamento que lidera o *ranking*, representado por “A”, foi definido como foco do estudo.

Figura 2 – Perdas financeiras



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3 – Manutenção Insuficiente



Fonte: Elaborado pelos autores

O equipamento priorizado é responsável por transportar as carrocerias do piso superior, advindas do processo de Pintura, para o transportador de arraste inferior, onde irá dar início ao processo de montagem de peças no veículo. A parada deste equipamento interrompe o funcionamento da linha e causa perda imediata de produção, o que torna o equipamento extremamente crítico para o processo.

4.2 Tratamento e Análise dos Dados

A base de dados de perda produtiva por manutenção que direcionou a priorização do equipamento a ser estudado compreende um período de 6 meses. Entretanto, sabe-se que uma análise profunda do equipamento será melhor quanto maior for o período avaliado. Dessa forma, foi consultado o banco de dados da empresa e levantado o histórico de falhas do equipamento em um período de 3 anos.

A análise de falhas de sistemas reparáveis estabelece o estudo de duas variáveis aleatórias de interesse que são o tempo entre falhas (*TBF*) e o tempo de reparo (*TR*).

Inicialmente, os dados foram tratados e todos os *outliers* eliminados. A partir disso, foi feita uma estratificação dos dados considerando apenas os componentes que possuíam reincidência de falhas e atribuindo a eles o número de falhas com impacto em perda produtiva, conforme Quadro 1. É importante ressaltar que a experiência dos pesquisadores indica que este equipamento é o mais crítico do processo durante todo o período representado pela base de dados.

Quadro 1 – Número de falhas por componente

ESPECIALIDADE	CONJUNTO	SUB-CONJUNTO	COMPONENTE	Nº DE FALHAS
MECÂNICA	ELEVAÇÃO	SISTEMA DE TRANSMISSÃO	VÁLVULA SOLENÓIDE 2 VIA	138
ELÉTRICA	ELEVAÇÃO	GONDOLA	CABO COMANDO MÓVEL GONDOLA 25X1MM	101
MECÂNICA	MESA TELESCOPIA	GARFOS TELESCOPICOS	ROLOS DE APOIO INA KRV 30PPX	98
MECÂNICA	MESA TELESCOPIA	ACIONAMENTO GARFOS	MOTOR DZ90S12/2/BMM/HR/TR	97
MECÂNICA	MESA TELESCOPIA	GARFOS TELESCOPICOS	ARRUELA DE TRAVAMENTO DA ENGRENAGEM INTERMEDIÁRIA	95
ELÉTRICA	PAINEL ELÉTRICO	2º PORTA	CONTATOR CA3KN22BD	88
MECÂNICA	ELEVAÇÃO	SISTEMA DE TRANSMISSÃO	MOTO-REDUTOR PRINCIPAL MRA060/DS	85
ELÉTRICA	PAINEL ELÉTRICO	1º PORTA	DISJUNTORMONOPOLAR, 5SX21-C10	85
MECÂNICA	ELEVAÇÃO	SISTEMA DE TRANSMISSÃO	ACOPLAMENTO DE CORRENTE	77
ELÉTRICA	PAINEL ELÉTRICO	2º PORTA	INVERSOR DE FREQUÊNCIA SEW MOVITRAC, 1,1KW	76
MECÂNICA	MESA TELESCOPIA	GARFOS TELESCOPICOS	ENGRENAGEM Z=18 (CONF. DESENHO 21003289)	76
ELÉTRICA	PAINEL ELÉTRICO	1º PORTA	RETIFICADOR DE CA PARA CC 440 VCA P 24VCC 16A	69
MECÂNICA	ELEVAÇÃO	GRUPO DE FREIO E PARAQUEDAS	POLIA (CONF. DESENHO 80171600)	22

Fonte: Elaborado pelos autores

Outra variável indispensável para o estudo é o tempo de reparo (TR). Por este motivo também foi considerado o tempo total para reparo em minutos de cada componente descrito acima no período avaliado, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Somatório do tempo de reparo por componente

ESPECIALIDADE	CONJUNTO	SUB-CONJUNTO	COMPONENTE	TR (MIN)
MECÂNICA	ELEVAÇÃO	SISTEMA DE TRANSMISSÃO	VÁLVULA SOLENÓIDE 2 VIA	831
MECÂNICA	MESA TELESCOPIA	ACIONAMENTO GARFOS	MOTOR DZ90S12/2/BMM/HR/TR	745
MECÂNICA	ELEVAÇÃO	GRUPO DE FREIO E PARAQUEDAS	POLIA (CONF. DESENHO 80171600)	679
ELÉTRICA	PAINEL ELÉTRICO	2ª PORTA	INVERSOR DE FREQUÊNCIA SEW MOVITRAC, 1,1KW	674
MECÂNICA	ELEVAÇÃO	SISTEMA DE TRANSMISSÃO	MOTO-REDUTOR PRINCIPAL MRA060/DS	635
MECÂNICA	MESA TELESCOPIA	GARFOS TELESCOPICOS	ROLOS DE APOIO INA KRV 30PPX	405
MECÂNICA	ELEVAÇÃO	SISTEMA DE TRANSMISSÃO	ACOPLAMENTO DE CORRENTE	283
MECÂNICA	MESA TELESCOPIA	GARFOS TELESCOPICOS	ENGRENAGEM Z=18 (CONF. DESENHO 21003289)	212
ELÉTRICA	PAINEL ELÉTRICO	2ª PORTA	CONTATOR CA3KN22BD	124
ELÉTRICA	PAINEL ELÉTRICO	1ª PORTA	DISJUNTORMONOPOLAR, 5S X 21 - C10	113
ELÉTRICA	PAINEL ELÉTRICO	1ª PORTA	RETIFICADOR DE CA PARA CC 440VCA P 24VCC 16A	110
ELÉTRICA	ELEVAÇÃO	GONDOLA	CABO COMANDO MÓVEL GONDOLA 25X1 MM	97
MECÂNICA	MESA TELESCOPIA	GARFOS TELESCOPICOS	ARRUELA DE TRAVAMENTO DA ENGRENAGEM INTERMEDIÁRIA	52

Fonte: elaborada pelos autores

Observa-se que o componente denominado “VÁLVULA SOLENÓIDE 2 VIA” apresenta o maior valor de TR e também o maior número de falhas, o que o caracteriza como o mais crítico dos componentes do equipamento” A”.

Considerando o componente “válvula solenoide” como foco do estudo, foram levantados os dados referentes ao seu histórico de falhas para cálculo das variáveis tempo entre falhas (TBF) e tempo de reparo (TR).

De posse dos dados de TBF e TR do componente, foi utilizado o *software* Weibull® (RELIASOFT CORPORATION, 2016) para modelagem de confiabilidade e manutenibilidade. Foram realizados testes de aderência para escolher as distribuições de probabilidade mais adequadas e posteriormente foi realizada a estimação de seus parâmetros.

O teste realizado indicou a adequação da distribuição de Weibull para a função confiabilidade e a distribuição Lognormal para função manutenibilidade. Os parâmetros estimados de cada função densidade de probabilidade estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Modelos derivados e respectivos parâmetros

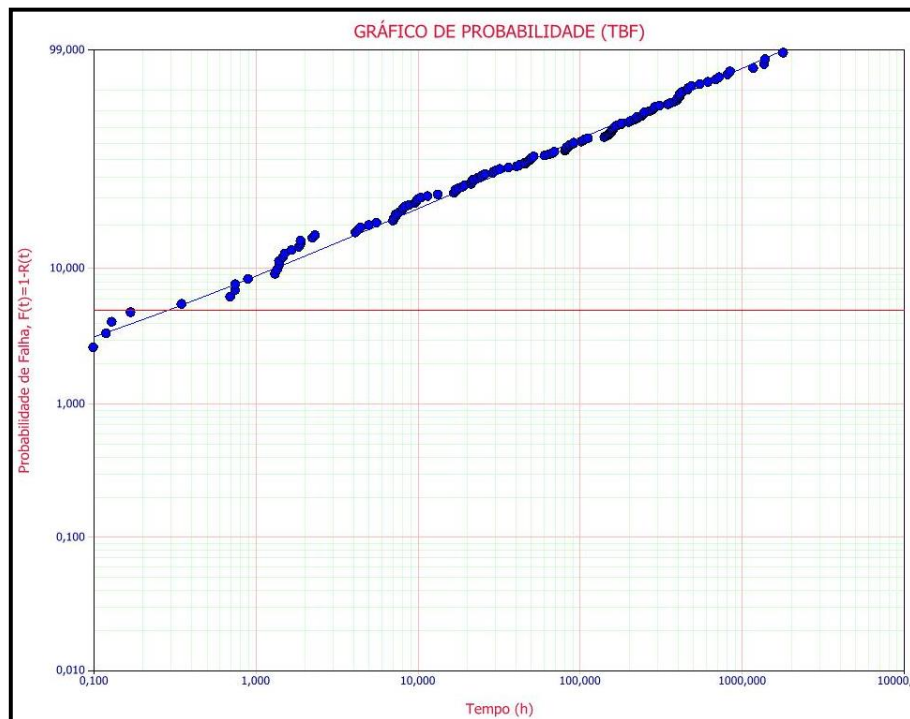
Modelo	Função Densidade de Probabilidade	Parâmetros		
Confiabilidade $f(t)$	Weibull	$\beta = 0,5325$	$\eta = 102,5915$	$\gamma = 0$
Mantenabilidade $g(t)$	Lognormal	$\mu = 0,9167$	$\sigma = 1,1529$	

Fonte: elaborado pelos autores

A Figura 4 apresenta o Gráfico de Probabilidade referente a variável tempo entre falhas (*TBF*). Este gráfico representa a função probabilidade de falha $F(t)$ linearizada e o ajuste dos pontos indica a adequação da função escolhida.

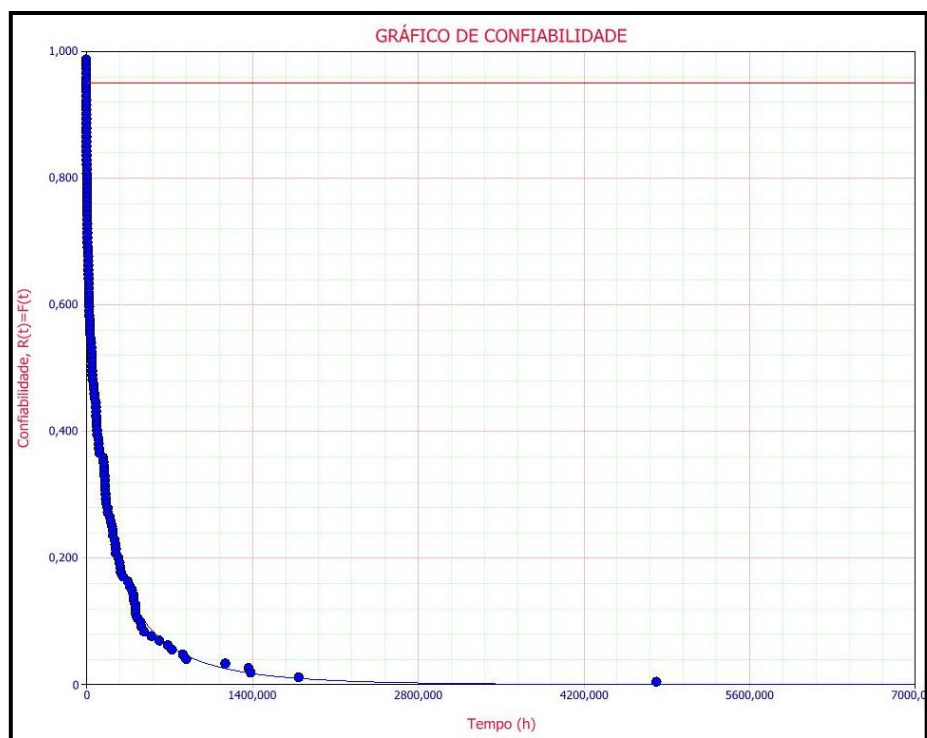
A Figura 5 apresenta a função confiabilidade para a mesma variável. O comportamento da taxa de falhas é representado pela Figura 6.

Figura 4- Gráfico de Probabilidade



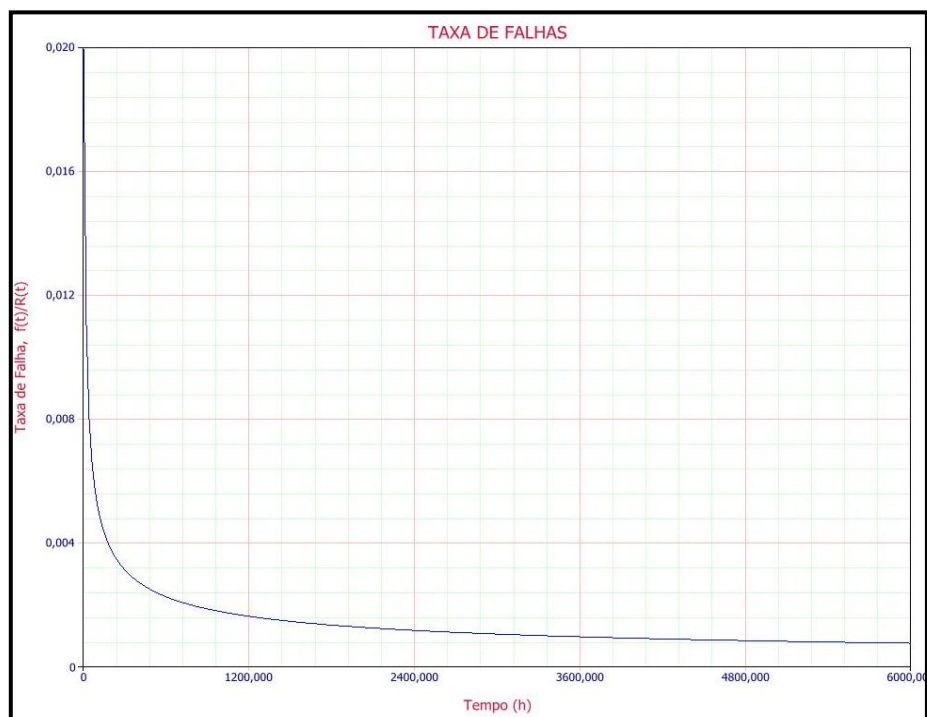
Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 5 – Gráfico de Confiabilidade



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 6 -Gráfico Taxa de Falhas

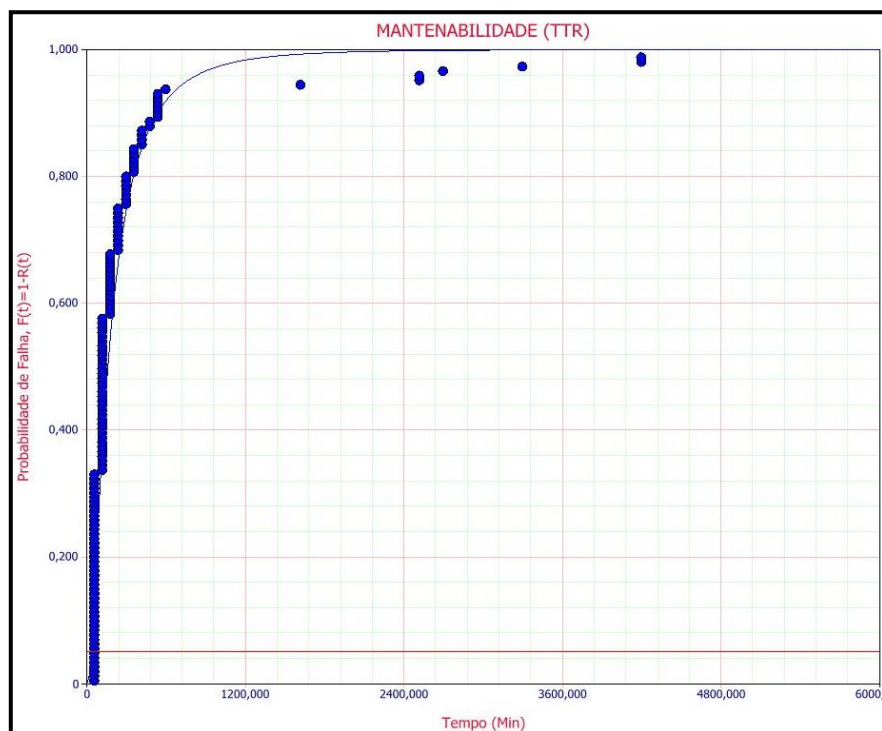


Fonte: Elaborado pelos autores

De forma similar ao estudo de confiabilidade, foi necessário gerar o gráfico referente à modelagem da variável tempo de reparo. A Figura 7 apresenta a manutenibilidade do componente, ou seja, a probabilidade de reparo modelada pela distribuição Lognormal.

Complementando a análise de confiabilidade e manutenibilidade foi realizado o cálculo do *MTTR* e *MTBF* por meio do software Weibull® (RELIASOFT CORPORATION, 2016) para um intervalo de confiança bilateral de 90%. Os valores de *MTBF* e *MTTR* obtidos foram de 182,06 e 4,14 minutos, respectivamente. De posse dos dados foi calculada a disponibilidade, conforme equação 8. Foi obtido um valor de disponibilidade de 0,9778.

Figura 7 – Gráfico Manutenibilidade



Fonte: Elaborado pelos autores

5. CONCLUSÕES

O estudo realizado apresentou como objetivo identificar a melhor política de manutenção para o componente mais crítico avaliado do equipamento "A", a partir do histórico de dados disponibilizado. O estudo foi priorizado considerando-se o componente que apresentou maior número de falhas e o maior tempo de reparo durante todo o período avaliado.

O teste de aderência realizado apontou a distribuição Weibull como mais indicada para modelar o componente em estudo. Por meio do *software* Weibull®, foi encontrado o parâmetro de confiabilidade $\beta = 0,5325$ (fator de Forma). Baseado neste valor e tendo como referência a curva da banheira (apresentada na Figura 1) concluiu-se que o componente encontra-se na fase de mortalidade infantil em seu ciclo de vida.

No entanto, o componente avaliado possui mais de 30 anos de utilização, o que contradiz a hipótese do mesmo estar na fase de mortalidade infantil. Neste contexto, tornou-se necessária uma nova observação do banco de dados. A observação mais detalhada levou a percepção de que o equipamento está sofrendo uma solicitação superior a prevista em seu projeto. A consequência disto é um deslocamento da curva de esforço do componente conflitando com a curva de robustez do projeto provocando falhas por solicitação excessiva.

Apesar da análise realizada apontar uma baixa confiabilidade do componente a disponibilidade obtida é relativamente alta. Atribui-se este fato a alta manutenibilidade, o que indica um grande esforço de manutenção.

O componente avaliado já possui plano preventivo de manutenção, no entanto, o aumento do esforço do sistema produtivo devido a produção superior a original de projeto torna a frequência do plano insuficiente para garantir que o componente seja substituído antes de apresentar falhas. Ou seja, o plano preventivo existente torna-se ineficaz.

Dessa forma, sugere-se que seja realizado um estudo para maximizar a robustez do equipamento e compatibilizá-lo com a solicitação do sistema produtivo em que está inserido. Sugere-se também que seja monitorado o indicador de disponibilidade para saber se as ações tomadas estão sendo eficazes.

Conclui-se ainda que, para que os estudos em confiabilidade e modelagem de falhas sejam precisos, é indispensável que o de bancos de dados de falhas seja consistente, caso contrário poderá direcionar ações errôneas pela gerência de manutenção.

Havendo interesse da empresa é aconselhável que seja dada continuidade a pesquisa aplicando-se a análise de confiabilidade aos demais componentes do equipamento e até mesmo em outros equipamentos que apresentem características similares. Por fim, sugere-se que seja feita uma relação entre a disponibilidade do componente com a redução das perdas financeiras por manutenção insuficiente, almejando um aumento considerável da disponibilidade técnica e da confiabilidade e uma redução dos custos de manutenção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**. Confiabilidade e manutenibilidade –Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BERNARDA, L. C. et al. Confiabilidade de uma frota de empilhadeiras: um estudo de caso em uma empresa do setor elétrico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXIV, 2014, Curitiba. **Anais...** Associação Brasileira de Engenharia de Produção.

CARVALHO, A .L. **Análise de Disponibilidade Utilizando Abordagem Nebulosa**. 123f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Elétrica, Belo Horizonte. 2008.

CAUCHICK MIGUEL, P.A. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**, 2.Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

CERVEIRA, D. S. e SELLITTO, M. A. Manutenção centrada em confiabilidade (MCC): Análise quantitativa de um forno elétrico a indução. **Produção Online**, 2015, São Leopoldo, 2015.

FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J.L.. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GUIMARÃES, M. et al. Análise de disponibilidade de um sistema de trem de pouso: um estudo de caso aplicado em uma companhia aérea brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXIV, 2014. Curitiba. **Anais...** Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2014.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

LAFRAIA, J.R.B.. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. 3. ed . Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2008.

MENGUE, D.C.; SELLITTO, M.A. Estratégia de Manutenção baseada em funções de confiabilidade para uma bomba centrífuga petrolífera. **Produção Online**, São Leopoldo, 2013.

O' CONNOR, P.; KLEYNER, A. **Practical Reliability Engineering**. 5ª Ed. England: John Wiley & Sons, 2012.

RELIASOFT CORPORATION. Weibull++ 9.0 Software Package. Tucson: 2016.

SELLITTO, M. Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos. **Produção**, Porto Alegre, RS, v.15, n.1, p.44-59, 2005.

SILVA, R.T.; SAMPAIO, S. e ROBLES, L.T. Análise do Planejamento de Manutenção: Estudo de Caso do Terminal Marítimo da Ponta da Madeira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXIII, 2013, Salvador. **Anais...** Associação Brasileira de Engenharia de Produção.

Capítulo 21

A IMPLANTAÇÃO DO PCP NO PROCESSO DE
VEDAÇÃO DE MICRO POROS EM PEÇAS
FUNDIDAS

Amanda Alves de Paulo
Gleiciane Lazarini Cardoso Santos
Viviane Almeida Gonçalves
Roberts Vinicius de Melo Reis
Patrick de Moraes Hanriot

A implantação do PCP no processo de vedação de micro poros em peças fundidas

*Amanda Alves de Paulo
Gleiciane Lazarini Cardoso Santos
Viviane Almeida Gonçalves
Roberts Vinicius de Melo Reis
Patrick de Moraes Hanriot*

RESUMO

Um dos maiores desafios do ramo automobilístico é obter uma produção enxuta, sem gargalos com otimização do tempo, alto controle da produção e qualidade. Para que esse modelo de produção seja alcançado é indispensável obter-se de alguns recursos. Este artigo explora essa necessidade e apresenta uma metodologia de estudo de caso, através da aplicação de ferramentas para uma melhor programação e execução das tarefas. O Planejamento e Controle da Produção (PCP) através das Teorias de Filas e Simulação podem ser tidos como um recurso eficaz para tais necessidades, pois com a utilização destas ferramentas tende a alcançar um maior controle para que as atividades sejam realizadas no tempo e com total qualidade. Com a implantação e utilização correta do sistema de PCP apresentado, deseja-se alcançar um auto estágio de organização e controle, podendo assim repassar um maior grau de assertividade para seus clientes.

Palavras Chave: Planejamento e Controle da Produção (PCP). Gestão por Processos. Gráfico de Gantt. Teoria das Filas

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da demanda de produtos com alta qualidade no meio automobilístico e grandes avanços tecnológicos, as empresas priorizam cada vez mais a otimização de tempo, alto controle de produção e baixo custo. A fim de atingir uma produção enxuta, eliminando o máximo de gargalos que obstruem seus processos produtivos e tornar seu negócio atraente e competitivo.

Diante desse mercado focado em otimização encontra-se à empresa estudada. Trata-se de uma indústria que trabalha com a recuperação de peças tendo como atividade principal a vedação de micro poros de peças fundidas. O processo de vedação é realizado através da introdução de resina por meio de vácuo seco nos poros das peças. A organização trabalha diretamente com diferentes segmentos de mercado, possuindo a maior parte do trabalho voltado para o setor automotivo.

O problema percebido na empresa levantado pelos seus diretores é a insatisfação do cliente quanto à assertividade sobre a data e a quantidade de peças a serem entregues.

A pesquisa se justifica quando salienta a importância do controle da produção, agregando valor e ordenação ao processo produtivo. Gerando capacidade de retorno e informação ao cliente, tornando possível o monitoramento do processo através do método desenvolvido.

Destaca-se a importância da expansão da pesquisa acadêmica de Engenharia de Produção voltada para o Planejamento e Controle da Produção “PCP”, uma vez que aplicada a otimização dentro da cadeia produtiva, potencializa-se uma grande melhoria, gerando maior capacidade lucrativa não só para a organização, mas para todo o processo produtivo no qual ela está inserida.

O objetivo geral deste artigo é o de identificar e entender os problemas geradores de atrasos nas programações de entrega dos produtos aos clientes, com o objetivo específico de diagnosticar no sistema da organização as causas das falhas geradoras de atrasos, analisando o processo, pautando falhas e desenvolvendo medidas corretivas para eliminação ou redução destas causas além de propor ferramentas que possam auxiliar a empresa a aumentar a precisão e a assertividade quanto as datas programadas de entrega junto aos clientes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gestão por processos

De acordo com Humphrey (2003), processos são determinados como um conjunto definido de passos para a execução de uma estabelecida tarefa. Um processo definido deve ser descrito abastadamente em detalhes de forma que possa ser consistentemente usado. Os processos definidos auxiliam no planejamento e na execução de um serviço.

Processos: são vistos como um agregado de ações ordenadas e integradas para um fim produtivo específico, ao final do qual serão gerados produtos e/ou serviços e/ou informações. Os processos são resultados dos sistemas em ação, representados fluxos de atividades e eventos (BARBARÁ, 2012).

Os processos organizacionais circundam atividades coordenadas determinadas por: pessoas, procedimentos, recursos e tecnologia. (BARBARÁ, 2012). O processo de negócio expressa-se através de cinco pontos: tem-se os clientes, é composto de atividades, estas atividades são operadas por atores que podem ser seres humanos ou máquinas, constantemente envolve várias unidades organizacionais que são responsáveis por todo o processo. (LIN, 2002).

Gestão por processos pode ser determinada como aspecto administrativo empenhado por uma organização na procura por otimização e melhoria da cadeia de processos, desenvolvida para atender necessidades e expectativa das partes interessadas, assegurando o melhor desempenho possível do sistema integrado a partir da mínima utilização de recursos e do máximo índice de acerto. (UNICAMP, 2003).

Com base nos estudos realizados por Barbará (2012), para a realização da Gestão de Processos dentro da organização é viável investir em algumas variáveis, são elas:

- a) Entender para que a organização existe;
- b) Quais processos impactam a organização e afetam os clientes;
- c) Quais os recursos necessários para conceber os bens que os clientes desejam adquirir;
- d) O que é indispensável ao cliente perante a organização;
- e) Como gerenciar o fluxo de informações, trabalho ou atividades e produto, visando satisfazer o cliente.

Barbará (2012), propõe a modelagem de processos de negócio, onde é realizado o mapeamento e identificação dos processos-chave essenciais para garantir a gestão dos fatores críticos de sucesso da organização. A melhoria dos processos de negócio objetiva à integração e à intensiva colaboração para funcionarem de forma harmônica, objetiva e eficiente. É capaz de ser usada para captar e reter clientes, com base no conhecimento e nas relações que a organização precisa ter com eles visando à sua completa satisfação.

2.2 PCP

O planejamento e controle da produção relaciona uma série de decisões com a intensão de determinar o que, quando e quanto produzir e comprar, além de alocar os recursos necessários para a tarefa (FERNANDES; AZEKA; GODINHO FILHO, 2008).

Sob o olhar de Costa (2010), o PCP representa um laço importante entre as estratégias da empresa e o seu sistema produtivo, em que é possível garantir que os processos da produção ocorram eficaz e eficientemente, e que produzam produtos conforme demanda do mercado.

Analisa-se então a necessidade de inserir mudança e modernização nos diversos setores organizacionais, uma lógica de responsabilidade estratégica. Eis a razão pela qual o Planejamento e Controle da Produção (PCP) poder ser inserido como estratégia de competição, sendo que sua gestão eficiente promove a conquista e sustentação de vantagens competitivas desde que bem clara a definição de onde a organização deseja agir (NASCIMENTO, 2007).

2.3 Teoria das filas e simulação

2.3.1 Modelagem de sistemas

Ao realizar qualquer tipo de planejamento poderão surgir vários problemas em relação ao dimensionamento ou fluxo, que apresente uma solução não tão simples.

Em um cenário de uma linha de produção de uma organização por exemplo, é comum deparar com esse tipo de planejamento e com os estudos de modelagem de sistemas podem ser utilizados para adquirir modificações de layout, aplicações de fabricas, troca de equipamentos, reengenharia, automatização, dimensionamento de uma nova fábrica. (PRADO, 2012).

