

Inteligência Artificial nas Clouds

Comparativo de Machine Learning nas Plataformas AWS, Azure e Oracle

Felipe F. Giannecchini

¹Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMG)
CEP 38400-322 – Uberlândia – MG – Brasil

felipefagundesg@gmail.com

Abstract. *Cloud computing is the delivery of on-demand computing services that offers numerous advantages for companies. And in order to attract customers, the cloud computing industry has advanced in several ways. An important item within a cloud computing is the artificial intelligence and machine learning that the cloud contains. This article aims to idealize a comparison between the cloud computing of the AWS, Azure and Oracle Cloud platforms, giving more emphasis on the artificial intelligence and machine learning, since each of them has different algorithms, making a comparative study between them having relevance to assist the choice of readers.*

Resumo. *É sabido que a computação em nuvem, ou cloud computing, oferece inúmeras vantagens para as empresas. E com o intuito de atrair clientes, a indústria de computação em nuvem tem avançado em diversos aspectos. Um item importante dentro de um computação em nuvem é a Inteligência Artificial e o Aprendizado de Máquina contidos nele. O presente artigo visa idealizar um comparativo entre as computações em nuvem das plataformas AWS, Azure e Oracle Cloud, dando maior ênfase na parte de Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina, visto que cada um deles contam com algoritmos diferentes, fazendo com que um estudo comparativo entre eles possua relevância para auxiliar a escolha dos leitores.*

1. Introdução

Cada vez mais a computação em nuvem tem sido utilizada pelas empresas por diversos motivos, tais como segurança, dinamicidade e facilidade [Hwang 2017]. De acordo com [Amazon 2021], a computação em nuvem é a entrega de recursos de TI sob demanda por meio da internet com definição de preço de pagamento conforme o uso. Ao invés da necessidade de comprar, ter e manter centros de dados e servidores físicos, pode-se acessar serviços de tecnologia, como capacidade computacional, armazenamento e bancos de dados, conforme a necessidade, usando um provedor de nuvem.

Várias organizações usam a nuvem para uma grande variedade de casos de uso, como *backup* de dados, recuperação de desastres, e-mail, *desktops* virtuais, desenvolvimento e teste de *software*, análises de *big data* e aplicativos web voltados ao cliente [Pop 2016]. Tais vantagens podem prover agilidade, devido à gama de variedade de tecnologias, e elasticidade, devido a não necessidade de provisionar recursos em excesso para absorção de picos de atividades empresariais, ou seja, permitir a escala dos recursos

para ajustar a capacidade de acordo com a evolução dessas atividades, além de fornecer economia de custo, ou seja, permitir a adesão às despesas variáveis pagando apenas pela tecnologia consumida [Sacilotti et al.].

De acordo com [Santos 2018], há três tipos de computação em nuvem: Infraestrutura Como Serviço (IaaS), Plataforma Como Serviço (PaaS) e *Software* Como Serviço (SaaS). A IaaS se trata do serviço fornecido ao cliente para processamento, armazenamento e outros recursos computacionais importantes. Nela, o consumidor não gerencia ou controla a infraestrutura, entretanto pode atuar no sistema operacional. A PaaS se trata da capacidade de, por exemplo, realizar a implementação e o desenvolvimento de um sistema próprio dentro da infraestrutura do provedor de serviços. Com isso, o consumidor não gerencia ou controla nenhum item da infraestrutura, mas existe controle sobre a implementação das aplicações com algumas possibilidades de ajuste de configurações. A SaaS se trata de um serviço que disponibiliza um programa em um servidor remoto. Com isso, as aplicações são acessíveis por meio de dispositivos do cliente através de interfaces simples. O usuário não gerencia ou controla nenhum item da infraestrutura, podendo, somente, ajustar configurações específicas a nível de usuário.

Conforme explicado por [Sacilotti et al.], as nuvens podem ser públicas, privadas, híbridas ou comunitárias. Nuvens públicas são centros de dados virtualizados fora do *firewall* da empresa. Nuvens privadas são centros de dados virtualizados dentro do *firewall* da empresa, podendo, também, ser um espaço privado dedicado a uma determinada empresa dentro de um centro provedor de computação em nuvem de dados. Nuvens híbridas combinam os aspectos de implantação das nuvens públicas e privadas. Nuvens comunitárias são diversas organizações compartilhando os recursos de uma mesma infraestrutura de nuvem.

Um dos itens mais importantes de uma nuvem é a Inteligência Artificial (IA) contida nela, voltada para o Aprendizado de Máquina (AM) [Hwang 2017]. De acordo com [Pop 2016], IA é uma tecnologia que tem como objetivo criar sistemas inteligentes que podem simular a inteligência humana. Já o AM é uma das maneiras pelas quais os sistemas podem ser feitos para adquirir uma forma particular de inteligência humana, ou seja, ele é um subconjunto da IA. O objetivo é aprender com os dados e ser capaz de prever resultados quando novos dados forem apresentados ou apenas descobrir os padrões ocultos em dados não rotulados, enquanto que IA tem o objetivo de simular a inteligência humana para resolver problemas complexos.

