



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

**LAB IN A BOX: LABORATÓRIO PARA O APRENDIZADO  
DE PROGRAMAÇÃO  
DE COMPUTADORES NO PRIMEIRO ANO DE  
ENGENHARIAS**

**Selmar Tarcísio Mendes**

Dissertação de Mestrado PPGEE-192/2017

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Paiva da Silva Martins

fevereiro de 2017



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

**Selmar Tarcísio Mendes**

**LAB IN A BOX: LABORATÓRIO PARA O  
APRENDIZADO DE PROGRAMAÇÃO  
DE COMPUTADORES NO PRIMEIRO ANO DE ENGENHARIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica, elaborada sob a orientação do Prof. Dr. Carlos Augusto Paiva da Silva Martins.

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
Belo Horizonte  
2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

M5381 Mendes, Selmar Tarcísio  
Lab in a box: laboratório para o aprendizado de programação de computadores no primeiro ano de engenharias / Selmar Tarcísio Mendes. Belo Horizonte, 2017.  
91 f. : il.

Orientador: Carlos Augusto Paiva da Silva Martins  
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

1. Engenharia - Estudo e ensino. 2. Laboratórios. 3. Ensino auxiliado por computador. 4. Programação (Computadores). 5. Aprendizagem baseada em problemas. I. Martins, Carlos Augusto Paiva da Silva. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 621.317.2



**"LAB IN A BOX: LABORATÓRIO PARA O APRENDIZADO DE PROGRAMAÇÃO DE COMPUTADORES NO PRIMEIRO ANO DE ENGENHARIAS"**

**SELMAR TARCÍSIO MENDES**

Dissertação de Mestrado submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 24 de fevereiro de 2017.

Por:

Prof. Júlio Cezar David Melo, Dr., UFMG.

Prof. Carlos Augusto Paiva da Silva Martins, Dr.- orientador  
PPGEE, PUC Minas.

Prof.ª Flávia Magalhães Freitas Ferreira, Dra.,  
PPGEE, PUC Minas.

Prof.ª Zélia Myriam Assis Peixoto, Dra., Suplente  
PPGEE, PUC Minas.

*À minha família,  
pelo amor, apoio e carinho. Alcançamos juntos esta vitória.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por permitir a conclusão de mais esta etapa.

Também registro aqui o meu muito obrigado a todas as pessoas que contribuíram para a realização desse trabalho, especialmente:

- ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Augusto, por todo o apoio, paciência, interesse no tema da educação em engenharia, dedicação e pelos conhecimentos partilhados. Suas valiosas orientações me mantiveram no rumo certo para o desenvolvimento deste trabalho.
- aos professores da PUC Minas, Nesley Jesus Daher de Oliveira e Roberto Felipe Dias Ferreira da Rocha, que ministraram a disciplina Algoritmos para Engenharia I, na qual o presente estudo de caso do Lab in a Box foi aplicado. Agradeço também aos alunos pela atenção e disposição para avaliação da abordagem Lab in a Box, manifestada tanto de forma direta dentro da sala de aula como através dos questionários e testes que lhes foram aplicados nesta pesquisa;
- aos professores do Departamento de Eletrônica e de Telecomunicações da PUC Minas, pelo apoio e incentivo.
- ao PPGEE pela oportunidade de desenvolver um estudo na área Educação em Engenharia.

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar um modelo para um laboratório portátil, Lab in a Box – LiaB, que possa ser usado para auxiliar a melhorar o aprendizado de programação de computadores no primeiro ano da educação em engenharia. O modelo proposto é de baixo custo e proporciona um significativo ambiente prático, baseado em problemas, tornando o seu uso uma experiência valiosa, motivadora e flexível. Foram apresentados aos alunos exemplos de LiaB para que eles desenvolvessem os seus próprios LiaB. A fim de conhecer suas expectativas e opiniões sobre esta metodologia, os estudantes foram solicitados a responder um questionário no início e outro no final do semestre e, para avaliar seu conhecimento prévio e final, eles também foram solicitados a fazer testes nas mesmas datas. Usando o LiaB os estudantes desenvolveram projetos com a assistência dos seus professores, mas tendo preservadas a sua liberdade intelectual e criativa. Ao oferecer acesso aos alunos a atividades laboratoriais adequadas, é possível minimizar dificuldades no aprendizado de programação de computadores e caminhar na direção de práticas pedagógicas mais adequadas ao mundo contemporâneo, onde o ensino centrado no professor tem migrado para o aprendizado centrado no aluno. Segundo mais de 90% dos estudantes, o LiaB contribuiu para potencializar o desenvolvimento do seu aprendizado de programação de computadores, assim como os ajudou a conectar os conceitos ao mundo real da engenharia. Para a maioria deles, a metodologia adotada foi mais motivadora do que as usadas nas outras disciplinas do mesmo semestre. Destaca-se que o modelo de LiaB proposto neste estudo de caso, onde o aluno constrói seu próprio LiaB, possibilitou o desenvolvimento de atividades mais reflexivas, centradas no aluno, proporcionando uma formação melhor, mais adequada às necessidades do mercado de trabalho. E mais importante, essas atividades estiveram ao alcance até mesmo dos estudantes economicamente menos favorecidos. Além de ter contribuído para o aprendizado de programação de computadores, o modelo de LiaB usado neste estudo de caso forneceu o ambiente necessário para o desenvolvimento do pensamento lógico e crítico, além de habilidades práticas e do trabalho em grupo. Em todas as fases do curso, foi possível observar elevada motivação e entusiasmo por parte dos estudantes, o que resultou em notas elevadas e poucas faltas em todas as turmas do estudo de caso, demonstrando o sucesso da metodologia.

Palavras-chave: Educação em engenharia. Ensino. Lab in a Box. Laboratório portátil. Laboratório móvel. Aprendizado baseado em problemas.

## ABSTRACT

This work aims to present a solution model for a portable laboratory, Lab in a Box – LiaB, which should be used to help improve computer programming and basic electronics learning for first-year engineering education. This proposed model is low cost, and provides a meaningful, project-based, practical environment, making its use a valuable, motivating and flexible experience. The students were given LiaB examples so that they could develop their own LiaB. In order to know their expectations and opinions about this methodology, students were asked to answer a questionnaire at the beginning and another at the end of the semester and to evaluate their previous and final knowledge they were also required to take tests at the same dates. Using LiaB, students developed projects with the assistance of their teacher, nonetheless retaining their intellectual and creative freedom. By providing students with access to appropriate laboratory activities, it is possible to minimize difficulties in learning computer programming and to move towards pedagogical practices more appropriate to the contemporary world, where teacher-centered teaching has migrated to learner-centered learning. According to more than 90% of students LiaB has contributed to strengthen the development of their computer programming learning, as well as aiding to connect concepts to real world engineering. For the majority of them, the methodology adopted was more motivating than the ones used in other disciplines of the same semester. It is noteworthy that the LiaB model adopted in this case study, where the student constructs his/her own LiaB, allowed the development of more reflexive activities, centered on the student, providing a better formation, more adequate to the needs of the market. Most importantly, these activities were within the reach of even economically disadvantaged students. In addition to contributing to computer programming learning, the LiaB model used in this case study provided the space required for the development of logical and critical thinking as well as practical skills and group work. Throughout all phases of the course it was possible to observe high motivation and enthusiasm from the students' part, thus resulting in increased grades and low truancy in the course, hence demonstrating the success of the methodology.

Keywords: Engineering education. Engineering teaching. Learning. Lab in a Box. Portable laboratory. Mobile laboratory.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Comportamento Esperado para a trajetória do Ideb ao longo dos anos .....	28
FIGURA 2 - RSR Assembled Digital Analog Trainer .....	33
FIGURA 3 - RSR/VT A and D Trainer – Virginia Tech University .....	34
FIGURA 4 - Lab in a Box da Virginia Tech - 2016.....	34
FIGURA 5 - Kit usado na Universidade Massachusetts Lowell .....	35
FIGURA 6 - Kit comercial usado em Universidades da Georgia e Tennessee.....	35
FIGURA 7 - Diagrama em blocos do modelo do LiaB proposto .....	41
FIGURA 8 - Percentual de usuários de <i>smart devices</i> no Brasil por sistema operacional.....	44
FIGURA 9 - LiaB montados por alunos no 1º semestre de 2016.....	46
FIGURA 10 - Ambiente do LiaB proposto .....	50
FIGURA 11 - Interface homem-máquina do Minibloq – ambiente gráfico para Arduino.....	51
FIGURA 12 - Tela do ArduinoDroid .....	52
FIGURA 13 - Projeto Final utilizando sensor e motor.....	53
FIGURA 14 - LiaB montado em uma caixa LEGO .....	54
FIGURA 15 - LiaB controlando um flap de avião .....	54
FIGURA 16 - LiaB controlando um braço robótico.....	55
FIGURA 17 - LiaB controlando uma ponte elevadiça .....	55
FIGURA 18 - Sistema de irrigação montado por alunos da Eng. Elétrica .....	56
FIGURA 19 - Nível de dificuldade dos experimentos com o LiaB .....	59
FIGURA 20 - Uso do LiaB em outras disciplinas.....	60
FIGURA 21 - Opinião dos alunos sobre o custo do LiaB .....	61
FIGURA 22 - Percentual dos alunos que usaram o próprio LiaB .....	61
FIGURA 23 - Percentuais de <i>smart devices</i> por sistema operacional .....	62
FIGURA 24 - Interface homem-máquina do Scratch.....	78
FIGURA 25 - Interface homem-máquina do 123D circuits .....	79
FIGURA 26 - Interface homem-máquina do S4A – Scratch for Arduino.....	80
FIGURA 27 - QR code S4A para Android .....	80
FIGURA 28 - Arduino/Genuino UNO .....	81
FIGURA 29 - Interface homem-máquina do Minibloq – ambiente gráfico para Arduino.....	82

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Resumo dos Lab in a Box utilizados nos Trabalhos Correlatos.....	37
QUADRO 2 - Requisitos do LiaB Proposto.....	39
QUADRO 3 - Características do LiaB do primeiro semestre de 2016.....	47
QUADRO 4 - Características do Modelo do LiaB Proposto .....	52
QUADRO 5 - Principais características do protótipo e dos trabalhos relacionados .....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados e metas do Ideb até 2021 .....	27
Tabela 2 - Impressão Global dos Alunos sobre o LiaB.....	59
Tabela 3 - Ganho de aprendizado no Semestre .....	63

## LISTA DE SIGLAS/ NOMENCLATURA

ABENGE	Associação Brasileira de Educação de Engenharia
ARWU	<i>Academic Ranking of World Universities</i>
ASEE	<i>American Society for Engineering Education</i>
ECE	<i>Electric and Computer Engineering</i>
Ideb	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
IPUC	Instituto Politécnico da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
LiaB	<i>Lab in a Box</i> (Laboratório na Caixa)
PUC Minas	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
1.1 Contexto.....	21
1.2 Problema .....	22
1.3 Objetivos.....	23
1.4 Escopo .....	23
1.5 Relevância da Contribuição.....	24
1.6 Justificativa .....	24
1.7 Estrutura do trabalho .....	24
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>25</b>
2.1 O Ensino na Engenharia .....	25
2.2 O Lab in a Box .....	29
2.3 Aprendizagem Baseada em Problemas .....	31
<b>3 TRABALHOS CORRELATOS</b> .....	<b>33</b>
<b>4 PROPOSTA DO LAB IN A BOX</b> .....	<b>39</b>
4.1 Arquitetura do modelo proposto.....	40
4.1.1 <i>Placa com microcontrolador</i> .....	41
4.1.2 <i>Matriz de Contato</i> .....	42
4.1.3 <i>Componentes e dispositivos</i> .....	42
4.1.4 <i>Fonte de energia interna</i> .....	42
4.1.5 <i>Interfaces de comunicação</i> .....	42
4.1.6 <i>Recursos computacionais</i> .....	42
4.1.6.1 Linguagens de programação.....	42
4.1.6.2 Simulador de circuitos .....	43
4.1.6.3 Interfaces de comunicação .....	43
4.1.6.4 Smart devices Android e iOS.....	44
<b>5 ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>49</b>
5.1 Adaptação do modelo para o Estudo de caso.....	49
5.2 LiaB e projetos montados pelos alunos .....	53
5.3 Testes de conhecimento e questionário .....	57
5.3.1 <i>Questionário Inicial e Teste Inicial</i> .....	58
5.3.2 <i>Questionário Final e Teste Final</i> .....	58
5.4 O LiaB na visão dos alunos.....	63
5.5 Depoimentos dos professores .....	64
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>67</b>
6.1 Principais contribuições .....	68
6.2 Perspectivas de trabalhos futuros .....	68
6.3 Trabalhos Futuros que serão realizados a partir de 2017 .....	69
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>71</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados o contexto da pesquisa, o problema, os objetivos, o escopo, a relevância da contribuição, a justificativa e a organização da estrutura deste trabalho.

### 1.1 Contexto

Nos cursos de engenharia as atividades práticas, *hands-on*, desenvolvidas nos seus laboratórios educacionais constituem um item essencial e indispensável e devem ser feitas sempre de forma reflexiva (CAMPOS, 2012; LONG; HORAN; HALL, 2012).

De uma forma geral o ensino da engenharia ainda segue o modelo tradicional centrado no professor e com recursos laboratoriais, quando existentes, baseados em roteiros pré-definidos, com pouco ou nenhum estímulo a uma prática investigativa e reflexiva. A exemplo das disciplinas teóricas, as atividades de laboratório normalmente são presenciais (ASTATKE et al., 2013; CAMPOS, 2012).

Com a rápida evolução tecnológica, se por um lado está ocorrendo uma queda contínua nos custos dos recursos necessários para se equipar os laboratórios, por outro lado isto também leva a uma rápida obsolescência destes recursos em algumas áreas da engenharia, como por exemplo, nas engenharias, elétrica, computação, controle e automação, eletrônica, telecomunicações e mecatrônica.

Desta forma, para combater a obsolescência, as instituições que procuram oferecer os recursos necessários a uma boa formação dos seus alunos se veem forçadas a promover atualizações muito mais frequentes dos seus laboratórios, anulando assim o efeito da redução dos custos, podendo até mesmo, frente à necessidade de investimentos mais frequentes, terem os custos de atualização e manutenção de seus laboratórios aumentados ao invés de reduzidos, como poderia se esperar.

Outro aspecto do mundo atual, frente ao advento da Internet e de uma sociedade muito mais dinâmica e interativa, é que o perfil dos alunos atuais, geração digital, já não é o mesmo da geração dos seus professores, quando um número significativo dos alunos chegava à universidade já tendo experimentado algum contato com a eletricidade e a eletrônica (WEITZEN; RUX; WEBSTER, 2013) através de montagens envolvendo objetos que lhes permitiam estabelecer vínculos com a engenharia elétrica, por exemplo. Hoje o aluno cresce em uma sociedade onde, desde criança, não mais constrói ou modifica os seus brinquedos

como no passado, pois os encontra no comércio de uma forma muito mais elaborada e atrativa e, na medida em que cresce, continua encontrando tudo pronto. Ou seja, a sociedade consumista atual, suprime ou reduz as oportunidades do jovem para despertar e desenvolver o seu interesse e aptidão pela engenharia. Por outro lado, objetos de consumo, tais como os *smart phones* e *tablets*, criam uma sociedade na qual os alunos que entram na universidade são muito mais interativos e conectados que os seus professores.

Da mesma forma que o desenvolvimento tecnológico gerou pessoas com esse perfil, possibilitou também o surgimento dos laboratórios portáteis, facilitando a adoção do modelo de aprendizagem interativo, *hands-on*, mais adequado ao público atual, possibilitando migrar o ensino para um modelo centrado no aluno, onde este atua de forma investigativa baseado na solução de problemas, na experimentação, simulação e análise (ASTATKE et al., 2013). Esta pedagogia *active learning* ou *hands-on learning*, mais engajadora e que desenvolve um aprendizado intuitivo, ao invés da simples memorização, pode ser alcançada mediante o emprego dos laboratórios portáteis, Lab in a Box (LiaB), que estão ao alcance dos alunos devido ao seu baixo custo (WEITZEN; RUX; WEBSTER, 2013).

Principalmente nos primeiros anos dos cursos de engenharia, a metodologia *hands-on learning* baseada em problema, estimula os alunos ao aprendizado da disciplina, lhes permitindo mais facilmente perceberem o vínculo da disciplina com a engenharia que escolheram, com reflexos positivos nos índices de aprovação e redução da evasão do curso, pois é sabido que a maioria das pessoas aprende fazendo e que o aprender, por ser motivador, estimula a permanência no curso (CLARK JÚNIOR et al., 2009; WEITZEN; RUX; WEBSTER, 2013;).

## 1.2 Problema

Em todo o mundo vem ocorrendo uma baixa procura pelos cursos de engenharia, especialmente nas instituições nas quais os currículos são matematicamente orientados e com pouco conteúdo experimental. Esses cursos não conseguem atrair alunos mais visuais, que é o perfil da maioria das pessoas em idade escolar e mais velhas. Estas pessoas não conseguem perceber, no ambiente de ensino verbal dos seus professores, a conexão entre as disciplinas que cursa e a engenharia escolhida pelos mesmos (CAMPOS, 2012; CLARK JÚNIOR et al., 2009; FELDER; SILVERMAN, 1988).

Soma-se a ainda à baixa procura a evasão escolar (baixa retenção), a reprovação alta e sucessiva, a deficiência na formação, os custos operacionais e de implantação dos laboratórios

físicos (*hands-on*) presenciais (GOMES; BOGOSYAN, 2009), nos quais é comum grupos de 3 ou mais alunos por bancada, com um dos alunos normalmente desenvolvendo a maior parte das atividades e os demais apenas o acompanhando.

Tudo isso leva a uma consequente perda de investimento tanto pelos alunos quanto pelas instituições mantenedoras dos cursos, traduzidas pelo número de vagas ociosas.

### **1.3 Objetivos**

De uma forma geral, este trabalho teve como objetivo desenvolver um modelo de Lab in a Box para auxiliar na melhoria do aprendizado de programação de computadores para alunos do primeiro ano dos cursos de engenharia, oferecendo aos mesmos um ambiente prático significativo, baseado em problema, fazendo desta uma experiência valiosa, motivadora, flexível e, principalmente de baixo custo. Aborda ainda a realização de um estudo de caso para a verificação dos impactos no aprendizado obtidos com a utilização do LiaB para o ensino de programação de computadores para os calouros dos cursos de engenharia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas).

Mais especificamente este trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo de laboratório portátil adequado à realidade brasileira, de forma a oferecer aos alunos do primeiro ano dos cursos de engenharia, um ambiente prático significativo, baseado em problemas, fazendo desta uma experiência valiosa, motivadora, flexível e, principalmente de baixo custo.

### **1.4 Escopo**

A abrangência deste trabalho compreende a aplicação e a verificação dos impactos no aprendizado verificados em um estudo de caso onde o Lab In a Box foi adotado para o ensino de programação de computadores aos calouros dos cursos de engenharia da PUC Minas.

É importante salientar que não está sendo proposto um novo método, mas a adoção de um que possa ser empregado levando em consideração as condições socioeconômicas das comunidades abrangidas pela PUC Minas. Também não faz parte do escopo deste trabalho o desenvolvimento de nenhum hardware, ou software.



### **1.5 Relevância da Contribuição**

Selecionar uma metodologia mais motivadora para a aprendizagem da programação de computadores no contexto dos alunos do primeiro ano dos cursos de engenharia contribui para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem em engenharia, reduzindo a evasão escolar e a reprovação, com a conseqüente colocação de profissionais mais preparados para as demandas do mercado de trabalho.

### **1.6 Justificativa**

A preocupação com a melhoria do processo ensino-aprendizagem é um tema relevante e atual em todos os níveis e áreas da educação, incluindo a engenharia, como pode ser verificado pelos relevantes trabalhos publicados nas revistas do Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) e outros veículos de publicação reconhecidos pela comunidade científica nacional e mundial, sem deixar de mencionar as ações de entidades como a Associação Brasileira de Educação de Engenharia (ABENGE) no Brasil, *National Science Foundation* nos Estados Unidos da América e até mesmo da United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), voltadas para a melhoria da qualidade do ensino na engenharia.