Segundo Prado (2012), a modelagem de sistemas pode ser feita pela abordagem de Teoria das Filas e simulação, onde são abordagens totalmente diferentes entre si. Apontando que Teoria das Filas e Simulação são técnicas de Planejamento que constituem a base teórica de programas de computador relacionados com simulação.

2.3.2 Teoria das filas

Fila é um processo organizado no qual as pessoas formam uma ordem para receber um serviço pela qual esperam. (PRADO, 2012).

A teoria de filas é um método analítico que aborda o assunto por meio de fórmulas matemáticas se se iniciou pelos princípios de A.k. Erlang que é considerado o pai da teoria no princípio do século XX (1908) em Copenhague, Dinamarca. Ele aplicou em um estudo que realizou de redimensionamento de centrais telefônicas, mas só foi após a Segunda Guerra Mundial que se teve aplicações em outros problemas. Nem todos os problemas de filas são sanados através dessa teoria por causa das complexidades matemáticas (PRADO, 2012).

Simulação: É uma técnica que usando o computador, procura montar um modelo que melhor represente o sistema em estudo. Uma técnica que permite imitar o funcionamento de um sistema real. Programas modernos de computador possibilitam a construção de modelos onde é possível visualizar na tela o funcionamento do sistema em estudo (PRADO, 2012).

Segundo Prado (2012), as linhas de produção é a área que mais utilizam esta modelagem de Teoria Das Filas e Simulação. Pode ser aplicada em vários cenários, tais como:

- Modificações em sistemas existentes, como as produzidas pela expansão de uma atual produção, pela troca de equipamentos, ou pela adição de novos produtos, que pode afetar a dinâmica do atual processo.
- Pode-se antecipar onde serão formados os gargalos decorrentes de modificações no sistema existente, pela modificação do fluxo ou em alterações na programação de atividades.
- Pode ser planejado um setor de produção totalmente novo, obtendo-se um melhor fluxo dentro dele.
- Podem-se obter melhores estoques por meio de simulação.

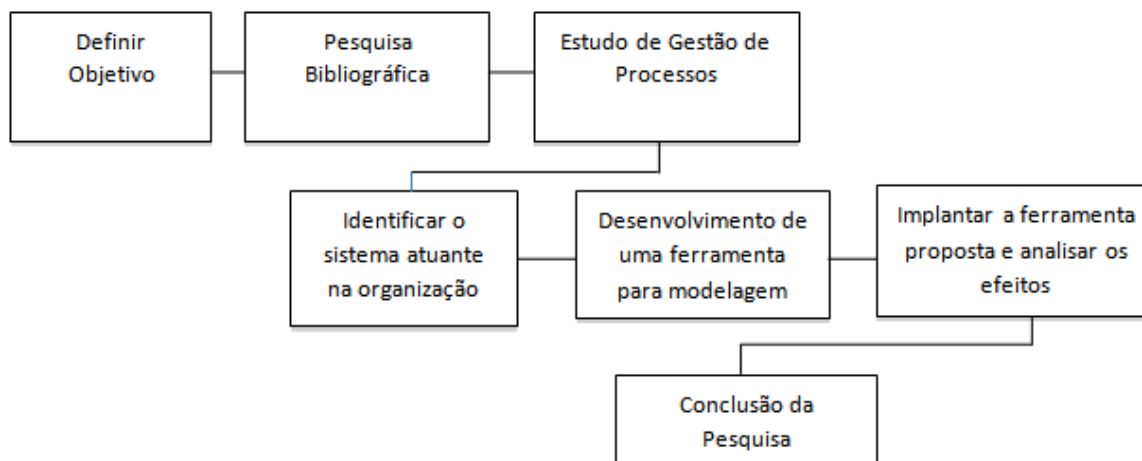
3. METODOLOGIA

Esta pesquisa possui objetivo descritivo, de natureza qualitativa e o método utilizado é um estudo de caso. De acordo com Neto (2012), visa-se descrever as características de determinada população/fenômeno ou estabelecer relações entre variáveis. É utilizada para aumentar os conhecimentos sobre as características e magnitude de um problema, obtendo desta maneira uma visão mais completa. Para este tipo de pesquisa é necessário que o pesquisador detenha algum conhecimento da variável ou das variáveis que influenciam o problema. Algumas pesquisas descritivas vão além da simples identificação da existência de relações entre variáveis, pretendendo determinar a natureza dessa relação.

Segundo Severino (2007), este método utilizado se concentra no estudo de um caso particular, considerado representativo de um conjunto de casos análogos, por ele significativamente representativo. A coleta dos dados e sua análise se dão da mesma forma que nas pesquisas de campo em geral. Os dados devem ser coletados e registrados com o necessário rigor e seguindo todos os procedimentos da pesquisa de campo.

Para dar sequência à metodologia, tomou-se como base o fluxograma da Figura 1, elaborado para sequenciar as fases do Estudo De Caso.

Figura 1 – Fluxograma da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores

A partir do fluxograma representado na Figura 1, é possível observar as principais etapas que estabelece a metodologia. Após a definição do objetivo, que é a proposta da implantação de ferramentas voltadas para a identificação e melhorias quanto ao aumento da assertividade do Planejamento da Produção, realizou-se um estudo bibliográfico em artigos, livros, sites e materiais referentes ao tema de Programação e Controle da Produção (PCP). A partir daí o estudo foi conduzido para a Gestão por processos, compreendendo inicialmente sua natureza e depois aplicando o PCP (Programação e Controle da Produção).

A fase para identificar o “sistema atuante na organização” foi um estudo através de coletas de dados, entrevistas não estruturadas, acompanhamento do processo, análise do problema e identificação da causa raiz, que servirão de base para a construção da ferramenta a ser aplicada.

A próxima fase é “desenvolvimento de uma ferramenta para modelagem de sistema” será aplicação da teoria de filas e Gráfico de Gantt que consiste em implementar um sistema com técnicas de Planejamento que constituem a base teórica de programas de computador relacionados com simulação, carrega as informações necessárias dos insumos bem como nome, cliente, modelo e dimensões, determinando também o tempo de máquina de todo o processo.

Após a construção da ferramenta, prossegue a fase de prova, que visa “implantar a ferramenta proposta e avaliar os resultados”.

Por fim, a última fase “conclusão da pesquisa” apresenta o resultado da avaliação da ferramenta, momento que será possível constatar se a ferramenta atende as necessidades e os objetivos propostos no início da pesquisa.

4. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A organização estudada integra um grupo multinacional, contendo filiais por diversas regiões estratégicas do Brasil, o estudo foi realizado em uma unidade da empresa situada em Betim com atuação no mercado desde 1998. O ramo de atuação é o industrial, e o foco principal é o trabalho na recuperação de peças fundidas, onde oferece a vedação de poros e micro poros através de aplicação de resina.

O processo tem aplicação tanto em peças brutas quanto em peças com acabamentos de usinagem. A unidade fabril está alocada estrategicamente em meio a duas maiores empresas de fundição de Betim e região. A empresa atende diversos setores, com a maior porcentagem de clientes do setor automotivo. As peças de alta produção são os cabeçotes, blocos de motores, dentre outras peças do setor automotivo.

O processo tem início com o recebimento de peças do cliente (empresas), logo encaminhadas para a identificação, sendo etiquetadas constando o nome da empresa responsável pela peça, nome da peça, códigos fiscais, quantidades e data do recebimento. Após processo de identificação as peças passam por uma inspeção inicial onde são analisadas as condições das mesmas, sendo introduzidas no processo.

Dentro do processo, as peças são inseridas em um cesto metálico, objetiva-se dispor insumos do mesmo modelo, nos casos onde as peças apresentam alguma semelhança em sua característica podem ser implantadas com outros modelos no cesto. Isso ocorre a fim de se obter a otimização de tempo e/ou para alcançar a capacidade total do cesto.

A linha de produção é constituída por cinco processos que estão descritos a seguir:

1° - Autoclave: nesta etapa é introduzida o cesto com as peças dentro de um tanque chamado autoclave, no qual são submetidas a alto nível de vácuo, por tempo determinado, para extrair dos poros a umidade e o ar. Estando as peças dentro da autoclave é aplicado o vácuo úmido onde a resina é aspirada de um depósito devido ao vácuo criado na cuba, preenchendo os poros das peças. Após um determinado tempo, elimina-se o vácuo e a resina, sob pressão atmosférica, completa o preenchimento dos poros. A seguir as peças são retiradas das cubas.

2° Lavagem: lava-se, por agitação na água em temperatura ambiente, o excesso de resina que fica sobre a superfície das peças

3° Escorrimento: Após a lavagem o cesto com as peças passa por um tanque de escorrimento.

4° Polimerização: a resina que preenche os poros por efeito do vácuo é líquida em temperatura ambiente, porém se polimeriza solidificando-se quando as peças são mergulhadas em água a 90°C.

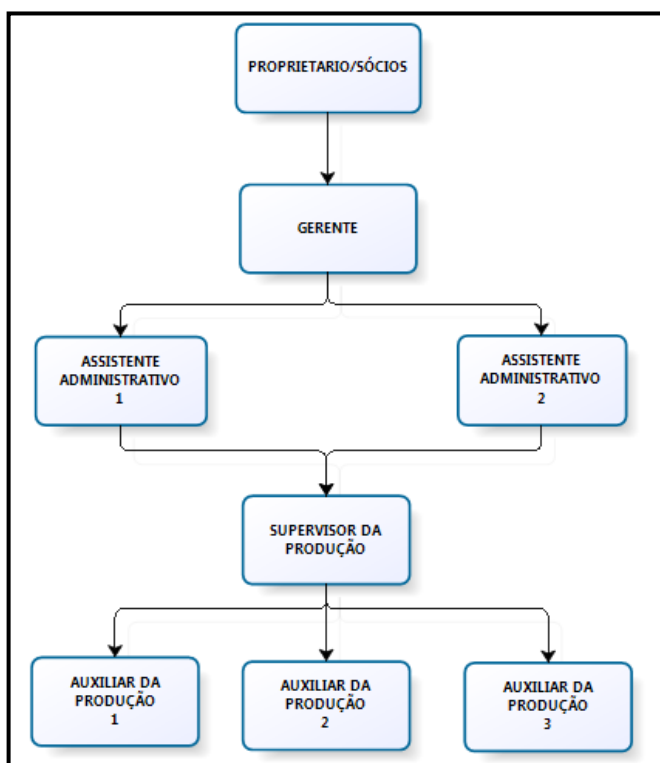
Realizado todo o processo de industrialização as peças passam pela inspeção final sendo colocadas na expedição para a retirada do cliente. O processo não gera acúmulo de estoque, sendo que as peças introduzidas no processamento foram encaminhadas pelos seus responsáveis.

A empresa conta com um amplo espaço físico, composto por três galpões onde se aloca a linha de impregnação, área de recebimento e expedição de materiais, escritório, vestiários, copa, almoxarifado, manutenção e estoque.

O processo de produção da empresa é totalmente automatizado e de fácil manuseio, por esse fato a organização necessita de um quadro reduzido de funcionários, sendo composto por: gerente, assistente administrativo, supervisor da produção e auxiliares de produção, como pode se observar na Figura 2, apresentada no organograma da empresa.

A empresa é dividida em seis áreas funcionais, sendo elas: Processo de Direção, Processo Comercial, Processo de Desenvolvimento, Processo de Compras, Processo de Recursos e Processo de Produção. Por se tratar de uma empresa com um processo enxuto, não se tem pessoal específico responsável somente para um processo. O processo de direção e de Desenvolvimento é executado pelo gerente da empresa, O processo Comercial é executado pelo Gerente e pelos auxiliares administrativos. O processo de compras é executado pelos auxiliares administrativos, os Recursos onde engloba Recursos Humanos, Financeiro, Manutenção, Calibração e Apoio logístico que são executadas pelo Gerente da unidade, Auxiliares Administrativos e Supervisor da Produção.

Figura 2 -Organograma



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Por se tratar de uma produção pequena e processos enxutos, decorre a fácil adaptação da empresa e dos funcionários a aplicação de novas ferramentas e métodos para sanar os problemas detectados junto a organização.

5. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

5.1 PCP no objeto de estudo

O Planejamento e controle da Produção é um componente essencial para o desenvolvimento e progresso da empresa. Na construção do projeto foram executadas diversas visitas até a organização, com o propósito de identificar pontos fracos que prejudicam o andamento da produção. A partir de entrevistas não estruturadas elaboradas pelos autores, foram realizadas análises dos dados e informações disponibilizadas pelo gestor e operadores de produção.

A empresa estudada apresenta alterações na programação da produção, consequentemente gerando incertezas quando se tratam do prazo de entrega de peças, conflitos em definir prioridades de produção, erros de informações entre recebimento/expedição e linha de produção. Analisa-se a viabilidade da implantação de um

programa de planejamento de produção para uma empresa que não segue uma linha de fabricação própria, ela atua através do recebimento de insumos de terceiros para a realização do seu processo produtivo.

Com a aplicação do PCP poderá realizar uma melhor programação para a execução das tarefas, através de acessos aos dados detalhados das peças durante o processo e transformar uma sequência de operações, de acordo com a sua necessidade, tendo controle para que a atividade seja realizada no tempo e quantidade demandada e com total qualidade. A utilização do PCP no objeto de estudo poderá trazer melhores estratégias e planos de produção.

5.2 Método gestão por processos

Com o objetivo de implementar melhoria no processo e na execução das tarefas, trabalhou-se com foco em construir e aplicar um sistema de fácil acesso, que não apresentasse custo financeiro na criação de um programa e que ajudasse no controle de peças sob a responsabilidade da empresa.

Tal sistema será construído através de planilhas eletrônicas, e necessitará de dados internos da empresa que foram cedidos pelo gestor, dentre eles: Tempo de cada máquina, Relação de empresas (com cotação vigente), Tipo de peças e quantidade de cada uma por cesto (todas as peças com cotações vigentes). Dá-se basicamente por um sistema de recebimento e expedição, que ao chegar peças na empresa através da Nota Fiscal, o sistema é abastecido com o lançamento das seguintes informações, conforme apresentado na Figura 3:

- Cliente;
- Descrição da peça;
- Quantidade;
- Número da Nota Fiscal;
- Operador

Após a entrada de tais peças no programa, automaticamente, preenche-se uma tabela, onde obtém as informações a seguir:

- Todas as peças que deram entrada na empresa no dia em questão;
 - Total de cestos que as peças preencherão;
 - Prioridades, que será preenchida pelo operador;
 - O total de cestos que produzirá por dia;
 - O saldo de peças que teremos no final do dia.
-

Figura 3 – Cadastro de recebimento e expedição

ENTRADA E SAÍDA DE PEÇAS

CLIENTE:

DESCRIÇÃO DA PEÇA: CODIGO DA PEÇA:

CODIGO DA PEÇA: TIPO DE MATERIAL: PESO:

QUANTIDADE: Nº NF: OPERADOR: PESO TOTAL:

QUANT P/ CESTO:

ENTRADA F46 SAÍDA F46 PEÇA NOVA SAIR

Fonte: Elaborado pelos Autores.

5.3 Gráfico de Gantt

Com o objetivo de alcançar o máximo de controle sobre a produção, controlando as etapas do processo e o tempo de execução de cada máquina na linha de produção, foi implementado o Gráfico de Gantt.

Por intermédio de um formulário preenchido pelo operador diariamente, conforme Figura 5 - Controle de Produtividade, a planilha é abastecida ao longo de um dia de produção com as informações abaixo:

- Número do cesto
- Nome da peça que está alocada no cesto
- Quantidade de peças alocadas em cada cesto

Figura 4 – Planilha de recebimento e expedição

BETIM

DATA

31/05/2017

RECEPÇÃO									ENTRADA DE MATERIAL	
Cliente	Qtde de peça	Qtde de quilos	Qtde por cestos	Descrição do Material	Tipo de Material	Número da NF	OP	Horário Entrada		
CLIENTE 01	96	1370,4	24	BLOCO MOTOR 1.0 (3cilindros)	ALUMINIO	1469	OPERADOR 01	4:38:04 PM		
CLIENTE 01	108	1900,8	16	BLOCO MOTOR 1.3 (4cilindros)	ALUMINIO	1469	OPERADOR 01	4:38:05 PM		
CLIENTE 02	72	1044,72	21	BLOCO 1.0L 3 cil	ALUMINIO	209651	OPERADOR 01	4:38:11 PM		
CLIENTE 02	72	1024,56	21	BLOCO MOTOR 1.0 3CIL	ALUMINIO	209651	OPERADOR 01	4:38:16 PM		
CLIENTE 02	167	1214,09	29	SUP UNIÃO	ALUMINIO	209651	OPERADOR 01	4:38:22 PM		
								4:43:07 PM		
								:		

EXPEDIÇÃO				SAÍDA DE MATERIAL				
Cliente	Qtde de peça	Qtde de quilos	Qtde por cestos	Descrição do Material	Tipo de Material	Número da NF	OP	Horário Saída
CLIENTE 02	135	1016,55	24	SUPORTE UNIÃO C510	ALUMINIO	10	OPERADOR 01	4:44:04 PM
CLIENTE 01	108	1900,8	16	BLOCO MOTOR 1.3 (4cilindros)	ALUMINIO	1469	OPERADOR 01	4:44:42 PM

4:44:59 PM

OBSERVAÇÕES GERAIS								

Fonte: Elaborado pelos Autores

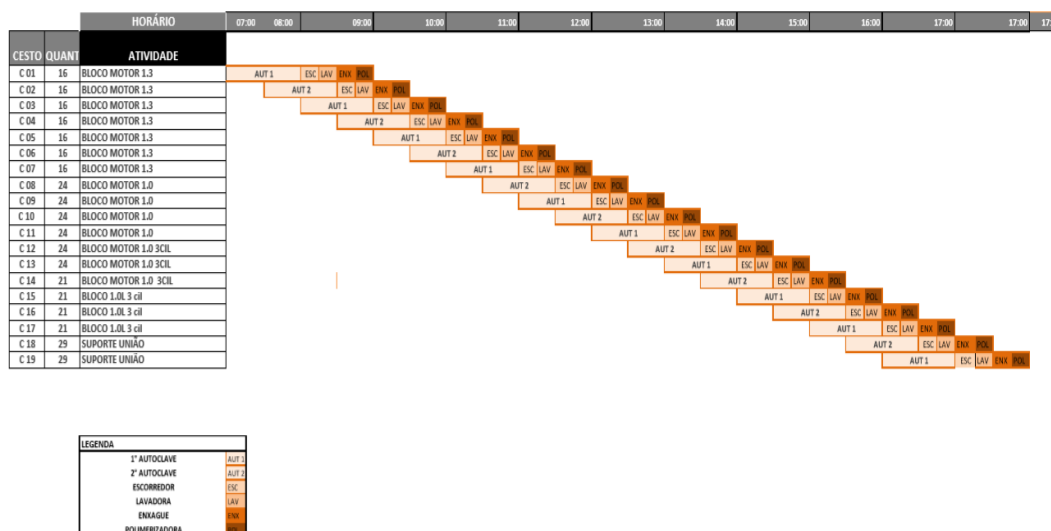
Figura 5 – Controle de Produtividade

CONTROLE DE PRODUTIVIDADE							
CESTO	QTD	Peça	QTD	Peça	QTD	Peça	OP
C 01	16	BLOCO MOTOR 1.3					
C 02	16	BLOCO MOTOR 1.3					
C 03	16	BLOCO MOTOR 1.3					
C 04	16	BLOCO MOTOR 1.3					
C 05	16	BLOCO MOTOR 1.3					
C 06	16	BLOCO MOTOR 1.3					
C 07	16	BLOCO MOTOR 1.3					
C 08	24	BLOCO MOTOR 1.0					
C 09	24	BLOCO MOTOR 1.0					
C 10	24	BLOCO MOTOR 1.0					
C 11	24	BLOCO MOTOR 1.0					
C 12	24	BLOCO MOTOR 1.0 3CIL					
C 13	24	BLOCO MOTOR 1.0 3CIL					
C 14	21	BLOCO MOTOR 1.0 3CIL					
C 15	21	BLOCO 1.0L 3 cil					
C 16	21	BLOCO 1.0L 3 cil					
C 17	21	BLOCO 1.0L 3 cil					
C 18	29	SUPORTE UNIÃO					
C 19	29	SUPORTE UNIÃO					
F-017/02							
DATA: / /							

Fonte: Elaborado pelos Autores

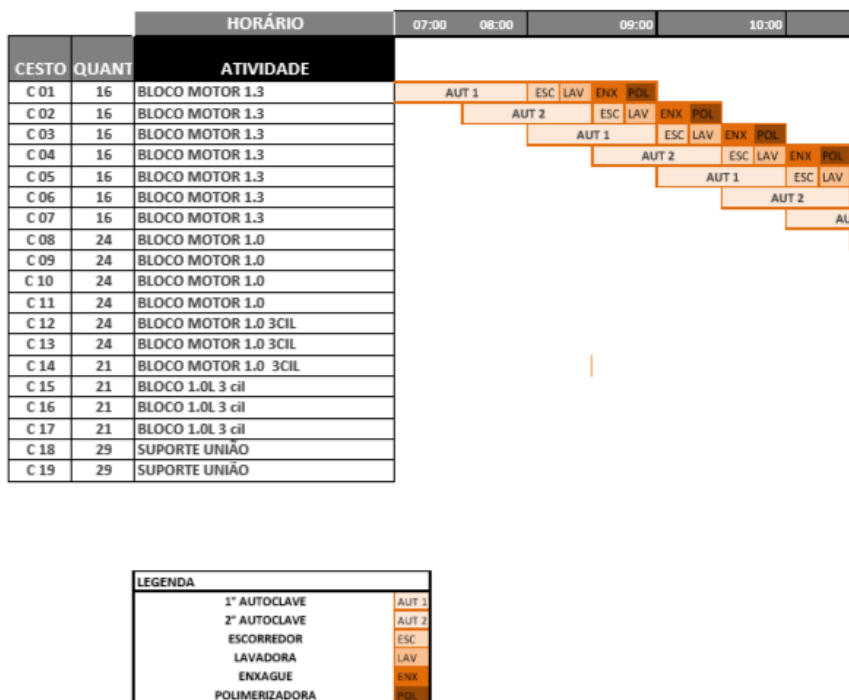
O preenchimento da planilha Controle de Produtividade da Figura 5, abastece as informações necessárias para produzir o Gráfico de Gantt apresentado na Figura 6 (planilha completa) e Figura 7 (lâmina da planilha):

Figura 6 – Gráfico de Gantt



Fonte: Elaborado pelos Autores

Figura 7 – Lâmina do Gráfico de Gantt



Fonte: Elaborado pelos Autores

A partir do gráfico de Gantt, gerado diariamente, a empresa contará com uma melhor visualização de quantidade de peças que estão no processo, a localização de cada cesto dentro do processo e prazo para a finalização do processo.

Ou seja, através do gráfico a empresa irá sanar a sua maior dificuldade, sendo capaz de apresentar um retorno rápido e correto ao cliente, com relação ao posicionamento do seu produto dentro da produção.

Com o sistema de PCP implantado na empresa, houve uma melhor organização e eficiência do setor produtivo, um prático e responsivo atendimento aos clientes e suas prioridades, maior velocidade da resposta ao cliente e otimização de tempo da mão de obra para análise dos quesitos citados.

6. CONCLUSÕES

Tendo em vista que não foram identificados programas relacionados ao Planejamento e controle da produção na empresa. Provocando problemas de falta de assertividade quanto às datas de entrega prometidas aos clientes, gerados com grande frequência, trazendo desconforto ao gerar insatisfação do cliente quanto aos prazos a serem atendidos.

O PCP é de grande importância tanto para as grandes, quanto para as pequenas empresas que utilizam de processo produtivo, onde se tem a necessidade de definir quantidades, modelos e prazos para tais processos. É uma ferramenta essencial para que o processo seja controlado com eficácia, trazendo precisão em respostas futuras repassadas aos clientes ao longo da produção.

A proposta foi um sistema de fácil acesso e baixo custo, construído pelos autores da pesquisa. O programa será utilizado pelos operadores de recebimento e expedição, auxiliando em todo o processo, desde a chegada das peças na empresa, até a expedição das mesmas. O sistema atuará em benefício da organização através da identificação das peças que dão entrada na empresa. O programa será capaz de demonstrar os resultados diariamente, facilitando a geração de relatórios.

O Sistema engloba a ferramenta Teoria de Filas que poderá permitir que o trabalho seja realizado em forma de sequenciamento produtivos, organizados por filas, respeitando o grau de prioridades. Através de análise do Planejamento e Controle da Produção vai ser possível determinar horário de início e horário de término de todas as atividades.

A ferramenta Gráfico de Gantt que irá auxiliar na visualização rápida e eficaz de todo o andamento do processo, quantidade e tipos de peças que entrarão no processo no determinado dia e o horário de término do processo onde as peças estarão disponíveis para a devolução para o cliente.

Com a implantação e utilização correta do sistema de PCP apresentado, visamos um mínimo de organização e controle, podendo assim atender de melhor maneira seus clientes,

deixando-os informados da situação da produção a qualquer momento em que necessitem. Com o uso das ferramentas espera-se ter um maior controle do processo produtivo, e acredita-se que a maior assertividade irá trazer ganhos com qualidade na produção, tempo, disposição de trabalho e satisfação do cliente.

REFERÊNCIAS

BARBARÁ, Saulo. **Gestão por processos**: fundamentos, técnicas e modelos de implementação: foco no sistema de gestão de qualidade com base na ISO 9000:2000. 2ª ed. – Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.

COSTA, Edmilson Ferreira da. **Diretrizes para elaboração de um manual para planejamento e controle da produção de empresas de pequeno e médio porte**. 2010.) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. Disponível em: <www.ufjf.br/ep/files/2011/02/Modelo_Qualificacao_TCC-edmilson1pdf>. Acesso em: 16/09/2016.

FERNANDES, Flávio César Faria; AZEKA, Fabio; GODINHO FILHO, Moacir. **Análise da lacuna entre a teoria e prática no planejamento e controle da produção em um pólo de ensino e tecnologia no estado de São Paulo**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. p. 1-12.

HUMPHREY, Watts. **A process or plan?** Disponível em 2003: <http://www.sei.cmu.edu/publications/articals/wattshumphrey/channing-word-sw.html>. Acesso em: 15/09/2016

LIN, Fu-Ren; YANG, Meng-Chyn; PAI, Yu-Hua. **A Generic Structure for Business Process Modeling**. Business Process Management Journal; 2002; 8,1; ABI/INFORM Global.

NASCIMENTO, Hilton Freire. **A atuação do PCP em um ambiente de rede de empresas do tipo top-down**. SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 4., 2007, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: AEDB 2007.p. 1-13.

NETO, José Antonio Chehuen. **Metodologia da pesquisa científica: da graduação à pós-graduação** – 1.ed. – Curitiba, PR: CRV, 2012.

PRADO, Darci Santos do. **Teoria das Filas e da Simulação**. – 4. ED. – Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2012.

RUSSOMANO, Victor Henrique. **PCP: Planejamento e Controle da Produção**. – 5. Ed. rev e atual. – São Paulo: Pioneira, 1995.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico** – 23 ed. rev. e atual – São Paulo: Cortez, 2007.

UNICAMP (2003). **Gestão de processos**. UNICAMP_170903.pdf. Disponível em: http://www.prdu.unicamp.br/gestao_por_processos/palestras/Gestao_Processos/. Acesso: 19/09/2016

Capítulo 22

UM ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DE APLICAÇÃO
DA METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE
PRODUTOS ENXUTOS AO PROJETO BAJA DA PUC
MINAS

Lauro soares de Freitas
Lucas Mendes Índio do Brasil
Rodrigo Mascarenhas Barbosa
Patrick de Moraes Hanriot
Eduardo Correa de Sá Gazolla

Um estudo sobre a viabilidade de aplicação da metodologia de desenvolvimento de produtos enxutos ao projeto Baja da PUC Minas

*Lauro Soares de Freitas
Lucas Mendes Índio do Brasil
Rodrigo Mascarenhas Barbosa
Patrick de Moraes Hanriot
Eduardo Correa de Sá Gazolla*

RESUMO

Este estudo objetiva elaborar uma metodologia de projeto de produto, pautado nos conceitos, métodos e ferramentas da abordagem *Lean*, para orientar o processo de desenvolvimento de veículos do tipo baja gerida por uma equipe de alunos na PUC Minas. Para alcance desse objetivo utilizou-se a estratégia da pesquisa-ação e os seguintes instrumentos para a coleta de dados: entrevistas semiestruturadas, análises de atas de reunião e documentos do projeto, acompanhamento de reuniões de trabalho e seminários. Tais instrumentos foram necessários para mapear o processo e os diversos desperdícios no desenvolvimento de produto. Dentre as principais proposições de mudança somada a uma nova metodologia de gerenciamento projeto do produto, destacam-se: a adoção de um time multifuncional e da metodologia do Gerenciamento pelas diretrizes; a criação da figura do “Engenheiro Chefe”; a concentração de esforços nas etapas iniciais do projeto; e a formalização das lições aprendidas em cada etapa do desenvolvimento. Essas e outras medidas foram agrupadas num plano de implantação para o desenvolvimento do próximo veículo da equipe.