Dado o significativo crescimento de dados disponíveis nas empresas, indústrias e ciência, técnicas para analisar tais dados se tornam cada vez mais importantes [Jackovich and Richards 2018]. De acordo com [Kumar et al. 2019], atualmente dados analisados não são mais restritos a somente dados sensíveis e clássicos, mas cada vez mais incluem-se documentos, páginas web, dados espaciais, multimídia, e dados relacionais. Ferramentas de análise permitem colher padrões importantes de um alto volume de dados estruturais e não-estruturais. O AM e análise de dados ajudam em decisões inteligentes a serem tomadas nas plataformas de nuvem, de forma automática e sem a interferência humana [Hwang 2017].

Com isso, o AM na computação em nuvem torna-se não só importante, como também essencial para, por exemplo, tratativa e análise de dados. O artigo a ser apresen-

tado tem como objetivo o estudo de AM nas plataformas de nuvem AWS, Azure e Oracle Cloud, das quais possuem o mesmo princípio, ou seja, disponibilização de todas as vantagens de se ter uma computação em nuvem, mas possuem métodos de AM distintos.

2. Serviços de IA nas Nuvens

O AM oferece valor potencial para as empresas que tentam alavancar grandes volumes de dados e as ajuda a entender melhor as sutis mudanças de comportamento, preferências ou satisfação do cliente [Jackovich and Richards 2018]. A vantagem do AM é que é possível alavancar algoritmos e modelos para prever resultados. Deve-se atentar ao uso dos algoritmos corretos, alimentando os dados mais adequados e usando os melhores modelos de desempenho. A automação desse processo de modelagem, o treinamento do modelo e o teste levam a previsões precisas para suportar mudanças nos negócios [Kumar et al. 2019]. A seguinte seção destina-se a um estudo resumido dos vários serviços de AM disponíveis nas nuvens das plataformas AWS, Azure e Oracle.

2.1. AWS

A AWS dispõe de uma ampla gama de serviços de AM. Ela possui IA para pesquisas e recomendações, extração e análise automatizadas de dados, análise de métricas de negócios, visão, idioma, código e devops, industrial, e saúde. A AWS, também, possui uma ferramenta para gerenciar todos os AM, o Amazon SageMaker. Todas as informações da seção presente foram pesquisadas diretamente do site oficial da AWS [Amazon 2021].

O Amazon SageMaker é um serviço, em sua totalidade, gerenciável, que fornece a todos os desenvolvedores e cientistas de dados a capacidade de criar, treinar e implantar modelos de AM em escala. O serviço remove a complexidade de cada etapa do fluxo de trabalho de AM para que se possa implantar com mais facilidade os casos de uso em todas as situações, desde a manutenção preditiva, passando pela visão computadorizada, até a previsão de comportamentos do cliente, oferecendo um conjunto abrangente de recursos de segurança que inclui criptografia, conectividade de rede privada, autorização, autenticação, monitoramento e capacidade de auditoria. Ele conta com vários sub-serviços especializados em aplicabilidades de AM, sendo eles:

- Amazon SageMaker Studio - fornece uma única interface visual baseada na web em que se pode realizar todas as etapas de desenvolvimento de AM necessárias para preparar dados, criar, treinar e implantar modelos.
- Amazon SageMaker Autopilot - seleciona o melhor algoritmo para a previsão e cria, treina e ajusta automaticamente modelos de AM sem qualquer perda de visibilidade ou controle.
- Amazon SageMaker Ground Truth - Rotula com maior precisão conjuntos de dados de treinamento para uma variedade de casos de uso, incluindo nuvens de pontos 3D, vídeo, imagens e texto.
- Amazon SageMaker Data Wrangler - reduz o tempo para preparação de dados para AM de semanas para minutos. De forma rápida, pode-se concluir cada etapa do fluxo de trabalho de preparação de dados, incluindo seleção, limpeza, exploração e visualização de dados.
- Amazon SageMaker Feature Store - repositório desenvolvido especificamente para armazenar, atualizar, recuperar e compartilhar recursos de AM. Ela oferece

uma visão consistente dos recursos para os modelos de AM usarem, tornando significativamente mais simples gerar modelos que produzam previsões altamente precisas.