### **1.7 Estrutura do trabalho**

O restante deste trabalho está organizado da seguinte maneira: no Capítulo 2 são apresentados os fundamentos teóricos, abordando conceitos e processos de ensino/aprendizagem e apresentadas características do Lab in a Box. Contempla ainda os aspectos da desmotivação do calouro com o seu curso, bem como aqueles que os levam ao encantamento com a engenharia por eles escolhida. O Capítulo 3 apresenta os principais trabalhos correlatos. No Capítulo 4 é apresentado o LiaB praticado no presente estudo de caso e procedimentos adotados no experimento. No Capítulo 5 são apresentados os resultados do estudo de caso e as interpretações das respostas aos questionários e testes aplicados aos alunos participantes do mesmo, bem como as avaliações dos professores da disciplina.

O Capítulo 6 fecha o trabalho, apresentando as principais conclusões extraídas da pesquisa e algumas sugestões de trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica. Inicialmente serão apresentados os estilos de ensino/aprendizagem e a importância do laboratório didático nos cursos de engenharia, incluindo uma perspectiva histórica sobre o ensino no Brasil. Em seguida é apresentado o conceito Lab in a Box, abordagem na qual os alunos desenvolvem experimentos práticos e projetos que valorizam a construção do próprio conhecimento, apresentando alguns exemplos e características do mesmo. Os aspectos da desmotivação do calouro com o seu curso, bem como aqueles que os levam ao encantamento com a engenharia por eles escolhida, também são apresentados.

Fechando o capítulo é apresentada a metodologia do aprendizado baseado em problemas.

### 2.1 O Ensino na Engenharia

O processo de aprendizagem não é um tema simples, existindo diversos trabalhos e teorias na área. Um trabalho de grande relevância foi desenvolvido por Felder e Silverman (1988), buscando ajudar os professores dos cursos de engenharia a entender melhor os estilos de aprendizagem dos alunos, de forma a possibilitar o desenvolvimento de metodologias de ensino mais adequadas e estimulantes para o aprendizado dos conteúdos dos cursos de engenharia.

No artigo *Learning and Teaching Styles In Engineering Education* (FELDER; SILVERMAN, 1988), citado mais de 692 vezes na *Web of Science core collection* e 5488 vezes no Google Acadêmico, apresentam as dimensões do aprendizado e os estilos de ensino correspondentes que deveriam ser adotados.

Seus estudos indicam que a forma natural de aprendizado é a indutiva, caracterizada pela progressão do raciocínio que se dá do particular (observações, medições) para o geral (leis, teorias), enquanto que o estilo natural de ensinar humano é o dedutivo, que opostamente parte do geral para o particular, em um claro conflito entre ensino e aprendizado. Também afirmam que engenheiros são aprendizes ativos, experimentalistas, adeptos a atividades físicas ou discussões, trabalhando bem em grupos e que aprendem pouco em aulas teóricas baseadas em exposições verbais. Concluem que a maior parte dos estudantes de engenharia é visual (canal de entrada) e são sensoriais, percebendo o mundo através dos sentidos. Em resumo, “a maioria dos estudantes de engenharia são visuais, sensoriais, indutivos e ativos/reflexivos”,

enquanto normalmente “a educação em engenharia é auditiva, abstrata (intuitiva), dedutiva e sequencial”, indicando a necessidade de práticas pedagógicas diferentes daquelas adotadas na maioria das instituições de ensino de engenharia. Concluem afirmando que “estes descasamentos levam a um baixo desempenho do estudante, frustração dos professores, e uma perda para a sociedade de muitos potencialmente excelentes engenheiros”.

Em consonância com Ferder e Silverman (1988), que apresentam os alunos como experimentalistas, adeptos a atividades físicas ou discussões, Campos (2012), na sua Tese de Doutorado, aponta a importância do laboratório nos cursos de engenharia, destacando a importância do seu uso de forma reflexiva, tanto por parte dos alunos quanto dos seus professores, de forma que o “laboratório funcione como uma ponte para o conhecimento teórico”. Relata que algumas pesquisas mostram que os alunos geralmente não transferem o que aprendem na escola para seu cotidiano, mantendo sistemas alternativos do conhecimento (tácito/científico), visto que este, na medida em que não foi levado na academia a refletir sobre os conteúdos acadêmicos, decora esses conteúdos, não os internalizando. Ainda, citando Rugarcia et al. (2000), Gomes e Bososyan (2009), ressaltam que os professores de hoje ainda adotam a mesma forma de ensinar de 1940, sem levar em consideração a necessidade atual de um conhecimento transdisciplinar para o desempenho da atividade profissional. Ressalta a importância do laboratório didático e que, apesar de não haver diferenças significativas entre os laboratórios físicos (*hands-on*), simulados e remotos, destaca a importância dos laboratórios físicos por permitirem ao aluno a interação com dados reais e com a necessidade de solucionar conflitos inesperados.

Na mesma linha dos autores anteriores, Silva (2012), embasada na Teoria da Atividade Significativa, afirma que “é importante que o aluno aprenda a aprender e aprender sempre”, para o que é necessário que o aprendizado não seja mecânico, superficial, mas significativo. Afirma que este tipo de ensino só pode ter sucesso quando o aluno participa da atividade de ensino-aprendizagem assumindo uma postura pró-ativa, como agente do seu aprendizado e desenvolvimento. Cita como exemplo a introdução de atividades práticas já no primeiro período do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) como ferramenta de aprendizado centrada no aluno, onde este projeta e testa suas ideias e consolida os conceitos definidos para a disciplina envolvida.

Outros trabalhos importantes sobre o ensino da engenharia também foram e continuam sendo desenvolvidos em outras universidades, em diversos países. No mundo temos instituições e eventos nacionais e internacionais, como a ABENGE, no Brasil, a *American Society for Engineering Education* (ASEE), nos Estados Unidos e, o internacional *Research*

in *Engineering Education Symposium*, que sob o patrocínio da UNESCO terá em 2017 a sua 6ª edição em Bogotá – Colômbia.

No Brasil o esforço para a melhoria do ensino levou diversos autores a pesquisar não apenas sobre o ensino nas escolas de engenharia, mas também sobre o aprendizado nas escolas do ensino médio. Os resultados dessas pesquisas têm apontado para uma baixa qualidade da educação nas escolas brasileiras de ensino fundamental e médio (TELLES, 2009), comprometendo o nível de conhecimento prévio dos calouros da engenharia que deveria ter sido alcançado nesses níveis da escolarização.

O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), conforme visto na Tabela 1, mostra que em 2015 o ensino médio não alcançou a meta estabelecida, que era de 4,3, tendo atingido apenas a marca de 3,7, mantendo o mesmo índice de 2011 (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2016).

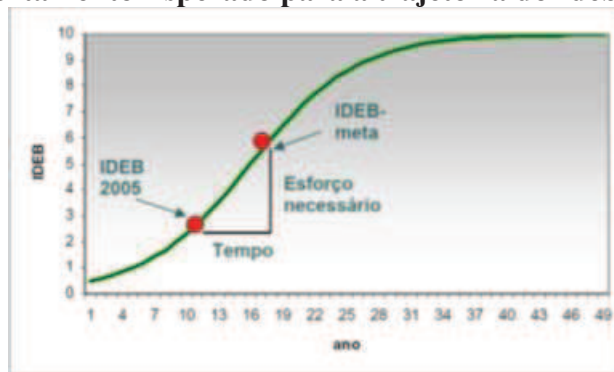
**Tabela 1 - Resultados e metas do Ideb até 2021**  
**Ensino Médio**

	IDEB Observado						Metas					
	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2007	2009	2011	2013	2015	2021
<b>Total</b>	3.4	3.5	3.6	3.7	3.7	3.7	3.4	3.5	3.7	3.9	4.3	5.2
<b>Dependência Administrativa</b>												
<b>Estadual</b>	3.0	3.2	3.4	3.4	3.4	3.5	3.1	3.2	3.3	3.6	3.9	4.9
<b>Privada</b>	5.6	5.6	5.6	5.7	5.4	5.3	5.6	5.7	5.8	6.0	6.3	7.0
<b>Pública</b>	3.1	3.2	3.4	3.4	3.4	3.5	3.1	3.2	3.4	3.6	4.0	4.9

Fonte: (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2016)

“O Ideb funciona como um indicador nacional que possibilita o monitoramento da qualidade da Educação pela população por meio de dados concretos, com o qual a sociedade pode se mobilizar em busca de melhorias.” (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2016). Foi criado em 2007 para medir a qualidade do aprendizado nacional e estabelecer metas para a melhoria do ensino, como mostrado na Figura 1, onde podemos ver o índice 10 como meta apenas para 2050 (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2016).

**Figura 1 - Comportamento Esperado para a trajetória do Ideb ao longo dos anos**



Fonte: (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2016)

No Brasil, segundo Rauber et al.<sup>1</sup>, (apud SCOLARI; BERNARDI; CORDENONSI, 2007), é comum encontrarmos na universidade alunos que, no ensino fundamental e médio, não tiveram o seu raciocínio lógico adequadamente desenvolvido, que não estão habituados a resolver problemas e apresentando dificuldades para interpretar o que estão lendo. Ou seja, faltam-lhes as bases fundamentais para enfrentar os desafios de um curso de engenharia.

Desta forma, ao entrarem na universidade e se depararem logo no primeiro semestre dos seus cursos com disciplinas de programação de computadores, por exemplo, enfrentam um triplo desafio: para aprender a programar (desafio direto) é preciso ter raciocínio lógico desenvolvido e estar habituado a resolver problemas (SILVA, 2012). Como os três fatores são novidades para esse aluno, as dificuldades do aprendizado ficam potencializadas, aumentando em muito a dificuldade do ensino da linguagem de programação contemplada pela ementa da disciplina, que então não evolui na velocidade necessária para se esgotar todo o seu conteúdo dentro da carga horária prevista para a disciplina, contribuindo assim para desmotivações, reprovações e abandonos.

Clark Júnior et al. (2009), Telles (2009) e Oliveira (2010) afirmam que “um dos motivos do desinteresse dos jovens pela engenharia é que as aulas em geral são muito teóricas, matematicamente orientadas e não envolvem experimentos práticos em laboratórios”, tornando o aprendizado muito mais difícil para os aprendizes visuais.

E os problemas continuam: segundo reportagem da Folha de São Paulo (PINHO, 2016), com base em informações do Inep, devido a falta de preparo e financiamento, 3 em 10 alunos largam cursos de exatas. Nesta reportagem a autora declara que na Kroton, maior instituição particular de ensino do país, 32% dos alunos de engenharia abandonam o curso no primeiro semestre.

<sup>1</sup> RAUBER, J. et al. **Que tal um pouco de lógica?!**, Passo Fundo, Clio Livros, 2003.

No que diz respeito à evasão escolar na graduação em engenharia, Oliveira (2010), baseado na “Sinopse da Educação Superior - INEP, 2013”, declara que no setor privado da educação a evasão média ultrapassa os 60%, para os dois primeiros anos nas engenharias. O problema da evasão nos cursos de engenharia também se manifesta em outros países, como apontam, por exemplo, Weitzen, Rux e Webster (2013) em seu trabalho na *University of Massachusetts Lowell*. Estes pesquisadores nos mostram que a partir da adoção do LiaB, foi detectada uma queda nos índices de evasão de 17% para apenas 9%. Além disso, Weitzen, Rux e Webster (2013) perceberam que após a adoção do LiaB, houve um crescimento de 10% ao ano no número de matrículas para o curso de Engenharia Elétrica (ECE) e esperam em poucos anos passar de 140 para 200 alunos matriculados.

Com uma ociosidade de 35% (OLIVEIRA et al., 2013) nas vagas ofertadas, evasão de até 60%, e considerando ainda que “apenas 33,1% trabalham na mesma área em que se formaram.” (TELLES, 2009, p. 13), vê-se um cenário difícil para o desenvolvimento nacional. Segundo o neurocientista Ricardo Gattass, atual diretor de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da FINEP (apud TELLES, 2009, p. 12), “sem engenheiros não há como implementar nenhum projeto de desenvolvimento nacional.” (TELLES, 2009, p. 12).

Ainda segundo Teles, “dados do sistema da federação das indústrias mostram que do total de cursos oferecidos no país por instituições públicas e privadas, 76% são para áreas de humanas e sociais, e 8,8% são para engenharias.” (TELLES, 2009, p. 11-12).

Tudo isso mostra a necessidade do desenvolvimento de trabalhos visando minimizar a baixa procura pelos cursos de engenharia, e criar ambientes motivadores ao aprendizado da engenharia nas instituições que ofertam esses cursos, diminuindo os índices de evasão e de reprovação, além da formação com a qualidade demandada pelo mercado de trabalho.

## **2.2 O Lab in a Box**

O nome e a abordagem Lab in a Box foram originados no Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade de Washington (ECE *Department at the University of Washington*). A abordagem foi logo compartilhada com a Universidade de Virginia (*Virginia Polytechnic Institute and State University*), (HENDRIKS; LAI; WEBB, 2005), visando proporcionar aos alunos experiências práticas (*hands-on*) em casa ou em qualquer ambiente de estudo, com um investimento relativamente baixo pelos mesmos. Hoje é adotada em algumas universidades ao redor do mundo, sempre com base na abordagem original do “Laboratório em todos os lugares, Laboratório em qualquer lugar” como, por

exemplo, na Universidade de Stanford (Mujica, et al., 2015). Segundo a Academic Ranking of World Universities (ARWU) (ACADEMIC RANKING OF WORLD UNIVERSITIES, 2016) Stanford foi a 2ª melhor universidade em todo o mundo em 2016.

Clark Júnior et al. (2009) constatam que nas últimas décadas o ensino da engenharia assumiu uma matematização muito forte, com pouco conteúdo experimental, o que torna o aprendizado difícil para os aprendizes visuais e ativos. Isto se agrava ainda mais se levarmos em conta que muitas oportunidades de aprendizagem informal fora da academia desapareceram neste mundo “*plug and play*” de hoje.

A oportunidade de um aprendizado ativo nas disciplinas introdutórias da *Virginia Polytechnic Institute and State University - Virginia Tech* se deu com a adoção do Lab in a Box. Uma solução híbrida foi adotada nas escolas vinculadas à universidade (*colleges*), tendo em vista o perfil particular dos alunos desses *colleges*, que muitas vezes se tratavam de alunos em tempo parcial e que não dispunham de laboratórios na grade curricular dos seus cursos.

Um ponto forte da proposta do *Lab in a Box* está na sua portabilidade, adaptabilidade e flexibilidade para atender não apenas a uma única disciplina, mas a algumas (HENDRIKS; LAI; WEBB, 2005). Em cada uma das disciplinas onde o LiaB é utilizado, a proposta é que o aluno não simplesmente monte e teste um circuito pré-definido pelo professor, mas que use o seu laboratório para implementar algum projeto que atenda às especificações previamente definidas para a disciplina, recebendo as orientações necessárias para que atinja os objetivos.

Esta metodologia se mostra assim mais adequada para lidar com as questões levantadas no item 2.1 acima.

Long, Horan e Hall (2012) ressaltam a importância dos laboratórios portáteis, por permitirem o aprendizado e o desenvolvimento de habilidades práticas, tais como a montagem de circuitos em uma placa universal de circuito impresso, quando o aluno, dentre outras coisas, aprende técnicas de soldagem. Ressaltando a importância do Lab in a Box e o contato que permite com o mundo real, esses autores, apesar de reconhecerem uma série de pontos positivos nos laboratórios baseados em simulação, outra opção de baixo custo, entendem não serem estes últimos os mais indicados para os primeiros semestres dos cursos, mas sim a partir do momento que os alunos já estiverem mais familiarizados com os objetos físicos, reais, da engenharia.

Nas metodologias convencionais os alunos não têm acesso aos laboratórios fora dos horários agendados ou das aulas, o que significa uma limitação para aqueles que desejam “explorar ideias no seu próprio tempo”. Sob outro ângulo, nessas metodologias o professor tem dificuldades para levar o laboratório até a sala de aula para demonstrar os conceitos nos



quais os alunos enfrentam mais dificuldades de compreender quando são apresentados apenas como uma teoria abstrata. Isso leva a “uma aula sobre conceitos abstratos e outra sobre aplicações práticas, separadas no tempo, no ambiente” e, como é comum, usando diferentes professores para as duas atividades. “A falta de conexão entre teoria e prática leva à diminuição do interesse dos alunos na área.” (ASTATKE et al., 2013).

Ao concluírem sobre o sucesso da experiência na *University of Massachusetts Lowell*, Weitzen, Ruz e Webster (2013) afirmam que antes do Lab In a Box apenas 15% dos alunos do primeiro ano já haviam usado, por exemplo, um osciloscópio. “Agora, no final da disciplina, 100% dos alunos fizeram medições usando equipamentos de testes de última geração, programaram um microcontrolador e criaram projetos eletrônicos” encontrando, no primeiro ano do curso, objetos da Engenharia Elétrica e uma maior identificação com o curso escolhido na universidade.

Sobre o uso de equipamentos de medição (ASTATKE et al., 2013), em um estudo desenvolvido pela *Virginia Tech* em conjunto com outras 5 universidades<sup>2</sup> concluíram que, independentemente da plataforma experimental utilizada em cada uma das 6 universidades, o denominador comum foi o uso de um instrumento eletrônico portátil para medir sinais de tensão variáveis no tempo (ASTATKE et al., 2013). A solução adotada foi o uso de osciloscópios portáteis de baixo custo, baseados em *softwares* instalados nos computadores dos alunos e de um *hardware* de pequenas dimensões e peso conectado à porta USB dos computadores. Esta solução, pela sua portabilidade, pode ser usada em sala de aula ou trabalhos práticos e projetos extraclases. Esta constatação sob o uso de equipamentos de testes no LiaB foi um indicador para que o autor desta dissertação buscasse uma solução de baixo custo, baseado em *tablets* ou *smart phones* associados ao Arduino, para complementar o LiaB que será utilizado pelos alunos da Engenharia Eletrônica, no estudo de caso a ser desenvolvido em 2017.

### 2.3 Aprendizagem Baseada em Problemas

A aprendizagem baseada em problemas é uma metodologia didático pedagógica centrada no estudante, onde este é o principal agente do seu conhecimento. Esta metodologia utiliza problemas para iniciar e motivar a aprendizagem da teoria pertinente ao conteúdo da disciplina e promover o desenvolvimento de habilidades e atitudes nos alunos, necessárias à

---

<sup>2</sup> Morgan State University, Howard University, Rensselaer Polytechnic Institute, Georgia Institute of Technology, Virginia Tech, University at Albany e, Rose-Hulman Institute of Technology.



solução do problema. Para resolver o problema que lhe é colocado, que pode ser uma aplicação prática, o aluno é levado a buscar a teoria. Segundo Silva,

O objetivo principal da PBL é promover um processo de aprendizagem baseado em situações semelhantes às da vida real, nas quais o conhecimento das diferentes disciplinas deve ser integrado. O foco do processo de aprendizagem é a conexão entre o conteúdo aprendido e sua aplicação prática. Além disso, a PBL tem o objetivo de promover o desenvolvimento de habilidades, tais como a de trabalho em grupo e a aprendizagem autônoma e atitudes, tais como cooperação, ética, respeito pela opinião de outros, etc. (SILVA, 2012, p. 22).

Segundo Hung, Jonassen e Liu (2008), o método é adequado para pequenos grupos, com o professor atuando como um facilitador, com foco na compreensão dos conceitos, e não a memorização dos conceitos.

Nesse método, o professor ensina os alunos a aprenderem, guiando-os de forma discreta, preservando a liberdade intelectual criativa dos mesmos, incentivando que busquem o conhecimento nos inúmeros meios de difusão do conhecimento disponíveis e que aprenda a utilizar e pesquisar estes meios (FUERTES SANCHEZ et al., 2015; SEMAN; GOMES; HAUSMANN, 2016).