Palavras-Chave: Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produtos. Desenvolvimento de Produtos Lean. Metodologia de projeto de produto.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem sido observada uma expansão significativa do arcabouço teórico sobre a Gestão de Desenvolvimento de Novos Produtos (GRIFFIN; NOBLE; DURMUSOGLU, 2014). Tal avanço se destaca, principalmente, no tocante aos relatos científicos de aplicação de métodos e técnicas para o desenvolvimento de produtos em grandes organizações. A literatura relacionada à Gestão de Desenvolvimento de Produtos (GDP) referente ao contexto das pequenas e médias organizações parece ser negligenciada

pelos acadêmicos, apesar da importância social e econômica das mesmas (BERENDS *et al.*, 2014).

Este estudo tem o intuito de abordar um tipo ainda mais peculiar de organização que não tem propósitos econômicos, porém exerce grande importância na geração de tecnologias e na formação de estudantes de engenharia em instituições de ensino superior no Brasil e em todo o mundo: as equipes de “Mini Baja”. Pela sua capacidade de possibilitar a aplicação da teoria aprendida em sala de aula, a competição Mini Baja também se apresenta como uma atividade extraclasse de expressiva contribuição ao processo de formação profissional dos estudantes envolvidos. Tal competição, criada em meados da década de 1970 nos Estados Unidos, propicia a grande oportunidade de aprendizagem aos discentes participantes, visto que esses são envolvidos na concepção real de um veículo *off road*, tendo que apresentar todo o detalhamento do projeto a uma comissão avaliadora, além de construir e testar o veículo.

No País, a competição iniciou-se em 1995, sendo organizada pela SAE Brasil. Durante a realização dessa competição diversas provas são realizadas, tais como: prova de resistência e conforto do veículo, avaliação da concepção do projeto e seus custos associados, e a prova de enduro. Além da contribuição propiciada aos estudantes de engenharia por meio da aprendizagem pela prática, o sucesso na competição possibilita uma projeção da imagem da instituição de ensino em âmbito nacional e internacional, visto que os melhores colocados no desafio nacional são convidados a participarem da edição internacional, nos Estados Unidos. Apesar dessa importância simbólica, poucos são os estudos científicos que se propõem a descrever tal realidade particular de desenvolvimento de produto. Uma busca no Portal de Periódicos da Capes utilizando as palavras e expressões: “desenvolvimento”, “mini Baja”, “projeto de veículo *off road*”, e suas traduções em língua inglesa identificou apenas três estudos de natureza empírica.

O Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) apresenta dificuldades particulares em uma realidade BAJA a partir do momento em que se realiza um paralelo abordando os diversos tipos e níveis contextuais de empresas. Tal característica se deve ao fato da peculiar realidade pessoal e organizacional presente no contexto estudantil de ininterrupto aprendizado deste desenvolvimento. Contudo, a ampla literatura sobre o tema não se apresenta viável para aplicação direta, tendo em vista que a mesma possui um alto grau de complexidade para a realidade estudada.

Para se atingir uma límpida compreensão acerca das dificuldades, foi realizada a consulta ao acervo literário presente em banco de dados, além da participação efetiva de um dos autores como gestor de projeto em uma equipe baja iniciante por um período de oito meses. Segundo Ribeiro *et al.*, (2015), as maiores dificuldades na gestão do desenvolvimento

são o alcance do cumprimento das metas de prazos, custo e especificações. Em outros estudos como o de Ribeiro Junior (2015), é relatada a ausência de um gerenciamento efetivo de projeto e ações organizacionais. Linares *et al.*, (2013) afirmam a perda de conhecimento sobre protótipos mais antigos em virtude da evasão de conhecimento presente no desligamento de membros atuantes nos mesmos.

Uma das metodologias mais difundidas para o desenvolvimento de novos produtos é a abordagem enxuta (MORGAN; LIKER, 2006). Conforme será demonstrado mais adiante, tal abordagem se apoia no mapeamento e na consecutiva eliminação das atividades de projeto que não agregam valor ao produto ou que podem levar as dificuldades e falhas supracitadas.

Neste sentido, o objetivo geral deste estudo é elaborar uma metodologia de trabalho de projeto, pautado nos conceitos, métodos e ferramentas da abordagem Lean, para orientar o processo de desenvolvimento de veículos Baja. Tal objetivo foi desdobrado em três objetivos específicos:

- Diagnosticar as dificuldades subjacentes à gestão do processo de desenvolvimento de um veículo Baja vivenciada por uma equipe iniciante de estudantes de engenharia;
- Identificar, por meio da revisão de literatura, os conceitos, ferramentas e técnicas do Sistema Toyota de Desenvolvimento de produtos mais adequados à realidade de desenvolvimento de produtos da equipe Mini Baja; e
- Promover a qualificação da equipe Baja nas técnicas, princípios e ferramentas de desenvolvimento de produto contidas na metodologia concebida.

Além desta introdução, este estudo é composto por outras quatro seções. A seguir será feito uma revisão da literatura sobre GDP com um enfoque especial sobre o desenvolvimento de produtos Toyota. A terceira seção aborda o percurso de pesquisa e os instrumentos utilizados na coleta e análise de dados. Em seguida são apresentados os resultados obtidos no trabalho. As conclusões finais e as referências teóricas consultadas correspondem as duas últimas seções do trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006, p. 3) o Desenvolvimento de Produtos (DP) “consiste em um conjunto de atividades por meio das quais busca-se, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo”.

No sentido de alcançar objetivos de custo, qualidade, manufaturabilidade e tempo de desenvolvimento, a literatura sobre desenvolvimento de produtos, na perspectiva da

Engenharia de Produção, tem referenciado um expressivo conjunto de práticas gerenciais que têm contribuído para aumentar as chances de sucesso. Dentre as principais destacam-se: o envolvimento de fornecedores e clientes desde as etapas iniciais do projeto (Hartley, 1998); a utilização equipes multidisciplinares qualificadas (Griffin, 1997); ter uma forte orientação para as necessidades do cliente (Page, 1993); dedicar maior esforço de projeto concentrado nas fases iniciais, objetivando a resolução antecipada de problemas (Thomke; Fujimoto, 2000); utilizar técnicas e ferramentas de apoio como: Quality Function Deployment (QFD), mapas de percepção, softwares de auxílio ao projeto como CAD-CAM, Método Taguchi, dentre outros; e a adoção de metodologias formais e estruturadas de desenvolvimento sem saltar etapas (COOPER, 2001).

No tocante à última prática gerencial, são diversas as metodologias formais descritas na literatura. Duas se destacam quanto a sua adoção pelas organizações: a estrutura genérica do *Stage-gate System* com suas etapas e pontos de revisões gerenciais proposta por Cooper (2001); e a estrutura de funil, com as suas variantes, elaborada por Clark e Wheelwright (1993). Uma estrutura formal possibilita um grande conjunto de vantagens às organizações. Ela tem por finalidade organizar o processo de desenvolvimento de produto especificando a sequência das atividades e responsabilidades de cada setor envolvido. Tal organização do trabalho tende a facilitar e reduzir o tempo de chegada do produto ao mercado, pela minimização de erros e retrabalho no processo.

Para Clark e Fujimoto (1991), a estruturação do processo de Desenvolvimento de Produto constitui-se num significativo instrumento de apoio para a melhoria do desempenho organizacional, contribuindo para uma maior satisfação das expectativas dos clientes e do aumento da competitividade no longo prazo. Além de ajudar na organização do conhecimento adquirido pela equipe no desenvolvimento (Lynn *et al.*, 1998), processos formais também podem conter momentos (pontos de controle) para a avaliação e aprovação do andamento do projeto pela liderança da organização. Também funciona como uma linguagem única que facilita a comunicação e a integração da equipe de desenvolvimento contribuindo para a redução de falhas no desenvolvimento.

2.1 O sistema enxuto de desenvolvimento de produtos

Devido à complexidade do produto “automóvel” em termos de sua diversidade de componentes e tecnologias embarcadas, as montadoras têm procurado incorporar metodologias formais para orientar suas equipes internas e fornecedores ao longo das etapas do desenvolvimento de produto (TAVARES; DE FREITAS; BRETZ, 2006). O Sistema Enxuto de Desenvolvimento de Produtos (SEDP) trata-se da abordagem desenvolvida pela Toyota ao processo de desenvolvimento de produtos. Ela envolve a aplicação dos princípios enxutos ao PDP buscando eliminar sistematicamente os desperdícios (WANG *et al.*, 2011).

Apesar de não ser tão amplamente entendida, tal abordagem é referência mundial já que a Toyota desenvolve veículos de alta qualidade em menor prazo, com custos menores e lucros maiores que seus concorrentes (MORGAN; LIKER, 2006). Vale ressaltar que sua elaboração foi feita no contexto de um Japão pós-guerra a ser aplicado em uma cultura específica e, então, sua aplicação em diferentes contextos têm apresentado diversos obstáculos. O SEDP tem como base a importância da integração apropriada de pessoas, processos, ferramentas e tecnologias, para agregar valor ao consumidor e à sociedade (Morgan; Liker, 2006) e por se tratar de um sistema, não é possível entendê-lo pela simples análise individual de suas partes. Ainda, trata-se de um “sistema aberto” que tem evoluído a fim de adequar-se ao ambiente externo (MORGAN; LIKER, 2006).

Um dos aspectos estruturantes da metodologia do desenvolvimento enxuto de produtos é a busca incessante pela eliminação das fontes de desperdício. Segundo Ohno (1996) são classificadas como desperdícios atividades que geram custos sem agregar valor na visão do cliente. Oehmen e Rebentisch (2010) definem oito tipos de desperdícios característicos do DP a serem combatidos exemplificados no Quadro 1.

Quadro 1 – Os oito tipos de desperdícios comuns ao desenvolvimento de produtos.

Tipo de Desperdício	Características
Superprodução de informação	Dois grupos desenvolvendo mesma tarefa; entregar informação com muita antecedência
Super processamento de informação	Excesso de detalhamento do projeto; trabalhar com diferentes softwares e convertendo unidades repetidamente
Falta de comunicação	Canais de comunicação insuficientes, troca ou falta de nomeação de responsável; aprendizado na prática
Armazenamento de informação	Excesso de informação registrada
Geração de informação incorreta	Erros no desenvolvimento de componentes e arquitetura do veículo; informação obsoleta; transmissão de conhecimento de forma inadequada ou incompleta
Correção de informação	Repetitivas otimizações; retrabalho devido às mudanças de objetivos
Espera	Atraso para entrega; fortes dependências; falta de recursos; negligência com cronograma; processos mal balanceados; baixo desempenho
Deslocamento desnecessário	Falta de acesso à informação; dificuldade de comunicação; ambiente de trabalho insuficiente

Fonte: Elaborados pelos autores com base no texto de Oehmen e Rebentisch (2010).

O Processo de Desenvolvimento de Produtos é algo extremamente complexo e, com isso, os desperdícios relacionados a ele apresentam dependências e conexões entre si difíceis de serem modeladas (OEHMEN; REBENTISCH, 2010). No entanto, nota-se que é formada uma rede de ligação entre os desperdícios e, independente de qual desperdício foi primário, um efeito em cascata comprometendo todo o restante do projeto. A falta de comunicação pode fazer com que a tarefa designada a um membro não seja clara e este a desenvolva com excesso de detalhamento, caracterizando o super processamento de informação. Isto necessariamente irá gerar um desperdício por espera, já que o tempo de desenvolvimento da atividade será estendido.

Tendo como foco o combate aos desperdícios, uma série de metodologias e princípios foram desenvolvidos junto aos valores da cultura enxuta. No tocante ao desenvolvimento de produtos, é de grande importância a identificação do que é valor para o cliente, já que este orienta todo o processo e define o que será considerado como desperdício ou não. Na Toyota, o engenheiro-chefe de projeto é a liderança incumbida por essa responsabilidade. É obrigação desta liderança, identificar o que os clientes valorizam e relacionar tais requisitos com as características de desempenho do veículo (MORGAN; LIKER, 2006).

Como resultado desse esforço, o engenheiro-chefe elabora o Manual de Conceito com sua visão para o novo veículo. Essa visão é desdobrada em diretrizes para todos os participantes do projeto. Dessa forma, o Manual do Conceito orienta todo o PDP, eliminando atividades que não agregam valor na visão do cliente, alinhando a visão de todos os participantes em relação ao projeto, e indicando as diretrizes de todos os envolvidos no desenvolvimento.

Outro princípio de relevância na perspectiva do SEDP é concentrar esforços no início do PDP, momento em que os custos são menores e a flexibilidade é maior. No início do projeto, são alavancadas diversas alternativas acerca do desenvolvimento e, à medida que o projeto é realizado, algumas alternativas são descartadas. Dessa forma, o projeto não é surpreendido quando uma nova restrição aparece inviabilizando a alternativa inicial. Esta perspectiva possibilita a resolução antecipada de problemas (THOMKE; FUJIMOTO, 2000).

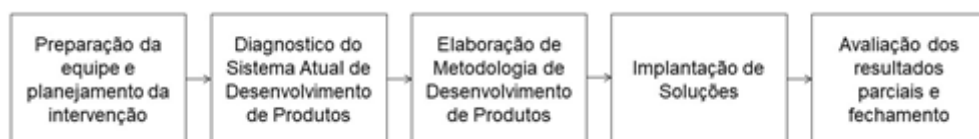
Outra prática de projeto preconizada pela empresa Toyota é o desenvolvimento paralelo das etapas de projeto. Tal prática é conhecida como Engenharia simultânea ou concorrente, e possibilita principalmente a redução do tempo e custo do desenvolvimento do produto. Por fim, a consolidação do aprendizado é primordial para que possa ocorrer a melhoria contínua dentro da equipe de desenvolvimento. Dessa forma, a boa gestão do conhecimento evita a recorrência de problemas e faz com que a organização tenha a capacidade de melhorar continuamente. Para isso, a Toyota promove eventos de

aprendizado, chamados de Hansei, que incentivam a reflexão acerca das fraquezas vistas dentro do projeto e a elaboração de planos de ação para melhoria (MORGAN; LIKER, 2008). Além disso, é feito o registro e a documentação das informações que estão envolvidas no projeto, principalmente as lições aprendidas resultantes das Hansei.

3. METODOLOGIA

Este estudo foi realizado no ano de 2016 e suas principais etapas estão dispostas na Figura 1.

Figura 1 - Macro Etapas da Pesquisa



Fonte: Elaborados pelos autores da PUC - Minas (2016).

Os primeiros passos da investigação consistiram na preparação técnica da dupla de pesquisadores e no planejamento de todo o processo de intervenção. Durante dois meses os autores do estudo atualizaram a leitura do referencial bibliográfico sobre desenvolvimento de produtos enxuto e sobre a estratégia de pesquisa utilizada – Pesquisa-ação. Informações gerais sobre a dinâmica de funcionamento da equipe de trabalho também foram levantadas por visitas a sala da equipe do Baja e por meio de entrevistas semiestruturadas com os professores orientadores do Departamento de Engenharia Mecânica.

Ao final dessa etapa, foi agendada uma reunião de Kick off para o dar início ao trabalho de intervenção. Neste encontro, que contou com a presença da grande maioria dos integrantes da equipe e dos dois professores orientadores, foram acordadas: as premissas de trabalho, as obrigações das partes envolvidas, os objetivos do projeto e os produtos finais esperados.

Como estratégia de sensibilização e motivação da equipe para o processo de mudança, também foram apresentadas metodologias utilizadas por empresas nacionais e internacionais para o desenvolvimento de novos produtos, dentre as quais destacam-se as metodologias de projeto de produto da: Fiat Crysler Automóveis, Embraer, Brastemp e Motorola.

Conforme Figura 1, a segunda etapa consistiu no diagnóstico situacional do sistema de desenvolvimento de produtos da equipe. O objetivo pretendido nesta etapa foi de mapear o processo atual do desenvolvimento de veículos, os instrumentos e métodos gerenciais adotados, a organização do trabalho praticada, os pontos fortes e as oportunidades de

melhoria. Tais oportunidades de melhoria concentram-se sobre as falhas de projeto e os oito tipos de desperdícios de Oehmen e Rebentisch (2010).

Além das entrevistas semiestruturadas que foram realizadas com cada gestor de área e com o líder da equipe, três atas de reunião de trabalho foram lidas. Nesse momento, um dos autores deste estudo decidiu por integrar a equipe “Baja Racing Team” para tomar notas das reuniões de trabalho como um observador participante e também contribuir no processo de desenvolvimento do veículo em concepção. Esta etapa durou dois meses e um dos produtos da etapa foi a publicação do artigo: “Dificuldades subjacentes à gestão de desenvolvimento de veículos *off road* numa equipe iniciante de estudantes de engenharia”, no XII Encontro Mineiro de Engenharia de produção, redigido por Freitas et al. (2016).

De posse do diagnóstico situacional, a terceira etapa da pesquisa foi iniciada com a realização de dois seminários de pesquisa para a apresentação dos resultados obtidos na etapa anterior. Tais seminários tiveram duração média de três horas cada e contaram com a participação de oito integrantes da equipe. Em seguida, os autores deste estudo prepararam um novo seminário sobre Filosofia Enxuta e sobre as práticas, instrumentos e ferramentas lean de desenvolvimento de produtos. O objetivo deste seminário era qualificar a equipe Baja Racing Team para, em conjunto com os autores deste estudo, conceber a nova metodologia de projetos de veículos. Tal atividade conjunta de concepção de soluções é parte característica da metodologia de pesquisa ação, conforme Tiollent (2009). Essa etapa teve três meses de duração.

Após a concepção e aprovação do novo padrão gerencial de desenvolvimento de produtos, foram desenvolvidos manuais de treinamento para os integrantes do Baja e um plano de implantação para o novo projeto do veículo que seria desenvolvido ao longo do ano de 2017. Esta medida foi necessária porque o projeto em desenvolvimento já se encontrava em fases finais de execução, não sendo possível a aplicação do novo padrão gerencial sobre o mesmo.

Uma última reunião entre os participantes do projeto de pesquisa e a equipe Baja foi realizada para avaliação geral do trabalho desenvolvido e encerramento das atividades. A seguir serão apresentados os resultados obtidos em cada etapa do estudo.

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Como mencionado na seção anterior, o objetivo central da segunda etapa da pesquisa era mapear as etapas e as atividades de projeto de produto que já eram praticadas pela equipe Baja. Uma visão sistêmica sobre esse gerenciamento de projeto de produto também era almejada.

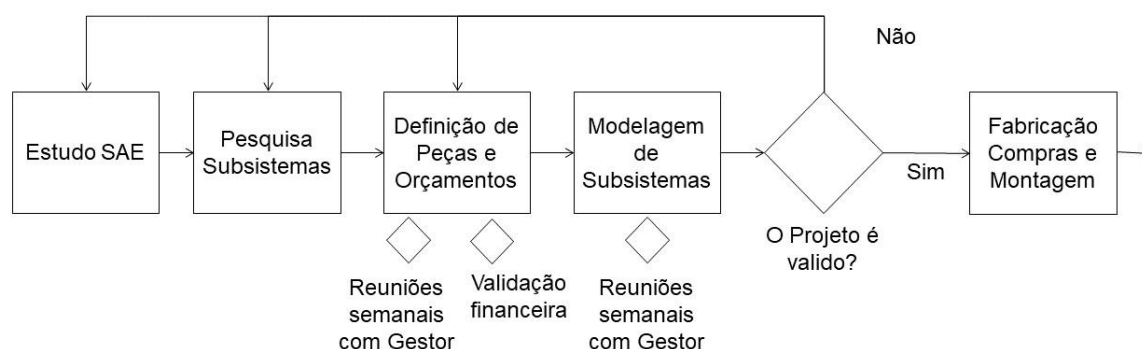
Como resultados, constatou-se que a equipe de Mini Baja investigada concebia seus veículos de forma centralizada, informal e com pouco planejamento, o que comprometia, em

grande parte, o prazo e a qualidade dos projetos elaborados. O registro das atividades desenvolvidas era pouco realizado, sendo principalmente concentrado na fase final do trabalho, como preparação para as competições.

Além disso, a equipe vivenciava dificuldades particulares como a alta rotatividade de seus componentes e a carência de recursos financeiros para realização do projeto. Cabe ressaltar que o time era dividido em seis grupos que representavam grandes partes ou sistemas do veículo, quais sejam: suspensão, chassi, eletrônica, freio, direção e *powertrain*. Tais subgrupos de projeto eram liderados por um “capitão”, tido como líder do projeto.

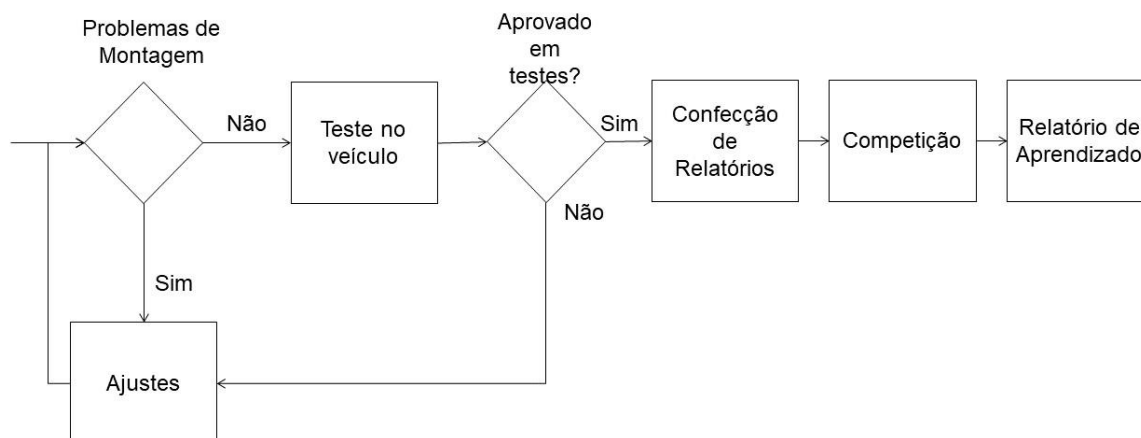
As entrevistas foram importantes para mapear o processo de desenvolvimento de produtos que é apresentado na Figura 2 e Figura 3. Nove etapas sequências (chamadas de processos na Figura 2 e 3) de desenvolvimento de produto foram mapeadas e agrupadas em três grandes momentos definidos como: 1- Pré-desenvolvimento; 2-Desenvolvimento de Produto e 3- Pós-Desenvolvimento de Produto.

Figura 2 - Processo Informal de Desenvolvimento de Produto Baja - Puc Minas – Parte 1



Fonte: Elaborados pelos autores da PUC - Minas (2016).

Figura 3 – Processo Informal de Desenvolvimento de Produtos Baja - Puc Minas - Parte 2



Fonte: Elaborados pelos autores da PUC - Minas (2016).

O Pré-Desenvolvimento do produto era composto por três processos: 1.1) Estudo do Regulamento da Competição (SAE); 1.2) Pesquisa de Subsistemas do veículo; e 1.3) Definição de peças e orçamentos. O Desenvolvimento de produto por: 2.1) Modelagem de subsistemas; 2.2) Fabricação, Compras e Montagem; e 2.3) Ajuste de projeto. Finalmente, o pós-desenvolvimento era constituído por: 3.1) Confecção de relatórios de projeto; 3.2) Participação da Competição e 3.3) Relatório final de aprendizado.

Para cada dessas nove etapas ou processos foram mapeados: os objetivos perseguidos (Objetivos); os atores envolvidos (Quem?); o resultado esperado (Resultado); as atividades realizadas, os mecanismos de controle ou validação (Validação), pontos positivos/negativos e as fontes de desperdício identificadas (Aspectos Críticos). O Quadro 2 exemplifica este trabalho de levantamento para os dois primeiros processos: Estudo do regulamento e pesquisas de subsistemas. Cabe ressaltar que os pontos positivos foram sinalizados com letras verdes e os negativos com letras vermelhas.

Quadro 2 – Estrutura de mapeamento de processo de Desenvolvimento de produto.

Etapas / Aspectos	Estudos do Regulamento	Pesquisa dos Subsistemas
Objetivos	Entender todas as necessidades e exigências da competição para direcionar o projeto	Aprender parte teórica envolvida no desenvolvimento do subsistema. Obter ideias/insights de desenvolvimento
Como	Leitura do regulamento	Leitura de artigos, livros e benchmarking de outras equipes
Quem	Todos os Integrantes	Subáreas separadamente
Resultado	Não formalizado	Não formalizado
Validação	Não há	Não há
Aspectos Críticos	Falta de validação e necessidades de novas consultas (Superprocessamento, Correção de Informação e Espera)	Dificuldade de encontrar conteúdo (Falta de comunicação, Deslocamento e Espera). Subáreas não compartilham projetos (Falta de comunicação, geração de informação incorreta, correção de informação e Espera). Falta de Diretrizes (Superprodução de Informação)

Além das nove etapas de desenvolvimento de produto, foram identificados dois grandes momentos de decisão de projeto entre etapas, caracterizados por losangos na Figura 2. São eles: Validação de projeto e Aprovação nos testes. Tais momentos se referiam a reuniões presenciais que contavam com a participação do maior número de participantes possível.

Como o propósito central do estudo estava relacionado à aplicação de ferramentas de *lean* para o aprimoramento do processo de desenvolvimento de novos veículos, o mapeamento dos desperdícios em cada etapa foi de grande importância. No total, foram identificadas vinte oportunidades para reduzir desperdícios ao longo do processo de desenvolvimento de produtos. Na Tabela 1 são classificados e contabilizados tais tipos de desperdício. Por ela nota-se que somente os desperdícios de: Correção de informação, Espera e Falta de comunicação respondem por mais de 50% dos problemas.

Tabela 1 – Ocorrência do tipo de desperdício

Desperdício	Número de Ocorrências
Correção de informação	6
Espera	5
Falta de Comunicação	3
Superprocessamento de informação	3
Geração de informação incorreta	2
Superprodução de informação	1
Armazenamento de informação	0
Deslocamento desnecessário	0

Fonte: Elaborados pelos autores da PUC - Minas (2016).

Como visto na Tabela 1, o desperdício de “correção de informação” foi o mais presente sendo, portanto, o principal a ser eliminado. No entanto, como os desperdícios formam uma

rede causal com relações fortes entre si, foi necessário elaborar soluções não somente para essa fonte de desperdício específico.

Também na fase de diagnóstico, notou-se que o índice de erros e os desperdícios de informação aconteciam principalmente durante as primeiras etapas do processo. O desencontro e geração de informações incorretas tornava necessária a adição de uma atividade específica, puramente de retrabalho, para correção de características do projeto. No entanto, por ocorrer em uma etapa quando o projeto já está adiantado, os ajustes são custosos e de difícil execução. Além de afetar os custos, os ajustes também comprometem a qualidade e o prazo de entrega do veículo.

A identificação e validação dos desperdícios, assim como a dinâmica do PDP no momento do estudo, nortearam os métodos e técnicas a serem propostos. Notou-se certa displicência e falta de organização das atividades durante as fases iniciais, gerando graves problemas ao longo de todo o processo. Dessa forma, buscou-se concentrar os novos esforços para proporcionar melhorias neste ponto crucial do desenvolvimento, conforme propõem Thomke e Fujimoto (2000).

Apesar do trabalho paralelo ou simultâneo das áreas da equipe, característica que também é realizada pela Toyota, outra constatação importante na fase de diagnóstico foi que tais áreas trabalhavam separadamente, cada uma buscando seus objetivos próprios. Tal fator era agravado pela falta de comunicação entre as áreas no início do projeto. Como consequência final, muitas divergências entre projetos de componentes eram evidenciadas nas etapas posteriores, principalmente no início da fabricação e montagem dos componentes e do veículo.

Apenas nessa etapa de projeto (Fabricação e Montagem) que as áreas de projeto começavam a trabalhar conjuntamente. No entanto, como num “quebra-cabeça” esse trabalho era feito para buscar formas de integrar os modelos já existentes. O trabalho trazia muito desgaste entre as áreas e, em alguns casos, não gerava resultados satisfatórios. Também era acentuado por erros nos projetos que desconsideravam possíveis dificuldades e limitações da manufatura. Como consequência final, era necessário novo momento específico para ajustes e retrabalho.

Para reduzir as dificuldades supracitadas, nos seminários de pesquisa, também se discutiu a implantação imediata de um posto denominado Engenheiro-Chefe (EC), que seria responsável por garantir que a informação fluísse bem entre todas as áreas da equipe. O EC deveria possuir forte conhecimento sobre a competição SAE e os critérios a serem avaliados. Tais conhecimentos seriam usados para o estabelecimento de um objetivo macro para todo o projeto do veículo, garantindo o alinhamento entre as áreas.

Ainda para auxiliar no alinhamento entre as áreas, debateu-se a aplicação do modelo de Gerenciamento pelas Diretrizes (CAMPOS, 1996). Uma diretriz é composta por meta e por

ação para cumpri-la. O objetivo estabelecido pelo EC, também chamado de “Diretriz Presidente” é desdobrado em diretrizes para as áreas de desenvolvimento. Dessa forma, toda a equipe trabalha com a mesma visão do veículo final. Alguns exemplos de “diretriz presidente” seriam: todo o veículo não poderia pesar mais do que 450 kg, ou, o custo total com materiais não poderia ser superior a R\$ 3 mil reais.