- Amazon SageMaker Debugger - fornece um depurador integrado e um criador de perfil para que se possa identificar e reduzir erros de treinamento e gargalos de desempenho dos modelos pré-produção.
- Amazon SageMaker Deploy Model - facilita a implantação do modelo treinado em produção de forma rápida para que seja possível começar a gerar previsões para dados em lotes ou em tempo real.
- Amazon SageMaker Edge Manager - ajuda a otimizar, proteger, monitorar e manter modelos de AM em frotas de dispositivos de borda para garantir que os modelos implantados nesses dispositivos estejam operando corretamente.
- Amazon SageMaker Pipelines - serviço de integração e entrega contínua (CI/CD), criado para alguma finalidade específica, intuitivo de se usar.
- Amazon SageMaker Clarify - fornece detecção de tendências ao longo do fluxo de trabalho de AM, permitindo a incorporação de uma maior transparência no modelo de AM. O serviço inclui, também, gráficos de recursos que ajudam a explicar as previsões dos modelos e produz relatórios que podem ser usados para dar suporte, por exemplo, às apresentações internas. Dentre os casos de uso do serviço, pode-se citar:
 - Manutenção preditiva - ações preventivas, tais como a substituição de peças e serviços no melhor tempo, estendendo a vida útil restante do maquinário ao menor custo e melhorando a eficiência operacional.
 - Visão por computação - traz automação ou aumento inteligente a uma ampla gama de aplicações para melhorar a qualidade e velocidade.
 - Direção autônoma – detecção de objetos, tais como pedestres e outros veículos na estrada para acelerar o ritmo da inovação e possibilitar a criação de veículos de condução automática.
 - Detecção de fraudes - automatização da detecção de transações suspeitas e outros comportamentos anômalos de forma mais eficiente para alertar os clientes, de modo que seja reduzida potenciais perdas financeiras, além de fortalecer a confiança com o cliente.
 - Previsão de risco de crédito - predição da probabilidade de um empréstimo padrão para maximizar retornos ajustados ao risco.
 - Extração e análise de dados de documentos – automatização do processo de dados de documentos escritos à mão e eletrônicos para uma investigação mais precisa e tomada de decisão mais rápida.
 - Previsão de rotatividade – automatização da previsão para melhorar a retenção ao agrupar potenciais abandonos e tomar ações remediais.
 - Previsão sob demanda – possibilidade de prever a métrica de demanda mais rápido e mais precisamente para tomar decisões pontuais e ajudar a satisfazer as expectativas do cliente, além de reduzir custos de carregamento de inventário e descartes.
 - Recomendações personalizadas - Fornece experiências personalizadas e únicas aos clientes para melhorar a satisfação.

2.2. Azure

A Azure contém vários serviços de AM, sendo eles: projetista do AM, AM automatizado, AMOps, pesquisa cognitiva de decisão, pesquisa cognitiva de idioma, pesquisa cognitiva

de fala, pesquisa cognitiva de visão, serviços de *bot*, *databricks*, e percepção. Todas as informações da presente seção foram pesquisadas diretamente no site oficial da Azure [Azure 2021].

Com esse serviço de AM projetista, é possível criar, testar e implantar modelos de aprendizado de máquina de forma visual através de uma interface de fácil entendimento. Seus principais benefícios e casos de uso são:

- Possibilidade de conexão com qualquer fonte de dados.
- Criação e treinamento de modelos de modo visual usando os mais recentes algoritmos de AM e Aprendizado Profundo.
- Implantação e publicação de pontos de extremidade de inferência em lote ou em tempo real com poucos cliques.

Com relação a todos os outros serviços de AM do Azure, podem-se destacar os seguintes benefícios e casos de uso:

- Criação e implantação de forma automática modelos de previsão usando a interface do usuário sem código.
- Capacidade de reprodução de treinamento com rastreamento avançado de conjuntos de dados, código, testes e ambientes em um registro de modelo avançado.
- Usa o mecanismo principal do Detector de Anomalias para selecionar o modelo correto de detecção de anomalias e oferece personalização de modelo com ajuste.
- Detecção de imagens possivelmente ofensivas ou indesejadas.
- Aumento da confiabilidade das empresas com a detecção antecipada de problemas.
- Extração de insights do texto – é possível, com o serviço, descobrir insights em textos não estruturados usando o processamento de linguagem natural, sem necessidade de experiência com AM.
- Aumenta a aquisição de leitura e a compreensão de texto com IA.
- Extração automática de pares de perguntas e respostas de conteúdo semiestruturado, incluindo perguntas frequentes, manuais de produtos, diretrizes, documentos de suporte e políticas.
- Cria modelos de linguagem personalizados específicos para um determinado caso de uso com as ferramentas para desenvolvedores e a experiência do portal a fim de simplificar a rotulagem.
- Tradução de textos em tempo real ou em lote em 90 idiomas e dialetos com as inovações mais recentes na tradução automática.
- Transcrição de um áudio em texto com rapidez e precisão em mais de 85 idiomas e variantes.
- Conversão de texto em fala realista.
- Habilitação da comunicação multilíngue - traduz áudio de mais de 30 idiomas.
- Verifica e identifica os locutores com precisão pelas características de voz exclusivas de cada um deles.
- Reconhecimento facial avançado
- Extração de informações sofisticadas de imagens e vídeos
- Extração de texto e estrutura de documentos com rapidez.
- Obtém insights importantes de arquivos de vídeo e áudio.
- Personalização para um cenário.

- Permite o desenvolvimento de bots inteligentes de nível empresarial que ajudam a enriquecer a experiência do cliente, mantendo o controle dos dados.
- Análise para todos os dados - permite a análise para os dados mais completos e recentes
- Ajuda em medidas de segurança internas a uma solução da IA de borda para ajudar a proteger os ativos mais confidenciais e de alto valor.