Astatke et al. (2013) na sua pesquisa para a definição de um método de ensino para suportar a aprendizagem baseada em problemas na engenharia, concluíram que os laboratórios e metodologias convencionais, onde os estudantes normalmente contam com poucos experimentos planejados para investigarem conceitos livremente, são inadequados para o aprendizado centrado no aluno. O ambiente de aprendizagem centrado no aluno pode estimular uma compreensão mais profunda dos conceitos nos quais as engenharias se apoiam e aumentar o envolvimento dos alunos (ASTATKE et al., 2013).

### 3 TRABALHOS CORRELATOS

Neste capítulo são apresentados os principais trabalhos relacionados com o conceito Lab in a Box. Vários trabalhos têm sido publicados envolvendo o uso do Lab in a Box.

Em Hendriks, Lai e Webb (2005) é apresentada a primeira versão do Lab In a Box introduzido na *Virginia Polytechnic Institute and State University (Virginia Tech)* (Figura 2), a partir de experimentos desenvolvidos na universidade de Washington. Nesse trabalho são propostas atividades *hands-on* que tornam a experiência de aprendizado mais motivadora, oferecendo à maioria dos alunos da *Virginia Tech* o primeiro contato dos mesmos com objetos da sua engenharia, dando a estes alunos autoconfiança e melhorando a sua autossuficiência.

**Figura 2 - RSR Assembled Digital Analog Trainer**



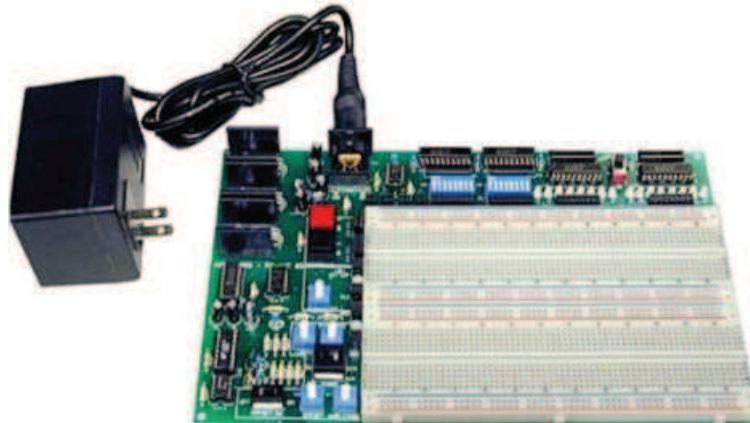
Fonte: (ELECTRONIX EXPRESS, 2016a)

Em Clark Júnior et al. (2009) é apresentado o resultado de 5 anos de trabalho na *Virginia Tech*, hoje baseados em kits (Figura 3), comercializados pela *Electronix Express*. Os kits custam aproximadamente USD190.00 e consideram que todos os alunos da *Virginia Tech* são obrigados a possuir um laptop com as especificações adequadas.

Conforme publicado no site da *Virginia Tech*, a partir de 2016 o Lab in a Box conta com recursos da *National Science Foundation (NSF)* no valor de US\$500,000.00 por um período de 4 anos, com o objetivo de expandir o programa e atender comunidades vizinhas.

O kit vinculado a esta notícia publicada no site da *Virginia Tech* (Figura 4), é comercializado pelo Wal-Mart e custa, já com a caixa para acomodá-lo, cerca de US\$ 200.00. Opcionalmente pode vir acompanhado por um livro de 340 páginas com 38 experimentos, a um custo extra de US\$ 30.00.

**Figura 3 - RSR/VT A and D Trainer – Virginia Tech University**



Fonte: (ELECTRONIX EXPRESS, 2016b)

**Figura 4 - Lab in a Box da Virginia Tech - 2016**



Fonte: (VIRGINIA TECH, 2009)

Com o objetivo de proporcionar aos alunos um “laboratório de eletrônica completo que possa ser usado em qualquer lugar que tenha um computador”, Weitzen, Rux e Webster (2013) apresentam o kit (Figura 5), utilizado para o LiaB na universidade Massachusetts Lowell. O LiaB é utilizado no primeiro ano dos cursos de Engenharia Eletrônica e de Computação da Massachusetts Lowell para o aprendizado de programação de computadores, com o objetivo de propiciar aos alunos atividades práticas significantes, resgatando o entusiasmo dos alunos com a engenharia.

O kit é comercializado pela *Analog Devices & Digilent* a um custo de US\$ 334.00 (US\$ 259.00+US\$ 75.00) e também considera que o aluno tenha um computador pessoal adequado.

**Figura 5 - Kit usado na Universidade Massachusetts Lowell**



Fonte: (DIGILENT, 2016)

Em Qian, Xiaolin e Liang (2011) é apresentado o C8051F005DK MCU *Development Kit* (Figura 6), para o Lab in a Box, utilizado por professores das universidades *Georgia State University*, *Southern Polytechnic State University* e *Tennessee State University* e comercializado pela *Silicon Laboratories* por US\$ 70.00. Apesar de ser um dos menores preços dentre os kits adotados para o LiaB, por ter sido concebido para desenvolver aplicações com os microcontroladores (*Silicon Lab C8051F00x/1x 8*), não abrangendo, por exemplo, a eletrônica analógica, tem uma flexibilidade limitada.

**Figura 6 - Kit comercial usado em Universidades da Georgia e Tennessee**



Fonte: (SILICIN LABORATORIES, 2016)

Implementações de osciloscópios baseados em Bluetooth e no Sistema Operacional Android são apresentadas em Seneviratne e Abhayasinghe (2013) e Hatwar e Wan (2014) baseadas no microcontrolador DsPIC33FJ16GS504.

Em Karim (2014) pode ser vista a implementação do osciloscópio baseada em Arduino, porém não faz uso do Bluetooth nem do Sistema Operacional Android.

Pelo que se observa, todos os trabalhos anteriores mostram o uso de kits desenvolvidos pelas universidades para uso como LiaB, mas produzidos e comercializados por empresas existentes no mercado como, por exemplo, a *Digilent (Analog Discovery)* e *Digikey*.

Percebe-se que estes kits, de uma forma geral, foram concebidos para atender a uma disciplina específica, sendo mais adequados para o envolvimento de um conjunto de práticas pré-estabelecidas, apresentando uma flexibilidade reduzida e então limitação para atender o Lab in a Box proposto no Capítulo 4 deste trabalho.

Nenhum trabalho correlato fez referência à utilização de uma caixa para acomodar o kit utilizado, nem o experimento ou a montagem do aluno. Apenas na primeira versão do Lab In a Box da *Virginia Tech* (Figura 2), pode-se ver a caixa do Lab in a Box, indicando alguma facilidade para o aluno transportar o seu LiaB.

Em nenhum trabalho correlato percebeu-se a menção ao uso de *tablets* ou *smart phones* como instrumento de programação. Nenhum trabalho mencionou o uso do Arduino UNO da forma que é utilizado no LiaB neste trabalho, nem os acessórios (*shields*) existentes para o mesmo no mercado, a um custo bastante acessível. O sensor ultrassônico HC-SR04 usado com o Arduino, por exemplo, custa cerca de R\$15,00 (BAÚ DA ELETRÔNICA, 2016).

O preenchimento dessas lacunas foi um dos motivadores para o desenvolvimento do presente trabalho.

Para finalizar, no Quadro 1 é apresentada uma relação dos kits para LiaB mais relevantes encontrados pela pesquisa, nos diversos trabalhos relacionados pesquisados.

Em todos os trabalhos relacionados pesquisados, desenvolver um Lab in a Box de baixo custo foi um ponto relevante, de forma a facilitar a aquisição do mesmo pelos alunos. Em alguns trabalhos, a base de comparação para se estabelecer o que é um LiaB de baixo custo, foi o preço de um dos livros didáticos tradicionalmente adotados pela universidade onde o LiaB estava sendo utilizado. Para se estabelecer uma base de comparação melhor entre o custo dos diversos kits que aparecem no Quadro 1, todos os valores são apresentados em dólar americano.

**Quadro 1 - Resumo dos Lab in a Box utilizados nos Trabalhos Correlatos**

<b>Autor</b>	<b>Kit ou principais componentes do LiaB</b>	<b>Fornecedor</b>	<b>USD</b>	<b>Aplicação</b>
MUJICA et al. (2015)	TMS320C5535 AIC3204	Texas	165.00	Estudar DSP Stanford University
ESPOSITO et al. (2015)	Analog Shield, DSP Shield TMS320C5535, Arduino-like development environment	Texas/ Digilent	155.00	Estudar DSP Stanford University
WEITZEN; RUX; WEBSTER (2013)	Microcontrolador, Protoboard e componentes. Discovery Kit: Osciloscópio-PC, Gerador de funções, Analisador Lógico, Voltímetro e fonte de energia.	Analog Devices/ Digilent	200.00	Programação de computadores e uso de equipamentos. Massachusetts Lowell
LONG; HORAN; HALL (2012)	PC Scope Mega 50 Multímetro Gerador Funções	Digitec PoLabs	120.00	Cursos a distância Deakin University
QIAN; XIAOLIN; LIANG (2011)	C8051F005DK MCU Development kit	Silicon Labs	200.00	Estudar Sistemas Embutidos <sup>3</sup>
CLARK JÚNIOR et al. (2009)	RSR/VT A AND D TRAINER: fonte, gerador de funções e protoboard. Multímetro digital, PC sound <i>card</i> <i>Oscilloscope</i> e componentes diversos.	RSR - Electronics Express	100.00	Estudar Eletrônica Analogica e Digital Virginia Tech
HENDRIKS; LAI; WEBB (2005)	Fonte e Protoboard. PC sound card oscilloscope e componentes diversos.	Electronics Express	190.00	Estudar Eletrônica Analogica e Digital Virginia Tech

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Todos os trabalhos usam alguma forma de kit industrializado. Todos foram concebidos para uso em conjunto com um computador pessoal, *desktop* ou *tablet*, normalmente adquiridos com investimento feito pelo próprio aluno.

A proposta do Lab in a Box deste estudo de caso, que será apresentada no Capítulo 4 deste trabalho, assemelha-se ao problema motivador que levou as instituições e autores dos trabalhos acima a desenvolverem seus Lab in a Box, mas procura ser ainda mais flexível ao não adotar nenhum kit comercial pré-elaborado, mas sim permitir que o estudante vá construindo o seu próprio laboratório, de forma modular, na medida em que avança no seu curso. Leva também em consideração os estilos de aprendizagem dos estudantes de engenharia enumerados por Felder e Silverman (1988) e Campos (2012).

<sup>3</sup> Estudo de microntroladores nas universidades: *Georgia State University, Southern Polytechnic State University e Tennessee State University*





#### 4 PROPOSTA DO LAB IN A BOX

Este trabalho propõe um modelo de LiaB para auxiliar a melhoria do aprendizado de programação de computadores para alunos do 1º ano dos cursos de engenharia e relata um estudo de caso inicial da utilização de um modelo simplificado por alunos da 1ª disciplina de programação de computadores do curso de Engenharia Mecânica da PUC Minas. Alguns alunos da Engenharia de Energia também cursaram a disciplina. O modelo adotou o enfoque do aprendizado ativo, baseado em problemas, centrado no aluno, que é o principal responsável pela construção do seu conhecimento. Este modelo de Lab in a Box provê o ambiente necessário para o desenvolvimento do raciocínio lógico crítico e de habilidades práticas, pois o aluno interage com objetos reais da sua engenharia.

Assim, o Lab in a Box aqui proposto não é mais um kit de componentes eletrônicos, mas uma abordagem de utilização de um laboratório portátil constituído de recursos de *hardware* e *software* autocontidos em uma caixa, que poderá ser usado em aulas teóricas e práticas e que permite que o experimento do aluno possa ser transportado montado e funcional.

O LiaB neste estudo de caso tem como objetivo primário o aprendizado formativo de lógica de programação de computadores para alunos de engenharia. Como um objetivo secundário está o aprendizado informativo de eletricidade e eletrônica básica, de modo a despertar a motivação para o aprendizado e utilização da eletrônica mais adiante no curso.

Aderente aos objetivos do presente trabalho, o modelo LiaB aqui proposto tem como necessários e indispensáveis os requisitos apresentados no Quadro 2.

**Quadro 2 - Requisitos do LiaB Proposto**

Ser portátil: volume e peso reduzidos.
Ter baixo custo relativo.
Transporte do experimento montado e funcional dentro da caixa
Ser modular ou parametrizado.
Poder ser utilizado em aulas teóricas e de laboratório: LiaB do aluno e LiaB do professor
Promover interação com o mundo real.
Permitir a simulação de circuitos em PC/ <i>smartdevices</i> antes de implementá-los.
Não exigir aquisição de computador pessoal (PC - <i>desktop</i> ou <i>laptop</i> ).
Promover atividades práticas motivadoras ( <i>hands-on</i> ).
Suportar o uso de linguagens de programação textuais e não textuais.
Permitir a adoção do Ensino Baseado em problemas.
Incorporar facilidades de testes básicos de tensão de sinais variantes no tempo.
Permitir trabalho em grupo, como no mercado de trabalho.

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Com esse modelo de LiaB, o aluno, a partir da investigação e experimentação com objetos da sua engenharia, o que gera motivação, sai de uma solução particular para o geral,



para as leis e teorias que norteiam o conhecimento, visto que a abordagem reflexiva da atividade prática constrói uma ponte para um conhecimento teórico sólido. Com o modelo proposto o aluno não simplesmente montará e testará um circuito pré-definido pelo professor, mas usará o seu LiaB para implementar algum projeto aberto que atenda às especificações previamente definidas para a disciplina, mas sem limitação para aqueles que desejam “explorar ideias no seu próprio tempo”.

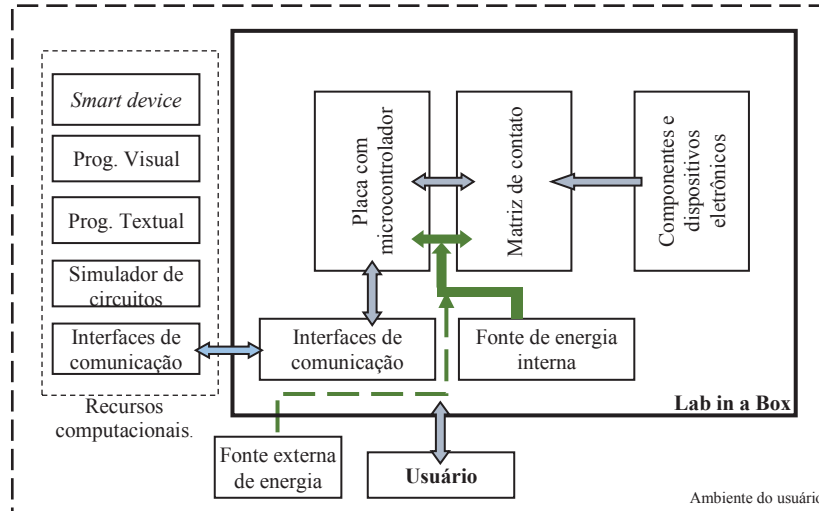
No modelo aqui proposto o LiaB poderá ser utilizado também pelo professor como um recurso adicional em suas aulas teóricas. No estudo de caso a ser desenvolvido em 2017, o professor também terá o seu próprio LiaB que será utilizado durante as aulas teóricas para auxiliar na demonstração dos conceitos e melhorar a retenção do aprendizado pelos alunos.

Ainda segundo o modelo proposto, ao final do semestre os alunos são solicitados a trabalhar em grupo, como no mercado de trabalho, desenvolvendo um Projeto Final. O grupo é estimulado a desenvolver um projeto do seu interesse como, por exemplo, o protótipo de um guindaste para os estudantes de engenharia mecânica. O projeto é definido pelo grupo com a anuência do professor, demanda um conhecimento transdisciplinar e cooperativo e deve despertar nos alunos o interesse que motiva os estudantes a buscarem conhecimentos e habilidades que se fazem necessários para atingir o seu objetivo. A escolha do projeto pelo grupo já o induz a assumir uma postura pró-ativa, necessária para que seja o agente do seu aprendizado. Um desafio adicional é colocado para os alunos, que é a publicação do seu trabalho final em algum espaço público da Internet, como o YouTube.

#### **4.1 Arquitetura do modelo proposto**

Com o intuito de diminuir as frustrações desses alunos nos seus primeiros contatos com a programação de computadores, o modelo proposto tem a sua arquitetura representada pelo diagrama de blocos mostrado na Figura 7.

**Figura 7 - Diagrama em blocos do modelo do LiaB proposto**



Fonte: Elaborado pelo autor

Como visto na Figura 7, o modelo proposto par ao Lab in a Box é composto por:

#### 4.1.1 Placa com microcontrolador

Como o LiaB destina-se a alunos do 1º ano que estão tendo, na maioria dos casos conforme confirmado pela pesquisa, o seu primeiro contato com a programação de computadores e com componentes e dispositivos eletrônicos, a opção por uma placa com microcontrolador ou uma placa de desenvolvimento, simples e de fácil uso, mostra-se a mais indicada. Assim o aluno poderá usufruir da prototipação e da computação física desenvolvendo atividades motivadoras, sem desviar sua atenção do aprendizado da programação de computadores. A computação física, vinculando a programação de computadores aos objetos físicos reais representativos da engenharia escolhida pelo aluno, aumenta o interesse e a motivação do aluno pela programação de computadores. A computação física refere-se ao projeto e construção de sistemas físicos mediante o uso de *hardware* e *software* para a prototipagem do mundo real da engenharia (CONRADI et al., 2011).

É importante que a placa de desenvolvimento adotada, além de baixo custo, deve ser de uso fácil, de forma a oferecer um ambiente amigável para o aluno.

### ***4.1.2 Matriz de Contato***

É nesta unidade que o aluno montará, de uma forma simples, fácil, breve e organizada, o circuito necessário para, juntamente com o microcontrolador, fazer a conexão da programação com os objetos da sua engenharia, do mundo real.

### ***4.1.3 Componentes e dispositivos***

Esta unidade contempla um conjunto de componentes eletrônicos simples, tais como resistores e potenciômetros, cabinhos de conexão, chaves liga-desliga, sensores e pequenos motores, dentre outros itens. Todos de princípios de funcionamento devem ser de fácil compreensão pelos alunos.

### ***4.1.4 Fonte de energia interna***

A existência de uma fonte interna, leve e de baixo custo, atende a um dos requisitos do LiaB proposto, que é a portabilidade. Esta fonte contribui para a autonomia do LiaB ao possibilitar a sua utilização mesmo em ambientes desprovidos de uma tomada de energia elétrica. A solução proposta é utilizar como fonte de energia interna pequenas pilhas, acumuladores ou baterias. Esta solução também assegura ao calouro facilidade de uso da fonte.

### ***4.1.5 Interfaces de comunicação***

Para a prática da computação física, faz-se necessário o uso de interfaces de comunicação com ou sem fio para a que a placa de desenvolvimento possa ser programada.

Periféricamente ao LiaB e como suporte ao mesmo, o modelo pressupõe a utilização de recursos computacionais externos, a saber:

### ***4.1.6 Recursos computacionais***

#### ***4.1.6.1 Linguagens de programação***

Nesse modelo, evita-se o uso de linguagens de programação textuais, logo no início do semestre letivo, na primeira disciplina de programação de computadores ofertada no primeiro semestre do curso. Na linguagem textual, o esquecimento de um ‘ponto e vírgula’, por

exemplo, pode significar o não funcionamento do programa e a não identificação desta falha normalmente leva o aluno a acreditar que ele não consegue aprender a programar.

Dessa forma, os primeiros contatos dos alunos com a programação de computadores se dá, preferencialmente, através da programação visual. Com esta abordagem, o foco do aprendizado fica na lógica da programação e não em uma linguagem de programação específica, o que é muito adequado nos primeiros contatos com a programação de computadores. Com a linguagem de programação visual o usuário cria programas manipulando graficamente os elementos do programa, ao invés de especificá-los de forma alfanumérica ou textual. O aluno mais rapidamente se sente capaz de produzir algumas programações e vê-las funcionarem, pois, dentre outras vantagens quando comparado às linguagens de programação textuais, facilita a depuração do programa (PEREIRA; MEDEIROS; MENEZES, 2012).