No sentido de evitar que modelos de componentes do veículo fossem aprovados e apresentassem dificuldades de manufatura nas fases posteriores, discutiu-se a adoção de um membro especialista em manufatura que auxiliasse o desenvolvimento dos componentes de toda a equipe, desde o início do projeto. Tal membro poderia adiantar os possíveis problemas que possam acontecer no momento de fabricação. Essa prática é baseada no conceito de equipes multifuncionais apresentada pela Toyota, em que se buscam equipes preparadas para todos os aspectos do projeto. Por fim, sugeriu-se a formalização de resultados e validação em todas as fases do desenvolvimento para evitar que informação incorreta continue ao longo do processo sem ser detectada.

O Quadro 3 sintetiza o resultado das escolhas das atividades e momentos de decisões, demonstrando o vínculo presente com a filosofia “lean”, a consequência adquirida com tal aplicação e os desperdícios enfrentados. É válido lembrar que todas as propostas de mudança foram apresentadas e discutidas nos seminários de pesquisa com os membros da equipe. A decisão final de incorporar cada prática, princípio ou método da filosofia enxuta de desenvolvimento de produtos era tomada exclusivamente pela equipe Baja, como o apoio do time de pesquisadores.

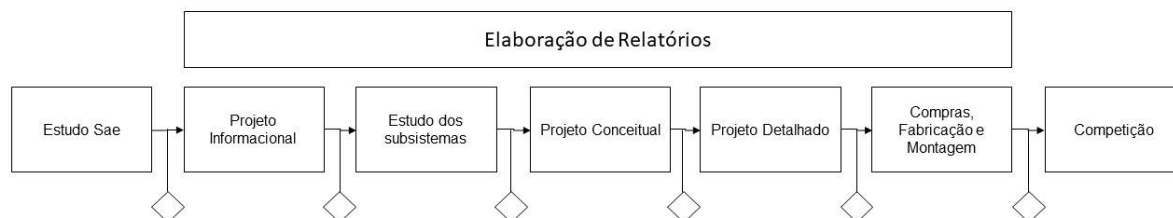
Quadro 3 – Princípios e práticas enxutas de projeto selecionadas para implementação

Ações propostas	Princípios e práticas enxutas	Resultado esperado	Desperdício atacado
Elaborar conjuntamente, nas fases iniciais, objetivo prévio para o veículo	PDP puxado pelo cliente Engenheiro Chefe Manual do conceito	Alinhar pensamento entre os subsistemas com o intuito de otimizar a distribuição dos recursos (tempo, pessoas e dinheiro)	Super Produção de Informação; Correção de Informação; Geração de Informação Incorreta
Desdobrar visão em metas específicas para cada gestor da equipe; Definição de metas claras e produtos para cada etapa do desenvolvimento	Desdobramento de diretrizes	Alinhar a organização em direção à concretização de objetivos ou metas mais gerais e permitir que a organização reaja rapidamente a um ambiente em mudança	Espera; Superprodução de Informação.
Formalizar a tomada de decisões em reuniões semanais, ao longo de todo o processo, com o capitão e membros de subsistemas que apresentarem relação no desenvolvimento	Engenheiro chefe Concentração de esforços no início	Alinhamento da equipe com o intuito de evitar desperdícios no DP e garantir um ótimo, tendo como referência a estratégia pré-definida	Geração de Informação Incorreta; Super Processamento de Informação
Redigir relatórios sobre a escolha de equipamentos, processos, produtos, dificuldades e soluções encontradas	Lições aprendidas	Evitar fuga de conhecimento da equipe ao criar a cultura de registro de informações	Espera; Deslocamento
Garantir a participação de um especialista em manufatura nas fases de planejamento	Equipes Multifuncionais	Adiantar problemas que podem ocorrer no processo de fabricação	Geração de informação incorreta; Correção de informação

Fonte: Elaborados pelos autores da PUC - Minas (2016).

Diante dessas decisões tomadas, o passo final foi o de estruturar a nova metodologia de projeto de veículos Baja do time. Tal metodologia que está presente na Figura 3, foi elaborada com base no texto de Rozenfeld *et al.* (2006). Cada etapa é analisada a seguir.

Figura 3 – Nova metodologia de projeto do Time Baja da PUC Minas



Fonte: Elaborados pelos autores da PUC - Minas (2016).

Estudo SAE - Essa etapa de preparação básica, que se baseia na leitura do regulamento da competição, foi mantida e formalizada em função de seu importante papel de direcionamento das atividades de projeto. As ações de leitura e formalização das regras entre os componentes são de grande importância para prevenir desperdícios de correção de informação.

Projeto Informacional - O objetivo desta nova etapa criada é orientar o estabelecimento das metas sistêmicas para o veículo. É neste momento do processo, que é estabelecida a diretriz presidente (Liker; Morgan, 2006), para cada área de desenvolvimento da equipe. As diretrizes norteiam o processo como um todo, auxiliando na geração de conceitos e nas tomadas de decisão. Todas as decisões tomadas nesta etapa devem ser registradas no “Manual do Conceito do Engenheiro Chefe”, sendo este o produto final a ser entregue nessa fase. O Manual do Conceito também contém as especificações iniciais do veículo, que serviram de base para a equipe. Somente quando o “Manual do Conceito” está pronto e quando todos os membros das equipes estão totalmente cientes de todo seu conteúdo, passa-se para próxima etapa.

Estudo dos Subsistemas - Uma vez que as áreas de desenvolvimento sabem seus objetivos individuais e estão alinhadas, parte-se para uma intensa fase de estudo que contempla pesquisas de patentes, manuais de componentes de fornecedores de autopeças, benchmarking de equipes concorrentes e literatura científica sobre cada subsistema do veículo. Para garantir que não ocorram desperdícios de informações que possam ser úteis para o desenvolvimento de futuros veículos, os membros das equipes devem registrar todo o conhecimento adquirido nesta etapa. A elaboração de um conteúdo teórico que resume a bibliografia abordada faz com que a equipe no ano seguinte ganhe tempo que seria destinado para a pesquisa deste tema. Além disso, este material seria mais explicativo e voltado para o contexto de desenvolvimento BAJA. Dessa forma, o relatório de estudos é o produto final desta etapa. Os objetivos seriam reduzir o tempo de duração desta etapa a cada novo projeto e formalizar o conteúdo aprendido gerenciando o conhecimento aprendido ou acumulado.

Projeto Conceitual - Após análise e mapeamento do conhecimento disponível, as equipes iniciam a concepção do subsistema. Cada equipe deve elaborar diversas alternativas e soluções de acordo com sua diretriz. A partir deste momento do projeto, devem ocorrer encontros periódicos das áreas de desenvolvimento para apresentação das alternativas geradas e alinhamento do trabalho como um todo. Analisando como os projetos individuais funcionariam integrados e os priorizando de acordo com os critérios principais estabelecidos pelo Manual do Conceito obtém-se, por fim, poucas alternativas que serão aprovadas e modeladas nas fases seguintes.

Projeto Detalhado – Nesta etapa, projetos em Computer Aided Design (CAD) são feitos considerando as principais alternativas escolhidas. Tais projetos passam por simulações que trazem resultados concretos de como o componente irá reagir durante a competição. O objetivo desta fase é ter, bem definidas, todas as especificações do veículo como tolerâncias dimensionais, entre outras. Ainda, é definido como será o processo de manufatura, incluindo ordem de fabricação, cronograma e prazos de entrega.

Compras, fabricação e montagem - Com todas as especificações bem definidas e o orçamento aprovado, as peças são compradas ou começam a serem manufaturadas pela própria equipe. Seguindo o cronograma, o veículo deve ser montado e eventuais erros pontuais devem ser corrigidos rapidamente, sem a necessidade de uma grande fase de ajustes como anteriormente. Finalmente, o veículo passa por testes em terrenos que buscam simular as provas da competição. Aprovado nos testes, o veículo é preparado e vai para a competição.

Elaboração dos relatórios para a competição: Para evitar grandes esforços em momentos em que, muitas vezes, não se lembra do porquê algumas decisões foram tomadas, os relatórios devem ser preenchidos ao longo de todo o processo. Dessa forma, o conteúdo dos relatórios é completo e não apresenta lacunas como acontecia com o PDP anterior.

Após a aprovação das medidas de melhoria, um plano de implantação foi realizado pelos integrantes com o propósito de ser executado no próximo projeto de baja, previsto para o segundo semestre de 2017.

5. CONCLUSÕES

Este estudo teve o propósito de elaborar uma metodologia de trabalho de projeto, pautada nos conceitos, métodos e ferramentas da abordagem enxuta, para orientar e robustecer o processo de desenvolvimento de veículos Baja de uma equipe da PUC Minas.

Tal concepção deveria ser adequada à realidade dessa organização, que: envolve o trabalho voluntário de alunos ainda em processo de formação, não possui propósitos

econômicos, tem dificuldades com recursos financeiros e de infraestrutura para a realização de protótipos e condução do projeto.

Nesse sentido, a concepção das soluções previu a análise da maturidade atual da equipe sobre a gestão de desenvolvimento de projetos off road. Para alcance deste objetivo específico, entrevistas semiestruturadas com as principais lideranças da equipe e com os professores orientadores foram realizadas e por elas foi possível mapear as etapas do PDP e os principais pontos de desperdícios a serem atacados.

A elaboração das soluções ocorreu por meio da revisão da literatura sobre desenvolvimento de produtos enxuto e principalmente, pela realização de diversos seminários de pesquisa com os integrantes da equipe. Tal estratégia foi decisiva para propiciar uma atmosfera de participação e engajamento dos participantes no processo de mudança.

É importante ressaltar que todas as soluções gerenciais propostas não possuem custo e são de simples implementação, podendo ser replicadas para outros projetos estudantis similares como o *AeroDesign* SAE BRASIL e Fórmula SAE, os quais apresentam diferenças apenas no produto técnico a ser concebido.

Em função do avançado estágio do projeto de veículo atual, a maioria das propostas de mudança será implantada ao longo do ano de 2017, quando terá início uma nova versão do veículo da equipe. As propostas do “Engenheiro Chefe” e do registro de lições aprendidas em cada fase do projeto já foram incorporadas ao processo atual e, sendo os alunos, possibilitaram uma melhor organização do trabalho de desenvolvimento.

Cabe destacar que a sequência intuitiva e informal das atividades de projeto foi praticamente mantida, sendo apenas formalizada em documentos e parcialmente simplificada. Este registro formal da metodologia será muito útil para preservar o conhecimento gerencial de uma organização de indivíduos marcada pela alta rotatividade. Também ajudará a minimizar o retrabalho e os custos de projeto.

É válido lembrar que outro legado do projeto de pesquisa foi a contínua capacitação dos alunos da equipe sobre soluções gerenciais para o projeto de novos produtos. Também merece destaque o fato de que este projeto foi o primeiro de natureza multidisciplinar envolvendo docentes e discentes dos departamentos de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica da PUC Minas.

A expectativa final de todos é que por meio de um melhor gerenciamento do processo de desenvolvimento de produtos, a equipe Baja da PUC Minas possa obter melhores colocações nas competições nacionais e internacionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento desta pesquisa

REFERÊNCIAS

BERENDS, Hans et al. **Product Innovation Processes in Small Firms: Combining entrepreneurial effectuation and managerial causation**. Journal of Product Innovation Management, v. 31, n. 3, p. 616–35, 2014.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento pelas Diretrizes**. Instituto Nacional de Desenvolvimento Gerencial - INDG, Belo Horizonte, MG, 1996.

CLARK, Kim B; FUJIMOTO, Takahiro. **Product development performance: Strategy, organization, and management in the world auto industry**. Boston, MA: Harvard Business Press, 1991.

CLARK, Kim B; WHEELWRIGHT, Steven C. **Managing New Product and Process Development**. New York, NY: The Free Press, 1993.

COOPER, Robert Gravlin. **Winning at new products: Accelerating the process from idea to launch**. New York, NY: Basic Books, 2001.

Christer Karlsson, Pär Ahlström, **The difficult path to lean product development**, Journal of Product Innovation Management, Volume 13, Issue 4, 1996,

FREITAS, L. S.; DO BRASIL, L. M. I.; BARBOSA, R. M. **Dificuldades subjacentes à gestão de desenvolvimento de veículos off road numa equipe iniciante de estudantes de engenharia**; XII Encontro Mineiro de Engenharia de produção, Juiz de Fora – Minas Gerais, 2016

GRIFFIN, A., **PDMA Research on New Product Development Practices: Updating Trends and Benchmarking Best Practices**, Journal Product Innovation Management, n.14, p. 429-458, 1997.

GRIFFIN, Abbie; NOBLE, Charles; DURMUSOGLU, Serdar. **Open innovation: New product development essentials from the PDMA**. John Wiley & Sons, 2014.

HARTLEY, J. R. **Engenharia Simultânea – um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos**. São Paulo, SP: Bookman, 266p, 1992.

LINARES, Marina Langoni et al. **Planejamento, Desenvolvimento, Fabricação e Montagem de um protótipo veicular fora de estrada (off road)**. 7º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Penedo, Rio de Janeiro 2013.

LYNN, G. S., et al.) **Learning is the Critical Success Factor in Developing Truly new Products**. Research Technology Management. Vol. 41(2): 45-51, 1998

LIKER, Jeffrey K.; MORGAN, James M. **The Toyota way in services: the case of lean product development**. The Academy of Management Perspectives, v. 20, n. 2, p. 5-20, 2006.
MORGAN, James. **Sistema Toyota de desenvolvimento de produto: integrando pessoas, processo e tecnologia**. Bookman, 2008.

OEHMEN, Josef; REBENTISCH, Eric. **Waste in lean product development**. **Lean Advancement Initiative**, Massachusetts Institute of Technology, 2010.

OHNO, Taiichi. **Sistema Toyota de Produção: Além da produção em alta escala**, Porto Alegre, Bookman, 1996.

PAGE, A. L. **Assessing New Product Development Practices and Performance: Establishing Crucial Norms**. *Journal of Product Innovation Management*. Vol. 10(4): 273-290, 1993.

PINHEIRO, Larissa Maria Prisco; TOLEDO, José Carlos. **Caracterização do Sistema Lean (Toyota) de Desenvolvimento de Novos Produtos para Utilização em Empresas Brasileiras**. 2011, Porto Alegre, RS –Brasil. Anais.... 8ª Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos – CBGDP.

PINHEIRO, Larissa Maria Prisco; TOLEDO, José Carlos de. **Application of lean approach in the product development process: a survey on Brazilian industrial companies**. *Gestão da Produção*, São Carlos - SP, V. 23, n. 2, p. 320-332, jun. 2016

RIBEIRO, Isabela Mira. **Estudo sobre o gerenciamento de projeto de desenvolvimento de um veículo baja para competições**. 2015. Monografia de trabalho de graduação – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

ROZENFELD, Henrique, et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. Saraiva, São Paulo, SP, 2006.

TAVARES, E. F.; FREITAS, L. S.; BRETZ, L. P. **Uma avaliação sobre o gerenciamento e os resultados obtidos pelo modelo de referência APQP na cadeia automobilística brasileira**. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.

THOMKE, S.; FUJIMOTO T. **The Effect of “Front-Loading” Problem-Solving on Product Development Performance**. *Journal of Product Innovation Management*, Vol.17: 128-142, 2000.

Capítulo 23

O OEE (EFICIÊNCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS) COMO
UMA FERRAMENTA PARA ESTUDO, CONTROLE E
MELHORIA DE PROCESSOS PRODUTIVOS

Camila Marques Moreira
Ivan Rodrigues de Oliveira
Lorena Miranda da Cunha
José Luiz Silva Ribeiro

O OEE (Eficiência Global dos Equipamentos) como uma ferramenta para estudo, controle e melhoria de processos produtivos

*Camila Marques Moreira
Ivan Rodrigues de Oliveira
Lorena Miranda da Cunha
José Luiz Silva Ribeiro*

RESUMO

A manutenção produtiva total, ou TPM (Total Productive Maintenance) é um modelo de gestão que busca a eficiência máxima dos sistemas produtivos e através do OEE (Overall Equipment Effectiveness), um indicador baseado na análise dos índices de desempenho, disponibilidade e qualidade, busca ainda, a maximização do desempenho operacional. O presente artigo tem como objetivo aplicar o estudo do indicador de eficiência global de equipamentos ou OEE, como ferramenta auxiliar na melhoria da qualidade produtiva e no desempenho do processo de produção de uma gráfica industrial de médio porte. A necessidade de um controle contínuo dos processos confirma os indicadores como ferramentas de acompanhamento dos resultados, para o aumento da qualidade e para a redução de custos. O resultado deste trabalho é a identificação da natureza e localização de perdas, através da medição da eficiência produtiva de uma impressora industrial, localizada em uma linha de impressão de jornais, servindo como apoio na tomada de decisão e reafirmando que o OEE é uma ferramenta de suma importância para medição de desempenho e gestão de equipamentos em um sistema de produção.

1. INTRODUÇÃO

Diante da retração de investimentos na economia e da necessidade de se manter competitivo no mercado, a utilização de maneira eficiente dos recursos disponíveis e a avaliação das fontes de gargalo, são estratégias imprescindíveis para que uma empresa consiga sobreviver.

Ferro (2006), diz que para entender a evolução da economia não basta verificar os indicadores econômicos como a inflação, balança de pagamentos, juros, déficit público e outros. É preciso, além disso, entender as causas destes resultados, entender o que acontece na economia real, no local onde as coisas se desenvolvem. O autor defende que, para se manter a competitividade econômica, é necessário um esforço para melhorar o processo de criação de valor.

A riqueza de um país deve-se à sua capacidade de gerar bens materiais e serviços, com a melhor utilização possível dos recursos disponíveis. Desse modo, o fator chave para possibilitar o desenvolvimento econômico é o aumento da produtividade. Para tanto, as atividades que não agregam valor do ponto de vista do cliente devem ser eliminadas (visão Lean), ocasionando dessa forma, uma menor necessidade de esforço e consequente aumento de produtividade. Uma visão

tradicional costuma relacionar a melhoria de desempenho ao aumento de investimentos em máquinas e equipamentos para substituir mão de obra e melhorar a produtividade, que, quase sempre, podem ser obtidas por uma melhor utilização do maquinário existente. O autor reforça que, a produtividade dos equipamentos (capital) é extremamente relevante, em particular em um país onde os juros são tão elevados e qualquer alocação de capital deve ser vista com muita cautela. Assim, a decisão de investir em novos equipamentos, para simplesmente substituir trabalho, deve orientar-se na agregação de valor do ponto de vista do cliente final.

Para se agregar valor e aumentar a competitividade, as empresas precisam priorizar o controle e a eliminação dos desperdícios de forma a se identificar as perdas em relação ao mau uso dos recursos de produção. Ou seja, para que as organizações alcancem a excelência em operações, condição essencial para a excelência organizacional, é necessário que grandes esforços no combate ao desperdício e no contínuo aprimoramento, sejam despendidos. (OLIVEIRA, 2003).

Como forma de se implantar e gerenciar essa política de redução das perdas e melhoria do uso dos recursos, a posse de informações sobre resultados obtidos em relação a metas estabelecidas faz-se necessária, uma vez que permite a realização de ações de ajuste em curto e longo prazo. Os autores ainda acrescentam que, a necessidade de um controle contínuo dos processos confirma os indicadores como ferramentas de acompanhamento dos resultados, para o aumento da qualidade e para a redução de custos. (SARAIVA; CAMILO, 2010).

Ainda dentro do tema indicadores, Johnson e Kaplan (1987) defendem o uso dos indicadores não financeiros para avaliação mensal de uma organização, argumentando que somente o uso de indicadores financeiros não reflete o desempenho recente da empresa. Os não financeiros, por sua vez, cumprem a função de fixar e prever as metas mais eficazes de rentabilidade de longo prazo. Afirmando a necessidade de que novos atributos sejam utilizados para avaliar o desempenho das empresas.

Assim, aumentar a receita e reduzir custos é o caminho mais desejado para as empresas manterem ou aumentarem o lucro. Essas tendem a buscar fora delas mesmas, a solução para este dilema, modernizando seus processos e ativos, ou adquirindo equipamentos mais potentes para atuar sobre os gargalos da produção. Diante disso, o OEE (Overall Effectiveness Equipment) apresenta-se como um indicador para “gestão das perdas”, auxiliando assim no incremento dos lucros com o menor investimento possível em modernização ou substituição de ativos, apenas atuando sobre as perdas que prejudicam os resultados da empresa, de maneira discreta e até mesmo oculta. (RIBEIRO, 2014).

Portanto, o objetivo desse trabalho é aplicar o estudo do indicador de eficiência global de equipamentos (OEE), para identificação e análise das paradas de produção de uma impressora rotativa em uma gráfica industrial de médio porte, com foco na redução das perdas ocasionadas por essas paradas e consequentemente dos custos envolvidos no processo produtivo da gráfica.

2.0 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Lean Manufacturing

Após a Segunda Guerra Mundial e com o país devastado, o Japão buscava reestruturar-se economicamente, no entanto, os americanos decidiram restringir créditos às empresas japonesas, fazendo com que a Toyota enfrentasse uma grave crise em seus negócios. Diante deste cenário pós-guerra e após uma visita à fábrica da Ford, em Detroit, o engenheiro japonês Eiji Toyoda junto de Taiichi Ohno chegou à conclusão de que a produção em massa não funcionaria no Japão. (DENNIS, 2008).

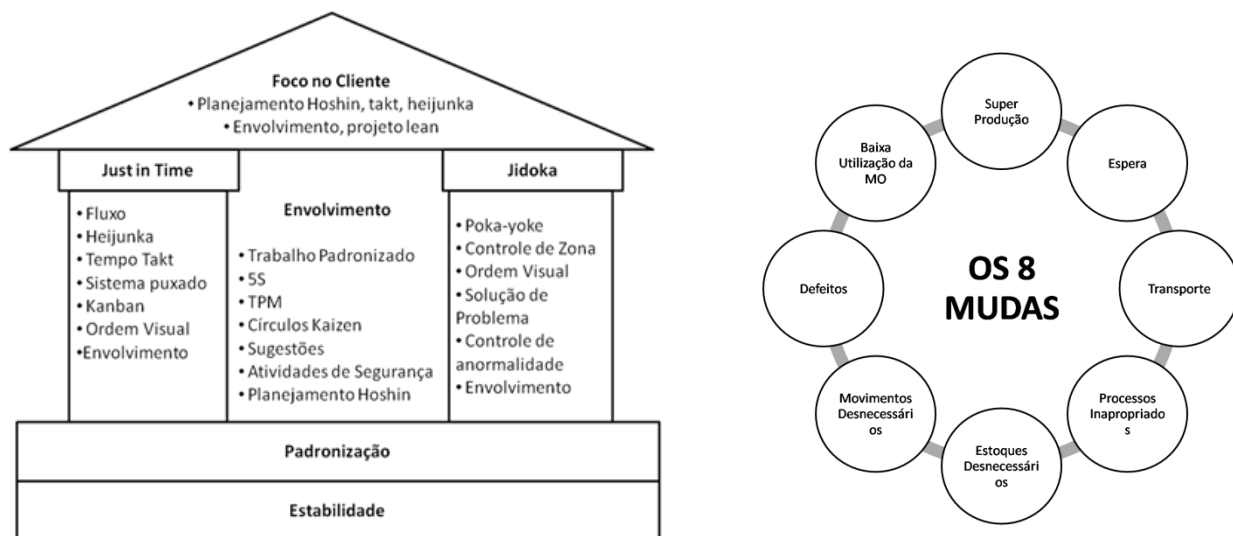
Taiichi Ohno então propôs a implantação de um sistema de produção cujo principal foco era a identificação e a posterior eliminação de desperdícios, com o objetivo de reduzir custos e aumentar a qualidade e a velocidade de entrega do produto aos clientes. (WERKEMA, 2006).

Taiichi Ohno, no entanto, acreditava que a mudança iria além da função produção e que a empresa deveria construir com seus funcionários uma relação de parceria, sendo essa a condição mais importante para a cultura Lean, evoluindo assim para uma cultura de pensamento enxuto.

O pensamento enxuto ou Lean Thinking se apresenta como uma forma de especificar valor; de alinhar na melhor sequência as ações que criam valor; de realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e de realizá-las de modo cada vez mais eficaz, se mostrando assim, como um poderoso antídoto ao desperdício. (WOMACK; JONES, 1996).

Entretanto, com o objetivo centralizado na satisfação do cliente, A Casa de Produção Lean, apresentada na Figura 1(a), foi desenvolvida por Taiichi Ohno, como forma de propagar suas ideias a respeito do Lean Manufacturing ou Sistema de Produção Toyota (SPT).

Figura 1: Casa de Produção Lean (a) , Muda: Os oito desperdícios (b)



Fonte: Adaptado DENNIS, 2008.

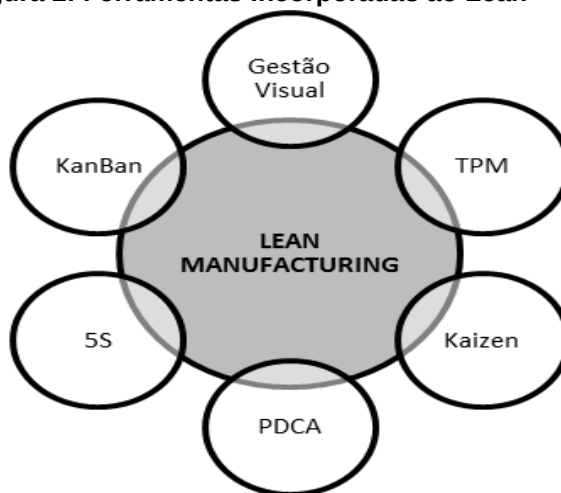
O cerne do Lean Manufacturing é a redução do desperdício ou qualquer atividade que não agregue valor ao produto final, composto pela redução dos chamados Muda. Existem oito tipos diferentes de Muda, como representado na Figura 1(b), correspondentes a 95% das atividades relacionadas à produção, sendo estes, o oposto de valor, que está relacionado ao que o cliente está disposto a pagar por determinado produto. (DENNIS, 2008).

A redução de desperdícios ou Muda, se mostra ainda mais importante, quando é levada em consideração a percepção do cliente em relação ao valor do produto, elevando a importância de sua redução, de forma a obter maiores índices de lucratividade e eficiência operacional.

Nos últimos anos, o número de empresas praticantes do Lean Manufacturing vem aumentando significativamente em todos os setores industriais e de serviços. No entanto, vale destacar que a adoção do Lean Manufacturing representa um processo de mudança de cultura da organização e, portanto, não é algo fácil de ser alcançado. (WERKEMA, 2006).

Essa preocupação com a eliminação de perdas surgida a partir do Lean Manufacturing, fez com que ao longo do tempo, diversas ferramentas fossem desenvolvidas, como pode ser visto na Figura 2, para que a cultura de produção enxuta fosse uma realidade em todos os tipos de indústrias. (VARGAS, 2010).

Figura 2: Ferramentas Incorporadas ao Lean



Fonte: Adaptado Portal Gestão Industrial.

Assim, a amplitude do sistema Lean Manufacturing e as ferramentas desenvolvidas para sua adoção, mostra que esse sistema é compatível aos diversos modelos de organizações, favorecendo a sua implantação, de forma a tornar-se mais competitivo no mercado.

2.2 Manutenção Produtiva Total (TPM)

O Total Productive Maintenance (TPM) ou Manutenção Produtiva Total é uma forma de gestão focada no desenvolvimento de habilidades das pessoas para que todas participem da

busca pela máxima eficiência do sistema de produção. A utilização plena dos equipamentos, a eficácia dos processos e o melhor desempenho do fator humano conduzem a empresa a um cenário de custos competitivos e produtos de qualidade total (FERNANDES, 2010).

Enquanto o pensamento Lean tenta eliminar desperdícios em relação à mão-de-obra, máquinas, materiais e métodos, o TPM mergulha fundo na área específica de perdas na produção, relacionada ao componente máquina. (SMALLEY, 2006).

O J.I.P.M. (Japanese Institute of Plant Maintenance) define o TPM como:

Esforço elevado na implementação de uma cultura corporativa que busca a melhoria da eficiência dos sistemas produtivos, por meio da prevenção de todos os tipos de perdas, atingindo assim o zero acidente, zero defeito e zero falhas durante todo o ciclo de vida dos equipamentos, cobrindo todos os departamentos da empresa incluindo Produção, Desenvolvimento, Marketing e Administração, requerendo o completo envolvimento desde a alta administração até a frente de operação com as atividades de pequenos grupos. (J.I.P.M., 2002).

Toda a maximização prevista pelo TPM é baseada, portanto, na eliminação de perdas, podendo ser agrupadas em: Perdas que Influenciam a Eficiência dos Equipamentos, Perdas que Influenciam a Eficiência das Pessoas e Perdas que Influenciam a Eficiência da Utilização de Materiais e Energia. (RIBEIRO, 2014).