2.3. Oracle

A Oracle, também, contém vários serviços de AM: Oracle IA de finanças, gerenciamento de projeto, procuradoria, gerenciamento de risco, gerenciamento de performance, recursos humanos, *marketing*, vendas, base de dados autônoma, e *analytics*. Todas as informações da presente seção foram pesquisadas diretamente do site oficial da Oracle [Oracle 2021]. Dentre os benefícios e casos de uso de todas as ferramentas de AM da Oracle, destacam-se:

- Lida com transações mais complexas para garantir que sua contabilidade seja precisa e simplifica diários e reconciliações com processos unificados.
- Lida com grandes volumes de transações com alta velocidade de processamento.
- Fornece relatórios rápidos e significativos, e acessa facilmente informações em tempo real com soluções móveis e de autoatendimento.
- Painéis intuitivos e problemas resolvidos rapidamente com processos de automonitoramento.
- Minimiza a exposição e maximiza os retornos com previsões financeiras.
- Considera o histórico de pagamento e informações relacionadas para sugerir descontos de fornecedores de modo que o capital de giro seja otimizado.
- Melhora a entrega de projetos e aumenta os lucros usando a solução que gerencia projetos em toda a empresa e os conecta com finanças, recursos humanos e operações.
- Possui ícones intuitivos que fornecem rápido acesso às informações financeiras, desempenho e membros da equipe do projeto.
- Oferece um conjunto de compras totalmente integrados na nuvem, conectado com blocos de informações de dados dinâmicos e personalizados do usuário, sendo esses configurados de acordo com as necessidades do usuário, atualizando as informações.
- Possibilita a revisão dos últimos incidentes de alta prioridade de acesso e transação.
- Digitaliza os fluxos de trabalho de certificação de acesso do usuário.
- Monitora e aplica continuamente as políticas de acesso ao usuário para reduzir os riscos de segurança, privacidade e conformidade.
- Possui a capacidade de definir, executar e reportar as atividades independentes de um processo de negócios.
- Centraliza, monitora todas as tarefas e fornece um sistema de registro visível, automatizado e repetível para a execução de um processo de negócios como, por exemplo, o fechamento do mês.
- Ajudam os gerentes a se envolver de forma eficaz com seus funcionários e ajudam os funcionários a se envolver de forma ideal com a empresa para atingir níveis mais altos de moral, produtividade aprimorada e crescimento máximo de funcionários.

- Fornecem recursos que automatizam tarefas de rotina de maneira inteligente, garantem a conformidade, detectam anomalias e sugerem ações apropriadas.
- Enriquece os registros do cliente com mais de 70 pontos de dados firmográficos e 68 tipos de sinais.
- Possibilita a criação de perfis e classificar bases de clientes, melhorando as campanhas com segmentação de nicho e aumentando a eficiência com dados ricos inseridos em fluxos de trabalho.
- Probabilidade de ganho da oportunidade - prioriza as oportunidades de vendas, aumentando a precisão da previsão com pontuações de probabilidade de ganho orientadas a dados e IA.
- Alerta proativamente os representantes de vendas com pontos de discussão relevantes quando houver qualquer mudança nos negócios em suas contas.
- Fornece bancos de dados, configurações e ajustes altamente disponíveis para cargas de trabalho específicas e dimensiona recursos de computação quando necessário, sendo feito de forma automática.
- Autosseguro - protege dados confidenciais e regulamentados automaticamente, corrigindo o banco de dados quanto a vulnerabilidades de segurança e impedindo acessos não autorizados.
- Autorreparável: automatize a detecção e reparo de falhas.
- Permite criar histórias visuais atraentes – pode-se visualizar instantaneamente os dados do usuário, impulsionando o processo de análise avançada.
- Permite o enriquecimento e aumento dos dados para análise – pode-se incluir variações de tempo, população, geografia, dentre outros. Quanto mais se utiliza o Oracle Analytics Cloud, mais ele entende a maneira como o usuário interage com os dados, permitindo que o AM aumente esses dados e sugira opções de enriquecimento inteligentes antes mesmo de começar.

3. Algoritmos de AM

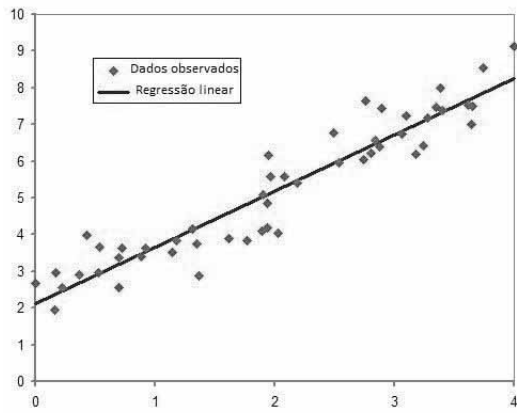
Existem diversos algoritmos de AM para serem usados de acordo com o objetivo do usuário. Suas finalidades são a extração de informações de dados brutos de modo a representá-los por meio de algum tipo de modelo matemático. [Santos et al. 2020]. De acordo com [Alves et al. 2020] esses algoritmos são espalhados em três tipos de AM: Aprendizado Supervisionado, Aprendizado Não-Supervisionado e Aprendizado por Reforço. O Aprendizado Supervisionado é baseado na regressão básica e classificação. O usuário fornece um banco de dados e ensina a máquina a reconhecer determinado objeto entre padrões e semelhanças. A cor e tamanho podem variar, mas a máquina aprende os elementos-chave do objeto. Ela pode ser útil nos casos em que um rótulo está disponível para um determinado conjunto de dados. O Aprendizado Não-Supervisionado é um método no qual a máquina começa a analisar, sozinha, os dados e a identificar os padrões, aprendendo a separar os objetos. Pelo fato de a máquina necessitar aprender por si só conceitos que nunca viu antes, o processo é mais demorado. Ela pode ser útil nos casos em que o desafio é descobrir relacionamentos implícitos em um dado conjunto de dados que não são pré-atribuídos. No Aprendizado por Reforço, a máquina aprende qual é a melhor decisão a ser tomada em determinado momento, de modo que ela seja ensinada a ponderar qual é a prioridade, ou seja, é uma área de AM que investiga como agentes de software devem agir em determinados ambientes de modo a maximizar alguma noção de recompensa cumulativa.