Considerando que nos semestres seguintes, nas demais disciplinas de programação de computadores, as linguagens de programação adotadas pelas mesmas são linguagens textuais ou alfanuméricas, o modelo contempla ferramentas de programação que propiciam uma transição suave da programação visual para a textual, já no primeiro semestre do curso.

Nos semestres seguintes, o aluno continuará trabalhando com o seu LiaB de uma forma investigativa, usando linguagens de programação como, por exemplo, a linguagem C, construindo o seu aprendizado de uma forma mais estimulante e motivante.

Desta forma o modelo aqui proposto introduz o aluno ao mundo da programação de computadores através de linguagens visuais e o prepara para o aprendizado das linguagens textuais ou alfanuméricas.

#### **4.1.6.2 Simulador de circuitos**

O simulador de circuitos permite que o aluno antes de fazer a sua montagem física, teste o seu circuito. Esta etapa da atividade experimental ou projeto é muito relevante, principalmente para os iniciantes, com pouca experiência ou habilidade na área.

#### **4.1.6.3 Interfaces de comunicação**

Para a programação da placa de desenvolvimento faz-se necessária a sua interligação com os recursos computacionais externos ao LiaB. Dessa forma se faz necessário o uso de

interfaces elétricas físicas, como a USB, ou baseadas em uma tecnologia sem fio, como por exemplo, Wi-Fi ou *Bluetooth*.

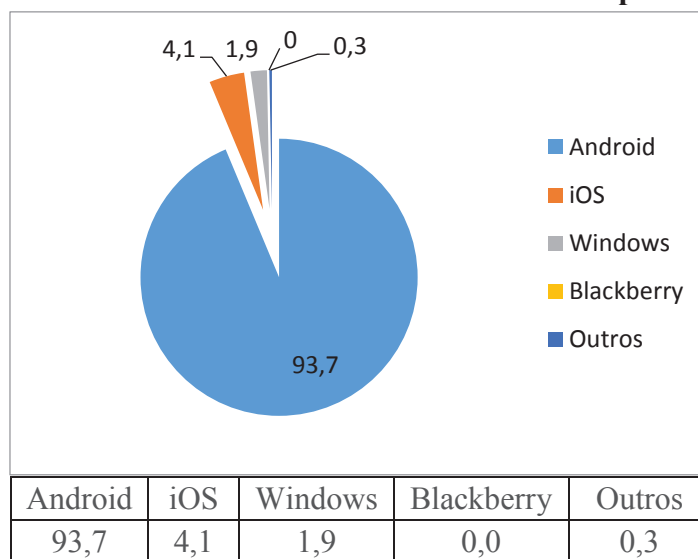
#### 4.1.6.4 Smart devices Android e iOS.

Para atender aos requisitos de custo e portabilidade, uma das ideias centrais do LiaB, que permite que até mesmo os alunos economicamente desfavorecidos disponham do laboratório onde quer que ele vá, 24 horas por dia, sete dias por semana, procurou-se uma solução para dispensar o aluno da aquisição do laptop ou equipamentos de maior custo para a programação da placa de controle. A opção foi pelo uso de *smart devices* com sistema operacional Android ou iOS visto que é possível encontrar aplicativos tanto na *Google Play Store* quanto na *Apple Store* que permitem que os dispositivos móveis Android ou iOS funcionem como ferramenta de programação do Arduino, uma possível placa de desenvolvimento. O Android representa 93,7% do mercado nacional, conforme mostrado na Figura 8, elaborada com base em dados do Kantar WorldPanel (2017), para dezembro de 2016.

A solução com *smart devices* não significa que seu uso é obrigatório, visto que o aluno também pode usar *desktops* ou *laptops*.

A comunicação entre o *smart device* e o Arduino ocorre via interface USB ou Wi-Fi.

**Figura 8 - Percentual de usuários de *smart devices* no Brasil por sistema operacional**



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Kantar WorldPanel

Dentre os requisitos apresentados no Quadro 2 da página 39, está que o modelo proposto é modular ou parametrizável. Dessa forma o aluno poderá, a cada novo semestre do seu curso, incrementar seu laboratório, adicionando novos recursos e facilidades ao mesmo, de forma a permitir o seu uso em períodos mais à frente no curso. Após o primeiro ano, o aluno poderá adequar o LiaB inicialmente, por exemplo, para o estudo da eletrônica analógica e digital e culminando com a incorporação de outros microcontroladores e/ou microprocessadores para, usando o seu LiaB desenvolver habilidades na área de sistemas embarcados (*embedded systems*) através de projetos contextualizados. Essa possibilidade é particularmente importante para os alunos das engenharias de Controle & Automação, Elétrica, Eletrônica & Telecomunicações e Mecatrônica.

Para os alunos desses cursos, a partir de 2017 será sugerida, adicionalmente, a aquisição de alicates, chaves de fenda e ferro de solda, bem como a utilização dos seus *smart devices* também como instrumento de medição (CUNHA et al., 2016). Esses recursos adicionais potencializam o *Lab in a Box* para a experimentação investigativa e o aprendizado da eletrônica analógica e digital, conforme já mencionado, e poderão ser incorporados ao LiaB na medida em que os alunos forem avançando em seus cursos.

É possível encontrar no *Google Play* diversos aplicativos gratuitos que permitem o uso dos dispositivos Android como gerador de sinal ou instrumentos de medição tais como: osciloscópio, voltímetro ou ohmímetro. Estes instrumentos baseados em *smart devices* Android operam com uma precisão equivalente a dos correspondentes equipamentos mais populares existentes no mercado, para frequência de até 5 kHz. Esta precisão e frequência de operação atendem ao propósito do LiaB que aqui se propõe.

Considerando que 93,7% do mercado brasileiro de *smart devices* é Android e a existência dos aplicativos gratuitos no *Google Play* anteriormente mencionados, abre-se uma possibilidade de baixo custo para incrementar o LiaB para o estudo da eletrônica analógica, com a implementação de recursos de medição baseados em *smart devices* Android. A solução baseada em laptop (ASTATKE et al., 2013) apesar de também estar alinhada com a portabilidade do LiaB, se mostra mais difícil de transportar e representa um custo maior que a solução aqui proposta, baseada em *smart devices* Android.

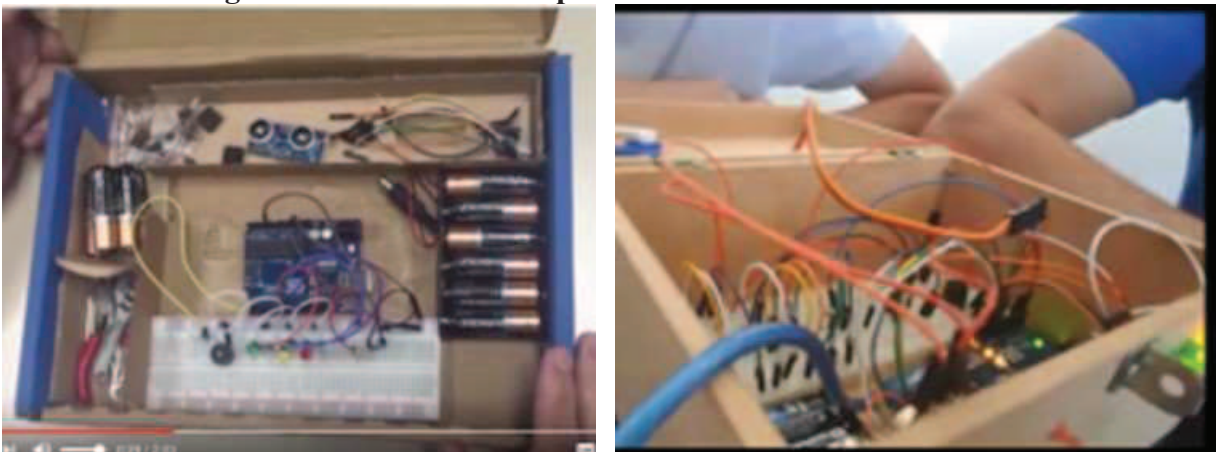
Assim, a partir de 2017, os alunos da Engenharia Eletrônica e de Telecomunicação, e outros que assim o desejarem, poderão incorporar ao seu LiaB as funcionalidades de um voltímetro, ohmímetro ou osciloscópio para sinais de 0 Hz até 5 kHz, uma função por vez, potencializando mais ainda o LiaB como uma importante ferramenta de auxílio ao aprendizado, na medida em que evoluem no seu curso. Transformar estes *smart devices* em

instrumentos de medição de baixo custo, beneficiando um número expressivo de alunos e praticamente não significando volume e peso extras a serem transportados, viabiliza-se, não apenas pela gratuidade dos aplicativos Android, mas também à existência da placa Arduino *Standalone*, por exemplo, que custa cerca de R\$30,00. Um exemplo dessa solução pode ser vista em (CUNHA et al., 2016), que utilizou o Arduino Uno como unidade calibrada de aquisição de dados (conversor A/D) no kit Didactronic (CUNHA et al., 2016). No Didactronic, comandada pelo *smart phone*, o Arduino, envia por *Bluetooth* informações para a tela do *smart phone*. Como o uso desse recurso de medição baseado em *smart phones* se dará nas disciplinas introdutórias da formação do aluno, não haverá prejuízo significativo pela exatidão nas medições realizadas com o mesmo, pois se assemelha à dos instrumentos comerciais mais populares.

Com cada aluno tendo o seu próprio laboratório, não acontece o que é comum nos laboratórios presenciais convencionais, onde um aluno desenvolve a maior parte das atividades e o seu parceiro apenas o acompanha. Mesmo trabalhando em grupos, desenvolvendo atividades práticas, *hands-on*, todos os alunos ficam diretamente envolvidos na tomada de decisões sobre o modo como as coisas devem ser feitas para a construção do seu projeto.

Um experimento anterior a este estudo de caso foi realizado no 1º semestre de 2016. Esse experimento, além de ter servido de aprendizado para os professores da disciplina e para o autor deste trabalho, também lhes permitiu um melhor planejamento para a aplicação do presente estudo de caso, que ocorreu no 2º semestre de 2016. Exemplo de trabalhos produzidos por alunos nesse experimento preliminar é mostrando na Figura 9.

**Figura 9 - LiaB montados por alunos no 1º semestre de 2016**



Fonte: (COSTA; VAZ; ABIJAUDI, 2016; SILVA; SILVA; CASTRO, 2016)

Alguns destes LiaB desenvolvidos no 1º semestre de 2016 foram postados no YouTube e foram utilizados como referência por alguns alunos do presente estudo de caso.

As características destes LiaB, algumas das quais podem ser observadas diretamente na Figura 2, são apresentadas no Quadro 3 e foram utilizadas como referência para se definir os requisitos do LiaB desenvolvido no estudo de caso objeto desta dissertação.

**Quadro 3 - Características do LiaB do primeiro semestre de 2016**

Portátil
Não necessita conexões externas: autocontido.
Não é necessário desmontar o circuito para transportá-lo
Fonte de energia interna (Baterias 1,5 ou 9 V)
Baixo custo relativo. Custo menor que o livro de cálculo adotado no curso
Liberdade de escolha da caixa para acomodar o laboratório
Componentes do LiaB em função do projeto do aluno
Simulação do circuito antes da montagem.
Computação física (baseada no Arduino Uno)
Programação visual-textual
Uso softwares gratuitos.
Projetos abertos e aprendizado baseado em problemas.

**Fonte: Elaborado pelo autor**





## 5 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi desenvolvido na disciplina Algoritmos para Engenharia I – AE I, ofertada no primeiro período do curso de engenharia Mecânica da PUC Minas, para testar e validar o modelo LiaB proposto. A disciplina é ofertada em caráter compulsório, tem uma carga horária de 34 horas-aula distribuídas em 17 aulas semanais de 100 minutos. As turmas são constituídas por grupos de 20 alunos e as aulas se desenvolvem em um ambiente com um computador para cada aluno. Não é ofertada nenhuma disciplina teórica para o ensino de programação de computadores para os alunos do primeiro período.

O estudo de caso contou com a participação de 96 alunos de seis diferentes turmas dos turnos manhã e noite. As turmas foram distribuídas entre dois professores e assistidas pelo autor deste trabalho.

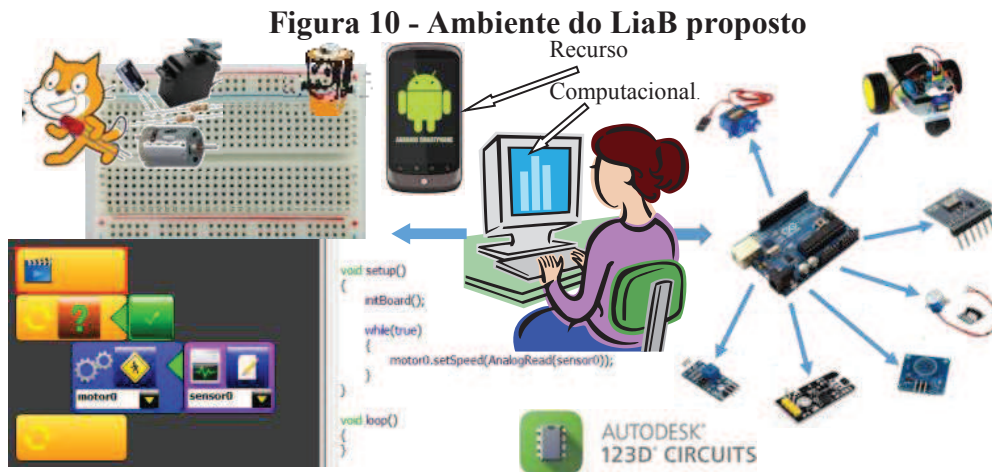
Na primeira semana de aula foi feita uma preleção aos alunos para explicar-lhes que estariam participando de um estudo de caso no qual seria utilizado o Lab in a Box. Foi lhes explicado então que se tratava de um laboratório portátil de baixo custo que seria construído por eles próprios, e que seria utilizado para o aprendizado de programação de computadores na disciplina.

A título de exemplo lhes foram apresentadas algumas versões simples para o LiaB, em diferentes tipos de caixas de baixo custo existentes no mercado, de diversos materiais e formatos. Foi-lhes sugerido também o acesso ao YouTube para terem como referência alguns trabalhos de alunos do 1º semestre de 2016 que haviam participado do experimento preliminar descrito na página 19.

### 5.1 Adaptação do modelo para o Estudo de caso

Por se tratar do 1º estudo de caso, foi proposta aos alunos uma versão simplificada do modelo apresentado na Figura 7, convertida aqui para soluções de mercado de baixo custo, como ilustrado pela Figura 10. Para a construção do seu LiaB, o aluno adquiriu um kit de componentes constituído por um conjunto de resistores, LEDs, capacitores, sensores simples e uma matriz de contato (*breadboard*) de 170 pontos a um custo médio de R\$30,00 o conjunto.

Pela sua facilidade de uso e baixo custo, o Arduino UNO foi adotado como placa microcontroladora e para a sua programação inicialmente foi utilizado o Scratch (PEREIRA; MEDEIROS; MENEZES, 2012).



Fonte: Elaborada pelo autor

Os recursos computacionais adotados estão apresentados no Apêndice A.

Com o Scratch, o aluno mais rapidamente se sente capaz de produzir algumas programações e vê-las funcionarem, pois dentre outras vantagens quando comparado às linguagens de programação textuais, facilita a depuração do programa (PEREIRA; MEDEIROS; MENEZES, 2012). Cabe ressaltar que uma vantagem adicional do Scratch para este estudo de caso, é a existência do mesmo no idioma português.

Considerando que uma parte significativa dos alunos, 87% dos participantes do estudo de caso, não cursaram o ensino médio profissionalizante, antes da introdução da computação física baseada no LiaB, e juntamente com a apresentação dos componentes eletrônicos, foi necessário apresentar aos alunos uma ferramenta de simulação de circuitos. A solução adotada foi o 123D *circuits* (Autodesk). A opção pelo 123D *circuits* foi motivada pela qualidade dos produtos da Autodesk *Circuits*, facilidade de uso e custo. A Autodesk é uma das maiores empresas do setor e disponibiliza esta ferramenta gratuitamente mediante o acesso à sua página pela Internet.

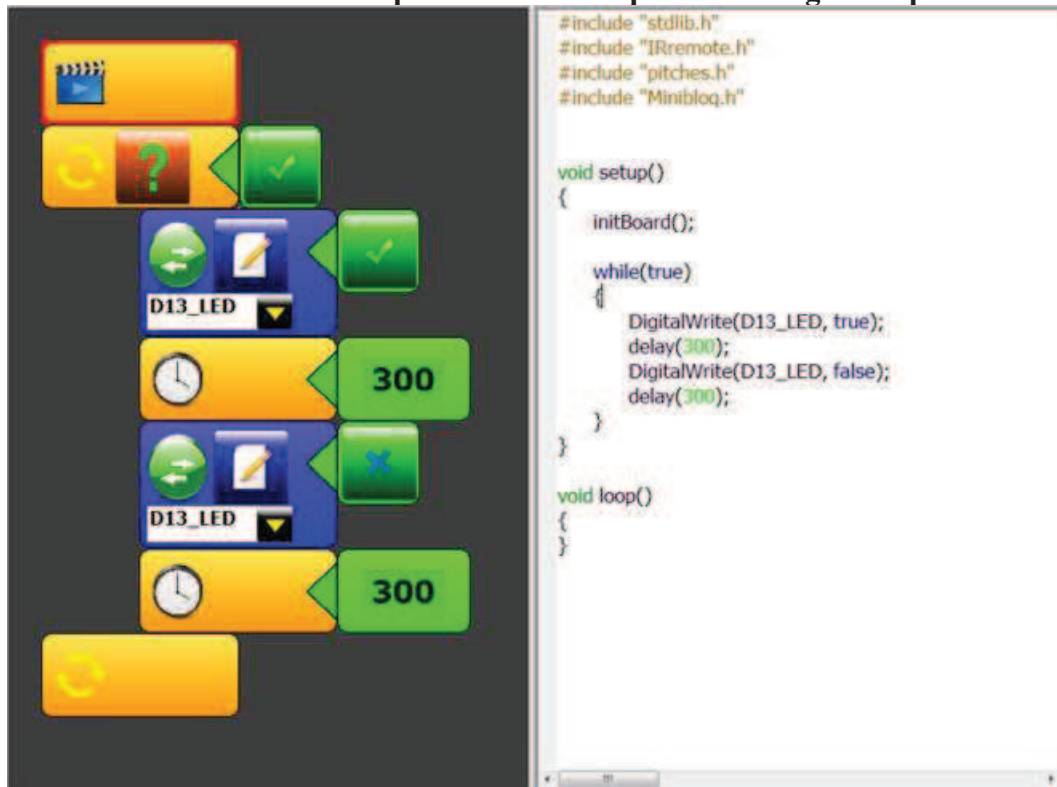
A Autodesk além de apresentar versões do 123D *circuits* para computadores pessoais, desktops ou laptops, também disponibiliza versão para *smartphones* ou *tablets* no modo *on line*, contribuindo assim para evitar a obrigatoriedade dos computadores pessoais que podem comprometer a portabilidade e a autonomia do LiaB proposto

Nesta etapa também é apresentada ao aluno a versão do Scratch para Arduino, com a qual ele inicialmente irá programar o Arduino. Já familiar com a interface homem-máquina do Scratch, Arduino e 123D *circuits*, o aluno está pronto para iniciar o uso do Lab in a Box, ambiente que torna o aprendizado da programação de computadores mais atrativo para os alunos iniciantes dos cursos de engenharia. No modelo de LiaB adotado no presente estudo de

caso, o laboratório montado pelo aluno permite uma prototipagem rápida, mesmo àqueles sem um conhecimento prévio de eletrônica e programação, vinculando a programação de computadores ao mundo real ao seu redor, já no segundo mês do seu ingresso à universidade.

