

Gamificação aplicada à educação contábil com base em algoritmos de inteligência artificial

Ewerton Alex Avelar

<https://orcid.org/0000-0003-2374-8954> | E-mail: ewertonalexavelar@gmail.com

Samuel de Oliveira Durso

<https://orcid.org/0000-0003-0016-3611> | E-mail: sodurso@gmail.com

Cassia de Oliveira Ferreira

<https://orcid.org/0000-0003-4779-8497> | E-mail: cassiaoliveiraf26@gmail.com

Resumo

Objetivo: Analisar a aplicabilidade de um jogo que emprega modelos baseados em IA, desenvolvido para a disciplina de Orçamento Empresarial de uma universidade pública brasileira.

Método: Os dados foram coletados de fontes secundárias relacionadas ao jogo. Para análise, utilizaram-se estatísticas descritivas e o teste de Mann-Whitney.

Resultados: Os resultados destacaram o funcionamento do jogo, as estratégias utilizadas para desenvolver os modelos a partir de algoritmos de IA e a comparação entre o desempenho dos estudantes e o desses modelos. Essas análises revelaram aspectos sobre a eficácia das estratégias e o engajamento dos estudantes em relação às tomadas de decisão. A forma como jogo foi projetado gera potencial para que os discentes consigam desenvolver habilidades como liderança, iniciativa, persistência, adaptabilidade, colaboração e pensamento crítico. Ademais, a descrição do jogo fornece aos docentes uma base para replicá-lo e implementar uma metodologia ativa fundamentada em inovação.

Contribuições: Ressalta-se a relevância da gamificação no ensino de Contabilidade, evidenciando a integração da IA no jogo, o que aumenta a complexidade e o realismo nas atividades de decisão. Adicionalmente, propõe-se uma nova abordagem para a educação contábil, que integra gamificação e IA para tornar o aprendizado mais inovador e efetivo em sala de aula.

Palavras-chave: Educação contábil; Gamificação; Algoritmos de inteligência artificial (IA).

1 Introdução

A gamificação pode ser entendida como o processo de utilização de elementos de jogos em situações de não jogo (Woodcock & Johnson, 2018). Rincon-Flores e Santos-Guevara (2021) destacam a gamificação na educação como uma metodologia ativa capaz de melhorar o envolvimento dos discentes no processo de ensino-aprendizagem. O emprego dessa metodologia tem recebido destaque na literatura (Gupta & Goyal, 2022) e o reconhecimento de seus benefícios vai além da aquisição de conhecimento pelos discentes. De acordo com Dicheva et al. (2015, p. 1), esta “é uma abordagem promissora devido às suas capacidades de ensinar e reforçar não apenas conhecimento, mas também habilidades importantes, como resolução de problemas, colaboração e comunicação”, as quais se mostram fundamentais para os desafios do mercado de trabalho do século XXI (Durso et al. 2019; Levant et al., 2016).

Apesar de experiências e diversos benefícios da gamificação já relatados na literatura (e.g., Alves, 2019; Durso et al., 2019; Reginato et al., 2022, Del Sent et al., 2023), a discussão sobre o uso de algoritmos de Inteligência Artificial (IA) no processo de gamificação, especialmente na educação contábil, é escassa. No entanto, o emprego da IA em jogos de maneira geral já acontece há décadas (Mitchell, 1997). Ressalta-se que o emprego de algoritmos de IA se mostra cada vez mais relevante no cotidiano dos profissionais da contabilidade, em diversas áreas de atuação do contador, e proporciona resultados promissores, tal como destacado em estudos como Lopes (2019), Moll e Yigitbasioglu (2019) e Qasim et al. (2020). Adicionalmente, diversos autores destacam o papel dessa inteligência nas empresas, em especial, a partir da chamada “gestão por algoritmos” (*algorithmic management*) (Mateescu & Nguyen, 2019; Moreira, 2022), que congrega o uso de IA em diversos processos do Controle e da Contabilidade Gerencial (Schildt, 2017; Avelar et al., 2022; Oliveira & Avelar, 2023).

Assim, explorando essa lacuna na literatura, o presente artigo buscou analisar a aplicabilidade de um jogo que emprega modelos baseados em IA, desenvolvido para a disciplina de Orçamento Empresarial (OE) em uma universidade pública brasileira. Especificamente, a pesquisa visou: (a) descrever o funcionamento do jogo desenvolvido; (b) explicar o funcionamento dos algoritmos de IA usados no jogo; (c) apresentar uma comparação do desempenho dos modelos desenvolvidos a partir dos diferentes algoritmos em relação aos estudantes; e (d) discutir as implicações dos jogos empregando IA no processo de ensino-aprendizagem em Contabilidade, assim como a formação dos estudantes em um ambiente no qual essa tecnologia se faz cada vez mais presente.

Esta pesquisa justifica-se, em primeiro lugar, por levantar reflexões sobre a utilização de IA no contexto educacional e, em especial, para a formação em Ciências Contábeis. Adicionalmente, por propor a construção de um jogo pautado em IA em uma disciplina da formação contábil, acredita-se ser possível promover um engajamento mais profundo dos discentes da área, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades práticas e cognitivas fundamentais para a atuação dos contadores no mercado de trabalho contemporâneo. Por fim, a utilização de uma ferramenta baseada em IA na formação dos futuros profissionais da área contábil mostra-se útil, ainda, para aumentar a familiaridade dos discentes com esse tipo de tecnologia, cada vez mais presente no dia a dia da profissão.

2 Revisão de Literatura

2.1 Gamificação no contexto educacional

A literatura sobre a utilização de jogos com propósitos educacionais tem destacado que um dos principais benefícios da gamificação em sala de aula é o aumento substancial da motivação, principalmente a intrínseca, dos discentes (Hamari et al., 2016; Oliveira et al., 2023). Isso ocorre porque os jogos têm a capacidade inerente de despertar o interesse e a curiosidade dos indivíduos, proporcionando um ambiente desafiador e divertido para o aprendizado (Hamari et al., 2016). Os elementos existentes no jogo que levam à sensação de progresso e conquista podem incentivar os discentes a persistirem diante de desafios presentes no processo de aprendizagem, gerando um maior engajamento em sala de aula (Gupta & Goyal, 2022).

Ademais, o rápido *feedback* obtido no decorrer do jogo exerce um papel elementar no processo de ensino-aprendizagem (Ahmed & Sutton, 2017). Saber, de forma imediata, os acertos e erros cometidos permite que os discentes se mantenham conectados com o processo educacional, potencializando o desempenho em sala de aula (Oliveira et al., 2023). Além do benefício para os estudantes, o *feedback* constante permite que os professores acompanhem o desempenho dos alunos ao longo do processo educacional, possibilitando que ações sejam implementadas para potencializar o aprendizado discente (Christopoulos & Mystakidis, 2023).

Outro aspecto relevante da gamificação é a criação de um ambiente educacional imersivo. A literatura destaca que o uso de jogos em sala de aula permite que os discentes alcancem um estágio psicológico de maior envolvimento na tarefa desempenhada, o que gera maior concentração e, conseqüentemente, beneficia o processo de ensino-aprendizagem (Pereira et al., 2022). A imersão proporcionada pelos jogos permite que os alunos experimentem conceitos abstratos de forma concreta e prática, o que facilita a compreensão e a retenção do conhecimento, além do desenvolvimento de habilidades (Levant et al., 2016). Para que esses benefícios sejam percebidos, torna-se necessário que o jogo represente uma boa simulação do mundo real (Santos-Souza & Azevedo Ferreira, 2020). Essa exigência, porém, não descarta a possibilidade de incorporar elementos lúdicos característicos dos jogos. Ao contrário, o caráter lúdico de um jogo pode incentivar a imersão dos estudantes nas tarefas desempenhadas, tornando a experiência educacional exitosa (Hamari et al., 2016).