Segundo [Santos et al. 2020], no Aprendizado Supervisionado tem-se basicamente duas classes de algoritmos: Classificação e Regressão. Na Classificação, o objetivo é identificar a qual categoria pertence uma determinada amostra do problema, por exemplo: se um e-mail é SPAM ou não; se uma mensagem tem um sentimento positivo, negativo ou neutro; se um vídeo possui conteúdo adulto; quais são os animais que aparecem numa determinada imagem, etc. Exemplos de técnicas de Classificação são: Árvores de Decisão, onde os nós internos são rotulados com uma característica de entrada e os nós folhas são rotulados com a classe a ser preterida; Algoritmo de Naïve Bayes, que é um classificador que trabalha com probabilidades de ocorrência de cada classe para cada valor de atributo, supondo que as variáveis são independentes; Redes Neurais, baseadas em redes de neurônios artificiais interconectados - os *perceptrons*, onde os pesos das camadas ocultas são ajustados a cada iteração, dentre outros. Na Regressão, a ideia é prever um valor numérico, ou seja, identificar uma categoria em escala contínua. Dois exemplos de técnicas de Regressão são: Regressão Linear, que tem como objetivo mostrar ou prever a relação entre duas variáveis ou dois fatores ajustando uma linha reta contínua aos dados; e a Regressão Logística, onde são utilizados conceitos de estatística e probabilidade, lidando com questões e problemas de classificação, analisando diferentes aspectos ou variáveis de um objeto para depois determinar uma classe na qual ele se encaixa melhor.

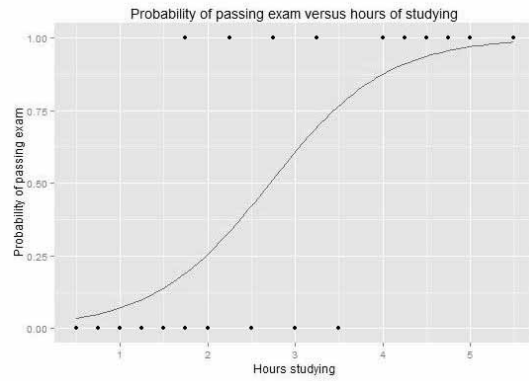
Ainda segundo [Santos et al. 2020], no Aprendizado Não-Supervisionado, destacam-se duas técnicas: Associação e Clusterização. A técnica de Associação permite o descobrimento de regras e correlações, identificando conjuntos de itens que frequentemente ocorrem juntos. Na Clusterização (ou Agrupamento), o conjunto todo em análise sofre segmentações em vários grupos com base nas semelhanças encontradas. É uma técnica que permite dividir automaticamente um conjunto de dados em grupos de acordo com medidas de similaridade ou de distância. Exemplos de técnicas de Clusterização são: KNN (K-Vizinhos Mais Próximos), onde são classificados novos dados com base em uma medida de similaridade entre seus “vizinhos” mais próximos, ou seja, aqueles que têm características semelhantes às suas, conforme medido por uma função de distância; K-means, que usa técnicas iterativas para agrupar casos de um conjunto de dados em clusters que contenham características semelhantes.

A Aprendizagem Por Reforço é o treinamento de modelos de AM para tomar uma sequência de decisões. O agente aprende a atingir uma meta em um ambiente incerto e potencialmente complexo. Nele, o sistema de IA enfrenta uma situação e o computador utiliza tentativa e erro para encontrar uma solução para o problema. Para que a máquina faça o que o programador deseja, a IA recebe recompensas ou penalidades pelas ações que executa. Seu objetivo é maximizar a recompensa total. Destacam-se como exemplos as seguintes técnicas: *Q-Learning*; Aproximação por Função com Atualização por Gradiente; *Multi-Armed Bandits*; *Contextual Bandits* e *k-Armed Bandits*.

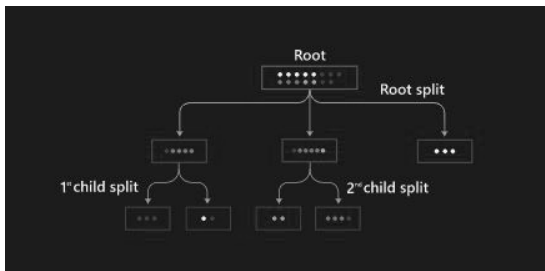
Figure 1. Exemplos de gráficos de algoritmos.



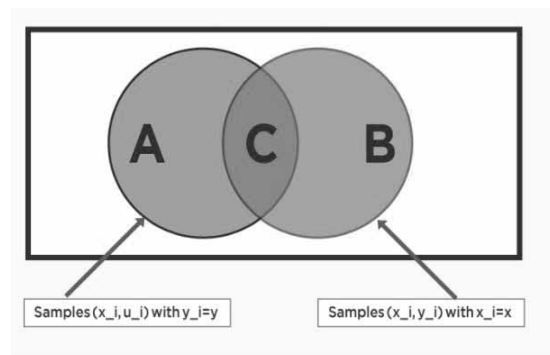
(a) Regressão Linear.



