



Uma proposta de sistematização, ambientação e estruturação de simulador empresarial computadorizado compatível com o metaverso sob a perspectiva do usuário de *Business Intelligence (BI)*

Ramon Vinícius da Costa Furtado
Universidade de Brasília - UnB
231029888@aluno.unb.br

Alex Laquis Resende
Universidade de Brasília - UnB
laquis@unb.br

Resumo

O presente trabalho propõe um modelo conceitual para um simulador empresarial computadorizado integrado ao metaverso, sob a perspectiva do usuário de *Business Intelligence (BI)*. Metodologicamente, a pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão bibliográfica que fundamentou a formulação de uma arquitetura tripartida – Sistematização, Ambientação e Estruturação – voltada à aplicação prática. Esta arquitetura utiliza recursos como interações dinâmicas com *Digital Twins* e painéis holográficos interativos, expandindo significativamente as possibilidades de análise e visualização de informações em ambientes empresariais virtuais. Destaca-se o conceito de "analista imersivo", uma abordagem centrada na interação entre usuário e ambientes tridimensionais para análise e tomada de decisões negociais em contextos simulados no metaverso, incorporando interatividade e tecnologias de visualização avançada para a exploração de dados estratégicos. Conclui-se que o estudo estabelece um arcabouço teórico e metodológico capaz de orientar implementações futuras de simuladores empresariais inteligentes e imersivos, enfatizando a sinergia entre ferramentas analíticas, metodologias de *Business Intelligence* e tecnologias imersivas para aprimorar a aprendizagem experiencial e a decisão estratégica.

Linha temática: Educação e Pesquisa em Contabilidade (EPC)

Palavras-Chave: Simulador Empresarial; *Business Intelligence*; Metaverso; *Digital Twins* e Analista Imersivo



1. Introdução

A crescente complexidade dos ambientes organizacionais no século XXI tem demandado inovações em ferramentas de suporte à tomada de decisão. Nesse contexto, o aumento da utilização de sistemas computadorizados, com diversas finalidades, tem impulsionado a demanda por profissionais qualificados e capazes de utilizar as tecnologias e acompanhar seus avanços. O desenvolvimento de tecnologias como Inteligência Artificial, Realidade Virtual e o Metaverso exemplifica essa transformação tecnológica e ressalta a necessidade de que os trabalhadores adquiram competências técnicas e comportamentais que lhes permitam operar em contextos altamente dinâmicos e digitalizados (Lee et al., 2024). Estudos destacam que a qualificação contínua é essencial para que os indivíduos não apenas acompanhem as mudanças, mas também sejam capazes de antecipar tendências e contribuir para a evolução dos processos organizacionais (Negash & Gray, 2008; Lee et al., 2024).

Simuladores empresariais computadorizados têm se destacado como metodologias ativas inovadoras, oferecendo experiências práticas, dinâmicas e imersivas desde a década de 1990 (Sauaia, 1995; Wolfe & Crookall, 1998; Resende, 2003). Originalmente baseados em interfaces bidimensionais, esses dispositivos evoluíram significativamente com o avanço de tecnologias imersivas, como Realidade Virtual (VR), Realidade Aumentada (AR) e o Metaverso, que permitiram recriar ambientes tridimensionais e dinâmicos para melhorar a experiência do usuário (Lee et al., 2024). Estudos apontam que essas tecnologias não apenas enriquecem processos de treinamento e aprendizado, mas também favorecem níveis mais elevados de engajamento e retenção de conhecimentos em ambientes simulados (Mystakidis, 2022).

Simultaneamente, o campo do *Business Intelligence* (BI) vem passando por transformações significativas, abandonando abordagens baseadas somente na análise descritiva de dados históricos para incorporar modelos preditivos e prescritivos. Essas capacidades avançadas estão associadas à integração de algoritmos analíticos com visualizações interativas e intuitivas, permitindo tomadas de decisão mais fundamentadas e ágeis (Sharda, Delen & Turban, 2019). A convergência entre os avanços dos simuladores empresariais e as ferramentas modernas de BI oferece novas oportunidades para a capacitação gerencial, promovendo simulações que refletem cenários organizacionais complexos e adaptados à realidade destes ambientes (Negash & Gray, 2008). Essa sinergia intensifica a eficácia das simulações ao conectar análises de dados em tempo real a ambientes virtuais, permitindo esforços estratégicos mais bem informados e alinhados aos desafios contemporâneos (Rud, 2009).