Evoluindo no aprendizado da programação de computadores, usufruindo das vantagens da computação física, o aluno é apresentado então ao miniBloq (miniBloq), no final do semestre letivo, facilitando para o mesmo a transição da linguagem visual para a textual. Na interface homem-máquina do miniBloq, mostrada na Figura 11, podemos ver à esquerda a representação gráfica, visual, do programa e à direita a representação textual do mesmo programa.

**Figura 11 - Interface homem-máquina do Minibloq – ambiente gráfico para Arduino**



Fonte: (MINIBLOQ, 2016)

No experimento realizado como estudo de caso, foi observado que assim que o aluno adquiriu segurança com a Lógica da Programação, não houve nenhuma restrição ao mesmo para programar o Arduino usando uma linguagem alfanumérica.

Nessa etapa do curso, foi sugerida aos alunos a utilização dos seus *smart phones* ou *tablets* para programar o Arduino, para o que se faz necessária a instalação no mesmo ferramenta disponível na *Google Play Store*. Por apresentar uma versão gratuita, o *ArduinoDroid*, cuja tela é mostrada na Figura 12 foi adotado como solução para o estudo de caso. O *ArduinoDroid* está disponível na *Google Play Store*. A versão gratuita perde cerca de

40% da tela do *smartphone*, mas por R\$2,52 a tela fica com toda a área livre.

Com o 123D *circuits* para a simulação de circuitos e o ArduinoDroid o aluno pode simular os circuitos da eletrônica básica envolvida nos seus projetos e programar o Arduino sem a necessidade de usar um computador pessoal.

**Figura 12 - Tela do ArduinoDroid**



Fonte: Capturada pelo autor

O LiaB utilizado no presente estudo de caso permitiu aos alunos desenvolverem atividades ou experimentos vinculados aos objetos das suas engenharias e teve como características os itens listados no Quadro 4, no qual também é possível identificar as soluções de mercado utilizadas para atender aos requisitos apresentados no Quadro 2 da página 39.

**Quadro 4 - Características do Modelo do LiaB Proposto**

Computação física (baseada no Arduino Uno)
Programação com o Scratch e o miniBloq: Visual-textual
Uso softwares gratuitos.
Simulação do circuito antes da montagem (123D <i>circuits</i> )
Componentes do LiaB em função do projeto do aluno
Liberdade de escolha da caixa para acomodar o laboratório
Baixo custo relativo. Custo menor que o livro de cálculo adotado no curso
Projetos abertos definidos por cada grupo de 3 alunos com o professor (PBL)
Possibilidade de programação usando o <i>smart phone</i> ou <i>tablet</i> do aluno
PC ou Laptop não obrigatório
Recursos de medição incorporados no <i>smart phone</i> ou <i>tablet</i> do aluno
Não necessita conexões externas
Não é necessário desmontar o circuito para transportá-lo
Pode ser utilizado em todo o curso.
Portátil
Fonte de energia interna (Baterias 1,5 ou 9 V)

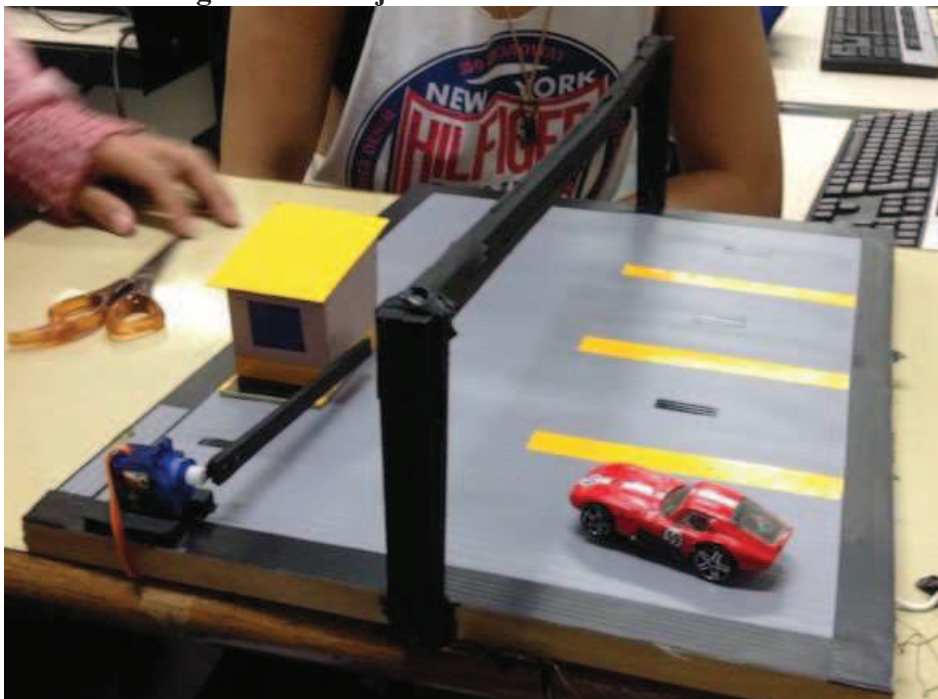
Fonte: Elaborado pelo autor

Todos os *softwares* utilizados estão disponíveis de forma gratuita na Internet, nos sites dos seus desenvolvedores. Com o Arduino, o kit de componentes eletrônicos e uma caixa simples para acondicionar a montagem ou experimento, o custo médio chegou a aproximadamente R\$100,00. A caixa foi adquirida no mercado ou construída pelo próprio aluno de uma forma personalizada, conferindo maior identidade deste com o seu LiaB e que se traduziu em motivação adicional para os mesmos. Para alguns esta foi a sua primeira construção ou obra de engenharia.

Com o desenrolar do semestre letivo, na medida em que os projetos finais foram definidos, alguns grupos de trabalho complementaram os seus laboratórios, por exemplo, com atuadores e motores, como mostrado na Figura 13.

Um número significativo de alunos, 61,2%, construíram seus próprios LiaB. Certamente em função do trabalho em grupo, 98,5%, dos alunos declararam ter usado o LiaB em casa ou fora da sala de aula.

**Figura 13 - Projeto Final utilizando sensor e motor**



Fonte: Elaborada pelo autor

## 5.2 LiaB e projetos montados pelos alunos

Como resultados deste estudo de caso, a seguir são apresentados alguns protótipos montados por alunos no 2º semestre de 2016, onde se pode ver alguns LiaBs e seu conteúdo antes da montagem do circuito e já com a montagem do mesmo.

O modelo de LiaB utilizado é diferente de implementações de LiaB de outras



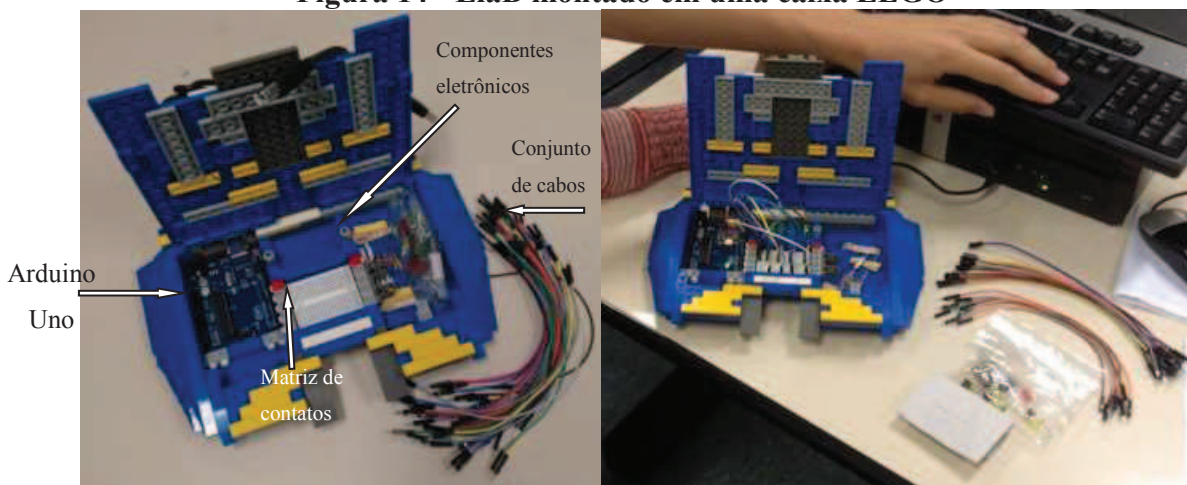
instituições de ensino, tanto na composição dos seus recursos quanto na forma que é utilizado.

Também são mostrados exemplos de projetos desenvolvidos pelos alunos, de acordo com escolhas dos mesmos e em acordo com os professores das disciplinas.

A oportunidade de trabalhar com objetos e projetos que cada um identificou como sendo pertinente à engenharia que escolheu para a sua graduação, desperta o interesse e a motivação para o estudo e a pesquisa dos temas apresentados na disciplina que adota o LiaB.

A Figura 14 mostra um LiaB básico montado por um dos alunos em uma caixa confeccionada com módulos LEGO, com vistas interna e externa.

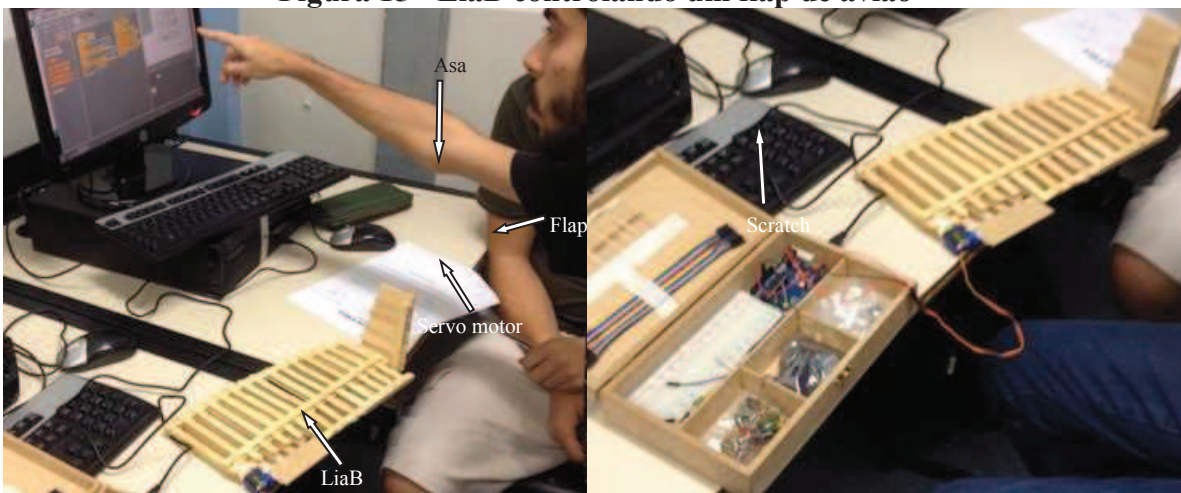
**Figura 14 - LiaB montado em uma caixa LEGO**



Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 15 mostra outra implementação do LiaB em uma caixa de madeira com divisões internas e a sua utilização para simular o funcionamento de um flap de avião, projeto final do grupo de alunos.

**Figura 15 - LiaB controlando um flap de avião**



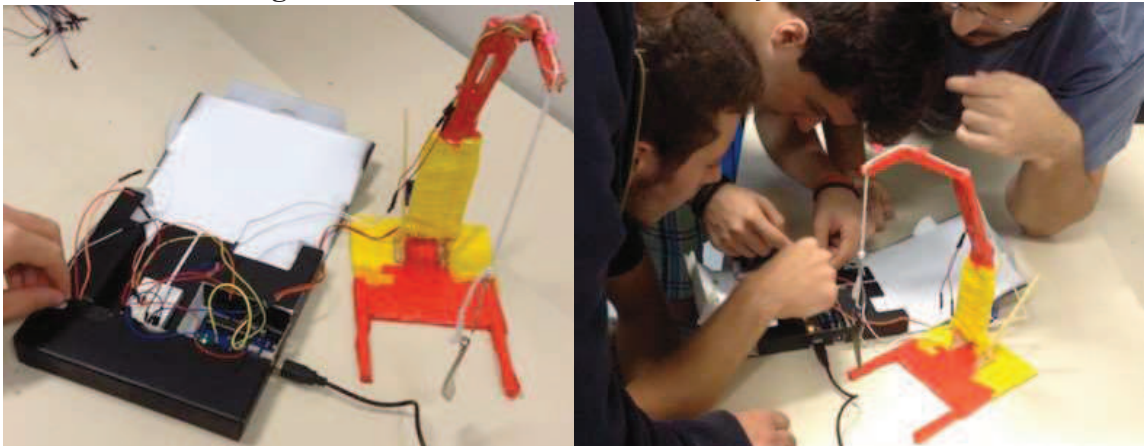
Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 16 mostra o LiaB de outro grupo de alunos sendo utilizado para o controle de um protótipo de um guindaste montado pelos mesmos como Trabalho Final. A Figura 17 mostra o LiaB e o Trabalho Final constituído por uma ponte elevadiça, onde foram empregados sensores de presença e motores.

Além do guindaste, outros objetos ou produtos da engenharia também foram adotados pelos alunos como Trabalho Final da disciplina, tais como braços robóticos, sistemas de irrigação e flaps aeronáuticos (Figura 15). Todos na forma de projetos abertos, de tal forma que mesmo que dois ou mais grupos de uma mesma turma escolham implementar, por exemplo, um flap, com a liberdade de decisão permitida ao grupo, que estimula a criatividade dos alunos, diferentes versões do objeto são produzidas, com características e/ou funcionalidades diferentes.

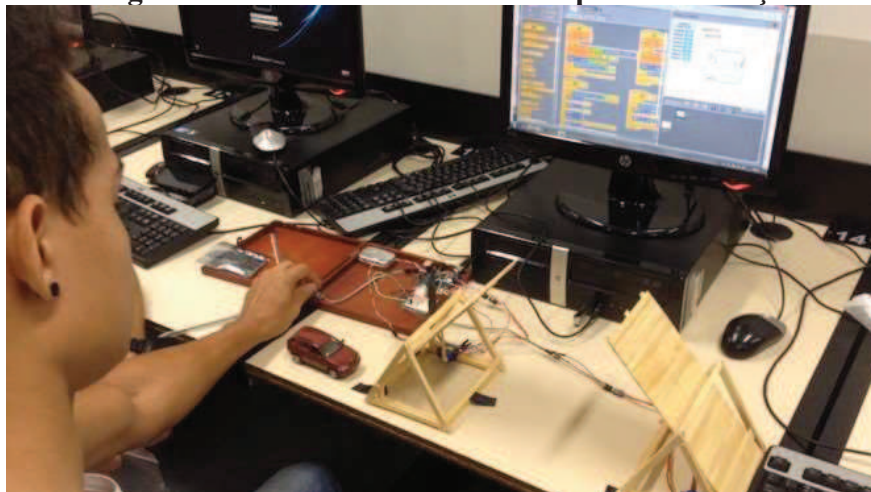
Todos os Trabalhos Finais utilizaram os recursos de programação de computadores estudados ao longo do semestre.

**Figura 16 - LiaB controlando um braço robótico**



Fonte: Elaborada pelo autor

**Figura 17 - LiaB controlando uma ponte elevadiça**



Fonte: Elaborada pelo autor



A Figura 18 mostra o protótipo de um sistema de irrigação implementado por um grupo de alunos da Eng. Elétrica com o auxílio do Lab in a Box.

**Figura 18 - Sistema de irrigação montado por alunos da Eng. Elétrica**



Fonte: (LIMA; LOUISE; CARVALHO, 2016)

O Quadro 5 apresenta uma comparação das principais características do protótipo do modelo de LiaB utilizado no presente estudo de caso, com aqueles adotados em algumas importantes universidades norte americanas, cujas implementações de LiaB mais se aproximaram do modelo proposto pelo presente estudo de caso.

**Quadro 5 - Principais características do protótipo e dos trabalhos relacionados**

Características	PUC	Trabalhos Relacionados			
		(Weitzen et al., 2013)	(Clark Júnior, 2009)	(Hendriks et al., 2005)	(Qian et al., 2011)
Programação Visual	√				
Simulação de circuitos	√		√	√	√
Softwares gratuitos	√				
Prototipação/Proj aberto	√	√	√		√
Possibilita o uso de Smart devices para programar microcontrolador	√				
Dispensa PC/Laptop obrigatório	√				
Não exige kit comercial	√				
Kit do LiaB em função do projeto do aluno: redução de custos	√				
Liberdade de escolha da caixa para acomodar o laboratório (1)	√				
Recursos medição	√	√	√	√	
Recursos medição incorporados no <i>smart phone</i> ou <i>tablet</i> do aluno	√				
Dispensa conexões externas	√				
Transporte do experimento montado e funcional dentro da caixa	√				
Usar em todo o curso	√	√	√	√	√
Portátil	√	√	√	√	√
Computação Física	√	√	√	√	√
Baixo custo relativo	√	√	√	√	√
Fonte de energia AC-DC		√	√	√	√
Bateria	√	√		√	

(1) – personalização da caixa e maior identidade do aluno com o seu LiaB que pode se traduzir em motivação do mesmo.

Fonte: Elaborado pelo autor

Frente aos resultados relativos à montagem do próprio LiaB mostrados neste capítulo, na avaliação do autor desta dissertação, por se tratar do primeiro estudo de caso desenvolvido no IPUC sobre a utilização do LiaB para o aprendizado de programação de computadores, os resultados foram satisfatórios, ainda que tenham ocorrido, por parte de alguns alunos, falhas no entendimento do que realmente é o LiaB. Alguns alunos, por exemplo, construíram um “Projeto na Caixa” e não um “Laboratório na Caixa. Essa interpretação diferente, no entanto, inspira um modelo com diferentes versões de LiaB, como blocos ou módulos interconectados: um LiaB pode, por exemplo, ser um braço robótico da universidade ou o projeto do aluno e o outro LiaB construído pelo aluno para o aprendizado de programação de computadores, o segundo controlando o primeiro.

### **5.3 Testes de conhecimento e questionário**

No estudo de caso, além do acompanhamento direto dos dois professores da disciplina e do pesquisador, foram aplicados questionários e testes de verificação do conhecimento prévio (APENDICE B) nos quais os alunos não eram obrigados a se identificar.

Para a mensuração dos resultados foi aplicado o método de avaliação apresentado por (MENDES; COUTINHO; MARTINS, 2007), com a aplicação de dois questionários com questões qualitativas e dois testes para medir o nível de conhecimento dos mesmos. Uma das informações buscadas com o Questionário Inicial foi conhecer o interesse do aluno pela programação de computadores, enquanto que com o Questionário Final buscou-se conhecer as suas opiniões sobre a eficiência do uso do LiaB para o aprendizado de programação de computadores. Os questionários permitiram então avaliar as expectativas e as percepções dos alunos em relação à disciplina.

Com o Teste Inicial, aplicado no início do semestre, procurou-se quantificar o conhecimento prévio de cada aluno em programação de computadores e com o Teste Final, aplicado no final do semestre, avaliou-se o ganho no aprendizado de cada aluno em programação de computadores, durante o semestre.

Enquanto os questionários foram aplicados via Web, utilizando a ferramenta SurveyMonkey (2016), os testes foram aplicados em sala de aula sob a supervisão do professor e do autor desta dissertação, de forma individual e sem consulta, evitando trocas de informações, pois visaram medir o ganho de conhecimento individual alcançado pelos alunos na disciplina ao final do curso, com o uso do Lab in a Box. As informações colhidas serviram de base para a avaliação sobre a utilização do LiaB para o ensino da engenharia.

### **5.3.1 Questionário Inicial e Teste Inicial**

O Questionário Inicial obteve algumas informações pessoais dos alunos, identificou a sua experiência anterior à sua entrada na universidade em programação de computadores e verificou o interesse dos mesmos pela programação. Nesse questionário, além dos alunos informarem sua expectativa em relação à disciplina que se iniciava, foram feitas perguntas para conhecer se já tinham contato prévio com a metodologia LiaB, com o Scratch, com o 123D *Circuits* (Autodesk *Circuits*) e com o Arduino, de forma a permitir aos professores identificar as dificuldades que os alunos poderiam ter com os recursos que seriam utilizados durante o curso e conhecer as suas expectativas.