Portanto, o TPM visa melhorar a estrutura da empresa em termos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima e produtos) para que se elimine as falhas, as quebras das máquinas, os defeitos nos produtos e a perda nos processos. Para tal, é necessário fazer com que a operação seja realizada dentro das especificações, ou seja, com a velocidade adequada e com a taxa de produção planejada, obtendo-se assim, resultados de qualidade. (FERNANDES, 2010).

2.3 Eficiência Global de Equipamento (OEE)

De acordo com Vince (2016), o OEE (Overall Equipment Effectiveness) foi introduzido por Seiichi Nakajima, um dos criadores do sistema TPM (Total Productive Maintenance), como um indicador utilizado para se avaliar o desempenho de um equipamento, ou seja, a capacidade de produção do mesmo. Com a expansão da filosofia da manufatura enxuta, o OEE passou a ser largamente utilizado, até mesmo por empresas que ainda não haviam adotado o conceito Lean Manufacturing, isso devido ao fato de ser um indicador simples e objetivo. Através do OEE, podem ser analisadas todas as oportunidades de melhoria e o melhor caminho para serem alcançadas. Destaca-se ainda, que outro fator importante para a adoção do OEE na gestão da

desempenho fabril deve-se ao fato de que o uso de indicadores de desempenho financeiro não reflete a realidade da manufatura levando, muitas vezes, os gestores da produção a tomarem decisões erradas.

O OEE, nos diz quanto tempo o equipamento produziu em relação ao tempo disponível. Do tempo que produziu, quão rápido ele produziu itens. E dos itens produzidos quantos atenderam as especificações. Esse indicador não diz apenas quanto houve de perda, mas também onde estão as perdas, auxiliando assim na tomada de decisões para atingir as metas de produção. Gestores podem analisar todas as oportunidades de melhoria e escolher aquelas que proporcionam um retorno maior ou aquela que, apesar de apresentar um retorno menor, pode ser alcançada rapidamente a um baixo custo. (VINCE, 2016).

Amorim (2009), enfatiza que o OEE é um indicador que mede o desempenho de uma forma tridimensional pois leva em consideração: o tempo útil que o equipamento tem para produzir, a eficiência durante o funcionamento e a qualidade do produto, além de ser um indicador de desempenho, o OEE tem utilidade para quatro finalidades adicionais: planejamento da capacidade, controle do processo, melhoria do processo e cálculo dos custos das perdas de produção.

Assim, o OEE é o indicador utilizado para cálculo das Perdas que Influenciam a eficiência dos equipamentos, podendo variar entre a produção seriada e a produção contínua, sendo a primeira o processo onde cada máquina funciona de forma independente das demais e a segunda em que a parada dos equipamentos obriga a parada de outros, por limitação de funcionalidade. (RIBEIRO, 2014).

2.3.1 Aplicação do OEE

Para implementação do OEE, é necessária uma avaliação prévia das necessidades, definição de objetivos e a montagem de um plano de implementação. É importante que toda a equipe de gestão esteja focada no projeto, para que haja o incentivo aos operadores fabris, que serão fundamentais para o bom andamento do OEE e ainda, que o projeto OEE compreenda as algumas etapas: identificação de necessidades e definição de objetivos; definição conceitual; planejamento de projeto; aquisição ou criação dos meios necessários para implementação; formação e treinamentos dos operadores, supervisores, gestão e todos os envolvidos; implementação piloto em equipamento selecionado que será mantido como modelo de

aplicação; implementação alargada a todos os equipamentos da fábrica; melhoria permanente e contínua do OEE. (AMORIM, 2009).

2.3.2 Cálculo do OEE

É importante ressaltar que, para qualquer tipo de processo produtivo, seja ele seriado ou contínuo, o OEE é obtido através do produto dos três índices, a saber: índice de disponibilidade operacional (IDO), índice de desempenho operacional (IPO) e índice de qualidade (IQ). O resultado obtido através desse cálculo deve ser monitorado e a partir dele deverão ser determinadas as metas para sua melhoria.

2.3.2.1 Cálculo em Processos Seriados

As causas que prejudicam o bom rendimento operacional das máquinas devem ser eliminadas de forma a obter o melhor rendimento operacional dos equipamentos. Levando-se em consideração as dimensões disponibilidade, desempenho e qualidade, Ribeiro (2014) sugere que essas perdas sejam agrupadas da seguinte forma: Perdas por Parada, Perdas por Desempenho e Perdas por Defeito no Produto.

No Quadro 1 são classificadas as perdas em processos seriados.

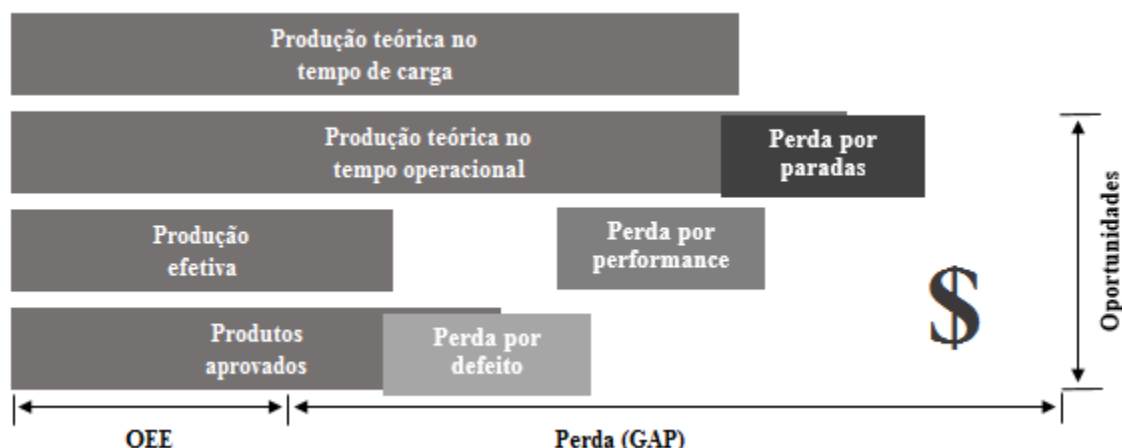
Quadro 1: Perdas em Processos Seriados

Tipo de Perda	Perdas	Definição
Perdas por Parada	Perdas por parada accidental	Ocorrem devido à quebra repentina do equipamento e/ou pela quebra precedida do desgaste dos componentes.
	Perda durante a mudança de linha	Está relacionada a suspensão do ciclo para preparação de um produto subsequente.
Perdas por Desempenho	Pequenas paradas/operação em vazio	Trata-se de uma interrupção momentânea.
	Queda de velocidade de produção	Está relacionada à qualidade, problemas mecânicos, matéria prima fora da especificação, habilidade do operador, obrigando a realização do trabalho em uma velocidade menor.
Perdas por Defeito no Produto	Defeito no processo	São as atividades relativas ao retrabalho ou mesmo a eliminação dos produtos defeituosos.
	Defeito no início do processo	Ocasionado pela instabilidade da operação, ferramentas inadequadas, nível de habilidade do operador, falta de matéria prima etc.

Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 3, é possível verificar o limite entre as perdas e oportunidades em um processo produtivo seriado, e consequentemente as perdas as quais influenciam o OEE do equipamento monitorado.

Figura 3: Estrutura de Horas Perdidas em Processos Seriadados



Fonte: RIBEIRO, 2014

Portanto, para análise das perdas apontadas por Ribeiro (2014), se faz necessário o cálculo dos índices de disponibilidade operacional (IDO), desempenho operacional (IPO) e de qualidade (IQ).

O IDO é a razão do tempo operacional, ou seja, o tempo produtivo do equipamento com o tempo disponível para produção, ou tempo programado, conforme descrito na seguinte fórmula:

...

$$IDO = \frac{\text{Tempo Operacional}}{\text{Tempo Programado}} \times 100 \quad (1)$$

sendo que, para cálculo do tempo operacional, é preciso subtrair do tempo programado o tempo com paradas.

$$\text{Tempo Operacional} = \text{Tempo Programado} - \text{Tempo com paradas} \quad (2)$$

O índice de desempenho, ou IPO, demonstra a relação entre o tempo ideal para processar um produto e o tempo efetivamente utilizado para produção, ou seja, leva-se em consideração a produção real e a capacidade produtiva. Estando diretamente relacionado com a velocidade de operação. (RIBEIRO, 2014).

Onde,

$$IPO = \frac{\text{Produção Real}}{\text{Capacidade Produtiva}} \times 100 \quad (3)$$

$$\textit{Produção Real} = \textit{Tempo Operacional} \times \textit{Capacidade Real} \quad (4)$$

$$\textit{Capacidade Produtiva} = \textit{Tempo Operacional} \times \textit{Capacidade Padrão} \quad (5)$$

Por fim, a qualidade do que foi produzido, ou seja, quantos itens bons foram produzidos em relação ao total de itens produzidos, é representado pelo IQ.

$$IQ = \frac{\textit{Quantidade Produzida} - (\textit{Quant. defeituosa} + \textit{reprocessada})}{\textit{Quantidade Produzida}} \times 100 \quad (6)$$

2.3.2.2 Cálculo em Processos Contínuos

Da mesma forma que ocorre em processos seriados, nos contínuos também existem perdas as quais devem ser identificadas para que a medição do OEE seja feita de maneira adequada. Ribeiro (2014) também sugere nesse tipo de processo, o agrupamento das perdas em quatro categorias, são elas: Perdas por Paradas Programadas, Perdas por Paradas Não Programadas (Acidentais), Perdas por Desempenho, e Perdas por Defeito no Produto. As perdas em processos seriados são classificadas no Quadro 2.

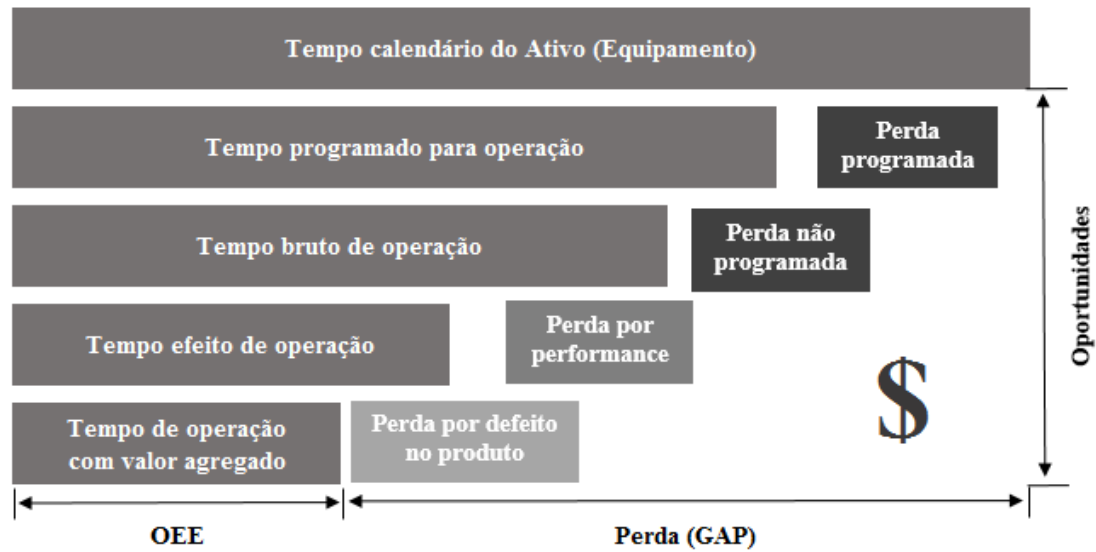
Quadro 2: Perdas em Processos Contínuos

Tipo de Perda	Perdas	Definição
Perdas por Paradas Programadas	Perdas por parada de manutenção	Ocorrem em face de uma manutenção planejada.
	Perdas por ajuste de produção	É causada por redução da produção em função da baixa demanda ou ainda por falha no recebimento de matérias-primas.
Perdas por Paradas Não Programadas (Acidentais)	Perdas por falha do equipamento	Não é considerada uma quebra, mas uma interrupção momentânea, reduzindo o ritmo de produção.
	Perdas por falha do processo	Relativas às paradas do equipamento, ocasionadas por erros de operação ou alteração nas propriedades dos produtos processados
Perdas por Desempenho	Perdas normais de produção	Ocorrem durante a produção normal, na partida, paradas para manutenção e mudanças de produto.
	Perdas anormais de produção	Obtida através da diferença entre o que foi e o que poderia ser produzido, conforme condições de projeto ou com um valor já atingido em condições ideais
Perdas por Defeito no Produto	Perdas por produtos defeituosos	Relacionada às perdas de tempo por se produzir um produto rejeitado e refugo.
	Perdas financeiras	Venda do produto a um preço menor por não atender às especificação originais.
	Perdas por reproprocessamento	Recursos empregados no reproprocessamento do material rejeitado

Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 4, são apresentadas as perdas que influenciam o OEE do equipamento monitorado, nesse caso em processos contínuos.

Figura 4: Estrutura de Horas Perdidas em Processos Contínuos



Fonte: RIBEIRO, 2014

Como nos processos seriados, para análise das perdas apontadas por Ribeiro (2014), também é necessário o cálculo dos índices de disponibilidade operacional (IDO), desempenho operacional (IPO) e de qualidade (IQ), como descrito a seguir.

O IDO nesse tipo de processo produtivo é determinado pela relação entre o nível de produção ocorrido, em função das perdas por paradas, ajustes e falhas, com o que poderia ser produzido no tempo calendário, ou produção teórica no tempo calendário.

$$IDO = \frac{\text{Produção Teórica no Tempo Calendário} - (\text{perdas por paradas, ajustes e falhas})}{\text{Produção Teórica no Tempo Calendário}} \times 100 \quad (7)$$

No cálculo do IPO, ou índice de desempenho operacional, é demonstrado o desempenho da planta, inclusive as paradas, ajustes e falhas, conforme fórmula a seguir:

$$IPO = \frac{\text{Produção}}{\text{Produção com perdas, ajustes e falhas}} \times 100 \quad (8)$$

Por fim, o índice de qualidade (IQ) apresenta o nível de qualidade do produto, considerando o conceito de fazer certo pela primeira vez, sendo determinado pela seguinte equação:

$$IQ = \frac{\text{Produção que atende às especificações na primeira tentativa}}{\text{Produção}} \times 100 \quad (9)$$

3.0 METODOLOGIA

O estudo abordado nesse artigo busca através do método de pesquisa teórico, compreender como se dá a aplicação e utilização do OEE em uma rotina de produção industrial de uma gráfica de médio porte, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte, e ainda seu potencial como forma de avaliação e melhoria do desempenho global do equipamento.

A gráfica aqui estudada, foi fundada em 1998 e atualmente possui cerca de 200 funcionários, onde a equipe de produção trabalha em turnos intercalados, durante 24 horas diárias. O sistema de manufatura da gráfica é uma linha de produção seriada, onde se vê a necessidade de melhorar seu processo de planejamento e controle de produção e a eliminação de perdas.

O equipamento foco deste trabalho é uma impressora rotativa com capacidade de impressão máxima de 45.000 impressões por hora (IPH), fabricada em 2002. A depreciação causada pelo tempo e a intensidade do uso da impressora, aumentam a necessidade de avaliação dos índices de produtividade da gráfica, como forma de análise e orientação para se atuar e obter maior eficiência no processo de produção.

Os dados utilizados para cálculo do OEE, foram obtidos durante o período de seis meses, compreendidos entre Outubro de 2016 e Março de 2017, a partir de relatórios da produção preenchidos por quatro equipes que trabalham em diferentes turnos no equipamento. Os referidos relatórios contêm os dados de produção de cada turno, como o título do caderno impresso, horário de início e término da impressão, tempo de parada de máquina ao decorrer do trabalho e suas causas, a tiragem pedida de impressão (tiragem líquida) e a tiragem total de impressão incluindo as perdas (tiragem bruta). A partir desses relatórios, compila-se os dados em uma planilha Excel para então retirar as informações de interesse.

Foram colhidos também outras informações que podem justificar os resultados obtidos para esses indicadores, de forma que ao final do trabalho se pudesse elencar os possíveis pontos críticos de atuação para a redução de perdas e melhoria da eficiência do maquinário no contexto deste estudo. Assim, a possibilidade de se investigar as limitações do sistema aqui relatado, motivou sua seleção como unidade de análise e condução desse estudo.

4.0 ESTUDO DE CASO

Diante do atual cenário de crise econômica, da diminuição de demanda do mercado consumidor e do encarecimento na importação de insumos, a gestão decidiu pela implementação de medidas visando o corte de gastos e a manutenção da competitividade da empresa, sem afetar a saúde financeira da mesma.

No que tange ao setor industrial, há um consenso geral por parte da gestão de que é necessário atuar sobre a impressora rotativa utilizada na fábrica. A mesma vem apresentando diversas paradas durante o trabalho e consequente aumento no consumo de insumos (papel, tinta, água, energia elétrica), atribuído principalmente aos constantes reinícios de produção ocasionados por paradas não programadas e ainda à vida útil do equipamento (fabricado em 2002) que atualmente exige grandes gastos com manutenção. A política adotada pela gestão industrial foi a identificação e redução de perdas na produção com foco principal na melhora da qualidade dos impressos. Para tanto, se faz necessário compreender quais são as causas das perdas e como essas afetavam a qualidade final do produto.

A escolha pelo indicador de eficiência global dos equipamentos (OEE) se deu por sua facilidade de utilização, porém com resultados muito objetivos e de fácil compreensão tanto pela gerência quanto pelo chão de fábrica. Segundo Vince (2016), com este indicador também seria possível analisar todas as oportunidades de melhoria e decidir a melhor forma de alcançá-las. Além disso, a gráfica já utiliza os dados extraídos dos relatórios de produção para o cálculo do OEE, o que facilita a implementação e melhor uso do mesmo.

4.1 Recolhimento dos Dados

A impressora possui uma mesa de controle com um monitor onde os dados de produção são exibidos, tais como: Tiragem do Impresso, Perda, Velocidade de Impressão, Horário de Início de Impressão, Horário de Término de Impressão e Tempo Total de Produção.

Estes dados são preenchidos por líderes de cada equipe de impressão, em um relatório padrão com as informações de cada serviço executado. Para o estudo, alguns campos extras foram inseridos nestes relatórios a fim de permitir a obtenção de informações mais completas e que serão úteis para o estudo, como por exemplo as razões pelas quais levaram a máquina a ficar parada durante a produção e o tempo de cada uma dessas paradas (registrado pelo líder de impressão).

Como os líderes de produção são diretamente responsáveis pela qualidade dos dados levantados, houve um acompanhamento mais próximo aos mesmos, antes do período de estudo, no sentido de esclarecer dúvidas sobre preenchimentos de relatórios, questionar informações julgadas incoerentes e explicar sobre a importância do correto preenchimento destes documentos. Sendo que a produção é composta por quatro equipes de impressão que trabalham em turnos de 6 horas com 15 minutos de intervalo cada, ou seja, 24 horas de trabalho e 60 minutos diários de intervalo de segunda a sexta. Aos sábados trabalham apenas duas equipes, até as 12h00. Aos domingos não existe expediente.

Após a orientação às equipes, iniciou-se o recolhimento dos dados durante o período de seis meses (Outubro de 2016 a Março de 2017).

Na Tabela 1, são apresentadas as principais informações com relação aos tempos registrados em cada mês estudado.

TABELA 1 - Dados Consolidados da Produção

Dados da Produção	out-16	nov-16	dez-16	jan-17	fev-17	mar-17
Tempo Total (min.)	61.920	60.480	66.240	63.060	57.240	68.040
Tempo Não Tripulado (min.)	41.644	38.415	41.825	45.606	37.380	46.650
Paradas Planejadas (min.)	1.290	1.260	1.380	1.320	1.200	1.425
Tempo de Produção (min.)	13.189	14.529	16.817	11.230	12.911	13.942
Setup (min.)	5.797	6.276	6.218	4.904	5.749	6.023
Paradas não Planej. (min.)	1.852	2.083	1.822	1.946	1.520	1.977
Velocidade Nominal 50% Impressões por Hora (IPH)	22.500	22.500	22.500	22.500	22.500	22.500
Horas Produzidas (h)	220	242	280	187	215	232
Produção Nominal (unid.)	4.945.875	5.448.375	6.306.375	4.211.250	4.841.625	5.228.250
Produção Real (unid.)	4.598.167	5.504.110	6.858.269	4.315.356	4.875.270	5.222.178
Tiragem Líquida (unid.)	4.038.299	4.849.520	6.144.424	3.789.574	4.263.278	4.553.334
Tiragem Bruta (unid.)	4.598.167	5.504.110	6.858.269	4.315.356	4.875.270	5.222.178

Fonte: Os autores.

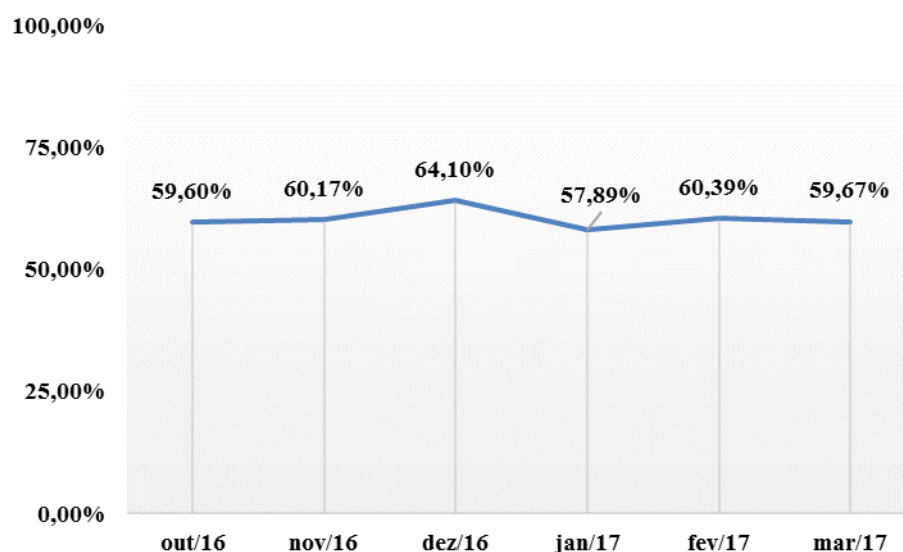
4.2 Medição do OEE

A indústria gráfica caracteriza-se pela produção em grande quantidade, com baixo valor agregado e ganhos em escala, além de se trabalhar em lotes de produção, que variam somente em tamanho e formato, utilizando para isso um único equipamento independente dos demais processos da fábrica, caracterizando assim, a produção como seriada. Dessa forma, serão realizados os cálculos do OEE indicados para esse tipo de processo.

4.2.1 Cálculo do Índice de Disponibilidade Operacional – IDO

O Índice de Disponibilidade do equipamento foi obtido através da razão entre o Tempo Operacional e o Tempo Programado, que correspondem respectivamente ao Tempo de Produção em minutos, dividido pela soma dos tempos de Paradas Planejadas, Tempo de Produção, Setup e Paradas Não Planejadas, conforme indicado na Tabela 1.

Gráfico 1: Índice de Disponibilidade Operacional



Fonte: Os autores

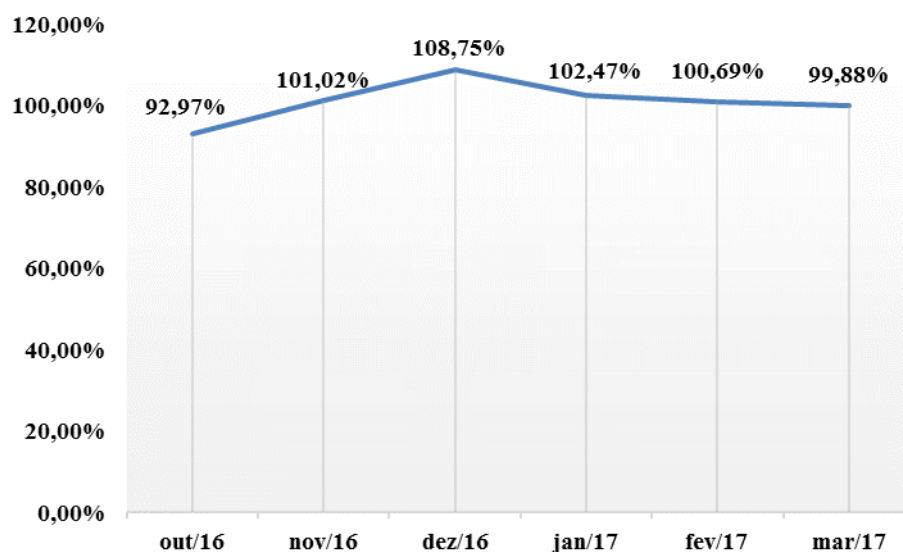
De uma forma geral, o equipamento estudado, possui uma baixa disponibilidade, conforme mostrado no Gráfico 1, estando em torno de 60% em média.

4.2.2 Cálculo do Índice de Desempenho Operacional – IPO

No cálculo do Índice de Desempenho do equipamento, foram comparados os dados de produção efetiva, a partir da divisão da Produção Real pela Capacidade Produtiva, a fim de se avaliar qual a velocidade de produção do equipamento.

Os índices em sua maioria ultrapassam o valor de 100%, conforme Gráfico 2, devido a velocidade de trabalho exigida em determinadas demandas recebidas pela equipe de produção. É importante ressaltar, que a velocidade nominal considerada para o equipamento, no cálculo do índice referenciado, representa 50% da sua capacidade nominal, conforme dados do fabricante, porém essa velocidade é reduzida a fim de se prolongar a vida útil do equipamento, levando-se em consideração sua data de fabricação e início de operação. Tendo em vista também os altos custos de manutenção que o equipamento exige atualmente, a redução foi vista pela gerência como uma saída satisfatória uma vez que o equipamento já alcançou seu payback e a demanda da gráfica é atendida de forma satisfatória com a essa velocidade.

Gráfico 2: Índice de Desempenho Operacional



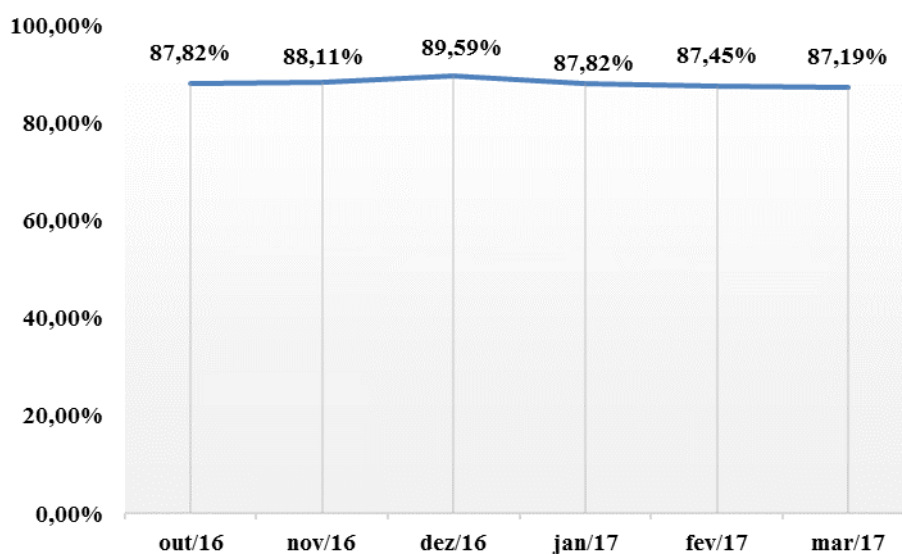
Fonte: Os autores

Ou seja, em demandas em que o lead time do processo é menor, a máquina é calibrada para trabalhar em uma velocidade superior aos 50%, com o objetivo de atender aos prazos acordados com o cliente e logo após, em um estágio de setup, a velocidade é reduzida.

4.2.3 Cálculo do Índice de Qualidade - IQ

A determinação do Índice de Qualidade foi feita através da comparação da Tiragem Líquida, que representa todo o material apto para entrega ao cliente, e a Tiragem Bruta, onde é considerada a quantidade total produzida, incluindo também os produtos defeituosos e que consequentemente não podem ser vendidos, representando assim, as perdas do processo produtivo. No Gráfico 3, são representados os índices calculados para os meses monitorados.

Gráfico 3: Índice de Qualidade



Fonte: Os autores.