Além disso, entre os benefícios da simulação existente em um jogo para propósitos educacionais está a possibilidade de testar diferentes estratégias para o alcance dos objetivos, sem a preocupação das conseqüências negativas que seriam obtidas em um contexto real (Reginato et al., 2022). Ainda como benefício da gamificação no processo educacional, destaca-se a promoção da aprendizagem significativa. Ao contextualizar os conteúdos em uma narrativa envolvente, os estudantes são incentivados a relacionar o conhecimento com as suas experiências pessoais e o mundo ao seu redor (Reginato et al., 2022). Nesse cenário, ao permitir que os discentes apliquem conceitos teóricos em situações práticas, a gamificação na educação permite a promoção de uma compreensão mais profunda e duradoura do processo de ensino-aprendizagem (Santos-Souza & Azevedo-Ferreira, 2020).

Nos últimos anos, o avanço da IA tem ampliado a aplicabilidade e os benefícios da gamificação no contexto educacional (Tolks et al., 2024). A integração entre IA e jogos educacionais tem potencializado aspectos como o envolvimento dos estudantes, a personalização das experiências de aprendizagem e a oferta de *feedbacks* imediatos e mais precisos (Alenezi, 2023). Com o uso da IA, é possível adaptar os desafios às características individuais dos alunos, tornando as situações de jogo mais complexas, dinâmicas e eficazes (Bennani et al., 2022). Assim, a IA, quando adequadamente estruturada, pode contribuir para tornar as estratégias gamificadas ainda mais atrativas e alinhadas às necessidades pedagógicas contemporâneas.

Na área contábil, alguns estudos já foram realizados objetivando avaliar a adoção de estratégia de gamificação para fins educacionais, com diferentes estruturas de suporte tecnológico. Levant et al. (2016), por exemplo, analisaram o papel das simulações de negócios no desenvolvimento de *soft skills* de discentes de diferentes países. Os autores encontraram evidências de que as habilidades analisadas podem ser desenvolvidas a partir do uso de jogos de simulação de negócios. Não obstante, foram identificadas diferenças étnico-culturais nos benefícios identificados. De forma similar, Durso et al. (2019) buscaram analisar a contribuição de uma disciplina de simulação de negócios para o desenvolvimento de competências de estudantes de Ciências Contábeis. Os resultados da pesquisa desses autores indicam que os participantes consideram que diversas habilidades foram desenvolvidas a partir da disciplina gamificada de simulação de negócios, tais como: curiosidade, liderança, iniciativa, persistência, adaptabilidade, colaboração e pensamento crítico.

Alves (2019), por sua vez, analisou a aplicabilidade de um jogo para o ensino de Contabilidade de Custos. Para isso, a autora construiu o *Easy Cost*, que simula o processo industrial de uma empresa de confecção, e o aplicou em duas faculdades localizadas em diferentes estados brasileiros. Os resultados da investigação sugerem que o jogo contribuiu para uma aprendizagem significativa, envolvendo a atenção dos discentes e promovendo integração e entretenimento durante o aprendizado. Por sua vez, Santos-Souza e Azevedo-Ferreira (2020) visaram identificar as contribuições e limitações do uso de jogos de empresa para o ensino de Contabilidade Gerencial no Brasil. Esses autores encontram indícios de que o nível de envolvimento dos estudantes na disciplina se mostrou distinto entre os participantes, o que não garantiu o alcance completo do processo de aprendizagem para todos.

Reginato et al. (2022), por outro lado, analisaram o fenômeno da transferência de aprendizado e o desenvolvimento de habilidades interpessoais a partir do uso de um *software* de simulação de negócios em uma disciplina gamificada de um curso de Ciências Contábeis. Os resultados da pesquisa indicaram que, a partir do *software* utilizado na disciplina gamificada, os discentes conseguiram adquirir conhecimentos que poderiam ser utilizados no mundo real. Os participantes também consideraram que foram capazes de desenvolver habilidades interpessoais a partir da disciplina em questão, principalmente, colaboração e adaptabilidade. Por fim, Del Sent et al. (2023) buscaram compreender como os reflexos da gamificação atuam no engajamento de discentes brasileiros de cursos de graduação em Ciências Contábeis. Os autores concluíram que o jogo construído serviu para estimular os estudantes de Ciências Contábeis ao desenvolvimento de um aprendizado crítico e reflexivo.

Embora a literatura destaque a importância dos jogos para o processo de ensino-aprendizagem de estudantes, e apesar de alguns estudos recentes, como os supracitados, já terem abordado esse fenômeno na área contábil, não são encontradas investigações na área que enfoquem o emprego desses jogos com análise conjunta com ferramentas baseadas em IA. Tal como destacado por Mitchell (1997), os algoritmos de IA vem sendo aplicados em jogos há décadas, porém seu uso em contextos educacionais ainda possui diversas lacunas a serem exploradas (Wang et al., 2024). Assim, diante da emergência de modelos baseados em algoritmos de IA no cotidiano, é importante discutir sua relação com a gestão e o processo educacional dos estudantes de Ciências Contábeis.

2.2 Inteligência Artificial (IA) e gestão empresarial

A IA é descrita na literatura como uma máquina ou sistema capaz de aprender, pensar e simular tarefas cognitivas como um ser humano, mas de forma mais rápida e precisa (Jarrahi, 2018). Russel e Norvig (2013) apresentam a IA como um campo de estudo, categorizada em subcampos, dentre eles, o Aprendizado de Máquina (*Machine Learning – ML*), que utiliza algoritmos para melhorar o desempenho das máquinas com base em exemplos, aplicando-se em reconhecimento de padrões e previsões. Entre os principais algoritmos de ML, destacam-se: k-vizinhos mais próximos (*K-Nearest Neighbors – KNN*), *Random Forest* (RF) e Redes Neurais Artificiais (*Artificial Neural Networks – RNAs*).

O KNN se baseia em distâncias e tem como premissa básica que observações semelhantes provavelmente possuem atributos similares. Conforme ressaltado por Nwaganga e Chapple (2020), para realizar uma previsão ou classificação, os atributos das observações mais semelhantes da fase de treinamento são utilizados para essa tarefa. Por sua vez, Burguer (2018) define o RF como uma coleção de diferentes modelos baseados em árvores de decisão geradas a partir de vários subconjuntos aleatórios de dados de treinamento. Cada um dos modelos, a partir dos subconjuntos de dados usados, gera um resultado esperado, que é, então, combinado para uma decisão final. Por fim, Burguer (2018) resalta que as RNAs são compreendidas como um conjunto de equações usadas para se calcular um valor de saída.

As aplicações dos diversos algoritmos de IA como os supracitados abrangem diversos campos, incluindo medicina, *marketing*, seleção de pessoal, investimentos e contabilidade (Schildt, 2017; Shrestha et al., 2019). No contexto da contabilidade, essas tecnologias têm sido aplicadas para identificação automática de regras de cálculo e enquadramento tributário, na classificação fiscal e contábil de documentos, na identificação de pontos de auditoria, na análise do comportamento de indicadores de resultados, na detecção de riscos tributários e trabalhistas, entre outros (Moll & Yigitbasioglu, 2019; Lopes, 2019; Qasim et al., 2020).