O Questionário Inicial foi respondido por 79 alunos, ou seja, por 82% de um total de 96 alunos das turmas que utilizaram o LiaB.

Já o Teste Inicial, por ter sido realizado em sala de aula, foi respondido por um número maior de alunos, ou seja: 89 alunos responderam ao Teste Inicial, ou seja, 92,7 % do total de 96 alunos.

Uma importante informação obtida com o Questionário Inicial foi sobre a formação acadêmica prévia dos alunos, cujo resultado foi:

- a) 87% não cursaram ensino médio profissionalizante;
- b) 91% informaram ter nível de conhecimento prévio em programação de computadores no nível básico, baixo ou muito baixo;
- c) 6% informaram ter nível de conhecimento prévio em programação de computadores no nível médio;
- d) Apenas 3% informaram ter nível alto.

O Teste Inicial teve como média global de aproveitamento das 6 turmas a nota 3,97 em 10.

### **5.3.2 Questionário Final e Teste Final**

O Questionário Final foi aplicado na penúltima semana letiva e visou obter opiniões sobre a experiência vivida pelos alunos durante o semestre, possibilitando avaliar a eficiência e eficácia do LiaB como instrumento de aprendizado. Do total de 96 alunos, 68 responderam ao Questionário Final, ou seja, 71%.

A Tabela 2 mostra a impressão global dos alunos sobre o LiaB, obtida a partir do Questionário Final. Todas as perguntas deste item do questionário foram respondidas por todos 68 alunos que participaram da enquete realizada usando o SurveyMonkey. Os percentuais são relativos aos 68 alunos e os resultados são apresentados com as respostas agrupadas como Positivas e Negativas.

**Tabela 2 - Impressão Global dos Alunos sobre o LiaB**

FATORES AVALIADOS	Questão	%
O LiaB fortalece o aprendizado da programação de computadores	Q2-1	94,1
As atividades com o LiaB vincularam a teoria à prática	Q2-1	92,7
A Computação Física facilitou o aprendizado da programação de computadores	Q2-3	83,8
As aulas com o LiaB foram mais motivadoras que as demais	Q2-4	82,4

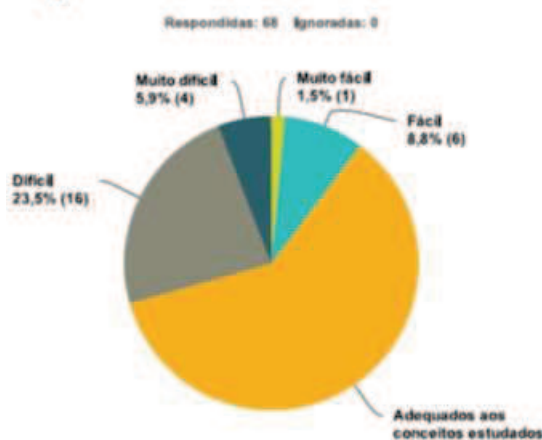
Fonte: Elaborado pelo autor

Outros fatores pesquisados com o Questionário Final são apresentados a seguir.

A Figura 19 mostra que apenas 20 dentre os 67 alunos que responderam a esta questão, ou seja, 29,4%, responderam que o nível de dificuldade dos experimentos com o LiaB foi alto. A distribuição dos graus de dificuldade encontradas pelos alunos com os experimentos (Figura 19), mostra a existência, numa mesma sala de alunos, de vários níveis, indicando a vantagem do uso do LiaB em sala de aula. Diferentemente das aulas convencionais, aqui as diferenças individuais ou de grupos podem ser mais facilmente trabalhadas.

**Figura 19 - Nível de dificuldade dos experimentos com o LiaB**

O nível de dificuldade e complexidade dos experimentos com o Lab in a Box foram:



Fonte: Elaborada pelo autor - SurveyMonkey

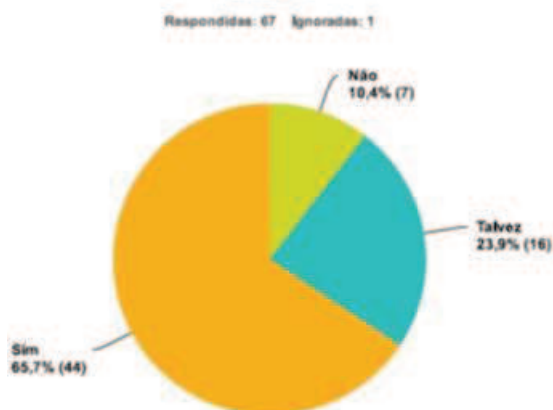
Como era de se esperar, cada grupo apresentou diferentes níveis de dificuldade e de desenvolvimento, durante cada aula e ao longo do curso e a experiência em sala de aula mostrou que o professor conseguiu atender numa mesma sala de aula, à semelhança das classes multisseriadas que ocorrem em algumas escolas do Ensino Fundamental, os diferentes grupos nas suas dificuldades particulares.

O trabalho em grupo foi um ponto importante para o compartilhamento e a difusão do conhecimento ao longo do semestre.

Dez dos alunos que informaram que os experimentos foram difíceis representam todos os que reponderam que não tiveram facilidade para trabalhar com o LiaB, ou seja, 10 em 66 respondentes, ou apenas 15,2%.

A Figura 20, mostra que 65,4% de 67 alunos responderam à questão, de forma categórica, que gostariam de utilizar a abordagem LiaB em outras disciplinas de laboratório do seu curso. Não foi perguntado aos mesmos sobre a utilização do LiaB em relação às disciplinas teóricas, visto não haver base de comparação para os mesmos neste primeiro estudo de caso.

**Figura 20 - Uso do LiaB em outras disciplinas**  
Você gostaria de utilizar a metodologia LiaB em outras disciplinas de laboratório do seu curso?



Fonte: Elaborada pelo autor - SurveyMonkey

Um dos requisitos do LiaB neste estudo de caso é que seja de baixo custo, considerando a condição socioeconômica de um número expressivo de alunos que entram na universidade e que teriam dificuldades na aquisição dos componentes eletrônicos, peças e partes necessárias ao kit para montar o LiaB. A Figura 21 mostra que apenas 26,5% dos alunos consideraram este valor como caro, ou seja, 73,5% (50 em 68) se manifestaram considerando o valor adequado, barato ou muito barato.

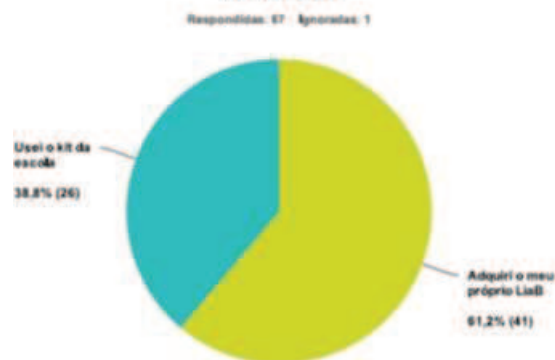
**Figura 21 - Opinião dos alunos sobre o custo do LiaB**  
 O custo de até R\$100,00 para o kit que poderá ser utilizado em AE I, All e por alguns alunos em AE III é um valor:



Fonte: Elaborada pelo autor - SurveyMonkey

Outro requisito para este estudo de caso é a portabilidade do LiaB, de tal forma que o aluno possa ter o recurso laboratorial e todas as vantagens já apresentadas sobre as atividades *hands-on*, ao seu dispor onde quer que esteja, a todo o momento que assim o desejar. Para isso é necessário que pelo menos um aluno do grupo de trabalho tenha o seu próprio LiaB. Na Figura 22 é mostrado o percentual de alunos que trabalharam com o LiaB adquirido e montado pelos mesmos.

**Figura 22 - Percentual dos alunos que usaram o próprio LiaB**  
 Você adquiriu o seu próprio LiaB ou usou o kit da PUC?



Fonte: Elaborada pelo autor - SurveyMonkey

Associado a esta informação verificou-se que dos 67 alunos que responderam à pergunta se o LiaB o ajudou por ser portátil e poder ser usado fora da sala de aula, 60, ou seja, 89,6%, responderam afirmativamente.

Considerando os trabalhos em grupo, a expressiva maioria de 98,5%, isto é, 67 dos 68 alunos que responderam a esta pergunta, informaram que usaram o LiaB fora da sala de aula.

Como pode ser visto na Figura 23, dos 68 alunos que reponderam sobre os *smart phones* ou *tablets*, 55,9% usam dispositivos com sistema operacional Android.

**Figura 23 - Percentuais de *smart devices* por sistema operacional**



Fonte: Elaborada pelo autor - SurveyMonkey

Destes 68 alunos, 88,3 % acreditam que a possibilidade de usá-los como ferramenta de programação aumenta o potencial do LiaB e 92,7% dos mesmos acreditam que a possibilidade de usá-los como um Voltímetro, ou Osciloscópio, também aumenta esse potencial.

O Teste Final para medição do aprendizado, para maior controle do pesquisador e dos professores da disciplina foi aplicado em sala de aula, no mesmo dia da aplicação do Questionário Final, na penúltima semana letiva, por 88 dos 96 alunos, ou seja, 91,7% do total dos alunos. A média global de aproveitamento das 6 turmas foi 7,87 em 10.

Desta forma, como o espaço entre os dois testes foi de aproximadamente dois meses, procurou-se avaliar o índice de retenção do conhecimento.

Comparando os resultados globais dos dois testes onde o Índice Geral de Aproveitamento foi 39,7% no Pré-teste e de 78,7% no Teste Final, verifica-se que houve uma significativa absorção e retenção dos conteúdos ministrados na disciplina utilizando o LiaB. No Pré-teste, apenas 17,4% dos alunos obtiveram índice maior ou igual a 60%, com apenas 2,3% dos alunos tendo atingido o índice mais elevado, que foi de 77,5%. Já no Teste Final, de uma forma inversa, apenas 3,9% dos alunos não alcançaram o índice de aproveitamento de 60%, obtendo o índice de 50%. Desta forma, vê-se que 96,1% dos alunos atingiram índice de aproveitamento maior que 60%, sendo que 29,9% alcançaram índices 90% e 100%. Ou seja, o índice de aproveitamento igual ou maior que 60% subiu de 17,4% para 96,1%, indicando um



salto extremamente significativo em relação ao conhecimento prévio verificado no início do semestre, conforme mostrado na Tabela 3, ou seja a nota praticamente dobrou.

**Tabela 3 - Ganho de aprendizado no Semestre**

QUESITO	MÉDIA EM 10	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
Nota média Pré-Teste	3,97	1,52	0,38
Nota média Teste Final	7,87	1,29	0,16
Ganho Médio Absoluto	3,90	-	-
Ganho Médio Relativo	1,98 vezes	-	-

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Como mostrado na tabela 3, além do ganho médio percentual observou-se também uma melhoria do desvio padrão no fim do semestre, se comparado ao do início.

#### **5.4 O LiaB na visão dos alunos**

Ao final do estudo de caso, foi dada aos alunos a oportunidade de manifestarem livremente a sua opinião sobre os principais pontos fortes e os principais pontos fracos do Lab in a Box, da forma que ele foi usado na disciplina Algoritmos para Engenharia I, AE – I, para o aprendizado dos conteúdos da disciplina. Foi solicitado também aos mesmos que dessem sugestões de alterações para as próximas turmas de AE – I visando melhorar os resultados obtidos no estudo de caso e de quais componentes seriam interessantes para serem agregados ao LiaB para se trabalhar em AE II, disciplina que no segundo semestre do curso dá continuidade à AE I no ensino/aprendizagem de programação de computadores. A seguir estão transcritas algumas das respostas de alguns alunos às questões postas aos mesmos.

Como ponto forte do LiaB em AE – I, foi destacada a “facilidade na compreensão do funcionamento e de programação” e que o LiaB “facilitou a montagem em qualquer lugar e trouxe um bom conceito pela sua criação”.

Como alterações para as próximas turmas de AE – I um dos alunos do curso de Engenharia Mecânica sugere “uma visão maior da área da mecatrônica, projetos maiores, e mudança do Scratch para o C, pois por tudo que escutamos no segundo período C cai no nosso colo e existe um baque muito grande, além disso, o robô pedido por Introdução à engenharia tinha que ser todo feito em C, e não sabíamos nada”.

Foi colocado também que “um horário maior de aula ajudaria no desenvolvimento dos projetos, e melhor entendimento para o grupo todo”.

Como sugestões de componentes interessantes para se trabalhar em AE – II foi citado



o uso de “Servo motor, Motores de passo, Motores DC, dentre outros”.

Finalmente, vale destacar o comentário de um dos alunos solicitando “um pouco mais de atenção com quem nunca teve contato com programação. Acho que poderia ajudar a pessoa a não ter muita dificuldade”.

## 5.5 Depoimentos dos professores

Além da opinião dos alunos, ao final do semestre foi solicitada aos professores da disciplina que participaram do estudo de caso uma avaliação pessoal crítica do Lab in a Box proposto. Assim, na avaliação do Prof. Nesley Daher,

São vários os aspectos positivos apontados, entretanto, algumas questões precisam ser melhor compreendidas para uma melhoria da proposta. Talvez a maior delas esteja relacionada com a maturidade dos alunos que irão trabalhar com esta proposta. O fato de terem que criar algo, para muitos, soa como algo novo e nem todos estão acostumados a trabalharem sem ter um “racional” ou “lista de tarefas” a seguir. Neste trabalho, a concepção e a criação do “Lab in a Box” fica por conta do aluno ou do grupo e por ser para muitos algo novo, existe uma demora para vencer a inércia e propor um projeto, mesmo que incipiente, para o mesmo. Uma maneira de minimizar isto, talvez, pudesse passar por utilizar um modelo padrão que fosse apresentado aos alunos nos primeiros dias de aula para que familiarizassem com a ideia e durante as aulas os estimulassem a pensarem como cada atividade pudesse ser encaixada em um “Lab in a Box”. Assim, poderia criar um ambiente onde depois de algum tempo o conceito se tornaria algo natural possibilitando que o estímulo e a capacidade de criação de cada um aflorasse sem maiores dificuldades. (informação pessoal)<sup>4</sup>.

No depoimento dado pelo professor Roberto, este afirma que,

Ao utilizar o LiaB nas turmas em que ministro a disciplina Informática, verifico um maior dinamismo e entusiasmo dos alunos em relação ao método tradicional. Os alunos sempre se surpreendem ao verificar de forma simples a interação entre o Hardware e o Software.

O trabalho em grupo também se mostra eficaz, pois existe o entrosamento entre os integrantes dos mesmos, que extrapolam em muito os muros da Universidade. Os próprios alunos querem cada vez mais desafios e a lógica de programação, meu principal foco, fica cada vez mais evidenciada.

O desafio de se criar projetos e de disponibilizar vídeos na internet, foi um grande desafio para os alunos, ao mesmo passo que os encorajaram a produzirem excelentes trabalhos.

Vejo, também, que o apoio e a interação entre os professores que iniciaram o projeto foram motivos para o sucesso deste protótipo. Estamos em uma nova fase em que todas as disciplinas dos cursos de engenharia seguirão este modelo. O que torna de vital importância a interação de todos os professores envolvidos.

O enfoque neste período é a utilização do LiaB no ensino de linguagens de programação tais como: MATLAB e C. No estudo inicial foi dada ênfase ao estudo de linguagens visuais e a lógica, na maior parte das vezes efetuada pelos próprios

<sup>4</sup> Oliveira, Nesley J. D. Professor da disciplina na qual o Estudo de Caso foi aplicado. Mensagem recebida de "Nesley Daher" <nesdaher@gmail.com>

grupos de alunos, agora o enfoque será ainda mais nas estruturas de programação e de dados.

Estou muito entusiasmado com os rumos do projeto. (informação pessoal)<sup>5</sup>

Também foram convidados a fazer uma avaliação dos resultados do Estudo de Caso, o Coordenador do Colegiado de Coordenação Didática da Engenharia Mecânica, Prof. Denilson<sup>6</sup>, tendo em vista que o maior número de alunos envolvidos no estudo de caso é desse curso, e o professor Max<sup>7</sup>, Chefe do Departamento de Ciência da Computação do ICEI, que oferta a disciplina para o IPUC.

Na avaliação do Prof. Denilson,

O corpo docente precisa estar atento à estas novas tecnologias, à novas metodologias de ensino. É importante na formação do profissional em engenharia o contato com a prática. O desenvolvimento de projetos práticos, os desafios de fazer funcionar, criar, operacionalizar. Estas atividades motivam o aluno a buscar as soluções, desperta o apetite para o aprendizado e com esta demanda de aprendizado instalada, os docentes terão mais sucesso na transferência de conteúdos para os alunos, formando profissionais mais bem preparados e criativos". (Prof. Denilson).

Segundo o professor Max,

O principal diferencial das técnicas aplicadas na disciplina Laboratório de Iniciação à Programação é a motivação dos alunos. O ambiente da disciplina provoca um aumento no tempo de estudo fora da sala de aula, facilitando a compreensão dos conceitos iniciais de programação de computadores. Outro ponto que chama atenção positivamente é a participação e o comprometimento do aluno dentro da sala de aula. (Prof. Max).

---

<sup>5</sup> Roberto, Professor da disciplina na qual o Estudo de Caso foi aplicado. Mensagem recebida de robertofelipedias@gmail.com

<sup>6</sup> Rodrigues, Denilson Laudaes. Chefe do Departamento de Eng. Mecânica e Coordenador do Colegiado de Coordenação Didática do curso de Engenharia Mecânica da PUC Minas. Mensagem recebida de "<denilsonlr@pucminas.br>

<sup>7</sup> Machado, Max do Val. Chefe do Departamento de Ciência da Computação do ICEI - PUC Minas. Mensagem recebida de <maxmachado@gmail.com>



## 6 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que o modelo de LiaB utilizado no presente estudo de caso alcançou os objetivos propostos e proporcionou um espaço motivador para o aprendizado de programação de computadores, perceptível não apenas através do entusiasmo e dos trabalhos produzidos pelos alunos, mas pelo registro formal feito por 61,2% dos 67 alunos que responderam a esta pergunta do Questionário Final, declarando que construíram o seu próprio LiaB. Este número é significativo, considerando que representou um desembolso voluntário pelo aluno para ter o seu próprio LiaB e se torna ainda mais significativo se for levado em consideração que os alunos trabalharam em grupos de 3 alunos. Com o trabalho em grupo, seria necessário apenas que um terço dos alunos construísse o seu próprio LiaB para que 100% dos grupos pudessem usá-lo fora do horário das aulas. No entanto, aproximadamente dois terços fizeram o investimento.

Para adquirir o kit de componentes eletrônicos, peças e partes necessários para montar o LiaB, o investimento médio do aluno ficou em R\$100,00. Como este valor foi considerado satisfatório por 73,5% dos alunos, ou seja, pela sua maioria, a proposta de uma solução LiaB de baixo custo também pode ser considerada como atendida.

Outro resultado do trabalho que permite afirmar que os objetivos propostos foram atingidos é a declaração de 82,4% dos alunos de que a disciplina com o LiaB foi mais motivadora que as demais disciplinas por eles cursadas no mesmo semestre letivo.

A realização por parte dos alunos de experimentos fora do ambiente do laboratório convencional, dentro do conceito “laboratório em qualquer lugar”, sem a necessidade de uma sala de laboratório específica, mostrou-se extremamente vantajosa para o aprendizado da programação de computadores: além da satisfação com o uso do LiaB manifestada pelos alunos e professores, a nota média em 10 pontos subiu de 3,97 no primeiro teste para 7,87 no segundo teste, ou seja, praticamente dobrou.

Além de ter contribuído para o aprendizado de programação de computadores, o modelo de LiaB proposto neste estudo de caso forneceu o espaço necessário para o desenvolvimento do pensamento lógico, crítico e de habilidades práticas.

Com esse ganho de aprendizado e os demais resultados acima, é possível concluir que os objetivos propostos foram atingidos.