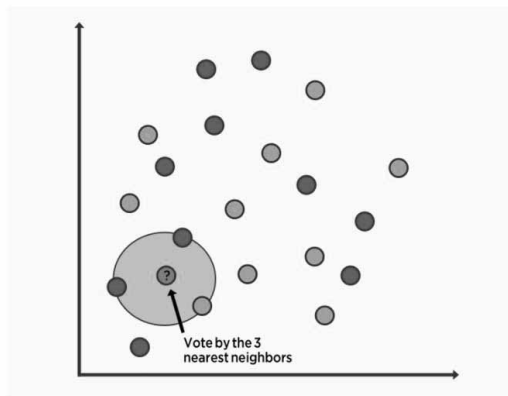
(b) Regressão Logística.



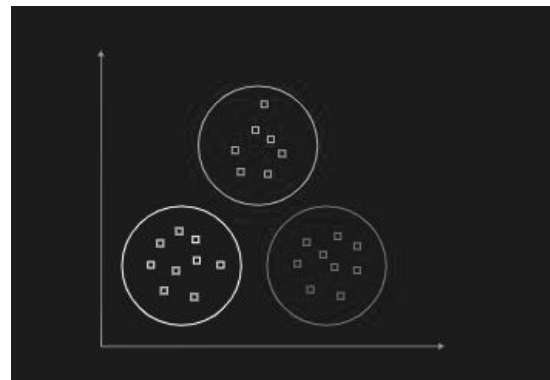
(c) Árvores de Decisão



(d) Naive Bayes



(e) KNN - K-Vizinhos Mais Próximos



(f) K-means

4. Metodologia de Pesquisa

O desenvolvimento do presente artigo foi feito com base teórica, qualitativa e exploratória. O método de pesquisa empregado foi o estudo de caso através de referências bibliográficas. Analisaram-se as principais diferenças entre as três nuvens citadas no artigo - AWS, Azure e Oracle - dando maior ênfase às funcionalidades e algoritmos de AM, uma modalidade da IA, de modo que tabelas comparativas fossem criadas. Através de um

comparativo aprofundado entre as três nuvens, considerando as vantagens e desvantagens de cada uma, um maior entendimento será percebido, de modo que auxilie os leitores na escolha da plataforma.

5. Resultados

Diante de uma revisão bibliográfica voltada para o lado de AM das nuvens, dando maior ênfase para os algoritmos de AM, pôde-se fazer uma análise comparativa em relação a determinadas características genéricas das nuvens, e um estudo mais aprofundado sobre os algoritmos de AM de cada um.

Serviço/Cloud	AWS	Azure	Oracle
IaaS	Sim	Sim	Sim
PaaS	Sim	Sim	Sim
SaaS	Sim	Sim	Sim
Serverless (sem servidor)	Lambda AWS Fargate	Azure Functions Azure Service Fabric Event Grid	Oracle Functions
Containers	Amazon EC2 Containers	Azure Containers	OCI Container Registry
Batch	AWS Batch	Azure Batch	Oracle Batch
Armazenamento	Simple Storage Service Elastic Block Storage Elastic File System Cloud	Blob Storage Disk Storage File Storage	Object Storage Block Storage OCI File Storage
Autenticação e Autorização	Identity and Access Management (IAM) AWS Microsoft manage Directory AWS Certificate Manager	Azure Active Directory	Oracle Identity
Ferramentas de Gerenciamento da Nuvem	AWS Management Console AWS CLI	Azure Portal Azure Powershell Azure Cloud Shell Azure CLI	OCI CLI Oracle Console API Catalog
Monitoramento	AWS CloudWatch AWS CloudTrail AWS Trusted Advisor	Azure Monitor Azure Advisor	Oracle Application Performance Monitoring

Figure 2. Comparativo das nuvens em relação a algumas características genéricas.

Pôde-se observar na figura acima, através de informações obtidas de diversos autores, sendo eles: [Opara 2019], [Dutta and Dutta 2019], [Madhuri and Sowjanya 2016] e [Miguel et al. 2017], que as três nuvens contam com ferramentas para todos os itens citados. As três plataformas oferecem modelos IaaS, PaaS e SaaS, ou seja, possuem serviço com pagamento por utilização no qual são disponibilizados serviços de infraestrutura de acordo com a necessidade; serviço no qual os componentes de hardware e software são hospedados pelo provedor na própria infraestrutura do usuário; e serviço no qual é fornecida uma aplicação inteira gerenciada pelo provedor e acessada via navegador da web. Todas elas contêm, também, modelos *serverless*, no qual o provedor de nuvem fica responsável pelas tarefas rotineiras de provisionamento, manutenção e escala da infraestrutura do servidor, e containers para implantar e executar aplicativos distribuídos em um modelo de virtualização.