Atualmente, as soluções baseadas em IA desempenham um papel cada vez mais significativo na realização de tarefas gerenciais complexas que antes eram exclusivas dos seres humanos, demonstrando, inclusive, um desempenho superior em comparação ao humano (Raisch & Krakowski, 2020; Borges et al., 2021). Nesse contexto, Grønsunda e Aanestad (2020) destacam que a natureza do trabalho e a forma de organização das empresas têm sido afetadas pela IA. Ademais, há uma crescente adoção da gestão baseada em algoritmos, com objetivo de tornar o trabalho mais eficiente e promover a redução de custos (Mateescu & Nguyen, 2019).

O uso de algoritmos na gestão é promissor, conforme apontado por Moreira (2022). Entretanto, a adoção da IA também traz desafios e considerações éticas. Questões relacionadas à privacidade dos dados, vies algorítmico e interpretabilidade dos modelos de IA precisam ser cuidadosamente consideradas e endereçadas para garantir que a implementação da IA beneficie a organização de maneira ética e responsável (Borges et al., 2021; Cardon et al., 2021). Independente dessas questões, Schildt (2017) destaca que é esperado que, cada vez mais, a média gerência responsável pelo Controle Gerencial (CG) seja substituída por algoritmos. Ainda segundo o autor, a gestão nesse nível tende a ser cada vez mais um processo tecnológico com pouca (ou nenhuma) intervenção humana. Nesse nível de gestão, tradicionalmente, encontra-se a principal ferramenta de CG baseada na Contabilidade: o OE.

2.3 Orçamento Empresarial (OE)

Embora haja várias definições para o orçamento, há um consenso de que ele desempenha um papel fundamental no Sistema de Controle Gerencial (SCG) das organizações. No contexto das práticas de CG, o orçamento se manifesta como a materialização do planejamento e do controle, por meio da elaboração de um plano detalhado que abrange todas as etapas das operações para um período futuro específico (Pedreti & Diniz-Maganini, 2023). Ele serve como um instrumento crucial para a alocação de recursos, a coordenação, o controle e a comunicação das estratégias da organização (Mucci et al., 2021).

Dal Magro e Lavarda (2015) salientam que, entre os objetivos do orçamento e seu processo de elaboração, destaca-se sua função como um motivador para os gestores, incentivando-os a desenvolver planos sólidos e bem estruturados. Além disso, o orçamento atua como uma ferramenta de comunicação eficaz, permitindo que a organização transmita, de maneira clara e precisa, suas expectativas aos gestores. É relevante observar que a literatura indica que os julgamentos relacionados ao orçamento podem estar sujeitos a erros. Conforme apontado por Lima Filho et al. (2010), a complexidade e a incerteza das atividades orçamentárias podem aumentar a probabilidade de uso de vieses cognitivos, mesmo por profissionais experientes. Adicionalmente, Moraes et al. (2022) sugerem que, quanto mais envolvido o indivíduo estiver com o processo orçamentário, maior a possibilidade de ele apresentar vieses cognitivos.

A elaboração do orçamento usualmente se revela uma tarefa árdua e complexa para os gestores, caracterizada por ser um processo demorado (Oliveira, 2018). Garrison et al. (2013) destacam que as previsões utilizadas para elaboração do orçamento exigem o uso de modelos e ferramentas estatísticas a fim de se obter previsões mais precisas e garantir que o processo orçamentário seja desenvolvido de forma adequada. Em face de um mercado dinâmico e diante da transformação digital vivenciada globalmente, o CG e suas ferramentas, tais como o orçamento, têm sido alvo de modernização. Brognoli e Ferenhof (2020) afirmam que a transformação digital, compreendida como integração da tecnologia digital e da análise de dados com processos inteligentes, aplicada ao CG é um fenômeno que requer atenção e que se torna um dos principais vetores para transformação das organizações.

Nesse contexto, do ponto de vista educacional, o emprego de um jogo que utiliza algoritmo de IA no âmbito do OE permite que o discente entre em contato com as práticas atualmente realizadas pelo mercado. Além disso, torna-se possível simular cenários complexos e dinâmicos, tornando a experiência educacional mais realista e enriquecedora para os estudantes. Por fim, o uso da IA no contexto educacional permite personalizar o jogo, adaptando desafios e *feedbacks* conforme o progresso e as necessidades individuais dos discentes, o que possibilita um aprendizado mais eficaz e envolvente.

3 Metodologia

A pesquisa apresentada neste artigo pode ser classificada como descritiva, documental, e com abordagem qualitativa e quantitativa conforme a classificação de Cooper e Schindler (2003). Os dados secundários foram obtidos por meio das orientações do jogo disponibilizadas aos discentes, pelos relatórios com as decisões e os resultados obtidos pelos grupos de estudantes em cada rodada ao longo de quatro semestres de aplicação do jogo (do primeiro semestre de 2022 ao segundo semestre de 2023) e pelos códigos e bancos de dados empregados para desenvolver os modelos baseados nos diferentes algoritmos de IA.

As orientações do jogo disponibilizadas aos participantes foram analisadas de forma a descrever a dinâmica da ferramenta e as principais decisões tomadas pelos grupos de estudantes. Verificou-se que as principais decisões a serem tomadas periodicamente são: quantidade a ser produzida, preço unitário, contratação de pessoal, pagamento de empréstimos e juros, gastos com *marketing*, comissão sobre vendas para os vendedores e contratação de serviço de consultoria de mercado. Tais decisões são pontuadas com base em uma série de critérios, com o objetivo principal de atingir um objetivo de longo prazo (maximizar o retorno da empresa ou o seu *market share*). Detalhes sobre decisões e resultados são descritos na subseção 4.1 deste trabalho.

Os relatórios com as decisões e os resultados dos grupos de estudantes foram analisados, e os dados, tabulados e tratados em planilhas do *MS-Excel*. O foco foram as principais decisões realizadas pelos estudantes conforme o manual do jogo, assim como os resultados obtidos no que se relaciona ao objetivo de longo prazo. No total, foram registradas 103 decisões, bem como os objetivos de longo prazo (atingindo ou não), incluindo aspectos macroeconômicos que as influenciam neste jogo: inflação e variação do Produto Interno Bruto (PIB).

Para o desenvolvimento dos modelos baseados nos algoritmos de IA, inicialmente os dados de rodadas anteriores do jogo foram tratados para possibilitar o emprego por parte dos algoritmos. Como todos os algoritmos de IA empregam dados métricos, utilizou-se a normalização para tratamento dos dados em linha com o apresentado por Nwanganga e Chapple (2020). Para a estimação dos modelos, realizou a divisão entre dados de treinamento e de teste, conforme descrito por Burguer (2018) e Lantz (2019). Seguindo as orientações desses autores, os dados foram separados em dados de treinamento (aproximadamente 80%) em relação aos dados de teste (aproximadamente 20%).

De forma geral, o processo de desenvolvimento dos modelos seguiu o passo a passo proposto por Ferreira et al. (2021) para previsão em finanças usando IA: (1) coleta dos dados de entrada; (2) transformação e seleção os dados; (3) treinamento do modelo; (4) otimização dos parâmetros; e (5) avaliação do desempenho do modelo. Salienta-se que o processo foi realizado ao longo de algumas etapas para as principais decisões em sequência: Produção, Preço, Comissão e *Marketing*. Como *inputs* iniciais, foram utilizados dados referentes ao PIB e à inflação; o *output* de cada etapa passava a ser *input* da seguinte. Aspectos específicos do desenvolvimento dos modelos baseados em cada algoritmo são detalhados na subseção 4.2 deste trabalho.