A seguir estão apresentadas as principais contribuições desta pesquisa. Da mesma forma, posteriormente estão apresentados possíveis trabalhos futuros relacionados com os objetivos desta pesquisa.

## 6.1 Principais contribuições

As principais contribuições desta pesquisa são:

- a) Modelo de Lab in a Box diferente dos Trabalhos Correlatos, de acordo com o Quadro 4 da página 52;
- b) Oferecer aos alunos um Lab in a Box de baixo custo, adequado às instituições cuja maioria dos seus alunos é de tempo parcial e que trabalha para pagar o próprio estudo e se manter;
- c) Oferecer aos alunos a possibilidade de um aprendizado efetivo, adaptável às necessidades de diferentes disciplinas da engenharia, com dimensões e peso adequados à portabilidade necessária ao LiaB para que esteja disponível ao aluno 24 horas por dia, 7 dias por semana em qualquer lugar que o aluno esteja;
- d) Vincular a Programação Visual ao LiaB como porta de entrada para o aprendizado da programação de computadores na engenharia;
- e) Utilizar softwares gratuitos;
- f) Utilizar *smart devices* como instrumentos facilitadores do aprendizado em substituição a desktops e laptops;
- g) Permitir ao aluno a liberdade de construção do seu próprio LiaB, personalizando-o em função do seu projeto, aumentando a sua identificação com a engenharia;
- h) Complementar ações para a melhoria da qualidade de ensino, visando a redução de reprovações e a evasão escolar na engenharia, que apresenta índice elevado;
- i) Vincular técnicas de ensino/aprendizagem à educação em engenharia.

## 6.2 Perspectivas de trabalhos futuros

Esta pesquisa abre a possibilidade de diversos trabalhos futuros, tirando proveito da flexibilidade e modularidade propostas. Dentre as possibilidades, vislumbramos:

- a) Repetir testes com grupos de controle;
- b) Generalizar testes, envolvendo outros cursos e universidades;
- c) Desenvolvimento de LiaB mais adequados para sua aplicação a cada uma das diferentes modalidades de engenharia;

- d) Incorporação de uma fonte DC e um gerador de Sinais ao LiaB;
- e) Utilização do LiaB nas disciplinas de programação de computadores do 2º e 3º períodos de todos os cursos de engenharia do IPUC e, após a sua consolidação nessas disciplinas iniciais de programação de computadores, avaliar a utilização do LiaB nas disciplinas práticas de eletrônica analógica e digital dos períodos subsequentes;
- f) Utilização do LiaB em aulas teóricas, onde o professor também terá o seu próprio LiaB que será utilizado durante as aulas teóricas para demonstrar conceitos e auxiliar a retenção do aprendizado pelos alunos;
- g) Finalmente, pretende-se também levar o LiaB para as escolas de Ensino Médio da Sociedade Mineira de Cultura, instituição que também é mantenedora da PUC Minas, de forma a despertar nos seus alunos o interesse pela engenharia.

### **6.3 Trabalhos Futuros que serão realizados a partir de 2017**

Para o próximo estudo de caso, é necessário deixar mais claro o conceito do Lab in a Box na primeira apresentação do mesmo para os alunos, sem tomar um tempo excessivo da aula. Para isso é importante a confecção e publicação e divulgação entre os alunos de um vídeo na Internet sobre o modelo LiaB proposto para disciplina. Também é importante a apresentação do Quadro de requisitos do LiaB proposto para todos os alunos.

No Estudo de Caso 2017, como LiaB permite um trabalho mais individualizado com o aluno, será solicitado aos alunos que respondam logo no início do curso ao *Index of Learning Styles Questionnaire* (FELDER; SOLOMON, 1988).

Conhecendo o perfil de aprendizado dos seus alunos, o professor poderá buscar a convergência das abordagens de ensino, com os perfis de aprendizado dos seus alunos, o que poderia levar a uma identidade maior entre o aluno e a engenharia por ele escolhida, tornando o ambiente mais motivacional e propício a um aprendizado permanente e de qualidade. Isso poderia diminuir a evasão e os prejuízos causados pela mesma, que afeta tanto alunos quando as instituições de ensino.



## REFERÊNCIAS

ACADEMIC RANKING OF WORLD UNIVERSITIES. **Academic ranking of world universities 2016**. [S. l.]: Shanghairanking, 2016. Disponível em: <<http://www.shanghairanking.com/ARWU2016.html>>. Acesso em: 23 dez. 2016.

ARDUINO. **Arduino Uno Rev3**. [S. l.]: Shanghairanking, 2016 Disponível em: <<http://www.shanghairanking.com/ARWU2016.html>>. Acesso em: 23 dez. 2016

ASTATKE, Yacob et al. Models of adoption and best practices for mobile hands-on learning in electrical engineering. In: FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 2013, Oklahoma City. **Proceedings of the...** New York: IEEE Xplore, 2013.

AUTODESK CIRCUITS. **Electronics from beginner to pro**. Disponível em: <<https://circuits.io/>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

BAÚ DA ELETRÔNICA. **Sensor ultrassônico HC-SR04**. Disponível em: <[http://www.baudaeletronica.com.br/modulo-de-sensor-ultrassonico-hc-sr04.html?gclid=Cj0KCCQjw557NBRC9ARIsAHJvVVMgX72um0uAjWJXf5r5IXCoIMW3MZleKoA1JwXzA0kLZt0KsLOMuDQaAiQnEALw\\_wcB](http://www.baudaeletronica.com.br/modulo-de-sensor-ultrassonico-hc-sr04.html?gclid=Cj0KCCQjw557NBRC9ARIsAHJvVVMgX72um0uAjWJXf5r5IXCoIMW3MZleKoA1JwXzA0kLZt0KsLOMuDQaAiQnEALw_wcB)>. Acesso em: 16 nov. 2016.

CAMPOS, Paulo Roberto Breno de. **O ensino reflexivo em experimentos de laboratório didático na engenharia**. 2012. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas, Florianópolis, SC, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/99263/303922.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: dez. 2016.

CLARK JR, Richard L. et al. Work in progress: transitioning Lab-in-a-Box (LiaB) to the Community College Setting. In: FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 39, 2009, San Antonio, TX. **Proceedings of the...** New York: IEEE. 2009. p. 18-21..

CONRADI, Bettina et al. Flow of electrons: an augmented workspace for learning physical computing experientially. In: ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERACTIVE TABLETOPS AND SURFACES, 2011, Kobe, Japan. **Proceedings of the...** New York: ACM, 2011. p. 182-191.

COSTA, Antônio Valadares de Vasconcelos; VAZ, Bruna Aguir; ABIJAUDI, Matheus Mascarelhas. **Trabalho final para a disciplina de algoritmos para engenharia**. YouTube, Belo Horizonte, 16 junho 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nW1aOdBzrHI&index=6&list=PLIMi3zeVBWPBhLST5YdgqICNxsGYPIMsr>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

CUNHA, B. G. P. et al. Didactronic: A low-cost and portable didactic lab for electronics. In: GLOBAL HUMANITARIAN TECHNOLOGY CONFERENCE, 2016, Seattle, WA. **Proceedings of the...** Washington: IEEE, 2016.

DIGILENT. **Analog discovery 100MS/s USB oscilloscope & logic analyzer (limited time)**. Disponível em: <<https://vtnews.vt.edu/articles/2009/01/2009-20.html>>. Acesso em: 23 dez. 2016.



ELECTRONIX EXPRESS. **RSR Assembled Digital Analog Trainer**. Disponível em: <[http://www.elexp.com/ProductDetails.aspx?item\\_no=01PAD234A+++++&CatId](http://www.elexp.com/ProductDetails.aspx?item_no=01PAD234A+++++&CatId)>. Acesso em: 23 dez. 2016a.

ELECTRONIX EXPRESS. **RSR/VT A and D Trainer**. Disponível em: <<http://www.elexp.com/ProductListing.aspx?Search=32VPTADBRD>>. Acesso em: 23 dez. 2016b.

ESPOSITO, William J. et al. The Lab-In-A-Box project: an Arduino compatible signals and electronics teaching system. **SIGNAL PROCESSING AND SIGNAL PROCESSING EDUCATION WORKSHOP**, 2015, Salt Lake City. **Proceedings of the...** New York: IEEE, 2015. p. 301-306.

FELDER, Richard M.; SILVERMAN, Linda K. Learning and teaching styles in engineering education. **Journal of Engineering Education**, v. 78, n. 7, p. 674-681, June 1988.

FELDER, Richard M.; SOLOMON, Bárbara. **Index of learning styles questionnaire**. NC State University, 1988. Disponível em: <<https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/>>. Acesso em: 30 nov. 2016.

FUERTES SANCHEZ, Guilherme *et al.* Project-based learning versus cooperative learning courses in engineering students. **IEEE Latin America Transactions**, v. 13, n. 9, p. 3113-3119, Sept. 2015.

GOMES, Luís; BOGOSYAN, Seta. Current Trends in Remote Laboratories. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 56, n. 12, p. 4755-4756, Dec. 2009.

HATWAR, Bhagyashree D.; WAN, A. C. A review on wireless oscilloscope powered by Android. **International Journal of Engineering Sciences & Research Technology**, Bambhori, v. 3, n. 3, p. 1306-1310, mar. 2014.

HENDRIKS, Robert; LAI, KaMing; WEBB, James. Lab-in-a-Box: experiments in electronic circuits that support introductory courses for electrical and computer engineers. In: **AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION**, 2005, Virginia. **Proceedings of the...** Virginia: American Society for Engineering Education, 2005. p. 108591-108599.

HUNG, Woei; JONASSEN, David H.; LIU, Rude. Problem-based learning. In: SPECTOR, j. Michael *et al.* (Ed.). **Handbook of research on educational communications and technology**. Bloomington: Association for Educational Communications and Technology, 2008. p. p. 485-506.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Dados do IDEB 2015 já estão disponíveis para consulta**. Brasília: INEP, 2016. Disponível em: <[http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset\\_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/dados-do-ideb-2015-ja-estao-disponiveis-para-consulta/21206](http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/dados-do-ideb-2015-ja-estao-disponiveis-para-consulta/21206)>. Acesso em: 30 nov. 2016.

KANTAR WORLD PANEL. **Smartphone OS sales market share**. Disponível em: <<https://www.kantarworldpanel.com/global/smartphone-os-market-share/>>. Acesso em: 11 fev. 2017.

KARIM, Ishtiak Ahmed. A low cost portable oscilloscope based on Arduino and GLCD. In: 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATICS, ELECTRONICS & VISION, 3., 2014, Dhaka, Bangladesh. **Proceedings of the...** New York: IEEE. 2014.

LIMA, Guilherme; LOUISE, Izabella; CARVALHO, Luana. **Projeto irrigação automática:** parte 2. Trabalho de alunos do 1º período de Engenharia Elétrica da PUC Minas. Youtube, 26 nov. 2016. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=VrEI\\_ISfUfg](https://www.youtube.com/watch?v=VrEI_ISfUfg)>. Acesso em: 21 jan. 2017.

LONG, John Matthew; HORAN, Ben P.; HALL, Robynne. AC 2012-4141: Undergraduate electronics students' use of home experiment kits for distance education. In: AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE & EXPOSITION, 119., 2012, San Antonio, Texas. **Proceedings of the...** Washington: American Society for Engineering Education, 2012. P. 1-12. Disponível em: <<https://peer.asee.org/undergraduate-electronics-students-use-of-home-experiment-kits-for-distance-education.pdf>>. Acesso em: dez. 2016.

MENDES, José Leandro Dias; COUTINHO, Luiza Maria Novaes; MARTINS, C. A. P. S. Método de avaliação quantitativa do uso de ferramentas por discentes. In: WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM ARQUITETURA DE COMPUTADORES, 2., 2007, Gramado, RS. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2007.

MINIBLOQ. **Examples.** Disponível em: <<http://blog.minibloq.org/p/tutorials-and-examples.html>>. Acesso em: 23 out. 2016.

MUJICA, Fernando A. *et al.* Teaching digital signal processing with Stanford's Lab-in-a-box. In: SIGNAL PROCESSING AND SIGNAL PROCESSING EDUCATION WORKSHOP, 2015, Salt Lake City. **Proceedings of the...** New York: IEEE, 2015. p. 307-312.

OLIVEIRA, Vanderli Fava de et al. Um estudo sobre a expansão da formação em engenharia no Brasil. **Revista Ensino de Engenharia da ABENGE**, v. 32, n. 3 p. 37-56, 2013. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/observatorioengenharia/files/2012/01/ExpEng-RevAbenge.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

OLIVEIRA, Vanderli Fava de. Quadro Geral sobre a formação em engenharia no Brasil. In: FORMIGA, Manuel Marcos Maciel (Org.). **Engenharia para o desenvolvimento:** inovação, sustentabilidade e responsabilidade social como novos paradigmas. Brasília: SEANI/DN. 2010. p. 197-210. Disponível em: <[http://admin.cni.org.br/portal/data/files/00/FF80808127FD38C5012802EBE3D10E49/ENG\\_DESENV\\_FINAL\\_WEB%203.pdf](http://admin.cni.org.br/portal/data/files/00/FF80808127FD38C5012802EBE3D10E49/ENG_DESENV_FINAL_WEB%203.pdf)>. Acesso em: 07 out. 2016.

PEREIRA, Priscila de Sousa; MEDEIROS, Marcos; MENEZES, José Wally Mendonça. Análise do scratch como ferramenta de auxílio ao ensino de programação de computadores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 40., 2012, Belém, PA. **Anais...** Belém: ABENGE, 2012. Disponível em: <<http://198.136.59.239/~abengeorg/CobengeAnteriores/2012/artigos/104281.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

PINHO, Angela. Sem preparo e financiamento, 3 em 10 alunos largam cursos de exatas. **Folha de São Paulo**, 03 out. 2016. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/educacao/2016/10/1819158-sem-preparo-e-financiamento-3-em-10-alunos-largam-cursos-de-exatas.shtml>>. Acesso em: 07 out. 2016.

QIAN, Kai; XIAOLIN, Hu; LIANG, Hong. Experience on teaching multiple CS Courses with portable embedded system labware in a box. In: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING AND COMPUTER SCIENCE, 2011, San Francisco, USA. **Proceedings of the...** São Francisco, WCECS 2011. Disponível em: <[http://www.iaeng.org/publication/WCECS2011/WCECS2011\\_pp257-259.pdf](http://www.iaeng.org/publication/WCECS2011/WCECS2011_pp257-259.pdf)>. Acesso em: 23 dez. 2016.

RUGARCIA, Armando et al. The future of engineering education: 1. A vision for a new century. **Chemical Engineering Education**, v. 34, n. 1, p. 16-25, 2000. Disponível em: <[http://www.che.ufl.edu/cee/CEE%20Teaching%20Guide/teaching%20guide\\_partVI\\_paper23.pdf](http://www.che.ufl.edu/cee/CEE%20Teaching%20Guide/teaching%20guide_partVI_paper23.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2016.

S2A. **Arduino**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: jan. 2016.

SCOLARI, Angélica Taschetto; BERNARDI, Giliane; CORDENONSI, André Zanki. O desenvolvimento do raciocínio lógico através de objetos da aprendizagem. **Revista RENOTE: Novas Tecnologias na Educação**, v. 5, n. 2, 2007. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/ciclo10/artigos/4eGiliane.pdf>>. Acesso em: jan. 2016.

SCRATCH. **Crie estórias, jogos e animações**: partilhe com gente de todo o mundo. MIT Media Lab. Disponível em: <<https://scratch.mit.edu/>>. Acesso em: jan. 2016.

SEMAN, Laio Oriel; GOMES, Giancarlo; HAUSMANN, Romeu. Statistical analysis using PLS of a project-based learning application in electrical engineering. **IEEE Latin America Transactions**, v. 14, n. 2, p. 646-651, Feb. 2016.

SENEVIRATNE, H. M. D. B.; ABHAYASINGHE, K. N. Bluetooth embedded portable oscilloscope. In: SAIMT RESEARCH SYMPOSIUM ON ENGINEERING ADVANCEMENTS, 2013, Malabi, Sri Lanka. **Proceedings of the...** Malabe: South Asian Institute of Technology and Medicine, 2013. p. 103-106. Disponível em: <[http://www.saitm.edu.lk/fac\\_of\\_eng/RSEA/SAITM\\_RSEA\\_2013/imagenesweb/24.pdf](http://www.saitm.edu.lk/fac_of_eng/RSEA/SAITM_RSEA_2013/imagenesweb/24.pdf)>. Acesso em: 21 nov. 2016.

SILICON LABORATORIES. **C8051F005DK MCU development kit**. Disponível em: <<http://www.silabs.com/products/development-tools/mcu/8-bit/c8051f005dk-development-kit>>. Acesso em: 23 dez. 2016.

SILVA, Pedro Henrique; SILVA, Tulio Rezende; CASTRO, Lucas Machado. **Lab in a box**. YouTube, 16 junho 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3A4VLHXsUu4&list=PLIMi3zeVBWPBhLST5YdgqICNxSgYPIMsr&index=8>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

SILVA, Rui Filipe Veiga Rebelo da. **Implementação de grafos no ambiente de programação visual Scratch**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Minho, 2012.

SILVA, Viviane Cota. **Atividade de aprendizagem em um curso de engenharia elétrica**: um estudo baseado na teoria da atividade. 2012a. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Belo Horizonte, MG, 2012. Disponível em: <<https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/298D.PDF>>. Acesso em: 30 nov. 2016.

SURVEY MONKEY. **Plataforma de questionários**. Disponível em: <[https://pt.surveymonkey.com/mp/take-a-tour/?ut\\_source=headerf](https://pt.surveymonkey.com/mp/take-a-tour/?ut_source=headerf)>. Acesso em: jan. 2016.

TELLES, Márcia. Brasil sofre com a falta de engenheiros. **Inovação em Pauta**, Brasília, n. 6, p. 11-15, 2009. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/images/revista/revista6/index.html#p=10>>. Acesso em: 30 nov. 2016.

VIRGINIA TECH. **College of Engineering receives grant to fund expansion of university's Lab-in-a-Box program online**. 2009. Disponível em: <<https://www.eng.vt.edu/news/grant-will-fund-expansion-lab-box-program-online>>. Acesso em: 23 dezembro 2016.

WEITZEN, Jay A.; RUX, Alan; WEBSTER, Erin Isabel. The University of Massachusetts Lowell “Laboratory in a Box” a new teaching technique for ECE labs. In: ASEE ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION, 12., 2014, Indianápolis. **Proceedings of the...** Washington: American Society for Engineering Education, 2014.



## APÊNDICES

### APÊNDICE A - RECURSOS MATERIAIS E COMPUTACIONAIS

Os recursos materiais e computacionais constantes deste apêndice estão apresentados na ordem cronológica que foram apresentados aos alunos, ou seja:

- SCRATCH
- 123D circuits
- SCRATCH for ARDUINO
- ARDUINO UNO e,
- miniBloq.

#### SCRATCH

Software gratuito constituído por uma linguagem de programação visual, desenvolvido e disponibilizado pelo MIT (Grupo Lifelong Kindergarten do MIT Media Lab), com foco na lógica da programação (MIT).

O Scratch é inspirado nos encaixes das peças do LEGO (ou das peças de um Quebra-cabeças), e a sua interface homem-máquina tem a aparência mostrada na Figura 24.