4.2.4 Cálculo do OEE

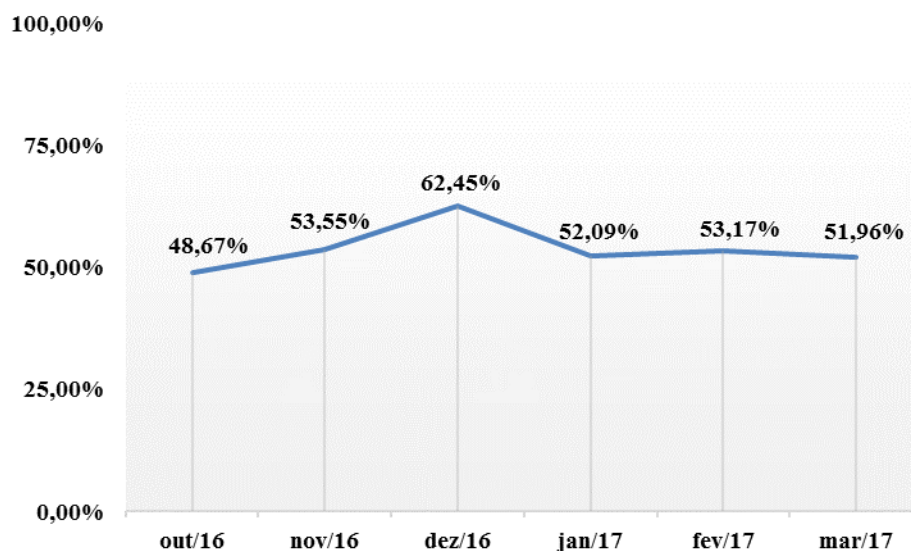
O OEE apresentado no Gráfico 4 é o resultado da multiplicação dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade, aqui calculados.

De acordo com Nakajima (1989), o OEE ideal deve possuir no mínimo o valor de 85%, e as empresas que possuírem valores iguais ou maiores, deverão ser premiadas com o TPM Award (prêmio oferecido pelo J.I.P.M.). Para se atingir esse valor, é preciso que no mínimo o índice de disponibilidade seja de 90%, de desempenho 95% e de qualidade 99%. Não impedindo, por exemplo, que os três índices sejam de 95% e também se alcance o OEE ideal.

Porém, para Hansen (2006) a avaliação dos índices de eficiência dos equipamentos pode ser um pouco mais flexível e classificada como:

- < 65%. Inaceitável. Dinheiro escondido é jogado fora. Peça ajuda agora;
- 65% - 75%. Aceitável somente se as tendências trimestrais estiverem melhorando;
- 75% – 85%. Muito bom. No entanto, não fique parado. Continue em direção ao nível Classe Mundial (>85% para processos seriados e >90% para processos discretos e contínuos).

Gráfico 4: OEE



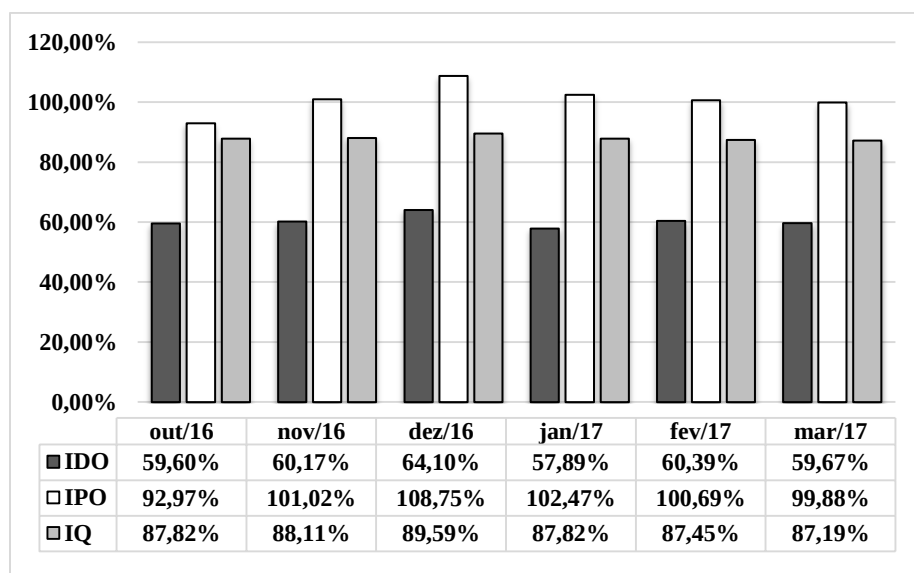
Fonte: Os autores.

5.0 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como pode ser visto no Gráfico 5, o índice de disponibilidade do equipamento possui valores significativamente abaixo dos propostos por Nakajima (1989), como ideais em uma produção seriada, influenciando de forma mais expressiva o índice do OEE.

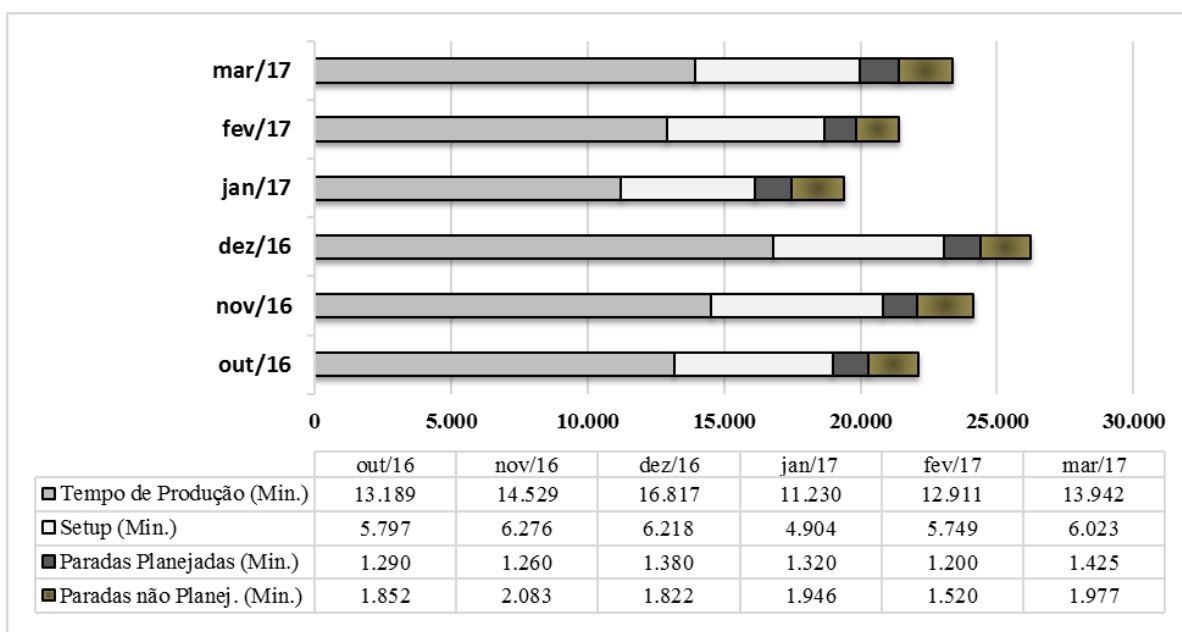
Para compreender melhor os principais motivos dos baixos valores de disponibilidade, faz-se necessário um estudo dos números que compõem este índice. No Gráfico 6, temos discriminados, os dados que compõem todo o tempo de carga do equipamento no período estudado, bem como as paradas planejadas e não planejadas.

Gráfico 5: Comparativo IDO (Disponibilidade), IPO (Desempenho) e IQ (Qualidade).



Fonte: Os autores.

Gráfico 6: Composição dos Tempos de Carga



Fonte: Os autores.

Os valores de setup mostram-se bastante significativos. Segundo o PCP da gráfica, isso se dá principalmente pelos diferentes graus de dificuldade no momento de preparo da máquina para impressão. Os serviços impressos variam segundo o formato, tipo de papel utilizado,

quantidade de páginas coloridas além de outros aspectos técnicos. Portanto, muitas vezes os impressores devem realizar a troca de todo o tipo de papel utilizado no último trabalho para algum papel específico exigido pelo cliente da próxima impressão, trabalhos mais coloridos demoram mais a serem acertados para que as imagens saiam nítidas e sem manchas. Além de muitas vezes, a máquina necessitar passar por uma limpeza, para retirada de gotas de tinta que caem no equipamento depois de algum serviço de impressão. Todos esses fatores influenciam para que o tempo de preparação entre um serviço e outro seja significativo, restando assim como alternativa para melhora desses números o treinamento da equipe para que consiga realizar todas as modificações entre um trabalho e outro da forma mais rápida e eficiente possível.

As paradas planejadas compreendem basicamente os períodos de intervalo para lanche das equipes em cada mês, sendo, portanto não passíveis de alteração uma vez que são previstas em lei.

As paradas não planejadas por sua vez, são paradas que acontecem no período em que o equipamento deveria estar em serviço, elas são causadas por ocorrências internas ao setor de produção ou externas a ele, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Desmembramento das Paradas Não Planejadas

Dados de Paradas (min)	out/16	nov/16	dez/16	jan/17	fev/17	mar/17
Paradas não Planejadas	1.852	2.083	1.822	1.946	1.520	1.977
Paradas Motivos Internos	1.479	1.906	1.540	1.692	1.343	1.897
Paradas Motivos Externos	373	177	282	254	177	80

Fonte: Os autores.

Analisando-se mês a mês, identificaram-se as principais ocorrências que contribuíram para o aumento dos tempos de paradas não planejadas. Tendo em vista o grande número de causas de parada registrado pelos impressores, foram selecionadas as ocorrências responsáveis por no mínimo 60% do tempo parado, em cada mês estudado. As mesmas são exibidas nas Tabelas 3 e 4.

Tabela3 - Principais Causas de Paradas Internas

Ocorrências Internas (min)	out/16	nov/16	dez/16	jan/17	fev/17	mar/17
Troca de Chapa	266	346	285	241	174	205
Perda de Emenda	193	168	144	162	215	411
Quebra de Papel	158	211	205	158	319	260
Falha no Motor	140			140		
Troca Cilindro Batente	120					
Limpeza de Chapa	110	84	151	103	98	
Troca de Correia	92					
Dificuldade em Rodar o Jornal	75			75		
Transbordou Tinta		135				
Troca de Blanqueta		134	156		166	80
Limpeza e Regulagem das Banheiras		130				
Regulagem da Rolaria		88				140
Desempenar Garfo			90			
Colocar Calço na Chapa			86	71		
Falha Dobradeira					80	
Falha Válvula Pneumática Rolo de Tinta						177

Fonte: Os autores.

Conforme as abordagens aqui realizadas, entende-se que as perdas de maior significância do equipamento estudado, estão relacionadas ao seu desempenho.

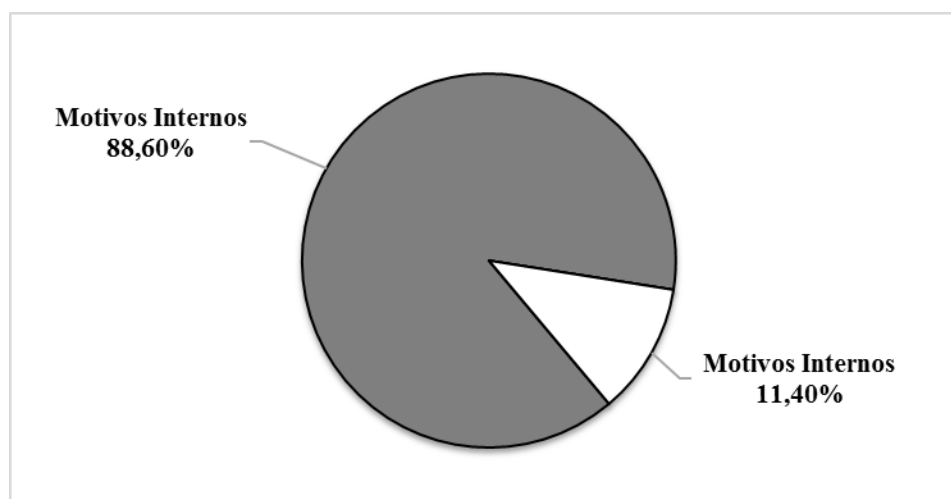
Como proposto por Ribeiro (2014), as perdas do processo de produção que estejam ligadas a Perdas por Desempenho, podem ser subdivididas em perdas por pequenas paradas/operação em vazio, que são caracterizadas pelas interrupções momentâneas e também em perdas por queda de velocidade de produção, que estão relacionadas à qualidade, problemas mecânicos, matéria prima fora da especificação ou à habilidade do operador. Com isso é possível identificar, por exemplo, na Tabela 3, perdas como a troca da chapa ou a perda da emenda do papel, representando as pequenas paradas/operação em vazio e a perda por quebra do papel e a dificuldade em rodar o jornal, como perdas por queda de velocidade de produção, afirmando que, se faz necessária a identificação e caracterização das perdas, para que seu estudo e tratamento seja executado de maneira correta.

Tabela 4 - Principais Causas de Paradas Externas

Ocorrências Externas (min)	out/16	nov/16	dez/16	jan/17	fev/17	mar/17
Reunião com o Sindicato	65			65		
Queima de Toco	25			25		
Conferir Jornal na PI	25		85	25	75	60
Conferir Impressão		39				
Reunião CIPA		21				
Treinamento			90			
Queda de Energia		91	88			
Aguardando Gravação de Chapa					51	
Não havia bobina no chão					30	
Exame médico periódico						20

Fonte: Os autores.

No Gráfico 7, são demonstradas as ocorrências de paradas por algum motivo interno, ou seja, sua causa está ligada exclusivamente ao ambiente da produção, representa cerca de 89 % do total de paradas não planejadas, enquanto as ocasionadas por motivos externos a esse mesmo ambiente, representa aproximadamente 11%.

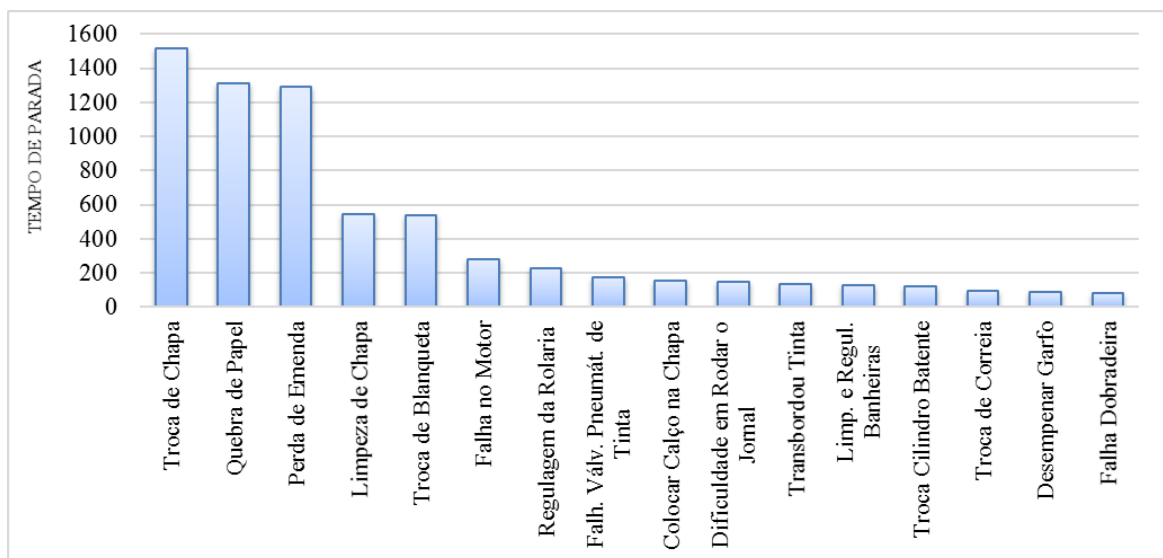
Gráfico 7: Concentração das Causas de Paradas Internas e Externas

Fonte: Os autores.

Os valores de paradas por Motivos Internos deixam claro a necessidade de ações, para que tais paradas sejam reduzidas, já que essas causas estão comprometendo com maior significância os índices de disponibilidade do equipamento e consequentemente os valores do OEE.

Como pode ser visto no Gráfico 8, as principais causas de paradas internas, concentram-se nas atividades de operação, ou seja, atividades que são executadas no momento em que o equipamento está em funcionamento, como no caso da troca das chapas, local onde são reproduzidas as informações e layout do impresso e ainda a perda da emenda da bobina de papel. É possível verificar também, que existem perdas referentes às atividades que estão ligadas ao funcionamento e/ou desempenho dos componentes do equipamento, como por exemplo, falha no motor, troca de peças e regulagem dos respectivos instrumentos, mostrando que parte dessas paradas podem ser minimizadas por ações mais efetivas da equipe de manutenção.

Gráfico 8: Principais Causas de Paradas Internas

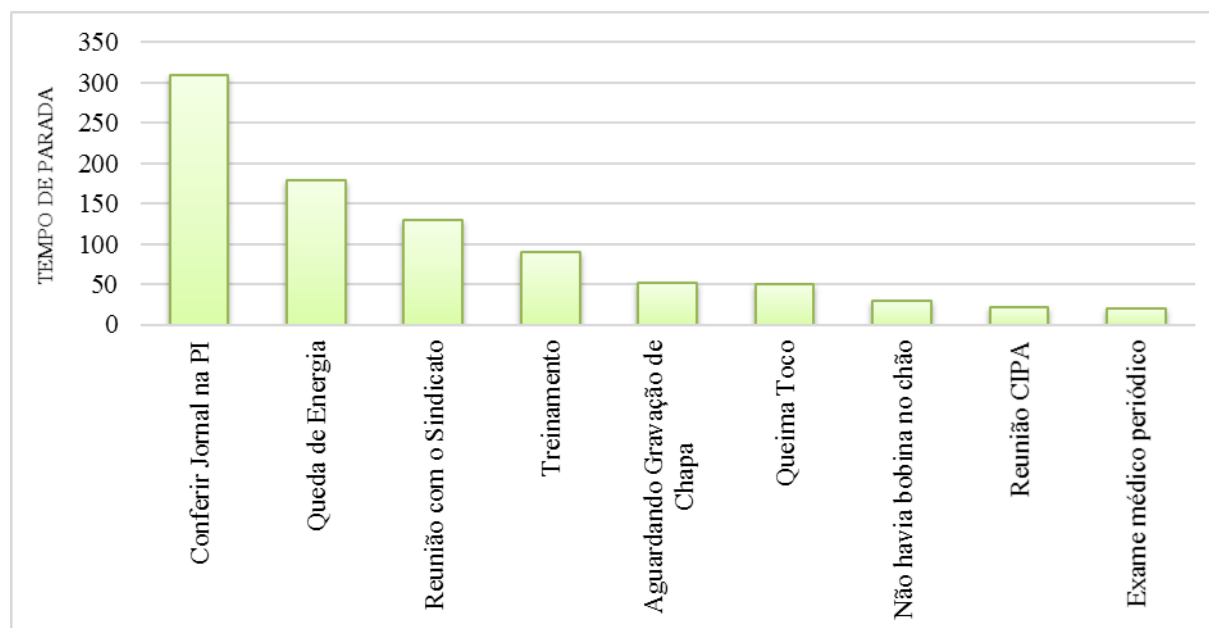


Fonte: Os autores.

Visto isso e todas as análises aqui realizadas, é sugerida a implantação de uma rotina de manutenções do tipo Produtiva Total (TPM), para que toda a organização seja treinada e envolvida nas atividades de manutenção não só dos equipamentos, mas também da rotina de controle e monitoramento dos processos, para que se tenha um controle dos impactos, sejam

eles positivos e/ou negativos, buscando a utilização plena dos equipamentos, a eficácia dos processos e o melhor desempenho do fator humano, como aqui, proposto por Fernandes (2010).

Gráfico 9: Principais Causas de Paradas Externas



Fonte: Os autores.

Em relação às paradas externas, indica-se que seja feito o monitoramento de todas as paradas do equipamento, sendo elas promovidas por causas internas ou externas, de forma a compor o panorama de funcionamento da máquina, servindo de apoio às equipes envolvidas na tomada de decisão relacionada ao uso e manutenção do equipamento.

6.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo desenvolvido nesse artigo, afirma que o OEE é uma ferramenta de grande auxílio para atuação sobre as perdas que prejudicam os resultados da empresa, de maneira discreta e até mesmo oculta, já que a sua aplicação depende exclusivamente do recolhimento de dados da produção, servindo como orientador na tomada de decisão e contribuindo para a busca de melhores resultados para o negócio.

Conforme os parâmetros propostos por Nakajima (1989) e Hansen (2006), os índices de OEE calculados para os seis meses monitorados, se mostram muito abaixo dos sugeridos para processos seriados, sendo necessária a implantação de uma rotina de manutenção, onde sejam

envolvidos não só o pessoal da produção, mas também a gerência, demonstrando envolvimento, para que ações de melhoria e controle sejam realmente implantadas e assim se alcance uma nova prática, de forma a criar eficiência não só à produção, mas também às demais operações da empresa.

Como pode ser visto, os índices de disponibilidade, se mostram muito abaixo dos propostos por Nakajima (1989), comprometendo com maior significância os resultados do OEE, sendo necessário um levantamento detalhado das perdas que envolvem esse índice. Conclui-se que, para um melhor desempenho das atividades que envolvam a etapa de setup e demais operações executadas pelos impressores, sejam realizados treinamentos, de forma a se executar todas as modificações entre um trabalho e outro com mais rapidez e eficiência. E ainda, para as atividades relacionadas ao equipamento, que seja implantada uma rotina de Manutenção Produtiva Total, visando o controle completo do equipamento, de forma a obter um melhor desempenho operacional, através da eliminação das perdas ocasionadas por falha do equipamento.

Por fim, o estudo desenvolvido, reforça a defesa de Johnson e Kaplan (1987), de que a utilização de indicadores não financeiros, é uma forma efetiva de monitorar os resultados da empresa e ainda apoiar no planejamento da capacidade de produção, controle e melhoria do processo e cálculo dos custos das perdas de produção. E que apesar de ter sido um indicador desenvolvido inicialmente para o ramo automobilístico, se mostra como uma ferramenta flexível, de fácil entendimento e aplicação em organizações de diferentes ramos de atuação.

REFERÊNCIAS

AMORIM, J.P. OEE – A forma de medir a eficácia dos Equipamentos, 2009. Disponível em:<<https://pt.scribd.com>> Acesso em: 18 nov. 2016.

CHIARADIA, Áureo José Pillmann. Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos: um estudo de caso na indústria automobilística. 2004. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado profissionalizante em engenharia - ênfase em produção) – Escola de engenharia, UFRGS, Porto Alegre. Disponível em:<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4470/000457034.pdf?...1>> Acesso em: 28 set. 2016.

DENNIS, Pascal. Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo; tradução Rosalia Angelita Neumann Garcia, 2.ed., Porto Alegre, Bookman, 2008.

FERNANDES, Prof. Dr. João Candido (Org.). TPM – Total Productive Management. Trabalho apresentado à Faculdade de Engenharia de Bauru, da Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010

FERRO, Roberto José. Produtividade e Economia no Brasil. Instituto Lean Brasil. 2006. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/colunas/338/produktividade-e-economia-no-brasil.aspx>> Acesso em: 28 set. 2016.

HANSEN, Robert C. Eficiência Global dos Equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre: Bookman, 2006

J. I. P. M. Japanese Institute of Plant Maintenance. TPM Perguntas Frequentes. 2002. Disponível em <www.jipm.or.jp/en/home> Acesso em: 04 abr. 2017.

JOHNSON, H.T. & KAPLAN, R.S. Relevance Lost: The Rise and Fall of Management Accounting. Boston: Harvard Business School Press, 1987.

MORAES, P.H.A. Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística. 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté. Disponível em: <http://www.ppga.com.br/mestrado/2003/moraes-paulo_henrique_de_almeida.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2017.

NAKAJIMA, S. Introdução ao TPM. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

OLIVEIRA, Otávio J. (Org.). Gestão da Qualidade: Tópicos Avançados. [S.l.]: Cengage Learning Editores, 2003

RIBEIRO, Haroldo. A Bíblia do TPM: Como Maximizar a Produtividade na Empresa. Santa Cruz do Rio Pardo, SP: Editora Viena, 2014.

SANTOS, A. C. O.; SANTOS, M. J. Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura – um estudo de caso. In: ENEGEP XXVII, 2007, Foz do Iguaçu. Anais... [Foz do Iguaçu]: ABEPRO, 2007, p. 1-10. Disponível em < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR570426_0265.pdf > Acesso em: 21 nov. 2016.

SARAIVA, Luiz Alex Silva; CAMILO, Mário Carpegiane da Silva. Indicadores de Performance em Uma Empresa Industrial: Concepção, Uso e Análise, FACEF Pesquisa v. 13, n. 3 (2010). Disponível em: <<http://periodicos.unifacef.com.br/index.php/facefpesquisa/article/view/252>> .Acesso em: 07 set. 2016

SMALLEY, Art. TPM no Coração do Lean. Instituto Lean Brasil. 2006. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/99/tpm-no-coracao-do-lean.aspx>> Acesso em: 17 nov. 2016.

VARGAS, Rodrigo. Lean Manufacturing: Reduzindo desperdícios e aumentando a qualidade. Portal Gestão Industrial. 2009. Disponível em: <www.gestaoindustrial.com/index.php/industrial/manufatura/lean-manufacturing> Acesso em: 17 nov. 2016.

VINCE. O que é OEE. Disponível em: <<http://www.oeec.com.br/oeec/>> Acesso em: 27 set. 2016.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing, 1.ed., Belo Horizonte, Werkema Editora, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. Lean thinking: Banish waste and create wealth in your organization. New York: Simon and Schuster. 1996.

Capítulo 24

FILOSOFIA LEAN APLICADA À MANUTENÇÃO

Cássio Azevedo de Lima
Alessandra Lopes Carvalho
José Luiz Silva Ribeiro

Filosofia *Lean* aplicada à manutenção

*Cássio Azevedo de Lima
Alessandra Lopes Carvalho
José Luiz Silva Ribeiro*

RESUMO

Este trabalho consiste em uma pesquisa com características qualitativas e quantitativas. Utilizou-se como método o estudo de caso sendo objeto de estudo uma oficina de material rodante em uma grande ferrovia do estado de Minas Gerais. Foi realizada qualificação da mão de obra, alteração de *layout* e eliminação de desperdícios. Apesar das dificuldades iniciais quanto a mudança de cultura, as equipes de profissionais da oficina relataram que a filosofia *Lean* proporcionou benefícios tangíveis. O ganho de produtividade é evidenciado pelo aumento da manutenção preventiva e consequente diminuição da manutenção corretiva. A partir do resultado da pesquisa pode-se concluir que a filosofia *Lean* interfere positivamente no aumento aos níveis de produção diminuindo significativamente as paradas não programadas. A melhor previsão de paradas permite otimização da gestão de pessoas e otimização do estoque de sobressalentes

.Palavras Chave: Manutenção. Lean. Eliminação de desperdício.

1. INTRODUÇÃO

A manutenção é considerada uma unidade de interface direta com a atividade fim da empresa. Portanto, a prestação deste serviço de forma ágil é de extrema importância, e deve ser alvo constante da busca por aperfeiçoamento (COUTO, SILVA e CARVALHO, 2017).

A manutenção enxuta é uma técnica que busca a manutenção proativa e emprega atividades de manutenção planejada e programada através da Manutenção Produtiva Total (TPM). Esta estratégia simples e prática busca envolver os operadores em atividades de manutenção, como limpeza, lubrificação e inspeções visuais, tendo como base o Método 5S (CARVALHO, 2011)

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo estudar os processos do setor de manutenção de uma ferrovia, que possui em seu escopo de atividades a reforma de “material rodante”.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Evolução das técnicas de manutenção

Define-se como manutenção o conjunto de ações destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa executar sua função requerida. O propósito da manutenção é estender a vida de um equipamento ou, no mínimo, aumentar o tempo médio até a próxima falha. A ação de não realização de um procedimento de manutenção pode ter como consequência um alto custo em caso de uma falha (CARVALHO, 2008)

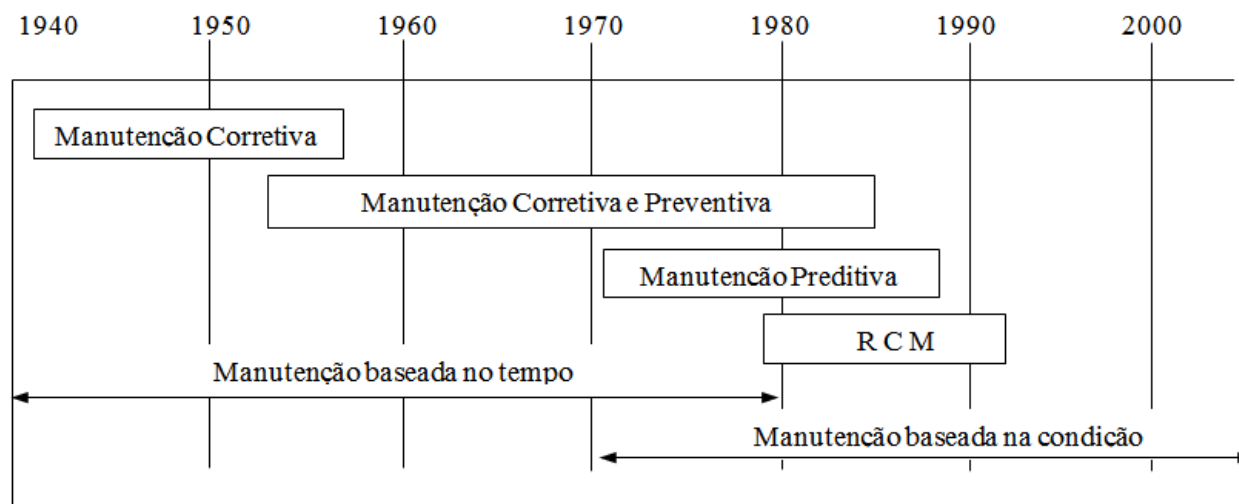
Devido à constantes restrições orçamentárias é cada vez mais necessária a otimização da taxa de utilização de equipamentos incluindo, inclusive, a melhoria dos programas de manutenção. De fato a manutenção tem assumido um papel cada vez mais importante em um contexto mais amplo de gestão de ativos.