Para otimização dos parâmetros e seleção dos modelos, empregou-se a métrica *root mean squared error* (RMSE) calculada para os dados de teste a fim de estimar o desempenho do modelo (Equação 1), focando sua capacidade de prever o atingimento do objetivo de longo prazo. Trata-se de uma medida amplamente utilizada em modelos desenvolvidos com base em algoritmos de IA com finalidades específicas de predição (regressão) de categorias (Nwanganga & Chapple, 2020), como o fenômeno abordado nesta pesquisa.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(|valor_{real}|_i - |valor_{predito}|_i)^2}{n}} \quad (1)$$

Os dados quantitativos foram analisados de acordo com as seguintes técnicas: estatística descritiva e teste de Mann-Whitney. Todos os dados foram tratados e analisados a partir de planilhas eletrônicas e do software R, utilizando-se os seguintes pacotes: *A Grammar of Data Manipulation* (dplyr); *Breiman and Cutler's Random Forests for Classification and Regression* (randomForest); *Evaluation Metrics for Machine Learning* (Metrics); *Classification and Regression Training* (caret); *Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics* (ggplot2); *Misc Functions of the Department of Statistics, Probability Theory Group* (e1071); *Read Excel Files* (readxl); e *Training of Neural Networks* (neuralnet).

4 Resultados

4.1 Descrição do funcionamento do jogo elaborado

Preliminarmente, o jogo é denominado SIPROJEN-IA, abreviatura de “Simulador de Processo Orçamentário baseado em Jogos de Empresas do Núcleo X”. Destaca-se que o “X” foi usado como pseudônimo para não identificar o núcleo de pesquisa responsável pelo desenvolvimento do jogo. Ademais, a sigla IA é apresentada nesta versão do jogo, já que a sua versão prévia não contava com essa tecnologia. Ressalta-se que o jogo é apresentado como atividade avaliativa, a ser realizada pelos estudantes durante algumas semanas, para a disciplina de OE na segunda metade do semestre, quando os discentes já foram apresentados a todo o processo de elaboração do orçamento.

O jogo consiste em tomar periodicamente decisões para uma empresa hipotética, que vende o produto Y no mercado Z, considerando um Objetivo da Decisão (OD) de longo prazo previamente definido, assim como a elaboração de um orçamento, com base no conceito de Pedreti e Diniz-Maganini (2023). Salienta-se que o produto Y vendido é homogêneo, não permitindo diferenciação entre as empresas concorrentes. Ele é mensurado em litros e, para a sua fabricação, demanda a matéria-prima X.

Durante um número predefinido de rodadas (usualmente, quatro), os estudantes devem tomar decisões quantitativas, baseadas no histórico e em projeções futuras, para quantificar as atividades econômicas e financeiras da empresa, em consonância com o destacado por Mucci et al. (2021). É crucial notar que as premissas são discricionárias, refletindo as estratégias e os objetivos dos participantes em linha com o esperado com base em Garrison et al. (2013).

Em todas as rodadas, as seguintes decisões devem ser tomadas: (a) Quantidade a ser produzida (em litros) – pode variar de 1 a 10.000; (b) Preço unitário (em R\$) – pode variar de R\$ 0,01 a R\$ 10.000,00; (c) Contratação de pessoal (em número de funcionários) – podem ser números positivos (contratação) ou negativos (demissão) – o número mínimo que a empresa pode ter é de 0 (zero) funcionários –, e não há custos extras de contratação nem de demissão; (d) Pagamento de empréstimos e juros (em R\$) – o valor mínimo é R\$ 0,00, e só podem ser pagos empréstimos referentes a períodos anteriores; (e) Gastos com *marketing* (em R\$) – o valor mínimo é R\$ 0,00; (f) Comissão sobre vendas para os vendedores (em percentual) – pode variar entre 0% e 100%; (g) Aquisição de máquinas (número) – o valor mínimo é 0 (zero); e (h) Serviço de consultoria de mercado (sim ou não) – ao optar pelo serviço, será entregue um relatório com as estatísticas descritivas dos valores referentes às principais decisões das demais empresas para o período.

Destaca-se que, considerando a teoria econômica neoclássica (Besanko et al., 2012), a demanda de cada empresa no mercado Z é influenciada principalmente pelo seu preço. Nesse caso, quanto menor o preço, maior tende a ser a quantidade demandada. Porém, o percentual de comissão e o gasto com *marketing* também influenciam significativamente as vendas de forma positiva. É importante destacar que, para preços acima de R\$ 1.000,00, a demanda cai de forma drástica.

Além das decisões anteriormente citadas, na primeira rodada, os jogadores deverão estabelecer o OD, que valerá por todas as rodadas. O OD pode ser um dos seguintes: (i) OD1 – Maximizar a participação no mercado (em quantidade vendida); ou (ii) OD2 – Maximizar o retorno sobre o ativo (ROA). Por maximização, entende-se que o valor usado de referência para o OD de um período deverá sempre ser superior ao do período imediatamente anterior. Além disso, os jogadores são avaliados por gerar lucro no período e, caso consigam obter o maior valor em uma rodada entre todos os jogadores para o OD selecionado, ganham um ponto extra. São apresentadas diversas premissas aos estudantes sobre características de produção, variáveis macroeconômicas e prazos de pagamento, assim como um balanço patrimonial referente ao período imediatamente anterior.

Além disso, considera-se que o preço médio praticado pelas empresas no mercado no período de X0 foi de R\$ 400 por unidade. Ademais, o valor médio de gastos com *marketing* naquele período foi de R\$ 50 mil e a comissão média praticada foi de 5%. Salienta-se que os desembolsos relacionados a esses gastos ocorrem no mesmo período. Ressalta-se que as empresas devem usar o custo médio ponderado móvel para avaliar seus estoques de produtos acabados. Nesse sentido, considera-se que, após a estimativa da quantidade a ser produzida, toda a matéria-prima é adquirida e todos os litros do produto são fabricados antes do primeiro ser vendido. Desse modo, não há estoques de matéria-prima ou de produtos em elaboração ao fim de cada período. Destaca-se, ainda, que todos os custos são alocados aos produtos, independentemente da quantidade produzida. Sobre os empréstimos, eles serão contratados automaticamente, no início de cada período, caso a empresa não tenha recursos em caixa suficientes para arcar com os compromissos firmados.

Ademais, ressalta-se que a empresa conta com 3 (três máquinas) inicialmente, cuja capacidade de produção total é de 1.500 litros por período. Cada máquina adquirida custou R\$ 50.000,00 à empresa, e sua depreciação baseia-se em quotas constantes, considerando cinco períodos de vida útil e sem qualquer valor residual. A empresa pode adquirir novas máquinas ao longo do jogo pelo mesmo valor unitário das anteriores, cujo pagamento é realizado à vista. A máquina passa a produzir já no período de sua compra (ampliando a capacidade produtiva da empresa). Caso a produção do período supere a capacidade instalada de produção da empresa em dado período, será necessário contratar horas de máquinas de outras empresas (terceirizadas), que cobram R\$ 45,00 por litro processado nesses equipamentos.

Antes de cada rodada, são apresentadas informações estimadas sobre o PIB e a inflação para o período. Esta tem efeito direto sobre o custo da matéria-prima, enquanto aquela, sobre o crescimento do mercado. As empresas serão distribuídas de acordo com o número de jogadores. As decisões das empresas não atribuídas a nenhum participante humano são controladas por diferentes algoritmos de IA e serão consideradas em cada rodada. Além disso, inicialmente, são realizadas duas rodadas para a familiarização dos participantes em relação ao jogo. Nesse caso, após o fim dessas rodadas de treinamento, a situação das empresas volta ao que era em X0. As decisões devem ser enviadas via *link* disponibilizado via e-mail até as 23h59 do dia estabelecido pelo docente responsável pela disciplina de OE. Os relatórios dos resultados de cada empresa são enviados por *e-mail* para cada jogador após o fim da rodada.