Este trabalho tem como objetivo geral propor um modelo conceitual de simulador empresarial compatível com o metaverso, idealizado sob a perspectiva do usuário de *Business Intelligence* (BI). Os objetivos específicos incluem: (i) conceber uma arquitetura de dados que ofereça suporte à geração de insights preditivos e prescritivos; (ii) estruturar a proposta de um ambiente imersivo tridimensional que represente as dinâmicas empresariais de forma interativa; e (iii) propor um protótipo que incorpore tecnologias como *Digital Twins* e painéis holográficos aos processos de visualização e análise de dados.

A pesquisa adota uma abordagem descritiva e exploratória, com foco na construção de conhecimento teórico-prático para suporte ao desenvolvimento do modelo. Gil (2008) defende que pesquisas descritivas são apropriadas para caracterizar fenômenos e compreender suas especificidades, enquanto as exploratórias se prestam à análise de novas áreas ainda pouco estudadas, como é o caso de tecnologias imersivas no contexto empresarial. Além disso, utilizou-se a revisão bibliográfica como principal procedimento metodológico, uma técnica amplamente respaldada por Yin (2009) para fundamentar estudos de natureza teórica. Essa abordagem consiste em identificar, selecionar e sintetizar materiais de fontes científicas



confiáveis para contextualizar e analisar criticamente os tópicos pertinentes ao problema de pesquisa.

O estudo foca especificamente nas interseções entre simuladores empresariais, fundamentos de BI e tecnologias emergentes ligadas ao metaverso, tais como Realidade Aumentada (AR), Realidade Virtual (VR), *Digital Twins* e interfaces holográficas. Esse esforço metodológico utiliza, conforme sugerem Prodanov e Freitas (2013), uma abordagem qualitativa que busca não apenas descrever fenômenos, mas também interpretar e conectar os elementos teóricos aos objetivos práticos do modelo proposto.

Por fim, a pesquisa analisa como essas ferramentas, integradas, podem otimizar processos de aprendizagem experiencial, engajamento de usuários e suporte à tomada de decisão estratégica. A integração dessas tecnologias permite explorar as dinâmicas empresariais de forma interativa, alinhando-se aos avanços propostos por Creswell (2014), especialmente no que diz respeito ao uso misto de estratégias qualitativas conectadas a abordagens práticas para o desenvolvimento de modelos aplicáveis em contextos específicos.

O trabalho está estruturado em seis seções. Após esta introdução, a revisão de literatura apresenta conceitos fundamentais sobre simuladores empresariais, *Business Intelligence*, metaverso e experiência do usuário (EU/UX), bem como seus desdobramentos. Na sequência, a metodologia detalha o delineamento da pesquisa e os critérios adotados para a formulação do modelo conceitual. O capítulo de desenvolvimento descreve a arquitetura proposta, dividida em camadas de sistematização, ambientação e estruturação. Em seguida, discute-se o diferencial do modelo e potenciais contribuições para o campo. Por fim, as considerações finais sintetizam os principais achados, destacam as limitações da pesquisa e sugerem caminhos para trabalhos futuros.

2. Revisão da Literatura

A revisão da literatura cumpre papel central na fundamentação teórica das hipóteses de pesquisa ao mapear o estado da arte, sintetizar resultados empíricos e construir vínculos analíticos entre teorias e variáveis do estudo. Além de descrever o que já é conhecido, espera-se uma análise crítica que identifique lacunas, tendências e oportunidades de investigação, situando de forma explícita a contribuição original do trabalho (Webster & Watson, 2002; Snyder, 2019). Em áreas aplicadas, revisões sistemáticas e orientadas por evidências são recomendadas para garantir abrangência, transparência de critérios e reprodutibilidade, fortalecendo a base para proposição de hipóteses e desenho metodológico (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003). A partir desse processo, a contribuição do estudo deve ser posicionada quanto a escopo, novidade e relevância teórica e prática, explicitando o “o que é novo, por que importa e como avança o campo” (Whetten, 1989).

2.1 Jogos e Simuladores de Empresas

Os jogos de empresas são definidos como ambientes experimentais que buscam a reprodução simulada de aspectos da realidade corporativa, nos quais participantes assumem papéis gerenciais e tomam decisões sequenciais em contextos dinâmicos e competitivos (Keys & Wolfe, 1990). Na literatura brasileira, trabalhos clássicos como Tanabe (1977) e Goldschmidt (1977) caracterizam essas ferramentas como metodologias ativas voltadas à aprendizagem prática e formativa, com ênfase em tomada de decisão, integração de áreas e *feedback* contínuo.