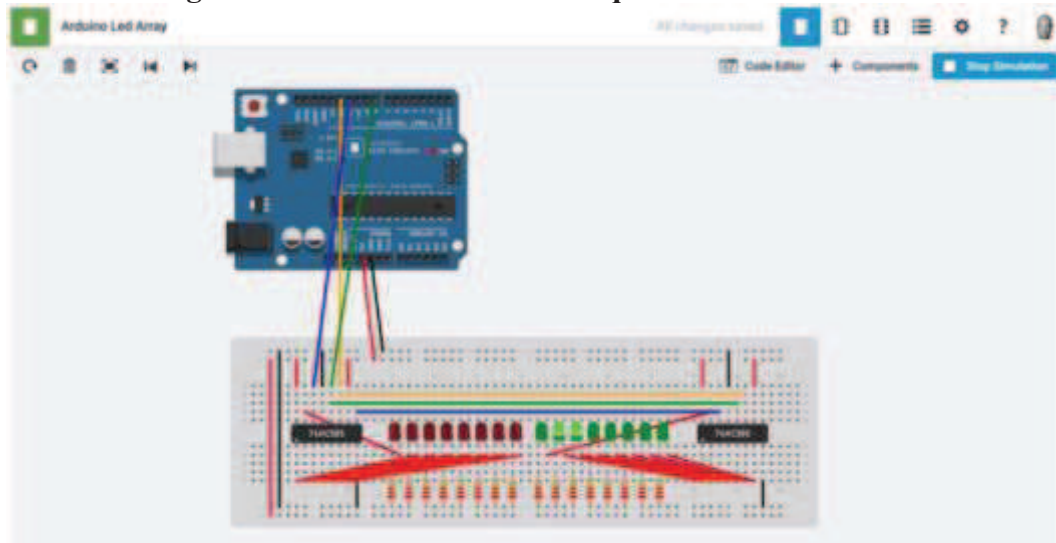
Com a linguagem de programação visual o usuário cria programas manipulando graficamente os elementos de programa, ao invés de especificá-los textualmente (PEREIRA; MEDEIROS; MENEZES, 2012).





Uma das telas de apresentação do 123D circuits é mostrada na Figura 25.

**Figura 25 - Interface homem-máquina do 123D circuits**



Fonte: (AUTODESK CIRCUITS, 2016)

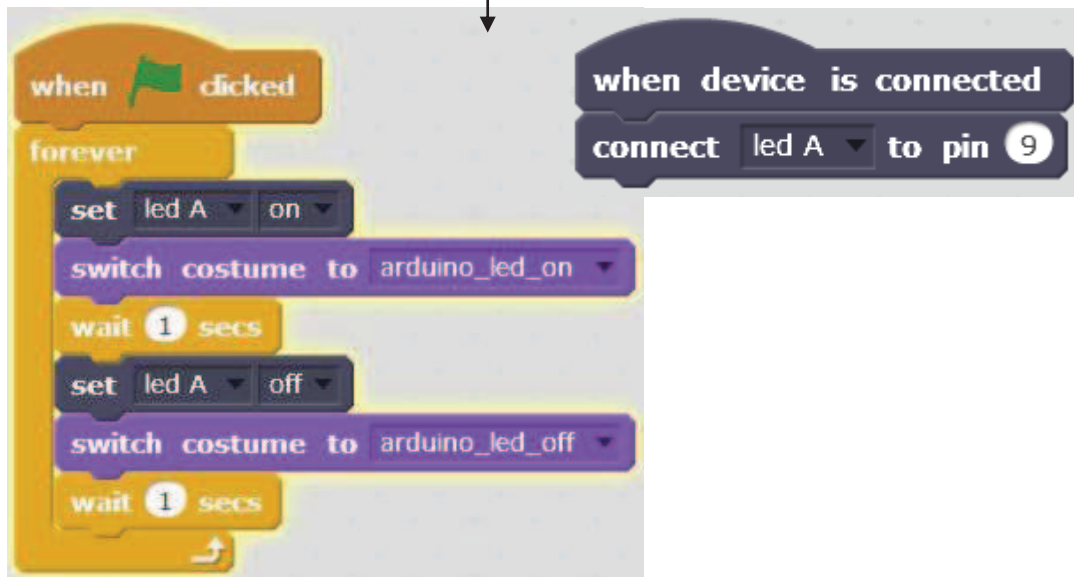
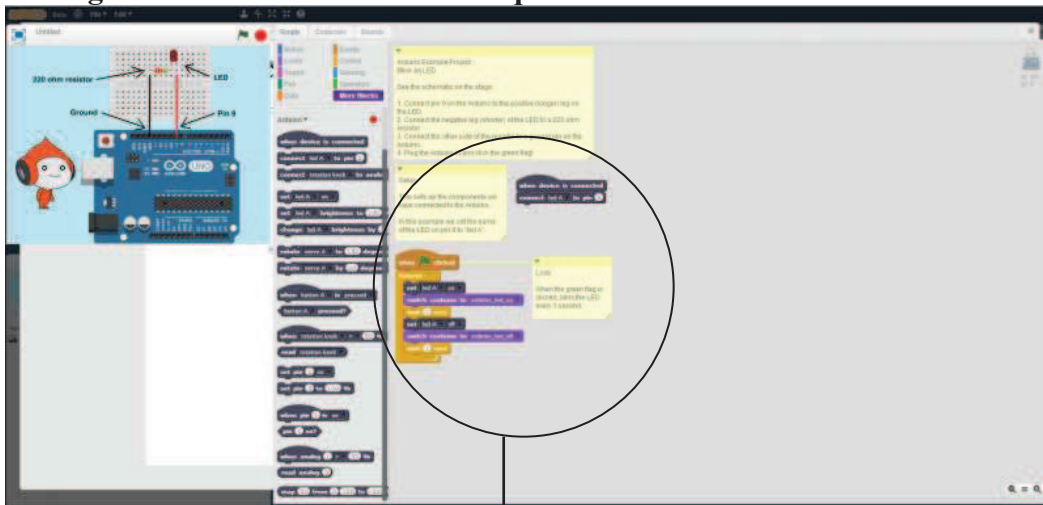
Disponibilizado também como um simulador online, permite a simulação em tempo real, inclusive no sistema operacional Android, utilizando desde resistores e capacitores até osciloscópios;

### **SCRATCH FOR ARDUINO - S4A**

Modificação do Scratch, ao qual foram introduzidos novos blocos para o controle de sensores e atuadores conectados ao Arduino, permitindo programações simples através de uma linguagem de alto nível. A interface homem-máquina do S4A esta mostrada na Figura 26.



Figura 26 - Interface homem-máquina do S4A – Scratch for Arduino



Fonte: Autor. Adaptação a partir de (S4A, 2016)

O S4A está disponível para o sistema operacional Android e pode ser instalado a partir do *QR code* mostrado na Figura 27.

Figura 27 - QR code S4A para Android



Fonte: (S4A, 2016)

## ARDUINO UNO

“Plataforma eletrônica baseada em um hardware/software de fácil utilização”, permitindo uma prototipagem rápida, mesmo àqueles sem um conhecimento prévio mais elaborado de eletrônica e programação, constituído por uma placa microcontroladora (Figura 28), baseada no ATmega328P. Devido a acordos comerciais o nome Arduino passou a ser usado apenas nos EUA e o nome Genuino no restante do mundo.

**Figura 28 - Arduino/Genuino UNO**

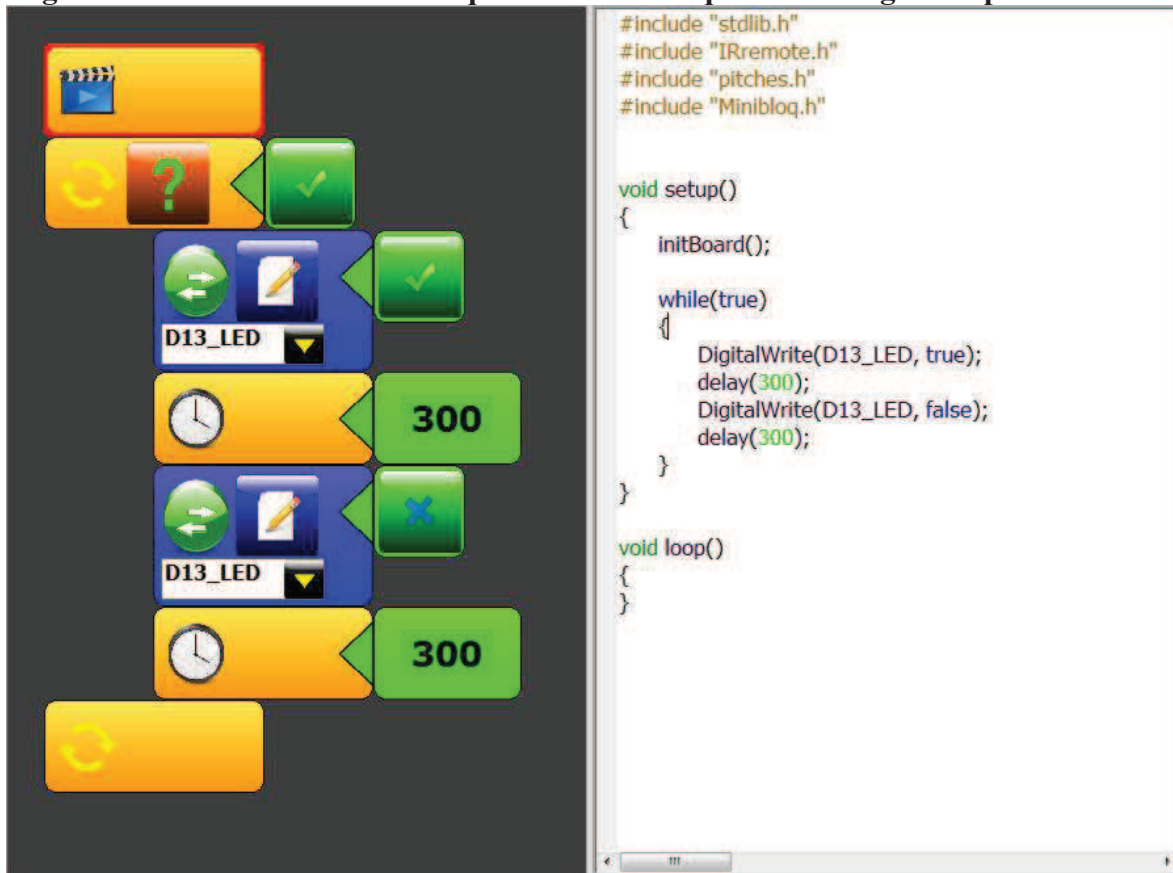


Fonte: (ARDUINO, 2016)

### **miniBloq**

O miniBloq facilita para o estudante a transição da linguagem visual para a linguagem textual. Na interface homem-máquina do miniBloq mostrada da Figura 29, podemos ver à esquerda a representação gráfica, visual, do programa e à direita a representação textual do mesmo programa.

Figura 29 - Interface homem-máquina do Minibloq – ambiente gráfico para Arduino



```
#include "stdlib.h"
#include "IRremote.h"
#include "pitches.h"
#include "Minibloq.h"

void setup()
{
  initBoard();

  while(true)
  {
    DigitalWrite(D13_LED, true);
    delay(300);
    DigitalWrite(D13_LED, false);
    delay(300);
  }
}

void loop()
{
}
```

Fonte: (MINIBLOQ, 2016)

**APENDICE B****TESTE 1**

Aluno matricula nº: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_ Dissertação do Prof. Selmar T. Mendes

---

- 1) Como você interpreta o comando “pergunte”?
- 2) Como você interpreta o comando “diga”?
- 3) Qual a diferença entre os comandos “sempre”, “repita”, e “repita até”.
- 4) E como se utiliza o comando “se” e “se... senão”.
- 5) No código abaixo, PISCA LED, com que finalidade a função setup foi usada no código acima?  
E as funções pinMode e digitalWrite?

```
    Int led = 13;
void setup( ) {
pinmode (led, OUTPUT);
}
void loop( ) {
digitalWrite (led, HIGH);
delay (1000);
digitalWrite (led, LOW);
delay (1000);
}
```

## Questionário INICIAL

### 1. Informações pessoais

Nome completo:

Qual o seu curso na PUC?

Qual é a sua turma (dia a horário) e professor?

Qual foi a escola onde você cursou o ensino médio?

O seu ensino médio foi profissionalizante?

Se sim, qual o nome do curso?

Informe aqui o seu e-mail:

Informe aqui o seu nº de matrícula:

### 2. Qual era o seu nível de interesse prévio nesta disciplina (ALGORITMOS PARA ENGENHARIA I)?

- Extremamente interessado
- Muito interessado
- Moderadamente interessado
- Pouco interessado
- Nada interessado

### 3. Qual era o seu nível de conhecimento em programação de computadores e em programação visual anteriores a ALGORITMOS PARA ENGENHARIA I?

Parte inferior do formulário

### 4. O ritmo das aulas está sendo confortável?

- Extremamente confortável
- Muito confortável
- Um pouco confortável
- Muito pouco confortável
- Nem um pouco confortável

5. Como você avalia o Scratch como ferramenta de aprendizado?

- Extremamente interessante
- Muito interessante
- Moderadamente interessante
- Pouco interessante
- Nada interessante

6. A aula com o Scratch dá ênfase ao raciocínio lógico/crítico?

- Ênfase extrema
- Muita ênfase
- Ênfase moderada
- Pouca ênfase
- Nenhuma ênfase

7. A metodologia adotada está conseguindo motivar os alunos a aprender?

- Extremamente
- Muito
- Moderadamente
- Pouco
- Nada

8. Os conteúdos das aulas estão valendo a pena?

- Extremamente
- Muito
- Moderadamente
- Pouco
- Nada

9. Sobre a disciplina de uma forma geral, responda a cada uma das perguntas abaixo com "SIM" ou "NÃO":

Você já conhecia o Scratch?

Você já conhecia o 123D Circuits? Como você o avalia como ferramenta para o seu aprendizado?

Você já conhecia o Arduino? Se sim, em que nível?

O critério de avaliação utilizados na disciplina ficaram claros?

Você considera importante a disponibilidade de instrutores ou monitores para o atendimento extraclasse?

10. O que você espera da disciplina ALGORITMOS PARA ENGENHARIA I? O que aumentaria o seu nível de interesse e motivação prévios nesta disciplina?

Por favor, se alguma observação considerada importante por você não foi contemplada pelas questões acima, utilize também este espaço para comentários adicionais e ou opiniões relacionadas à disciplina.

## QUESTIONÁRIO FINAL

### Definição do Lab in a Box

O "Lab in a Box" é uma metodologia que permite a realização de atividades práticas (mão na massa) mais reflexivas, centradas no aluno, estimulando a curiosidade e o espírito crítico dos mesmos. O aprendizado através do contato com objetos do mundo real e não apenas com os conceitos teóricos, proporciona ao estudante uma formação profissional mais adequada às demandas do mercado de trabalho atual e futuro. O LiaB é um laboratório portátil de baixo custo que pode ser usado pelo estudante não apenas na sala de aula teórica ou de laboratório, mas a qualquer hora e lugar que ele o leve.

Muito obrigado a todos pela cooperação.

Prof. Selmar T. Mendes

1. Use o espaço abaixo para informar o número da sua turma e, se for da sua vontade, o seu número de matrícula.

Turma:

Matricula:

2. Qual é sua impressão global sobre o Lab in a Box - LiaB?

	Não	Muito Pouco	Moderadamente	Muito	Extremamente
O uso do Lab in a Box contribuiu para fortalecer o desenvolvimento do seu aprendizado de programação de computadores?					
O projeto que você desenvolveu com o Lab in a Box lhe ajudou a vincular os conceitos teóricos ao mundo real da engenharia?					
As atividades práticas, os projetos integrados de hardware e software (computação física), viabilizados pelo uso do Lab in a Box foram facilitadores para você neste início do seu aprendizado da programação de computadores?					
A metodologia adotada em AE I, usando o LiaB, lhe motivou mais a aprender, se comparada às outras disciplinas que você cursou neste semestre?					

3. Você gostaria de utilizar a metodologia LiaB em outras disciplinas de laboratório do seu curso?

- Não  
 Talvez  
 Sim

4. O nível de dificuldade e complexidade dos experimentos com o Lab in a Box foram:

- Muito fácil  
 Fácil  
 Adequados aos conceitos estudados  
 Difícil  
 Muito difícil

5. O custo de até R\$100,00 para o kit que poderá ser utilizado em AE I, AII e por alguns alunos em AE III é um valor:

- Muito barato  
 Barato



- Adequado
- Caro
- Muito caro

6. Se você possui smartphone ou tablet, selecione o sistema operacional do mesmo. Se não possui, assinale a opção "Não possui smartphone ou tablet"

- Android
- iOS
- Outro
- Não possui smartphone ou tablet

7. Você adquiriu o seu próprio LiaB ou usou o kit da PUC?

- Adquiri o meu próprio LiaB
- Usei o kit da escola

8. Assinale a opção que melhor corresponde a cada uma das opções abaixo.

	Não	Muito Pouco	Moderadamente	Muito	Extremamente
Você acredita que a possibilidade de usar o smartphone ou tablet como uma ferramenta de programação (ex., para configurar o Arduino) aumenta o potencial do Lab in a Box?					
Você acredita que a possibilidade de usar o Smartphone como um Voltímetro, ou Osciloscópio aumenta o potencial do Lab in a Box?					
Na sua opinião o LiaB lhe ajudou por ser portátil e poder ser usado fora da sala de aula?					

9. Use os espaços para responder as perguntas abaixo

- Avalie o uso do LiaB dentro da sala de aula, informando se a quantidade de experimentos ficou: **abaixo da sua expectativa, foi adequada ou excessiva.**

- Avalie o uso do LiaB fora do ambiente da sala de aula, usando o kit do aluno, informando se a quantidade de experimentos ficou: **abaixo da sua expectativa, foi adequada ou excessiva.**

- Responda com **Sim** ou **Não**. Você ficou satisfeito em relação à facilidade de uso do LiaB?

- Responda com **Sim** ou **Não**. Você usou o LiaB fora da sala de aula?

10.

- Em sua opinião quais são os principais pontos fortes e os principais pontos fracos (limitações HW & SW) do Lab in a Box da forma que ele foi usado na disciplina Algoritmos para Engenharia I para o aprendizado dos conteúdos da disciplina?
- Que alterações você sugere para as próximas turmas de AE I visando melhorar os resultados obtidos este semestre?
- Quais componentes seriam interessantes para serem agregados ao kit para se trabalhar em AE II?

Pontos fortes:

Pontos fracos:

Alterações para as próximas turmas de AE I

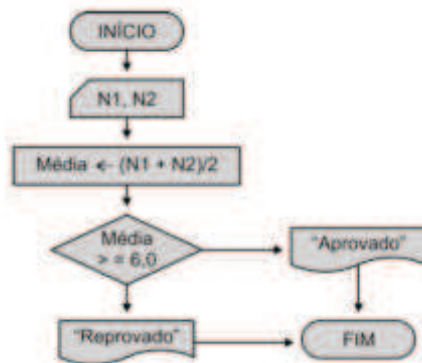
Componentes interessantes se trabalhar em AE II:

O campo seguinte se destina questões não abordadas diretamente pelo questionário mas que você julga importante mencionar.

## TESTE FINAL

Responda as seguintes questões em relação aos comandos abaixo:

- Ao ser clicado a bandeira verde quantas vezes esse código será executado?
- Caso o primeiro valor seja 5 e segundo 3 o que esse código fará?
- Caso o primeiro valor seja 5 qual o valor deverá ser colocado para que o resultado seja C?
- Qual o comando deverá ser incluído para que esse código fosse repetido 5 vezes?
- A partir do fluxograma abaixo, qual é o código, em Scratch, que representa sua implementação em linguagem de programação visual?



<pre> quando clicar em bandeira verde   mudar N1 para 0   mudar N2 para 0   mudar Média para 0   pergunte "Entre com N1:" e espere a resposta   mudar N1 para resposta   pergunte "Entre com N2:" e espere a resposta   mudar N2 para resposta   mudar Média para (N1 + N2) / 2   se Média &gt; 6 ou Média = 6 estão     diga "Você está Aprovado!!!!"   senão     pense "Acho que você está REPROVADO!!!!"   </pre>	<pre> quando clicar em bandeira verde   mudar N1 para 0   mudar N2 para 0   mudar Média para 0   pergunte "Entre com N1:" e espere a resposta   mudar N1 para resposta   pergunte "Entre com N2:" e espere a resposta   mudar N2 para resposta   mudar Média para (N1 + N2) / 2   se Média &gt; 6 = 6 estão     diga "Você está Aprovado!!!!"   pense "Acho que você está REPROVADO!!!!"   </pre>
--	---