A partir dos descritivos de funcionamento anteriores, percebe-se que o SIPROJEN-IA visa propiciar um ambiente bastante imersivo para os discentes, visando alcançar um estado psicológico de maior envolvimento e concentração, além de facilitar a compreensão e a retenção do conhecimento tal como destacado por autores como Levant et al. (2016) e Pereira et al. (2022). Ademais, em linha com Reginato et al. (2022), o jogo permite aos estudantes a possibilidade de testar diferentes cursos de ações para o alcance dos objetivos, sem a preocupação das consequências negativas que poderiam ser geradas no mundo real. Nesse contexto, o SIPROJEN-IA representa um tipo de laboratório de orçamento, no qual os discentes podem experimentar diferentes estratégias a partir do conhecimento adquirido no curso. Além disso, o rápido *feedback* dos resultados após cada rodada possibilita que os discentes se mantenham conectados com o processo educacional, o que tende a potencializar seu desempenho conforme reportam estudos como os de Ahmed e Sutton (2017) e Oliveira et al. (2023).

A forma como o SIPROJEN-IA foi projetado, portanto, gera potencial para que os discentes consigam desenvolver as diversas habilidades listadas por diferentes estudos em Contabilidade (e.g., Durso et al., 2019; Alves, 2019; Reginato et al., 2022), tais como: relações interpessoais, curiosidade, liderança, iniciativa, persistência, adaptabilidade, colaboração e pensamento crítico. Ademais, a previsão de rodadas iniciais de treino possibilita uma maior familiaridade dos discentes com o jogo, em linha com o exposto por Durso et al. (2019). Esses autores destacaram que a familiaridade com ferramentas *online* e a percepção da usabilidade do *software* apresentaram correlação positiva e significativa com a percepção dos discentes em relação ao desenvolvimento de competências importantes para a atuação no mercado de trabalho do século XXI. Isso ainda reduz a possibilidade de um nível baixo de envolvimento dos estudantes, conforme Santos-Souza e Azevedo-Ferreira (2020).

4.2 Modelos de algoritmos de IA gerados

No desenvolvimento do SIPROJEN-IA, foram utilizados algoritmos de IA para criar um jogador não humano, capaz de competir com os grupos formados pelos discentes do curso de Ciências Contábeis. A introdução da IA como competidor tem como principal objetivo evitar a formação de cartéis entre os grupos, prática que poderia influenciar indevidamente os resultados das rodadas do jogo. Além disso, o uso da IA no jogo contribui para a criação de um ambiente mais imersivo e dinâmico, tornando a competição mais desafiadora e estimulante. Essa estratégia visa aumentar o engajamento dos alunos, ao mesmo tempo que reforça o processo de ensino-aprendizagem, proporcionando uma experiência mais rica e motivadora. Por fim, o uso da IA no contexto de sala de aula contribui, ainda, para que os discentes tenham uma maior familiaridade com este tipo de ferramenta, amplamente presente no dia a dia dos profissionais da área contábil na atualidade (Moll & Yigitbasioglu, 2019; Lopes, 2019; Qasim et al., 2020), considerando a expansão da gestão por algoritmos no controle gerencial atualmente (Avelar et al., 2022; Oliveira & Avelar, 2023; Schildt, 2017; Mateescu & Nguyen, 2019).

O primeiro modelo gerado para o SIPROJEN-IA foi o baseado no algoritmo KNN. Trata-se de um algoritmo simples e que funciona da seguinte maneira: (1) recebe e memoriza um conjunto de dados de treinamento, no qual cada observação é composta por um conjunto de variáveis independentes e uma dependente; (2) quando uma nova observação precisa ser classificada, o algoritmo encontra as “k” observações mais próximas dessa observação no conjunto de treinamento, em que a proximidade é medida pela distância entre as variáveis; (3) a classe da nova observação é determinada com base nas classes das “k” observações mais próximas, usando uma técnica de votação majoritária. Nesse caso, como o algoritmo foi empregado para fins de regressão, embora o processo de aprendizado seja semelhante, em vez do voto majoritário para prever o valor da classe para o novo objeto, empregou-se a média da classe predita dos k-vizinhos mais próximos, conforme apresentado por Burguer (2018).

Para mensurar a distância entre as observações, usualmente, emprega-se a distância Euclidiana das variáveis de cada observação. Matematicamente, essa distância se refere a uma linha reta entre as coordenadas de dois pontos em um espaço multidimensional (Nwanganga & Chapple, 2020). Para seleção do valor “k”, parâmetro essencial desse algoritmo, para cada decisão, foram testados valores entre 1 e 10, seguindo a abordagem destacada em Nwanganga e Chapple (2020). Visou-se selecionar o melhor k considerando o *trade-off* de viés-variância ressaltado por Lantz (2019).

Por sua vez, o modelo gerado baseado no RF combina os resultados das diferentes árvores, de acordo com o objetivo da predição (regressão neste caso). Trata-se de uma abordagem de *ensemble learning* (aprendizado em conjunto). Conforme Nwanganga e Chapple (2020), o aprendizado em conjunto assume que se pode não conseguir encontrar o conjunto ótimo de parâmetros para um dado modelo e, mesmo que fosse possível, o modelo poderia não estar apto a capturar todos os padrões subjacentes aos dados. Assim, em vez de focar a otimização do desempenho de apenas um modelo, usam-se vários modelos fracos e complementares para desenvolver um modelo mais efetivo e poderoso (processo chamado de *bagging*). Segundo Nwanganga e Chapple (2020), o RF inclui não apenas uma seleção de subconjuntos de dados de treinamento, mas também uma seleção aleatória de atributos. Para seleção do número de árvores a serem consideradas, parâmetro essencial do algoritmo RF, para cada decisão, foram testados valores entre 1 e 30.

No que se refere ao último algoritmo empregado, as RNAs, Lantz (2019) destaca que essas redes modelam a relação entre um conjunto de *inputs* (entradas) e de *outputs* (saída) usando um modelo baseado no nosso conhecimento de como o cérebro biológico faz isso. Segundo o autor, enquanto o cérebro biológico usa uma rede de células interconectadas (os neurônios biológicos) para fornecer uma vasta capacidade de aprendizado, as RNAs usam uma rede de neurônios artificiais para resolver problemas desafiadores. Nesse sentido, Faceli et al. (2021) destacam que o conceito de rede profunda, ligado ao aprendizado profundo, refere-se a uma RNA que possui, pelo menos, duas camadas intermediárias, o que contribui para o aumento do desempenho.

Para seleção da arquitetura a ser considerada, o algoritmo de RNA foi capaz de escolher neurônios entre quatro camadas, permitindo, assim, o aprendizado profundo, conforme descrito por Faceli et al. (2021). Na Tabela 1, encontram-se os parâmetros otimizados e empregados nos modelos desenvolvidos. Dessa forma, observa-se que os melhores parâmetros para os modelos de RNA, RF e KNN foram selecionados com base nas decisões específicas de cada categoria: Produção, Preço, Comissão e *Marketing*.

Tabela 1

Parâmetros otimizados e empregados no modelo

Algoritmo	Decisão	Melhores parâmetros para os modelos
RNA	Produção	2 camadas com 1 neurônio cada
	Preço	1 camada com 1 neurônio
	Comissão	4 camadas com 3 neurônios cada
	Marketing	4 camadas com 3 neurônios cada
RF	Produção	13 árvores
	Preço	6 árvores
	Comissão	1 árvore
	Marketing	9 árvores
KNN	Produção	8 vizinhos mais próximos
	Preço	6 vizinhos mais próximos
	Comissão	2 vizinhos mais próximos
	Marketing	6 vizinhos mais próximos

4.3 Comparação das decisões e do desempenho dos modelos baseados em IA

Foram realizadas comparações das decisões e do desempenho dos estudantes e do SIPROJEN-IA nos mesmos jogos. Destaca-se que, nessa comparação, optou-se por analisar apenas dados referentes a grupos de discentes que optaram pelo OD2 (ou seja, maximizar o ROA), uma vez que havia um maior número de dados disponíveis. Na Tabela 2, apresentam-se as estatísticas descritivas das principais decisões tomadas pelos discentes e pelos modelos desenvolvidos.