Historicamente, a trajetória dos simuladores empresariais remonta aos jogos de guerra, que inspiraram as primeiras aplicações gerenciais. O *Top Management Decision Simulation* (1956), frequentemente citado como um precursor na formalização do uso educacional e executivo dos jogos de negócios (Keys & Wolfe, 1990; Faria, 2001), é visto como um dos catalisadores da evolução do campo científico, especificamente no que diz respeito a sofisticação, escopo e rigor de pesquisa (Faria, Hutchinson, Wellington, & Gold, 2009).



A eficácia pedagógica desses simuladores decorre de sua capacidade de engajar, oferecer prática deliberada e proporcionar *feedback* com consequências sobre o desempenho, favorecendo o desenvolvimento e aprimoramento de competências como: a) tomada de decisão, b) resolução de problemas, e c) trabalho em equipe (Keys & Wolfe, 1990; Garriss, Ahlers, & Driskell, 2002; Faria et al., 2009). Para análise e classificação, uma tipologia comumente adotada é a de Wolfe e Crookall (1998), que considera dimensões como grau de realismo, nível da decisão (operacional, tática, estratégica), complexidade do sistema, tipo de interação (competitiva ou cooperativa) e natureza do *feedback*. Complementarmente, Gredler (2004) discute relações entre jogos/simulações e aprendizagem, oferecendo critérios pedagógicos úteis à avaliação e ao desenho instrucional.

A evolução tecnológica que ocorreu após os anos 1990, e foi consolidada após a popularização de tecnologias portáteis, como o *smartphones* e *notebooks*, ampliou o potencial de ambientes virtuais. Meta-análises e revisões sistemáticas mostram que aplicações imersivas em Realidade Virtual (VR) podem aumentar o engajamento e, quando bem projetadas (por exemplo, com sinais de orientação e carga cognitiva controlada), tendem a melhorar os resultados de aprendizagem (Merchant, Goetz, Cifuentes, Keeney-Kennicutt, & Davis, 2014; Radianti, Majchrzak, Fromm, & Wohlgenannt, 2020).

Avanços em Inteligência Artificial aplicados à educação e a sistemas tutores inteligentes oferecem personalização adaptativa, diagnósticos formativos e *feedback* responsivo, o que pode tornar os cenários de simulação mais dinâmicos e individualizados (Woolf, 2009). Na perspectiva de *Business Intelligence*, observa-se um movimento de consolidação de análises descritivas rumo a análises preditivas e prescritivas, apoiadas por visualização interativa e modelagem preditiva, ampliando a qualidade informacional disponível para decisões em contextos simulados (Negash & Gray, 2008; Shmueli & Koppius, 2011).

2.2 Business Intelligence (BI)

A literatura descreve Business Intelligence (BI) como um conjunto integrado de processos, arquiteturas e tecnologias para coleta, armazenamento, integração e análise de dados com vistas a apoiar e qualificar a tomada de decisão (Negash & Gray, 2008; Chaudhuri, Dayal, & Narasayya, 2011). Sua finalidade central é prover informação acionável no tempo certo, elevando a compreensão das capacidades internas e do ambiente competitivo e, por consequência, a qualidade e a velocidade das decisões (Chen, Chiang, & Storey, 2012). Do ponto de vista de arquitetura, o BI se ancora em *data lakes*, *data warehouses* e *data marts* como repositórios organizados de dados históricos e integrados, complementados por processos de *Extract, Transform, Load* (ETL), *Extract, Load, Transform* (ELT), camadas de *Online Analytical Processing* (OLAP), ferramentas de visualização e *analytics* (Inmon, 2005; Kimball & Ross, 2013; Chaudhuri & Dayal, 1997).

A evolução do BI acompanhou a ampliação do escopo analítico da área, que transitou da análise descritiva e de relatórios para análises diagnósticas, preditivas e prescritivas, com maior uso de estatística, aprendizagem de máquina (ML), inteligência artificial (AI) e técnicas de mineração de dados (Davenport & Harris, 2007; Sharda, Delen, & Turban, 2019; Han, Kamber, & Pei, 2012; Shmueli & Koppius, 2011). Essa trajetória é bem documentada no campo de Sistemas de Informação, que destaca: (i) a convergência entre BI e *analytics*; (ii) o papel dos dados massivos e de novas fontes (semi e não estruturadas); e (iii) a centralidade da visualização e da interação humana para transformar dados em *insights* que gerem impacto (Chen et al., 2012; Chaudhuri et al., 2011). No plano conceitual, tal movimento conduz ao que parte da literatura e da prática denomina Inteligência de Decisão (*Decision Intelligence*), que trata a decisão como objeto de engenharia, integrando dados, modelos, objetivos e restrições para explicar, prever e recomendar ações com base em resultados desejados (Pratt, 2019; Sharda et al., 2019).