Quanto ao armazenamento, as três nuvens possuem: armazenamento de objetos com alto escalonamento - o *Simple Storage Service* da AWS, o *Blob Storage* da Azure e o *Object Storage* da Oracle; armazenamento em bloco de alta performance em qualquer escala - o *Elastic Block Storage* da AWS, o *Disk Storage* da Azure e o *Block Storage* da Oracle; e armazenamento de arquivos escalável e elástico - o *Elastic File System Cloud* da AWS, o *File Storage* da Azure e o *OCI File Storage* da Oracle. Todas as três nuvens oferecem métodos seguros de autenticação, incluindo autenticadores de ID, confirmações

de digital ou senha via celular, e chave física FIDO2. Possuem, também, ferramentas de gerenciamento da nuvem, cada uma com suas próprias ferramentas, entretanto todas similares nas funcionalidades. O mesmo vale para o monitoramento, onde é possível construir diversos gráficos e alarmes personalizados para checar a saúde dos serviços como um todo.

Foram coletadas informações sobre os tipos de algoritmos utilizados no AM de cada uma das três nuvens, das seguintes referências: [Aljamal et al. 2018], [Khot], [Amazon 2021], [Azure 2021] e [Oracle 2021].

Nome	Tipo
Regressão Linear	Regressão Classificação
XGBoost	Regressão Classificação
KNN (K-vizinho mais próximo)	Clustering Regressão Classificação
Máquinas de Fatoração	Classificação Recomendação
Blazing Text	Trabalho com Texto
Seq2Seq	Tradução de Sequência
Classificação de Imagem	Visão de Computador
Deteção de Objeto	Visão de Computador
Segmentação Semantica	Visão de Computador
Floresta corte aleatório	Deteção de Anomalias
Entendimento IP	Deteção de Anomalias
LDA (Análise Discriminante Linear)	Modelagem de Tópicos
Kmeans	Clustering
PCA (Principal Component Analysis)	Extração de Características
Object2Vec	Extração de Características
Modelagem Tópica Neural	Classificação Regressão

Figure 3. Nomes e os tipos de algoritmos existentes na AM da AWS.

Nome	Tipo
SVM (Computador de Vetor de Suporte)	Deteção de Anomalia Classificação
PCA (Principal Component Analysis)	Deteção de Anomalia
Regressão Ordinal	Regressão
Regressão Quantil de Floresta Rápida	Regressão
Regressão Linear	Regressão
Regressão Linear Bayesiano	Regressão
Regressão de Rede Neural	Regressão Classificação
Floresta de Decisão	Regressão Classificação
Árvore de Decisão Impulsionada	Regressão Classificação
K-means	Clustering
Averaged Perceptron	Classificação
Regressão Logística	Classificação
Ponto de Máquina Bayes	Classificação
Selva de Decisão	Classificação
One-v-all	Classificação

Figure 4. Tabela contendo os nomes e seus tipos de algoritmos existentes na AM da Azure.

Nome	Tipo
Naive Bayes	Classificação
Regressão Logística	Classificação
Árvore de Decisão	Classificação
Floresta Aleatória	Classificação
Rede Neural	Classificação Regressão
SVM (Computador de Vetor de Suporte)	Classificação Detecção de Anomalia Regressão
Análise Semântica Explícita	Classificação Extração de Características
K-means	Clustering
O-cluster	Clustering
EM (Expectativa de Maximização)	Clustering
Regressão Linear	Regressão
Regressão Linear Generalizada	Regressão
Regressão Linear Passo a Passo	Regressão
PCA (Principal Component Analysis)	Extração de Características
Fatoração Matriz Não-Negativa	Extração de Características
SVD (Decomposição de Valor Singular)	Extração de Características
Tamanho Mínimo de Descrição	Extração de Características

Figure 5. Tabela contendo os nomes e seus tipos de algoritmos existentes na AM da Oracle.

Conforme observado nas tabelas, as três possuem alguns tipos em comum de algoritmos, tais como regressão linear, regressão logística, k-means, PCA e rede neural. De acordo com [Santos et al. 2020], esses algoritmos citados são amplamente utilizados por vários AM, fazendo parte dos algoritmos mais comuns. Outros algoritmos são exclusivos de cada nuvem, tais como *Object2Vec* da AWS, *Averaged Perceptron* da Azure e Fatoração de Matriz Não Negativa da Oracle.

O *Object2Vec* da AWS é um algoritmo de incorporação neural de uso geral altamente personalizável. Ele pode aprender incorporações densas de baixa dimensão de objetos de alta dimensão. As incorporações são aprendidas de uma maneira que preserva a semântica do relacionamento entre pares de objetos no espaço original no espaço de incorporação. Esse algoritmo não é utilizado nas nuvens Azure e Oracle, de modo que traz um diferencial à AWS caso o objetivo seja utilizar as integrações aprendidas para calcular com eficiência os vizinhos mais próximos de objetos e para visualizar clusters naturais de objetos relacionados em espaços de baixa dimensão, por exemplo [Amazon 2021]. O *Averaged Perceptron* é um algoritmo no qual as entradas são classificadas em várias saídas possíveis com base em uma função linear e, em seguida, combinadas com um conjunto de pesos que são derivados do vetor de recurso. Ele é um diferencial na Azure caso o objetivo seja velocidade acima da precisão. Entretanto, seu funcionamento é melhor apenas em conjuntos de dados simples [Azure 2021]. Já a Oracle possui um diferencial que é o Algoritmo de Fatoração de Matriz Não Negativa, que é uma opção de técnica de redução de dimensionalidade que preserva a característica não-negativa da representação. Ao aplicar esta restrição, outras características emergem, sendo a principal delas a decomposição em partes. Isso significa que nos casos em que os dados tratados sejam de natureza não-negativos, por exemplo, contagem e intensidade de um píxel, é esperado que a decomposição resulte em fatores não-negativos. A técnica de PCA, que é um algoritmo de direcionamento, não garante isso, mas a Fatoração de Matriz Não Negativa o faz [Oracle 2021].