Tabela 2

Decisões discentes versus SIPROJEN-IA por categoria

Decisão	Jogador	Estatísticas					
		Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
Produção	Discentes	816,00	950,00	1.000,00	1.033,61	1.050,00	1.320,00
	SIPROJEN-IA	1.021,51	1.054,95	1.097,55	1.103,73	1.158,42	1.195,02
Preço	Discentes	421,50	430,00	457,31	477,43	479,75	675,00
	SIPROJEN-IA	427,00	436,14	445,37	446,07	452,72	475,42
Comissão	Discentes	4,00%	6,00%	7,00%	6,88%	7,25%	10,00%
	SIPROJEN-IA	6,13%	6,88%	7,27%	7,18%	7,33%	8,50%
Marketing	Discentes	33.743,50	52.000,00	55.000,00	52.304,83	57.500,00	65.000,00
	SIPROJEN-IA	47.165,25	49.436,80	51.804,96	52.011,68	54.732,69	57.096,11

Verifica-se que não há uma grande discrepância entre os dois grupos de jogadores. Aparentemente, os discentes tendem a gastar mais com *Marketing* que o SIPROJEN-IA, porém, com base no teste de Mann-Withney, não se verificou diferenças estatisticamente significantes. O mesmo ocorreu no que se refere às demais decisões. A Tabela 3, em complemento, apresenta os achados referentes ao alcance dos resultados por parte dos dois grupos: discentes e SIPROJEN-IA. Apesar de não ser possível dizer que os modelos baseados em algoritmos de IA obtiveram desempenhos estatisticamente diferentes no que tange ao OD, eles nunca apresentaram prejuízo em qualquer período. Ademais, não se verificou diferenças estatisticamente significantes entre os resultados com base no teste de Mann-Withney.

Tabela 3

Desempenho discentes versus SIPROJEN-IA

Resultados	Jogador	Estatísticas					
		Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
Lucro	Discentes	2,00	4,00	4,00	3,67	4,00	4,00
	SIPROJEN-IA	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
ROA	Discentes	1,00	2,00	2,00	2,33	3,00	4,00
	SIPROJEN-IA	2,00	2,00	2,00	2,25	2,25	3,00
Ponto extra	Discentes	-	1,00	1,00	1,22	1,00	4,00
	SIPROJEN-IA	-	-	0,50	0,63	1,00	2,00

Observa-se a aplicabilidade dos modelos baseados em algoritmos de IA no jogo, uma vez que eles obtêm desempenho similar aos dos alunos que estudam o processo orçamentário durante a disciplina e têm rodadas de treino para se familiarizarem com a ferramenta. Ao competirem com os estudantes (que estão cientes dessa situação), os modelos baseados em IA não apenas evitam a formação de cartéis e outros comportamentos oportunistas dos grupos de estudantes em busca de maior pontuação (como destacado anteriormente), como também os compelem a compreender melhor esse tipo de inteligência e o papel cada vez mais comum dessa tecnologia no cotidiano.

4.4 Discussão dos resultados

O estudo desenvolvido apresenta uma série de implicações sob diversas perspectivas: acadêmica, profissional e para educação contábil no século XXI. Inicialmente, destaca-se a contribuição inovadora no que se refere ao emprego da gamificação como metodologia na educação em Contabilidade. Embora já existam estudos nesse sentido (e.g., Levant et al., 2016; Alves, 2019; Santos-Souza & Azevedo-Ferreira, 2020), as evidências na literatura ainda são bastante escassas, apesar de essa metodologia promover uma série de benefícios, tais como incentivar a liderança, a iniciativa, a persistência, a comunicação, a colaboração, a adaptabilidade, assim como a integração e o aprendizado crítico e reflexivo, como evidenciam autores como Alves (2019), Durso et al. (2019), Reginato et al. (2022) e Del Sent et al. (2023). O estudo ora apresentado, assim, realça a relevância da gamificação no contexto educacional contábil, e reforçando seus benefícios.

Além disso, o estudo enfoca a gamificação no contexto de emergência da IA, ao considerar modelos de algoritmos baseados nessa inteligência. Assim, a pesquisa inova e amplia resultados em relação a estudos predecessores como os de Alves (2019), Reginato et al. (2022) e Del Sent et al. (2023). Nesse sentido, destaca-se a relevância da consideração da IA nos jogos para a formação de estudantes, de modo a possibilitar a interação com essa tecnologia, considerando suas potencialidades e suas limitações. As premissas do jogo se inserem no contexto social no qual já há registro do emprego de algoritmos de IA em atividades cotidianas dos profissionais da contabilidade, tal como evidenciado pelos estudos de Lopes (2019), Moll e Yigitbasioglu (2019) e Qasim et al. (2020). O SIPROJEN-IA enfoca especialmente questões relacionadas ao CG ante a emergência da gestão por algoritmos destacada por Mateescu e Nguyen (2019), Moreira (2022), e Oliveira e Avelar (2023). Nesse aspecto, destaca-se a premissa de Schildt (2017), que prevê que a gestão de média gerência não será mais desenvolvida por humanos, mas, sim, por meio de um processo intrinsecamente tecnológico. Desse modo, reforça-se a relevância de a formação do profissional contábil ante essas novas perspectivas.

A proposta e os achados do estudo estão em linha com as competências e as habilidades dos egressos do curso de graduação em Ciências Contábeis (bacharelado) com base na Resolução CNE/CES nº 1, de 27 de março de 2024, que instituiu as novas Diretrizes Curriculares Nacionais desta área de formação (Ministério da Educação, 2024). O SIPROJEN-IA está alinhado com diversas competências e habilidades segundo a referida resolução, em especial, a demanda de que os discentes devem “compreender como a tecnologia da informação contribui para a análise de dados e para a geração de informação”. Nesta competência, destaca-se a seguinte habilidade: “Desenvolver a capacidade de implementar e usar tecnologias contemporâneas como *big data*, *data analytics*, *data visualisation* e inteligência artificial [IA] no âmbito dos sistemas de informação contábil”. Desse modo, observa-se como o SIPROJEN-IA está em linha não apenas como as demandas atuais da sociedade, mas também com as perspectivas futuras da formação do profissional da contabilidade conforme as novas diretrizes do curso.

Ademais, o detalhamento do funcionamento do SIPROJEN-IA e dos parâmetros dos modelos estimados possibilitam sua reaplicação em outros contextos educacionais, contribuindo para a replicabilidade da pesquisa. As regras do jogo desenvolvido podem ser reaplicadas e/ou adaptadas a outros contextos educacionais, assim como, com base em programação, podem ser inseridas novas estratégias de IA ao jogo construído, buscando o seu aprimoramento. Portanto, a partir dos resultados deste artigo, os professores têm uma base para implementar uma metodologia ativa fundamentada em inovação para suas aulas.

Desse modo, entende-se que o estudo desenvolvido contribui, de forma relevante, para a educação contábil, ao lidar com uma metodologia ativa, cujos benefícios são amplamente relatados na literatura, empregando modelos baseados em algoritmos de IA, no contexto de inovação cada vez mais intenso e extenso dessa tecnologia em diversas áreas da Contabilidade. A aplicação dos jogos como o SIPROJEN-IA e sua adaptação possibilita uma base interessante, tanto para replicação quanto para aprimoramento, no sentido de auxiliar significativamente na formação de profissionais da contabilidade no século XXI, em linha com o esperado pelo mercado, pelas instituições de ensino e pela sociedade em geral.