A Figura 1 apresenta a evolução das técnicas de manutenção ao longo do tempo. Considerando o início da era industrial até a Segunda Guerra Mundial, as indústrias eram pouco mecanizadas e os equipamentos, de uma maneira geral, simples e superdimensionados. Neste contexto a prevenção de falhas não tinha alta prioridade e a manutenção (chamada corretiva) era realizada de maneira reativa e sem nenhum planejamento.

A manutenção corretiva prevê uma intervenção somente após o aparecimento de uma falha. Este tipo de manutenção apresenta como vantagem o fato de não requerer planejamento e como desvantagens a diminuição da vida útil do equipamento bem como a possibilidade de provocar grandes perdas de produção. Além disso, devido a imprevisibilidade, pode ocorrer a inexistência de peças de reposição e pessoal qualificado disponível para efetuar os reparos necessários.

Após a Segunda Guerra Mundial, a partir da crescente complexidade dos sistemas e da necessidade de se evitar falhas teve origem o conceito de manutenção preventiva. A manutenção preventiva tradicional usualmente consiste de atividades pré-definidas, que ocorrem em intervalos de tempo regulares. O planejamento exigido é muito simples e existe a possibilidade de alocar recursos físicos e humanos com antecedência. Esta política de manutenção exige que os modos de falha mais frequentes, a taxa de falhas e, principalmente, a periodicidade com que suas falhas ocorrem sejam conhecidas (SOUZA, 2004).

Figura 1- Evolução das técnicas de manutenção



Fonte: (KARDEC; LAFRAIA, 2008)

A grande evolução tecnológica impulsionada pelo programa espacial norte-americano fez com que as técnicas de manutenção baseadas no tempo passassem a não corresponder às necessidades dos novos projetos. Assim, durante a década de 70 surgiram novos procedimentos de manutenção mais flexíveis baseados no monitoramento periódico (ou mesmo contínuo) da condição do equipamento. Esta metodologia ficou conhecida como manutenção preditiva. Os reparos são executados somente quando evidências específicas e objetivas indicam a necessidade por tais ações. Este conceito surgiu devido à necessidades de aumento de produtividade, redução de estoques e custos operacionais.

As rotinas de manutenção preditiva incluem um grupo de programas chamado RCM (*Reliability Centered Maintenance*) que surgiu a partir da constatação que a manutenção impacta diretamente na confiabilidade e performance de componentes e sistemas (MOUBRAY, 2000).

De acordo com a RCM a prática de manutenção mais recomendada para um dado componente é dependente dos modos de falha do mesmo. Cada modo de falha passa por um processo de priorização baseado nas consequências que pode provocar sendo considerados prioritários para a atividade de manutenção aqueles que, em caso de falha, causam a parada do sistema. Os modos de falha podem ser ainda analisados quanto a presença ou não de um tempo de desenvolvimento (TDF) e quanto a frequência de ocorrência ao longo do tempo.

Maiores detalhes quanto a manutenção, considerando aspectos técnicos e gerencias, podem ser encontrados em Fogliato e Ribeiro (2009), Kardec e Nascif (2013) e Xenos (2014),

2.2 Manutenção Enxuta

Após a segunda guerra mundial, o sistema industrial japonês precisou passar por uma reformulação de processos com o foco na busca pela eficiência da produção (SCHERER; RIBEIRO, 2013). Foi justamente nesse período que surgiu o Sistema Toyota de Produção conhecido também como *Lean Manufacturing*, *Lean Production*, ou Manufatura Enxuta (CONCEIÇÃO, 2009, PETTER, 2011). Este conceito é baseado na eliminação de desperdícios de toda cadeia de valor da empresa. (WALTER e TUBINO, 2012)

O modelo *Lean Maintenance* (PINTO, 2013) utiliza os mesmos fundamentos do *Lean Manufacturing*, porém com uma abordagem voltada para o setor de manutenção das empresas. De acordo com Gadioli et al. (2012), o *Lean Maintenance* propõe uma manutenção enxuta com redução dos tempos de intervenção e aumento dos intervalos entre as manutenções, o que reflete em uma redução da necessidade de substituição de equipamentos, objetivando-se causar o mínimo de impacto possível na planta industrial e consequentemente menor prejuízo ao negócio como um todo.

Pinto (2013) descreve que para conseguir aplicar os conceitos *lean* dentro do setor de manutenção são necessários não só mão de obra qualificada como também treinada e capacitada. Gadioli et al. (2012) salientam que é primordial que os profissionais conheçam a importância da prestação de um serviço de qualidade.

Detalhes sobre o pensamento *Lean*, a metodologia *Lean* e ferramentas utilizadas podem ser encontrados em Rodrigues (2014), Tubino (2015), Monden (2015).

3. METODOLOGIA

Este trabalho consiste em uma pesquisa com características qualitativas e quantitativas. Utilizou-se como método o estudo de caso (CAUCHICK MIGUEL, 2012) sendo objeto de estudo uma oficina de material rodante em uma grande ferrovia do estado de Minas Gerais.

Inicialmente foi realizado mapeamento de processos e identificação de possíveis pontos de perda. Foi utilizado o programa 5S e realizada a reestruturação do *layout* de forma a possibilitar otimização do espaço físico, redução de tempos de deslocamento e tempos para obtenção de ferramentas.

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

A pesquisa apresentada foi realizada em uma pequena oficina de material rodante de uma das principais ferrovias do Brasil, a Estrada de Ferro Vitória Minas - EFVM no interior de Minas Gerais, operada por uma grande mineradora da região, com objetivo de expor os benefícios da filosofia *Lean* na manutenção e o aumento de produtividade. Atualmente a oficina de material rodante realiza serviços de manutenção para a operação ferroviária e

realiza os seguintes tipos de manutenção. Existe uma inspeção em intervenções periódicas entre 15 e 30 dias. A manutenção preventiva ocorre em intervenções de tempos regulares de um a dois anos. A corretiva programada, que trata do método de manutenção corretiva em intervenções programadas de acordo com necessidade do ativo sinalizado nas inspeções, e preditivas ou em melhorias planejadas. É utilizada ainda a corretiva emergencial, uma metodologia de manutenção corretiva em intervenções não programadas em consequência de falhas.

A oficina apresentava um modelo antigo de manutenção, dificuldades com mão de obra na região, muitos paradigmas na manutenção e baixa produtividade. A falta de treinamento da equipe dificultava o cumprimento das metas estabelecidas pela empresa, provocando aumento do tempo de reparo e até reboque do equipamento para uma oficina de maior porte localizada em outro estado.

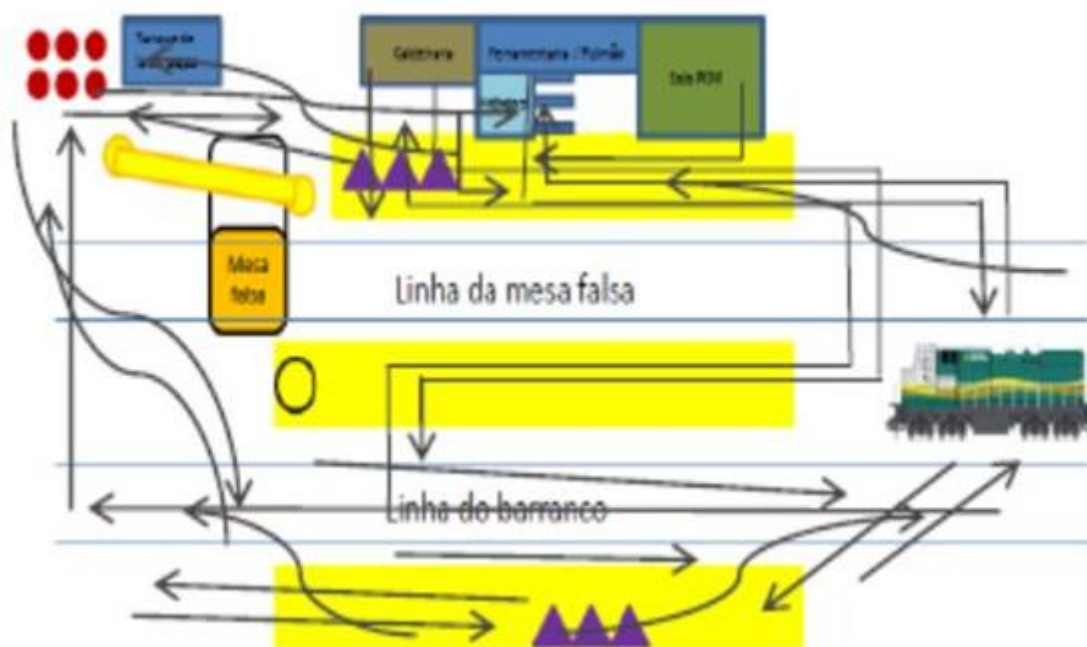
Um dos fatores que impulsionou toda a equipe para uma cultura de mudança foi o possível aumento de empregabilidade. Kardec e Nascif (2013) mencionam que é preciso implementar “cultura de mudança”, onde o inconformismo com perpetuação de paradigmas e de práticas seja constante.”

A implantação de uma filosofia de trabalho *Lean* traz foco para pessoas, do presidente até o chão de fábrica, com simplicidade, minimização dos desperdícios e ganho de produtividade.

A necessidade de gerar aporte de conhecimento foi o primeiro passo para minimizar os principais indicadores ruins de qualidade. A falta de conhecimento nas atividades refletia em resultados indesejados pela empresa.

Todo o corpo operacional foi treinado em diversos cursos teóricos e práticas. O conjunto de cursos específicos foi nomeado de “Trilha Técnica Manutenção Ferroviária - TTMF” com o propósito de alterar de atitudes e habilidades dos profissionais da manutenção. Após a qualificação sólida da mão de obra, foi realizado o mapeamento do fluxo antigo, conforme Figura 2.

Figura 2 – Layout da oficina de material rodante



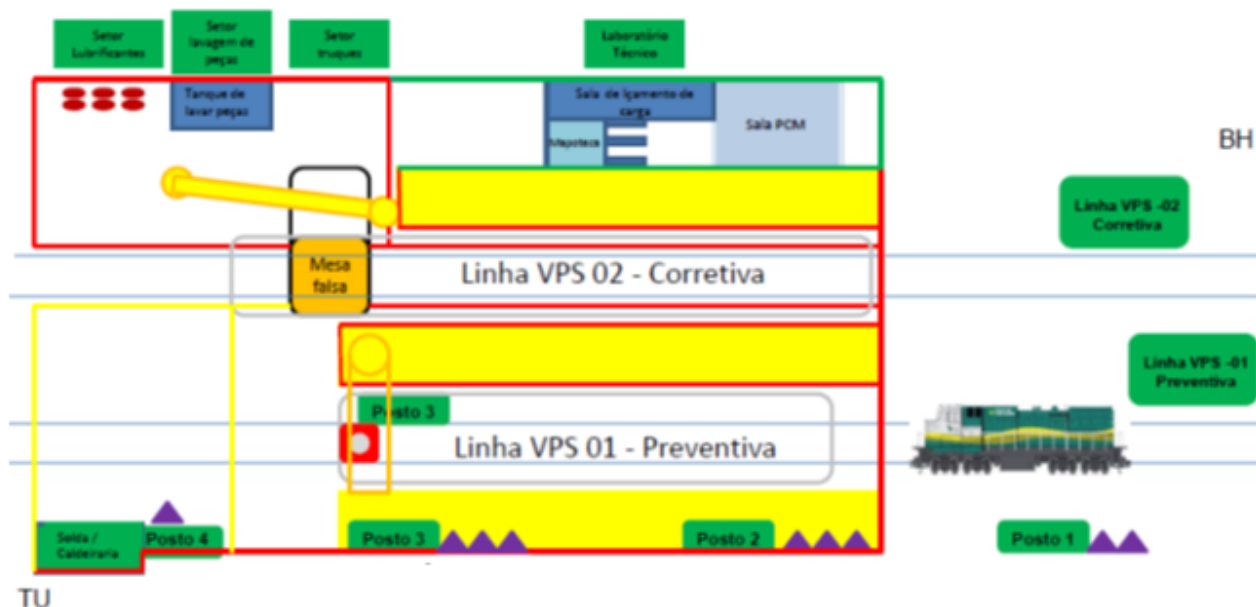
Fonte: Elaborado pelos autores

Os principais problemas encontrados foram: falta de padronização das linhas de manutenção; ferramentaria centralizada e longe da linha de manutenção, várias ferramentas obsoletas; excesso de material sobressalente desnecessário e movimentos desnecessários no processo de manutenção.

Com a reestruturação a partir do mapeamento de fluxo da oficina com foco no cliente e manutenção da competitividade, aos empregados foi permitido perceber e aplicar algumas ferramentas da filosofia Lean, além da ferramenta 5S funcional, contemplando três dimensões: dimensão física, relacionada nos senso de limpeza, organização e ordenação; dimensão intelectual, relacionado ao aprendizado contínuo e dimensão social, relacionado ao trabalho em equipe.

O 5S funcional é base para sustentar a filosofia *Lean*, com conceitos simples, que bem aplicados, criam referências de condições normal e anormal grande impacto no processo e eliminando alguns desperdícios no processo de manutenção. Com a participação dos empregados do chão de fábrica, com apoio dos gestores, foi estudado o foco na estratégia da empresa, com um modelo eficiente e eficaz de atender a operação. O novo *layout* (Figura 3) proporciona uma padronização das linhas preventiva e corretiva identificadas. Observa-se na linha preventiva criação de quatro posto de trabalhos, cada um determinado para cada sistema do equipamento material rodante e as respectivas ferramentas/sobressalentes com referências no método *Kanban* e procedimentos adotados como instruções de trabalho.

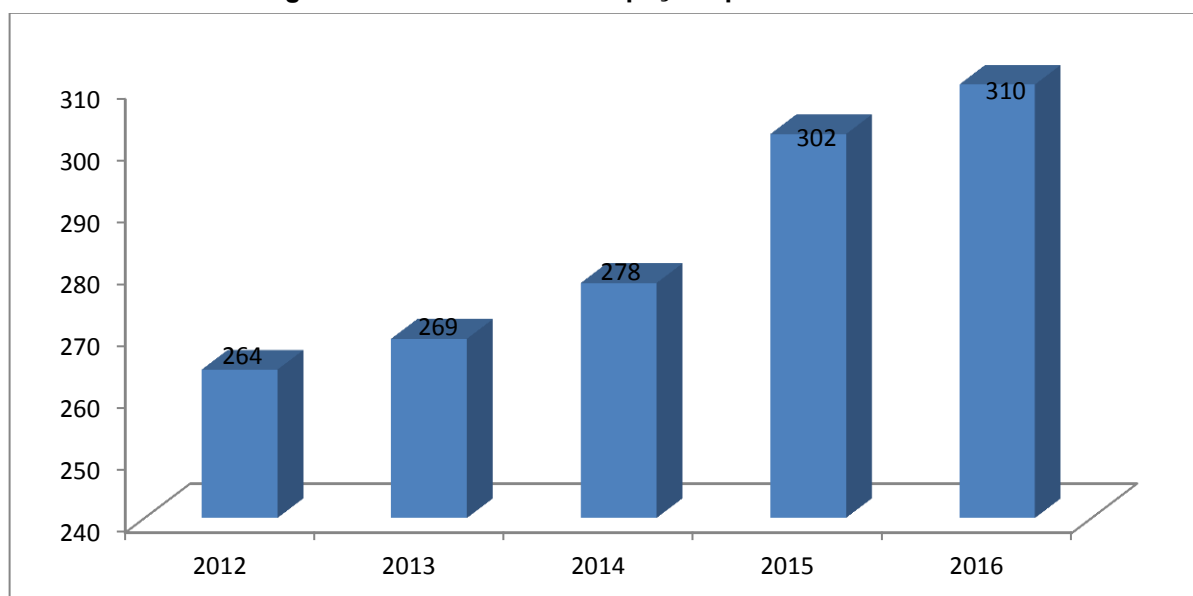
Figura – 3 Layout da oficina de material rodante com filosofia Lean



Fonte: Elaborado pelos autores

Em cada posto é conferida a inspeção preventiva nos sistemas em função da rota. Os tempos passaram a ser determinados de acordo com tempo disponibilizado pela operação. O sistema puxado de manutenção manter uma lógica de padronização conectada a real necessidade do cliente, estabilidade nas execuções das atividades em cada posto, mantendo os recursos necessários, em quantidades reduzidas que implicam nos custos da manutenção, garantindo uma maior confiabilidade na execução das atividades. Na ocorrência de anomalias durante a inspeção preventiva, o responsável pela linha é comunicado, providencia recursos necessários para reparo.

As equipes de profissionais da oficina relataram que a filosofia *Lean* proporcionou uma cultura de mudança na organização. Observa-se, entretanto, que no início da implantação é natural ocorrerem resistências ao novo método de trabalho. Com a simples alteração de *layout*, eliminação de alguns desperdícios e qualificação da mão de obra foi possível obter ganhos de produtividade nos dois últimos anos, conforme Figura 4. O ganho de produtividade é evidenciado pelo aumento da manutenção preventiva e consequente diminuição da manutenção corretiva.

Figura 4 – Quantidade de inspeções preventivas

Fonte: Oficina de material rodante – EFVM

Assim, o ganho de produtividade ocorreu devido cultura de mudança da equipe associada às ferramentas básicas da filosofia *Lean* e a melhoramento contínuo quanto a forma de se realizar inspeções em conformidade com a estratégica da empresa.

5. CONCLUSÕES

A partir do resultado da pesquisa pode-se concluir que a filosofia *Lean* interfere positivamente no aumento aos níveis de produção. É possível ainda otimizar processos e antecipar pedidos de materiais para reformas dos componentes.

O mapeamento da cadeia de valor dos processos e a identificação das etapas que agregam valor às atividades possibilitam redução de desperdícios e perdas de material contribuindo com a redução do custo da manutenção e elevando os padrões de qualidade.

Quanto aos pensamentos *Lean* aplicados as práticas de planejamento e controle da manutenção, é preciso visar a eliminação de atividades que acrescentam tempo e custo, sem que isso seja valorizado pelo cliente.

Os resultados da pesquisa demonstraram dificuldades quanto a padronização do trabalho de manutenção. Mesmo contando com a colaboração dos próprios funcionários que executam as atividades de reparo para elaboração de POPs (Procedimentos Operacionais Padrão), a variabilidade das tarefas é muito grande. Existem ainda imprevistos e constrangimentos inerentes às atividades de manutenção, sendo possível supor que somente a observância de POPs não irá garantir a qualidade e eficiência da intervenção.

A avaliação dos critérios de manutenção a serem aplicados depende normalmente da análise de disponibilidade frente a necessidade de utilização do equipamento, embora devam ser observados outros aspectos como sua importância na atividade fim da empresa, o custo de manutenção em relação ao imobilizado (custo acumulado de manutenção em relação ao custo de aquisição do equipamento), o tempo médio entre falhas, o tempo médio para reparo, a obsolescência do equipamento, as condições de operação a que são submetidos, os aspectos de segurança e os aspectos de meio ambiente.

É importante distinguir claramente os custos de manutenção dos investimentos com a compra de equipamentos novos ou com a expansão de instalações existentes. Os custos de manutenção dos equipamentos representam uma parcela dos custos de produção da organização. Para manter os equipamentos é preciso utilizar peças de reposição, materiais de consumo, energia, mão-de-obra de gerenciamento e execução, serviços subcontratados, dentre outros recursos.

A manutenção deve ser uma política da empresa. Para isso, é preciso dar atenção a dados técnicos e econômicos. O processo de manutenção *Lean* torna-se, portanto, uma importante ferramenta que tem seu foco voltado para o sistema produtivo. Sabe-se que a eficiência da gestão dos processos promove a queda significativa dos custos e aumentos na produção. Consequentemente, tem-se um aumento na competitividade.

Dando ênfase as dificuldades encontradas no sistema *Lean*, observa-se que, apesar do sistema ser funcional, se não for bem implementado, pode gerar riscos e ineficiência. Foi possível apreender das pesquisas bibliográficas que o maior desafio e restrição ao sistema estão condicionados ao fator cultural e de resistência ao novo que o *Lean* incorpora. Observam-se também dificuldades quando que a falta de planejamento ao implementar o sistema e dificuldades para encontrar gargalos.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A .L. **Análise de Disponibilidade Utilizando Abordagem Nebulosa**. 123f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Elétrica, Belo Horizonte. 2008.

CARVALHO, P. C. **O programa 5S e a qualidade total**. 5.ed. São Paulo: Alínea, 2011.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

CONCEIÇÃO, S.V.. Desenvolvimento e implementação de uma metodologia para troca rápida de ferramentas em ambientes de manufatura contratada. **Revista Gestão e Produção**. São Carlos, v. 16, n. 3, p. 357-369, set. 2009.

COUTO, M.P. SILVA, B.L.S e CARVALHO, A.L. Lean maintenance aplicado aos processos de reforma de componentes em uma mineradora. Simpósio de Engenharia de Produção, XXIV, **Anais...**2017

FOGLIATTO, F.S.; RIBEIRO, J.L.D. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009

GADIOLI, J. A. S. et al. A Organização Industrial pela Logística de Manutenção: uma abordagem lean manutence. Bauru. **Anais XIII Simpósio de Engenharia de Produção**, out. 2012.

KARDEC.A; NASCIF.J. **Manutenção Função Estratégica**. 4 ed. : Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2013.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção. Uma abordagem integrada ao Just-in-time**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**. Ponta Grossa. Vol4, n2 p 01-16 2008

PETTER, R. R. et al. Produção Limpa, Produção Mais Limpa, Produção Enxuta, 5S e Manutenção Autônoma – Uma Proposta Metodológica de Implantação Conjunta. Rio de Janeiro. **VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, ago. 2011.

PINTO, J.P. **Manutenção LEAN**. Lisboa: Editora Lidel, 2013.

RODRIGUES; M. V. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistemas de produção lean manufacturing**. 2, ed. Rio de Janeiro : Elsevier. 2014.

XENOS, H. G. D. **Gerenciamento a manutenção produtiva**. 2. ed Nova Lima: Editora Falconi, 2014.

MOUBRAY, J. **Maintenance Management – A New Paradigm**. Aladon, Inglaterra, 2000.

SOUZA, G. Manutenção Centrada em Confiabilidade: Ciência e Prática. In: II Simpósio Internacional de Confiabilidade, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Reliasoft Brasil, 2004.

TUBINO, D. F. **Manufatura enxuta como estratégia de produção: a chave para a produtividade industrial**. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2015.

WALTER, O. M. F. C.; TUBINO, D. F.. Avaliação da implantação da manufatura enxuta: uma análise dos anais do ENEGEP. **Revista Revista Produção Online**. Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 1-25, set. 2012.

Capítulo 25

MODELAGEM DE CONFIABILIDADE: ESTUDO DE
CASO PILOTO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

Camila Aparecida Marinho Braga

Deborah Resende Neves

Alessandra Lopes Carvalho

Geovani Eduardo Braga

Maria Aparecida Fernandes Almeida

Modelagem de confiabilidade: estudo de caso piloto em linhas de transmissão

*Camila Aparecida Marinho Braga
Deborah Resende Neves
Alessandra Lopes Carvalho
Geovani Eduardo Braga
Maria Aparecida Fernandes Almeida*

RESUMO

Avanços tecnológicos, abertura de mercados e concorrência global proporcionam às empresas novos desafios no sentido de se manterem competitivas e lucrativas. De modo geral, a ocorrência de paradas não programadas gera diminuição da produtividade e compromete a qualidade dos serviços resultando em prejuízos para a organização. Neste contexto, objetiva-se realizar uma análise de confiabilidade e manutenibilidade em linhas de transmissão de uma concessionária de energia a partir de um banco histórico de dados coletado nos últimos dez anos de operação. Este trabalho classifica-se, portanto, como uma pesquisa aplicada e exploratória, com abordagem qualitativa e quantitativa e que utiliza como método o estudo de caso. Os resultados obtidos demonstram que, apesar da grande quantidade de falhas, a linha em estudo apresenta disponibilidade maior que 99% devido ao curto tempo de reestabelecimento. A partir dos resultados positivos obtidos sugere-se como trabalho futuro a modelagem de todas as linhas de transmissão do sistema.

Palavras-chave: Confiabilidade. Manutenibilidade. Linha de Transmissão.

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de paradas não programadas gera diminuição da produtividade e compromete a qualidade de produtos e serviços, convertendo-se assim, em prejuízos para toda a organização. Sabe-se, inclusive, que a disponibilidade é um dos principais indicadores que comprometem a competitividade e lucratividade.

Observando o contexto da história das sociedades, nota-se que a energia elétrica sempre ocupou um lugar de destaque, como uma forma de garantir a qualidade de vida. Considerando que o crescimento econômico depende da oferta de energia (BRAGA, 2016) constata-se a grande importância das empresas que geram, transmitem e distribuem energia elétrica.

A eletricidade apresenta atributos que a distingue de outros produtos. Dentre eles destacam-se a dificuldade de armazenamento em termos econômicos, variação sazonal da demanda, falhas randômicas que podem ocorrer na geração, transmissão ou distribuição. Esses atributos fazem com que haja uma simultaneidade do atendimento de produção e consumo. É possível constatar ainda que a longa distância entre centros geradores e

consumidores exige um sistema sólido e confiável de transmissão e distribuição, apoiados por equipamentos e instalações específicas de alto investimento.

Modos de falhas em sistemas de geração, transmissão ou distribuição de energia podem ser classificados genericamente em elétricos, mecânicos, aleatórios, humanos ou provocadas por agentes naturais (por exemplo pássaros ou condições climáticas). Algumas falhas ocorrem ainda devido a vandalismo, queimadas ou construções irregulares.

Os custos associados à interrupção de fornecimento de energia elétrica englobam perdas de faturamento, ressarcimento de prejuízos causados a consumidores, multas, além de custos de reparo (SILVA, MOURA e MORAIS, 2016).

A análise probabilística das falhas de sistemas em geral racionaliza o processo de tomada de decisão quanto a metodologia de manutenção a ser utilizada. A implantação de cronogramas de manutenção adequados favorece a minimização dos efeitos negativos de uma manutenção emergencial.

Assim, estudos de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade podem ser considerados uma poderosa ferramenta para a tomada de decisão. Observa-se que vários esforços têm sido realizados no sentido de quantificar a confiabilidade. O trabalho de Azevedo (2011) aborda o projeto de fundações de linhas de transmissão baseado em confiabilidade estrutural. Braga (2016) apresenta a avaliação da integridade de fundações metálicas de linhas de transmissão focando especificamente no modo de falha corrosão. Horta (2014) apresenta modelagem matemática para redes de distribuição de energia.

Neste contexto, este estudo visa analisar falhas ocorridas em linhas de transmissão de energia elétrica, a partir de um banco de dados coletado por uma concessionária em um período de dez anos. Uma linha de transmissão de energia elétrica é caracterizada como um sistema, cuja função é conduzir energia de forma contínua. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é o órgão regulador federal que qualifica as concessionárias através de indicadores associados à disponibilidade do sistema de transmissão (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012).

É importante ressaltar que a falha de uma linha de transmissão é provocada por falhas em um conjunto de componentes, caracterizando um sistema em série. Além disso, as linhas de transmissão são as alimentadoras da rede básica secundária que é denominada rede de distribuição. Então, uma falha no sistema de transmissão também acarreta uma falha no sistema de distribuição, o que por consequência atinge o consumidor final.

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica dos conceitos de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade. A próxima etapa consistiu na estratificação e tratamento dos dados históricos coletados em um período de 10 anos. Os modelos matemáticos para predição da probabilidade de falhas foram derivados utilizando-se o *software* Weibull® (RELIASOFT CORPORATION, 2015)

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Considerando-se um sentido amplo, a confiabilidade é caracterizada como uma operação bem-sucedida de um item ou sistema, sem ocorrência de interrupções de funcionamento. A confiabilidade não reflete o tempo necessário para o reparo do item até que ele retorne em condições de trabalho. Esse fenômeno é caracterizado em estudos de manutenibilidade. Consequentemente, a disponibilidade é definida em função da confiabilidade e da manutenibilidade, sendo definida como a probabilidade do sistema ou item estar disponível quando for solicitado para uso, ou seja, quando não estiver em reparo ou em falha (CARVALHO, 2008; FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

2.1 Confiabilidade

A confiabilidade de um componente, equipamento ou sistema é definida como a probabilidade de funcionamento isento de falhas durante um período de tempo pré-determinado, sob condições de operação estabelecidas (NBR 5462,1994).