A tabela seguinte mostra a quantidade total de algoritmos das três nuvens, com as diferenciações ocorrendo principalmente nos tipos dos algoritmos, e os diferenciais principais sendo discorridos no parágrafo anterior.

Tipo	AWS	Azure	Oracle
Regressão	4	7	5
Classificação	5	9	7
Clustering	2	1	3
Trabalho com Texto	1	0	0
Tradução de Sequência	1	0	0
Visão de Computador	3	0	0
Detecção de Anomalias	2	2	1
Modelagem de Tópicos	1	0	0
Extração de Características	2	0	5
Recomendação	1	0	0
TOTAL	22	19	21

Figure 6. Tabela contendo a quantidade de algoritmos separados por tipo de cada nuvem.

6. Conclusão

Conforme estudo realizado, nenhuma nuvem atenderá completamente às necessidades do usuário, visto que há uma gama de diferenciações e característica que torna cada nuvem única. Entretanto, foi-se observado que considerando apenas as características mais genéricas para um usuário não avançado, as três nuvens atenderão aos requerimentos. A AWS possui mais valor de mercado devido ao tempo de experiência por ser a mais antiga dentre as três. A Azure possui uma popularidade considerável tanto pela reputação da Microsoft quanto pelas ferramentas existentes nela, e a Oracle possui sua parcela de popularidade devido ao foco em servir bases de dados com bons requerimentos.

Quanto aos algoritmos de AM, pôde-se observar que não há forma de mensurar qual nuvem é melhor nesse quesito, uma vez que cada um oferece algoritmos especializados em determinadas funcionalidades, apesar delas possuírem um padrão quanto a alguns algoritmos mais comuns. As três nuvens possuem quase a mesma quantidade total de algoritmos, sendo as diferenciações ocorrendo principalmente nos tipos dos algoritmos. Os principais algoritmos diferenciais de cada nuvem foram explicados na seção de Resultados. Desse modo, o usuário deve primeiro entender o que ele precisa para, em seguida, analisar qual das três nuvens conterá as ferramentas de AM mais voltadas para suas necessidades.

References

- Aljamal, R., El-Mousa, A., and Jubair, F. (2018). A comparative review of high-performance computing major cloud service providers. In *2018 9th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)*, pages 181–186. IEEE.
- Alves, J. Q., Pereira, S. S. L., Braga, R. B., de Oliveira, A. M. B., and de Oliveira, C. T. (2020). Avaliação de desempenho de algoritmos de machine learning para otimização de simulações de redes de computadores. In *Anais do XXV Workshop de Gerência e Operação de Redes e Serviços*, pages 167–180. SBC.
- Amazon (2021). Ai with aws machine learning. Disponível em: https://aws.amazon.com/ai/?nc1=h_ls. Acesso em: Maio 2021.
- Azure (2021). Azure machine learning - ml como serviço. Disponível em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/services/machine-learning/>. Acesso em: Maio 2021.
- Dutta, P. and Dutta, P. (2019). Comparative study of cloud services offered by amazon, microsoft & google. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, 3(3):981–985.
- Hwang, K. (2017). *Cloud computing for machine learning and cognitive applications*. MIT Press.
- Jackovich, J. and Richards, R. (2018). *Machine Learning with AWS: Explore the power of cloud services for your machine learning and artificial intelligence projects*. Packt Publishing Ltd.
- Khot, A. R. A comparative analysis of public cloud platforms and introduction of multi-cloud.
- Kumar, Y., Kaul, S., and Sood, K. (2019). Effective use of the machine learning approaches on different clouds. In *Proceedings of International Conference on Sustainable Computing in Science, Technology and Management (SUSCOM)*, Amity University Rajasthan, Jaipur-India.
- Madhuri, T. and Sowjanya, P. (2016). Microsoft azure v/s amazon aws cloud services: a comparative study. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(3):3904–3907.
- Miguel, C. J., Santos, J. A., and Caetano da Silva, P. (2017). Comparação de serviços para cloud computing. *Revista de Sistemas e Computação-RSC*, 6(2).
- Opara, C. (2019). *Cloud computing in Amazon Web Services, Microsoft Windows Azure, Google App Engine and IBM cloud platforms: A comparative study*. PhD thesis, Near East University (.).
- Oracle (2021). Oracle artificial intelligence. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/artificial-intelligence/>. Acesso em: Maio 2021.
- Pop, D. (2016). Machine learning and cloud computing: Survey of distributed and saas solutions. *arXiv preprint arXiv:1603.08767*.

Sacilotti, A. C., Júnior, J. R. M., and Pereira, T. M. Computação em nuvem: Plataforma como serviço. *COMPUTAÇÃO EM NUVEM: PLATAFORMA COMO SERVIÇO*, pages 1–388.

Santos, G. C. et al. (2020). Algoritmos de machine learning para previsão de ações da b3.

Santos, T. (2018). *Fundamentos da computação em nuvem*. Senac.