5 Conclusões

A pesquisa apresentada neste artigo visou analisar a aplicabilidade de um jogo (o SIPROJEN-IA), que emprega modelos baseados em algoritmos de IA, desenvolvido para a disciplina de OE em uma universidade pública brasileira. Os dados para o estudo foram obtidos por meio das orientações dadas aos discentes, pelos relatórios com as decisões e os resultados dos grupos de estudantes em cada rodada e, ainda, pelos códigos e bancos de dados empregados para desenvolver os modelos baseados nos diferentes algoritmos de IA.

Apresentou-se a descrição detalhada do funcionamento do SIPROJEN-IA, que simula a gestão de uma empresa fictícia em um mercado competitivo. Nessa conjuntura, os participantes tomam decisões estratégicas específicas relacionadas a produção, precificação, comissão e *marketing*. Posteriormente, os algoritmos de IA utilizados (KNN, RF e RNA) foram descritos sucintamente, destacando suas características e seu funcionamento. Em seguida, uma comparação dos modelos desenvolvidos a partir desses algoritmos foi apresentada, demonstrando sua eficácia na previsão das decisões dos discentes com base em dados históricos e projeções futuras. Por fim, realizou-se uma discussão quanto às implicações dos jogos empregando IA no processo de ensino-aprendizagem em Contabilidade.

Os resultados evidenciam contribuições significativas em várias frentes. Inicialmente, destaca-se a importância da gamificação no contexto da educação em Contabilidade. Ao transformar conceitos teóricos em um jogo simulado, a gamificação torna o aprendizado mais envolvente e motivador para os estudantes. Destaca-se, ainda, a integração da IA no SIPROJEN-IA, que acrescenta uma camada adicional de complexidade e realismo. Ao controlar empresas não atribuídas a jogadores humanos, os algoritmos de IA simulam o comportamento competitivo de empresas concorrentes, desafiando os participantes a tomarem melhores decisões estratégicas, replicando, de forma mais próxima, a dinâmica do mercado real, e proporcionando aos estudantes uma experiência de aprendizagem mais autêntica e aplicável.

Ressalta-se, também, que a apresentação do processo detalhado do SIPROJEN-IA facilita sua replicação em diferentes contextos educacionais, o que pode potencializar o engajamento dos alunos por meio de diferentes mecanismos de desafios, competição e rápido *feedback*. Com isso, pode-se promover uma maior retenção de conhecimento em sala de aula, além de possibilitar o desenvolvimento de competências importantes para a formação dos contadores na perspectiva nova diretriz curricular para o curso de Ciências Contábeis. Por fim, a pesquisa oferece uma proposta para a educação em Contabilidade, integrando gamificação e IA para uma abordagem inovadora e eficaz, preparando os alunos para os desafios do mundo real e capacitando-os com habilidades essenciais para suas carreiras profissionais.

No entanto, algumas limitações da investigação precisam ser destacadas. A pesquisa se restringiu a uma única disciplina em contexto educacional, limitando a generalização dos resultados. Ademais, o estudo se concentrou, principalmente, na comparação dos resultados alcançados pelos discentes em relação ao dos algoritmos de IA e, assim, deixou de explorar aspectos qualitativos do engajamento dos alunos. Como sugestões para estudos futuros, recomenda-se a aplicação do jogo e o desenvolvimento da pesquisa em outras disciplinas da área gerencial (com possíveis ajustes) e instituições de ensino, a fim de avaliar a aplicabilidade e os benefícios da gamificação e IA de forma mais abrangente. Além disso, novas investigações com abordagens mais qualitativas podem explorar a percepção e o engajamento dos estudantes em relação ao SIPROJEN-IA, de modo a fornecer entendimentos adicionais sobre o seu impacto no processo de ensino-aprendizagem.

Referências

- Ahmed, A., & Sutton, M. J. D. (2017). Gamification, serious games, simulations, and immersive learning environments in knowledge management initiatives. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 14(2/3), 78-83. <https://doi.org/10.1108/WJSTSD-02-2017-0005>
- Alenezi, A. (2023). Teacher perspectives on AI-driven gamification: Impact on student motivation, engagement, and learning outcomes. *Information Technologies and Learning Tools*, 97(5), 138-148. <https://doi.org/10.33407/itlt.v97i5.5437>
- Alves, S. S. (2019). *Jogo de tabuleiro para apoiar o ensino de Contabilidade de Custos*. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Tecnologia). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Curitiba, PR. <https://www.bibliotecaiep.org.br/jogo-de-tabuleiro-para-apoiar-o-ensino-de-contabilidade-de-custos/>
- Avelar, E. A., Jordão, R. V. D., Ferreira, G. M. C., & da Silva, B. N. E. R. (2022). The role of algorithmic management as a support for management control systems in the sharing economy: a study about the drivers' perceptions of Brazilian ridesharing companies. *Revista de Contabilidade e Organizações*, 16, e182036. <https://doi.org/10.11606/issn.1982-6486.rco.2022.182036>
- Bennani, S., Maalel, A., & Ben Ghezala, H. (2022). Adaptive gamification in E-learning: A literature review and future challenges. *Computer Applications in Engineering Education*, 30(2), 628-642. <https://doi.org/10.1002/cae.22477>

- Besanko, D., Dranove, D., Shanley, M., & Schaefer, S. (2012). *A economia da estratégia*. 5 ed. Bookman.
- Borges, A. F., Laurindo, F. J., Spínola, M. M., Gonçalves, R. F., & Mattos, C. A. (2021). The strategic use of artificial intelligence in the digital era: Systematic literature review and future research directions. *International Journal of Information Management*, 57, 102225. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102225>
- Brognoli, T. da S., & Ferenhof, H. A. (2020). Transformação digital no governo brasileiro: desafios, ações e perspectivas. *Navus - Revista de Gestão e Tecnologia*, 10, 01–11. <https://doi.org/10.22279/navus.2020.v10.p01-11.989>
- Burguer, S. V. (2018). *Introduction to Machine Learning with R: Rigorous Mathematical Analysis*. Boston.
- Cardon, P. W., Ma, H. B., & Fleischmann, C. (2021). Recorded Business Meetings and AI Algorithmic Tools: Negotiating Privacy Concerns, Psychological Safety, and Control. *International Journal Of Business Communication*, 60(4), 1095-1122. <https://doi.org/10.1177/23294884211037009>
- Christopoulos, A., & Mystakidis, S. (2023). Gamification in education. *Encyclopedia*, 3(4), 1223–1243. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3040089>
- Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2023). *Métodos de pesquisa em administração*. 7. ed. Bookman.
- Dal Magro, C. B., & Lavarda, C. E. F. (2015). Evidências sobre a caracterização e utilidade do orçamento empresarial nas indústrias de Santa Catarina. *Advances in Scientific and Applied Accounting*, 8(1), 039-062. <https://doi.org/10.14392/ASAA.2015080103>
- Del Sent, E. L., Vieira, N. J., Villar, E. G., Walter, S. A., & Silva, S. C. (2023). Os reflexos da gamificação no engajamento de alunos de cursos de ciências contábeis. *Contabilidade Vista & Revista*, 34(2), 77–100. <https://doi.org/10.22561/cvr.v34i2.7505>
- Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G., & Angelova, G. (2015). Gamification in education: a systematic mapping study. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(3), 75–88. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.18.3.75>
- Durso, S. O., Reginato, L., & Cornacchione, E. (2019). Gamification in accounting and students' skillset. *Advances in Scientific and Applied Accounting*, 12(3), 1-22. <http://dx.doi.org/10.14392/ASAA.2019120305>
- Faceli, K., Lorena, A. C., Gama, J., Almeida, T. A. D., & Carvalho, A. C. P. D. L. F. D. (2021). *Inteligência artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina*. LTC.
- Ferreira, F. G. D. C., Gandomi, A. H. & Cardoso, R. T. N. (2021). Artificial Intelligence Applied to Stock Market Trading: A Review. *IEEE Access*, 9, 30898–30917. <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3058133>
- Garrison, R. H., Noreen, E. W., & Brewer, P. C. (2013). *Contabilidade gerencial*. 14. ed. AMGH.
- Grønsund, T., & Aanestad, M. (2020). Augmenting the algorithm: Emerging human-in-the-loop work configurations. *Journal of Strategic Information Systems*, 29(2), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2020.101614>
- Gupta, P., & Goyal, P. (2022). Is game-based pedagogy just a fad? A self-determination theory approach to gamification in higher education. *International Journal of Educational Management*, 36(3), 341-356. <https://doi.org/10.1108/IJEM-04-2021-0126>
- Hamari, J., Shernoff, D. J., Rowe, E., Coller, B., Asbell-Clarke, J., & Edwards, T. (2016). Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 54, 170-179. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.045>
- Jarrahi, M. H. (2018). Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making. *Business Horizons*, 61(4), 577-586. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.03.007>