O tempo até a ocorrência de falha pode ser considerado uma variável aleatória modelada por uma distribuição de probabilidade genérica $f(t)$. Portanto, a probabilidade de falha $F(t)$ é definida como a integral da função densidade de probabilidade $f(t)$, conforme Equação 1.

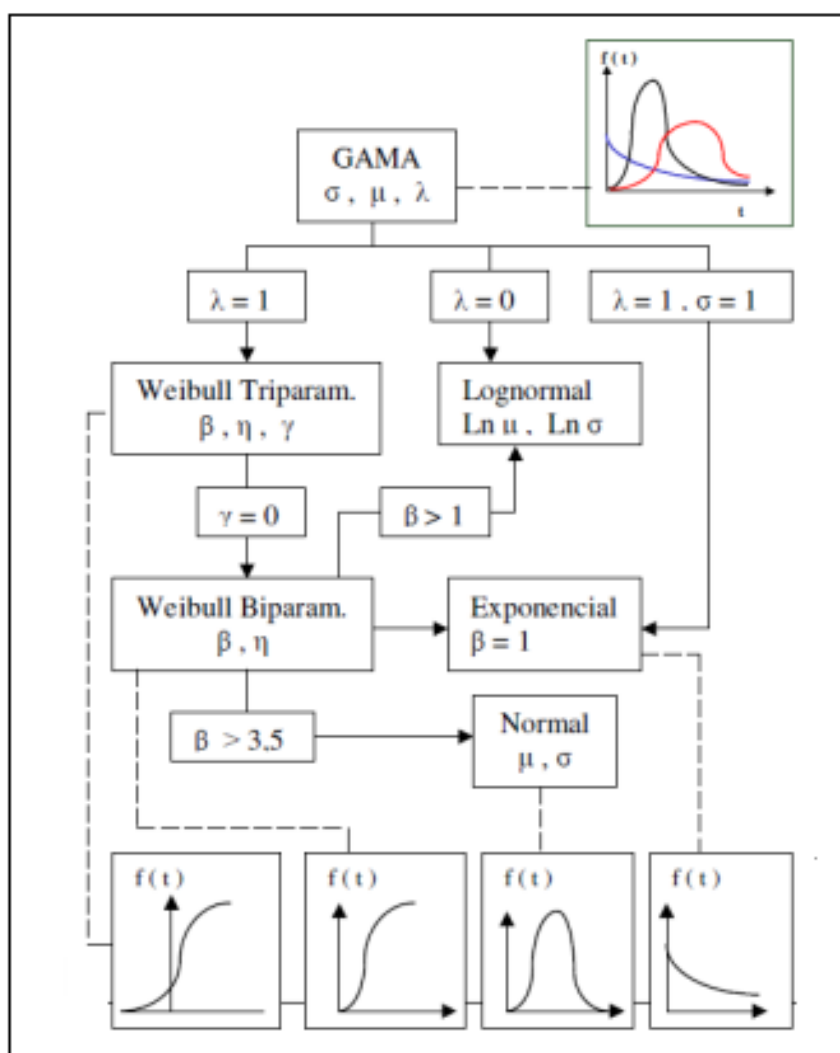
$$F(t) = \int_0^t f(t)dt \quad (1)$$

Ao considerar que a função confiabilidade $R(t)$ é a probabilidade acumulada da não ocorrência de uma falha, a soma de $F(t)$ e $R(t)$ deve ter valor unitário (FREITAS, COLOSIMO, 1997; CARVALHO, 2008; FOGLIATTO, RIBEIRO, 2009), conforme Equação 2:

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2)$$

A literatura cita várias distribuições de probabilidade adequadas a estudos de confiabilidade como, por exemplo, Exponencial, Lognormal, Weibul, Gama, dentre outras (O'CONNOR e KLEYNER, 2012; ASSIS, 2014). A Figura 1 representa a relação entre as distribuições mais comuns para modelagem de confiabilidade.

Figura 1- Principais distribuições utilizadas para modelagem de confiabilidade



Fonte: PALLEROZI, MAZZOLINI, MAZZOLINI (2011)

A escolha de uma distribuição que represente satisfatoriamente um conjunto de dados é um processo iterativo que pressupõe estimação de parâmetros e testes de validação. Uma vez constada a adequação de uma distribuição para modelar um conjunto de dados específico, é possível calcular variáveis de interesse como a confiabilidade em um determinado tempo e o tempo médio até a falha (Equação 3). É possível ainda obter a função taxa de falhas (Equação 4).

$$MTTF = \int_{-\infty}^{+\infty} tf(t)dt \quad (3)$$

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (4)$$

O sistema em análise neste trabalho é caracterizado como um sistema reparável, ou seja, que permite reparos. Assim utiliza-se *MTBF* (tempo médio entre falhas - *Mean Time Between Failure*) e não o *MTTF* (tempo médio até a falha - *Mean Time to Failure*). LAFRAIA (2008).

2.2 Manutenibilidade

Lafraia (2008) define manutenibilidade como a probabilidade de um equipamento ser recolocado em condições de operação dentro de um período determinado de tempo quando a manutenção é executada, conforme procedimentos prescritos. Então, considera-se a variável aleatória tempo de reparo. Considerando a modelagem utilizando uma distribuição de probabilidade $g(t)$, determina-se a função probabilidade de reparo $G(t)$ conforme Equação 5.

$$G(t) = \int_0^t g(t)dt \quad (5)$$

A manutenibilidade impacta diretamente na disponibilidade do sistema, Assim, quanto maior é a manutenibilidade (probabilidade de reparo) maior também será a probabilidade que o sistema esteja disponível.

2.3 Disponibilidade

De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), o conceito de disponibilidade varia conforme a capacidade de reparo de uma unidade. Assim, em unidades não reparáveis a disponibilidade equivale a confiabilidade. Já em unidades reparáveis, as que permitem reparos, a disponibilidade depende do MTBF e do tempo médio de reparos (MTTR - *Mean Time To Repair*). Determina-se a disponibilidade (O' CONNOR, KLEYNER; 2012) conforme Equação 6:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (6)$$

3. METODOLOGIA

Este trabalho classifica-se como uma pesquisa aplicada e exploratória com abordagem qualitativa e quantitativa. Utilizou-se como método o estudo de caso (CAUCHICK MIGUEL, 2012)

Inicialmente foi realizada uma visita técnica à empresa foco do estudo, mais precisamente no setor de planejamento de operações e manutenção. Foram coletados dados primários qualitativos, utilizando-se entrevistas não estruturadas. Foram coletados também dados secundários quantitativos uma vez que empresa disponibilizou um banco histórico de dados correspondente a um período de 10 anos.

A análise do banco de dados levou a informações sobre ocorrência de falhas em cada linha de transmissão que compõe o sistema de transmissão. As linhas foram estratificadas de acordo com níveis de tensão de operação, denominadas genericamente por A, B e C. Conforme acordado previamente por ambas as partes, empresa e pesquisadores, a identificação de cada linha e a respectiva tensão de operação serão omitidos a fim de se preservar a confidencialidade das informações. Escolheu-se a linha com maior número de falhas como projeto piloto a fim de se modelar a confiabilidade e manutenibilidade.

Após a realização da estratificação do banco de dados foi possível obter o Tempo de reparo (*TR*) e o Tempo entre Falhas (*TEF*) referente a linha de transmissão escolhida como mais crítica. Utilizou-se como ferramenta o *software* Weibull® (RELIASOFT CORPORATION, 2015) para a realização de testes de aderência e posterior estimação de parâmetros. A metodologia utilizada pode ser resumida considerando-se as seguintes etapas:

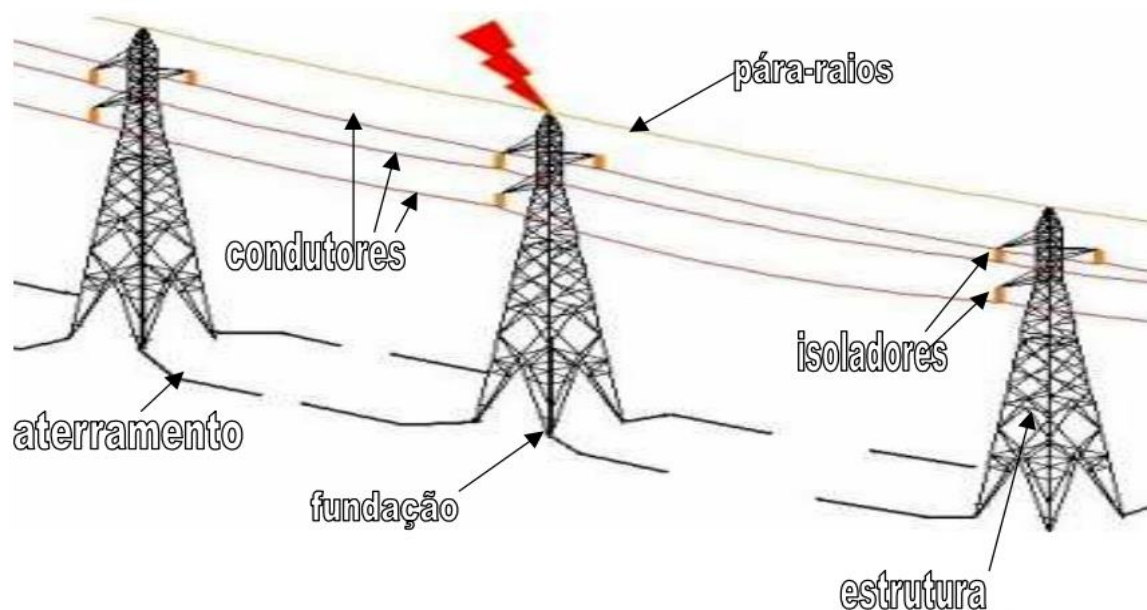
- 1) Visita técnica a empresa;
 - 2) Coleta e análise de informações;
 - 3) Seleção do objeto em estudo;
 - 4) Estratificação do banco de dados;
 - 5) Análise das funções e falhas;
 - 6) Modelagem de confiabilidade e manutenibilidade;
 - 7) Análises dos parâmetros e gráficos gerados;
 - 8) Cálculo da disponibilidade;
 - 9) Conclusão e possíveis soluções;
 - 10) Sugestões de projetos futuros.
-

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

4.1 Descrição do Sistema

O transporte de energia elétrica é realizado por dois tipos de linhas de transmissão: aérea e subterrânea. O foco deste estudo são linhas de transmissão aérea, representadas genericamente na Figura 2.

Figura 2- Principais componentes de uma Linha de Transmissão Aérea



Fonte: BRAGA (2008)

A estrutura é responsável pela sustentação dos cabos condutores e pára-raios a determinadas alturas do solo. A fundação é o sistema mecânico afixado ao solo, que sustenta os esforços resultantes da estrutura. Os isoladores são equipamentos constituídos de material dielétricos que isolam os cabos aéreos da estrutura. Eles podem ser de polímeros, vidro, porcelana. Finalmente as ferragens e acessórios interligam, suportam, protegem ou espaçam os cabos da linha de transmissão. Apesar do número de itens que compõe a linha de transmissão, decidiu-se considerar o sistema como um conjunto único.

Considerou-se um período de coleta de dados de 10 anos. Ao todo o banco de dados é constituído por 45 linhas de transmissão; sendo 13 do tipo A, 14 do tipo B e 18 o tipo C. As Tabelas 1,2 e 3 apresentam o número de falhas ocorrido em cada linha de transmissão do sistema.

4.2 Pré- tratamento do banco de dados

Tabela 1- Estratificação das linhas de transmissão nível de tensão “A”

Nome da Linha	Número de Falhas	Total de Falhas
A1	4	25
A2	3	
A3	6	
A4	2	
A5	1	
A6	1	
A7	2	
A8	1	
A9	1	
A10	1	
A11	1	
A12	1	
A13	1	

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 2- Estratificação das linhas de transmissão nível de tensão “B”

Nome da Linha	Número de Falhas	Total de Falhas
B1	2	48
B2	15	
B3	3	
B4	6	
B5	1	
B6	3	
B7	2	
B8	1	
B9	2	
B10	3	
B11	3	
B12	4	
B13	2	
B14	1	

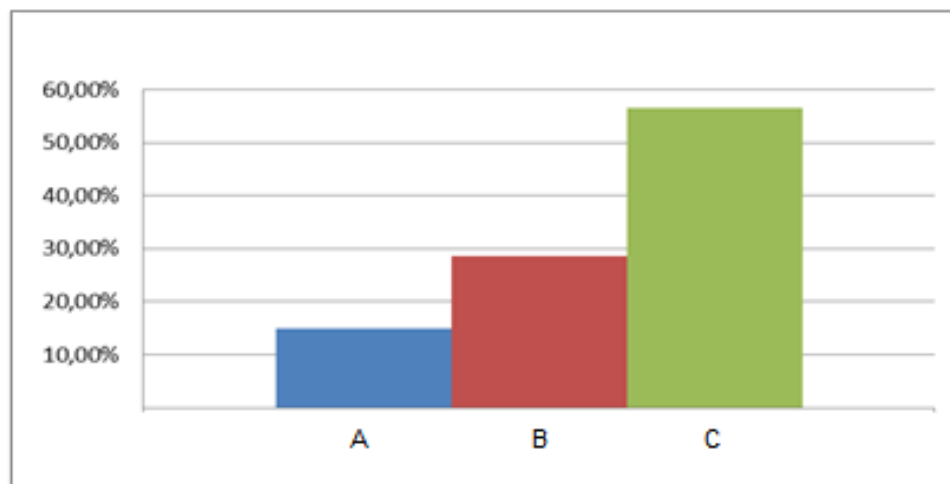
Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 3- Estratificação das linhas de transmissão nível de tensão “C”

Nome da Linha	Número de Falhas	Total de Falhas
C1	31	95
C2	5	
C3	5	
C4	2	
C5	2	
C6	1	
C7	2	
C8	1	
C9	2	
C10	5	
C11	5	
C12	2	
C13	21	
C14	2	
C15	3	
C16	1	
C17	3	
C18	2	

Fonte: Elaborado pelos autores

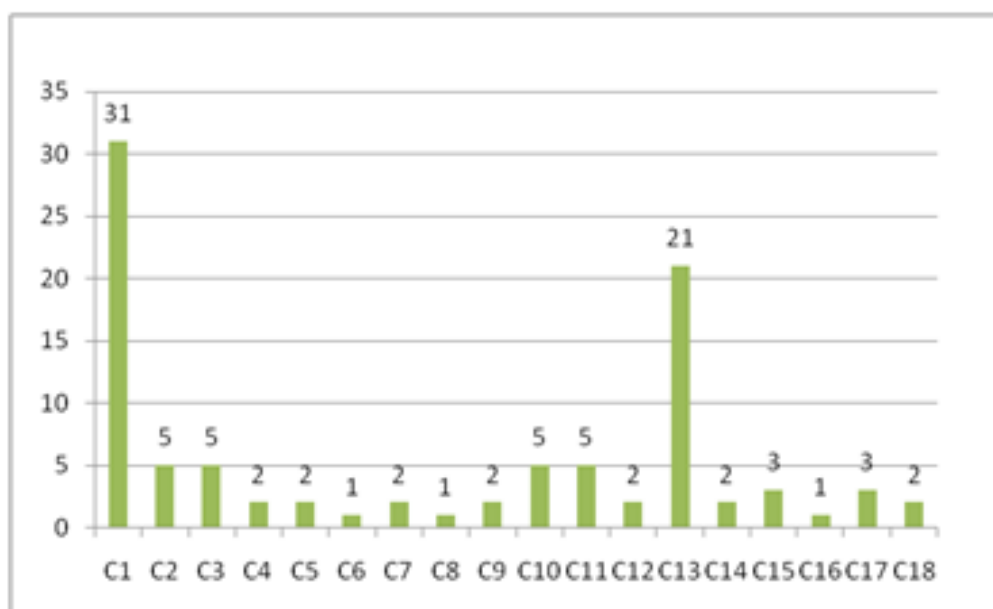
Observa-se na Tabela 3, que as linhas de transmissão que apresentam maiores índices de falhas concentram-se no nível de tensão C, conforme Figura 3.

Figura 3 - Percentual de falhas por nível de tensão

Fonte: Elaborado pelos autores

O nível de tensão denominado C é o grupo de linhas de transmissão que apresenta maior número de falhas. A linha denominada C1 apresentou 31 falhas, a linha C13 apresentou 21 falhas, conforme Figura 4:

Figura 4 – N° de falhas para linhas de transmissão do nível “C”



Fonte: Elaborado pelos autores

A partir do resultado apresentado na Figura 4 observa-se que a linha C1 apresenta maior número de falhas e por isso foi considerada como piloto para análise de confiabilidade e manutenibilidade. Segundo os responsáveis pelo setor de operação e manutenção da empresa fornecedora do banco de dados, a linha C1 apresenta maior extensão dentre as demais linhas de transmissão. Este fato poderia justificar o maior número de falhas

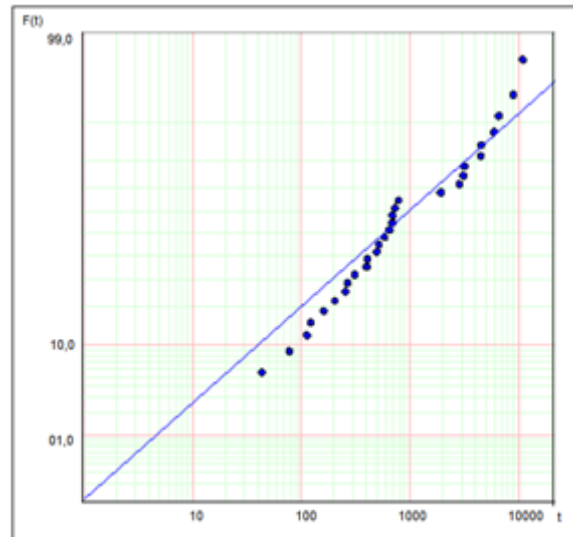
Neste estudo, calculou-se o tempo entre falhas (*TEF*) e o tempo de reparo (*TR*) de cada uma das 45 linhas de transmissão. Por existir linhas com apenas uma falha ao longo do período, foi utilizando o artifício de considerar a primeira falha coletada no período em estudo, analisando como referência para conseguir obter um tempo entre falhas e um tempo de reparo nesses casos específicos. O tempo de reparo (*TR*) e tempo entre falhas (*TEF*) foi calculado considerando-se Data/Hora Início da falha e Data/Hora de Reestruturação.

4.3 Modelagem de confiabilidade e manutenibilidade

Os modelos de confiabilidade e manutenibilidade, foram derivados utilizando-se o software Weibull++8® (RELIASOFT CORPORATION, 2015).

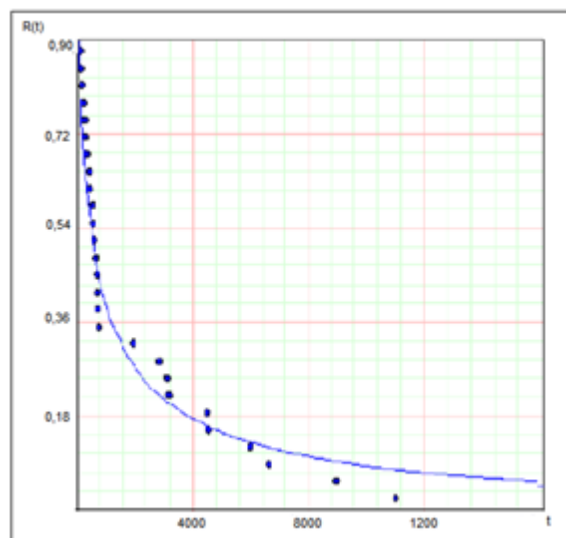
Inicialmente foram realizados testes de aderência a fim de se encontrar a melhor distribuição de probabilidade para representar os dados. O gráfico de probabilidade da linha C1 é apresentado na Figura 5, mostrando a adequação da distribuição escolhida. A Figura 6 apresenta a função confiabilidade.

Figura 5 – Gráfico de Probabilidade (Confiabilidade)



Fonte: Elaborado pelos autores

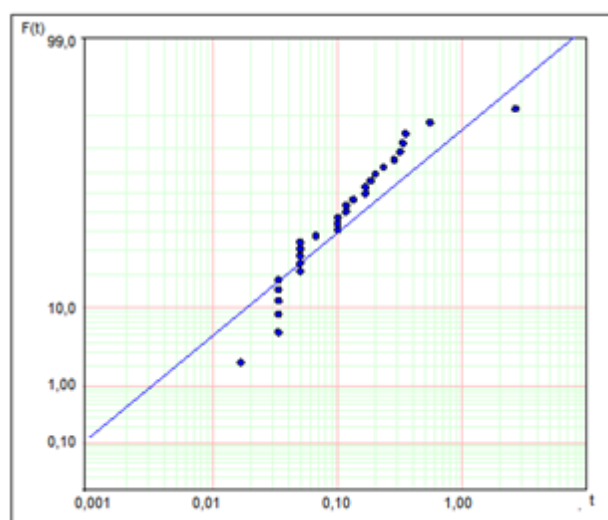
Figura 6 – Função Confiabilidade para a Linha C1



Fonte: Elaborado pelos autores

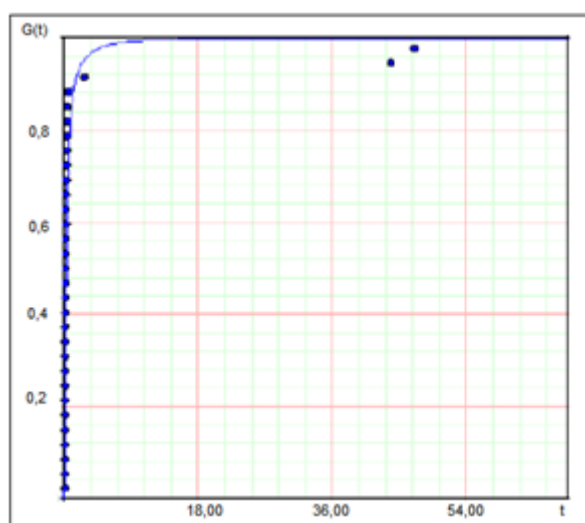
O mesmo procedimento utilizado na modelagem de confiabilidade foi usado para a modelagem de manutenibilidade. Assim como na modelagem de confiabilidade, para se encontrar a distribuição de manutenibilidade que mais se adequa a cada linha de transmissão, foi utilizado o *software* Weibull® (RELIASOFT CORPORATION, 2015). O gráfico de probabilidade com relação a manutenibilidade da linha C1 é apresentado na Figura 7, mostrando a adequação da distribuição escolhida. A Figura 8 apresenta a função manutenibilidade obtida.

Figura 7 – Gráfico de Probabilidade Manutenibilidade



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 8 – Função Manutenibilidade para a Linha C1



Fonte: Elaborado pelos autores

Utilizando-se o *software* Weibull® (RELIASOFT CORPORATION, 2015), foi possível calcular MTBF e MTTR. Considerando-se um intervalo de confiança bilateral de 90%, tem-se que o MTBF é 2403,6225 horas e um MTTF é de 0,3465 horas. A partir da Equação 6, obtém-se a disponibilidade do sistema em estudo. Então, pode-se dizer que 99,98% do tempo a linha de transmissão C1 esteve disponível para operação no período analisado.

5. CONCLUSÕES

A proposta deste estudo de caso foi realizar uma análise de confiabilidade e manutenibilidade em linhas de transmissão de energia elétrica de uma concessionária de energia. A relevância do estudo concentra-se na necessidade de funcionamento contínuo de todo o sistema de transmissão.

Após a realização de uma revisão da literatura e em posse do banco de dados, fez-se o estudo exploratório dos dados. Assim, realizou-se a estratificação, a análise quantitativa e qualitativa das linhas, e o calculou-se os tempos entre as falhas e os tempos de reparo de todas as linhas existentes no banco de dados. Com isso, foi possível obter os modelos de confiabilidade e de manutenibilidade referente a linhas de transmissão piloto (denominada C1)

A linha C1, além de apresentar o maior número de falhas no período de análise, dentre as demais linhas de transmissão, e é a linha com maior extensão, conforme entrevista com funcionários da empresa. Portanto, para uma análise de confiabilidade mais efetiva, é conveniente considerar o comprimento das linhas de transmissão, tendo em vista que linhas de maior extensão, estão sujeitas a um maior número de falhas. Através da análise da linha C1, identificou-se que a distribuições de probabilidade lognormal para confiabilidade e manutenibilidade. . A linha em estudo apresenta uma disponibilidade maior que 99%, justificada pelo alto índice de religamento automático. As linhas de transmissão possuem uma característica de auto restabelecimento, porém quando isso não acontece satisfatoriamente, é necessário o deslocamento de responsáveis pela manutenção ao local. Entretanto, em alguns casos, o acesso é restrito, o que implica em tempo e custos elevados. Portanto, um estudo efetivo de confiabilidade e manutenibilidade aplicado à manutenção destas linhas possibilitaria a prevenção de falhas e facilitaria o deslocamento ao local antes que a falha ocorresse, através de programações de manutenção.

Pode-se destacar que o preenchimento do banco de dados era realizado por responsáveis da área, a partir de relatórios da ONS sem exigências de padronização. Este fato gerou inconsistências nos registros de ocorrência e descrição das falhas. Propõe-se então a utilização da metodologia FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) pelos responsáveis da área, pois é uma forma de analisar os métodos preventivos e corretivos para eliminar os modos de falha e seus efeitos.

Recomendam-se ações para melhorar a metodologia de coleta de dados, como treinamento dos responsáveis por registrar as falhas no sistema corretamente, *softwares* de banco de dados que auxiliam na padronização da coleta dos dados e na rastreabilidade deles. Isso garantiria que o sistema fique mais confiável.

Considerando estudos futuros, sugere-se a análise como um todo avaliando a confiabilidade e a manutenibilidade dos vários componentes do sistema de transmissão, utilizando a metodologia de diagrama de blocos. Sugere-se a utilização de um tema relativamente novo em pesquisas que é a gestão de ativos com abordagem de confiabilidade, aplicados aos diversos componentes do sistema de transmissão. Além de realizar uma análise dos tipos de falhas mais recorrentes nesse sistema em estudo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=704&idPerfil=2&idiomaAtual=0>. Acesso em: out. 2015.

ASSIS, R. **Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Ativos Físicos**. 2ed. Lisboa: Lidel, 2014. 574p

AZEVEDO, C.P.B. **Projeto de Fundações de Linhas de Transmissão Baseado em Confiabilidade**. 2011. 143f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas.

BRAGA, G. E. **Influência do módulo de elasticidade na mudança de estado de cabos suspensos em linhas de transmissão de energia elétrica**. 2008.144f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

BRAGA, G. E. **Avaliação da integridade Estrutural e Gestão dos Ativos Fundações Metálicas de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica Devido a Corrosão**. 2016.223f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Ouro Preto, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais.

CARVALHO, A.L. **Análise de disponibilidade utilizando abordagem nebulosa**, 2008. 123f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Elétrica, Belo Horizonte.

CAUCHICK MIGUEL, P.A. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**, 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

FOGLIATTO, F.S; RIBEIRO, J.L.D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 265p.

FREITAS, M.A; COLOSIMO, E. A. **Confiabilidade: Análise de tempo de falha e Teste de vida acelerados**. Belo Horizonte. Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1997.

HORTA, G.L. **Confiabilidade em Redes de Distribuição de Energia Elétrica: Metodologia e Modelagem Matemática**. 2014.110f. Dissertação (Mestrado). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Elétrica, Belo Horizonte.

LAFRAIA, J.R.B. **Manual de confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**, Rio de Janeiro: Qualitymark Petrobrás, 2008. 288p.

NORMAS BRASILEIRAS REGULAMENTADORAS (NBR) – N.5462, **Confiabilidade e Manutenibilidade**. São Paulo: ABNT, 1994.

O' CONNOR, P.; KLEYNER, A. **Practical Reliability Engineering**. 5^{ed}. England: John Wiley & Sons, 2012.

OPERADOR NACIONAL DE SISTEMA-ONS. Disponível em: <www.ons.org.br>. Acesso em dez. 2015.

PALLEROZI, Carlos Amadeu; MAZZOLINI, Beatriz Pinheiro Machado; MAZZOLINI, Luiz Ricardo. **Confiabilidade Humana: Conceitos, Análises, Avaliação e Desafios**. São Paulo: All Print Editora, 2011.

RELIASOFT CORPORATION, Weibull , Software Package.Tucson, Arizona, 2015.

SILVA, V.N.; MOURA, M.J.C. e MORAIS,S.F.A. Diagnóstico do Processo de Berliner, comportamento elementar e modo de erro causadores de interrupções de energia elétrica. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v. 16, n. 4, p. 1118-1141, out./dez. 2016.