- Lantz, B. (2019). *Machine Learning With R*. 3ª ed. Birmingham.
- Levant, Y., Coulmont, M., & Sandu, R. (2016). Business simulation as an active learning activity for developing soft skills. *Accounting Education*, 25(4), 368-395. <https://doi.org/10.1080/09639284.2016.1191272>
- Lima Filho, R., Bruni, A. L., Sampaio, M., Cordeiro Filho, J. B., & Carvalho Júnior, C. (2010). Heurísticas e Práticas Orçamentárias: Um Estudo Experimental. *Sociedade, Contabilidade e Gestão, Rio de Janeiro*, 5(1), 42-58. https://doi.org/10.21446/scg_ufrj.v5i1.13190
- Lopes, R. S. (2019). *Inteligência Artificial na Contabilidade em Organizações Públicas: Potencialidades e Desafios*. [Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro]. Repositório BDTD. <http://www.bdttd.uerj.br/handle/1/8054>.
- Mateescu, A., & Nguyen, A. (2019). Algorithmic Management in the Workplace. *Data & Society Research Institute*. https://datasociety.net/wp-content/uploads/2019/02/DS_Algorithmic_Management_Explainer.pdf
- Ministério da Educação (2024). *Resolução CNE/CES nº 1*. http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=257031-rces001-24&category_slug=marco-2024&Itemid=30192
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine learning*. Chennai, Ii; New York: McGraw-Hill Education.
- Moll, J., & Yigitbasioglu, O. (2019). The role of internet-related technologies in shaping the work of accountants: New directions for accounting research. *British Accounting Review*, 51(6), 100833. <https://doi.org/10.1016/j.bar.2019.04.002>
- Moraes, D. C. L., César, A. M. R. V. C., & Costa, D. F. (2022). Vieses cognitivos: viés de confirmação em decisões sobre estimativa de verbas orçamentárias. *Práticas em Contabilidade e Gestão*, 10(1), 1-35. <https://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/pcg/article/view/15391>
- Moreira, T. A. C. (2022). *Gestão algorítmica*. <https://doi.org/10.21814/uminho.ed.105.27>
- Mucci, D. M., Beck, F., & Frezatti, F. (2021). Configurações do processo orçamentário: análise de empresas que atuam no Brasil. *Revista de Educação e Pesquisa Em Contabilidade (REPeC)*, 15(1), 89-109. <https://doi.org/10.17524/repec.v15i1.2721>
- Nwanganga, F., & Chapple, M. (2020). *Practical Machine Learning in R*. Indianápolis: Wiley.
- Oliveira, C., & Avelar, E. A. (2023). A Era dos Algoritmos de Inteligência Artificial no Controle Gerencial. *Revista Mineira De Contabilidade*, 24(2), 4-6. <https://doi.org/10.51320/rmc.v24i2.1543>
- Oliveira, C. E. (2018). A Incidência do Orçamento Empresarial em Indústrias de um Distrito Industrial. *Revista da Faculdade de Administração e Economia*, 9(1), 150-167. <https://doi.org/10.15603/2176-9583/refae.v9n1p150-167>
- Oliveira, W., Hamari, J., Shi, L., Toda, A. M., Rodrigues, L., Palomino, P. T., & Isotani, S. (2023). Tailored gamification in education: A literature review and future agenda. *Education and Information Technologies*, 28, 373-406. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11122-4>
- Pedreti, M. A. L., & Diniz-Maganini, N. (2023). Orçamento: manter, aprimorar ou abandonar?. *GV-Executivo*, 22(3). <https://periodicos.fgv.br/gvexecutivo/article/download/89913/84362>
- Pereira, A. M. F., Fernandes, S. C. S., Bittencourt, I. I., & Félix, A. (2022). Teoria do fluxo e aprendizagem no contexto brasileiro: uma revisão sistemática da literatura. *Educação e Pesquisa*, 48, e237870. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202248237870eng>
- Qasim, A., & Kharbat, F. F. (2020). Blockchain Technology, Business Data Analytics, and Artificial Intelligence: Use in the Accounting Profession and Ideas for Inclusion into the Accounting Curriculum. *Journal of Emerging Technologies In Accounting*, 17(1), 107-117. <https://doi.org/10.2308/jeta-52649>

- Raisch, S., & Krakowski, S. (2020). Artificial intelligence and management: The automation–augmentation paradox. *Academy of Management Review*, 46(1), 192-210. <https://doi.org/10.5465/amr.2018.0072>
- Reginato, L., Durso, S., Nascimento, C., & Cornacchione, E. (2022). Transfer of learning in accounting programs: The role of business games. *The International Journal of Management Education*, 20(1), 100592. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2021.100592>
- Rincon-Flores, E. G., & Santos-Guevara, B. N. (2021). Gamification during Covid-19: promoting active learning and motivation in higher education. *Australasian Journal of Educational Technology*, 37(5), 43–60. <https://doi.org/10.14742/ajet.7157>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2013). *Inteligência Artificial*. Elsevier.
- Santos-Souza, H. R., & Azevedo-Ferreira, M. (2020). O ensino de artefatos de contabilidade gerencial à luz da teoria da aprendizagem vivencial: análise da vivência em um jogo de empresas. *Revista Mineira de Contabilidade*, 21(2), 70–84. <https://doi.org/10.51320/rmc.v21i2.1098>
- Schildt, H. (2017). Big data and organizational design – the brave new world of algorithmic management and computer augmented transparency. *Innovation: Organization & Management*, 19(1), 23-30. <https://doi.org/10.1080/14479338.2016.1252043>
- Shrestha, Y. R., Ben-Menahem, S. M., & von Krogh, G. (2019). Organizational Decision-Making Structures in the Age of Artificial Intelligence. *California Management Review*, 61(4). <https://doi.org/10.1177/0008125619862257>
- Tolks, D., Schmidt, J. J., & Kuhn, S. (2024). The role of AI in serious games and gamification for health: Scoping review. *JMIR Serious Games*, 12, e48258. <https://doi.org/10.2196/48258>
- Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*, 252, 124167. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>
- Woodcock, J., & Johnson, M. R. (2018). Gamification: what it is, and how to fight it. *The Sociological Review*, 66(3), 542-558. <https://doi.org/10.1177/0038026117728620>