Além do avanço técnico, o BI atualmente redesenhou papéis e competências organizacionais. A função do analista deixa de ser primordialmente operacional (extração de relatórios) para assumir caráter consultivo-estratégico, atuando como ponte entre problemas de negócio e técnicas analíticas.

A literatura de *analytics* corrobora a mudança e enfatiza o papel do “tradutor”, profissional que transforma problemas e metas de negócio em perguntas analíticas bem formuladas e, no sentido inverso, converte resultados técnicos (métricas, modelos, análises) em recomendações operáveis, priorizadas e mensuráveis. (Davenport & Harris, 2007; Provost & Fawcett, 2013). Em paralelo, a adoção de *self-service* BI descentraliza a análise, conferindo maior autonomia aos gestores e usuários de negócio para explorar dados, simular cenários e construir painéis sob as perspectivas de governança e *compliance* adequadas (Alpar & Schulz, 2016; Isik, Jones, & Sidorova, 2013). Esse reposicionamento impacta diretamente variáveis organizacionais relevantes para pesquisas empíricas, como: maturidade analítica, qualidade informacional percebida, tempo de resposta decisória, acurácia preditiva e uso efetivo de *dashboards* na tomada de decisão.

A materialização do BI em interfaces visuais — *dashboards* e painéis interativos — requer princípios estatísticos robustos de visualização de dados, sob pena de comprometer a capacidade de *sensemaking* e a qualidade da decisão. Boas práticas incluem: ênfase em processamentos pré-atentivos, hierarquia visual, redução de ruído, escolha criteriosa de escalas e codificações e alinhamento entre pergunta analítica e forma visual (Few, 2013; Knafllic, 2015; Munzner, 2025). Por isso, a efetividade de plataformas de visualização de dados, como *Power BI*® e *Tableau*®, não decorre apenas da capacidade técnica, mas do desenho informacional e do alinhamento ao contexto decisório — ponto também sublinhado pela literatura que associa capacidades de BI (tecnológicas, humanas e processuais) ao sucesso e à criação de valor (Isik et al., 2013; Chen et al., 2012).

Em síntese, a revisão da literatura sustenta três implicações centrais para estruturar o modelo a ser proposto, bem como a operação do simulador empresarial imersivo orientado a BI no metaverso: (i) *pipelines* de dados e mecanismos de governança — combinando ETL/ELT, camadas analíticas (OLAP) e camada/“catálogo” semântico — são condição para ativos informacionais confiáveis, auditáveis e reutilizáveis (Chaudhuri & Dayal, 1997; Inmon, 2005; DAMA International, 2017; Kimball & Ross, 2013) (ii) capacidades de *self-service* BI, aliadas a princípios de visualização orientados à tarefa, ampliam a autonomia do usuário e comprimem o tempo de insight sem abrir mão de controles e trilhas de auditoria (Tufte, 2001; Eckerson, 2012; Few, 2013; Munzner, 2025; Alpar & Schulz, 2016); e (iii) a abordagem voltada à decisão — integrando dados, modelos e objetivos gerenciais — organiza ciclos experimentais que conectam cenários imersivos a decisões e métricas de desempenho, mediadas pelo papel do “tradutor” entre negócio e dados para garantir alinhamento semântico e aderência às prioridades organizacionais (Power, 2002; Davenport & Harris, 2007; Provost & Fawcett, 2013; Sharda et al., 2019; Mystakidis, 2022).

As implicações identificadas orientam a formulação das hipóteses e o delineamento dos procedimentos empíricos, operacionalizando variáveis de arquitetura (governança, integração e camada semântica), de uso (autonomia analítica, qualidade e usabilidade da visualização) e de resultado (velocidade, acurácia e impacto decisório), a fim de testar, em um segundo momento, a efetividade do protótipo a ser proposto para apoio à tomada de decisão estratégica.

2.3 Metaverso

O metaverso é compreendido como um ecossistema virtual imersivo, contínuo e persistente que integra camadas físicas e digitais, superando a noção de “mundo virtual” isolado ao incorporar presença social, continuidade identitária e ativos digitais, bem como economias próprias e, idealmente, interoperabilidade entre ambientes 3D multiusuário (Ball, 2022;



Mystakidis, 2022). Diferentemente de aplicações pontuais de VR/AR, o metaverso se apresenta como um sucessor da internet móvel, no qual a sensação de presença e co-presença — fundamentos cognitivo/experienciais da imersão — é o mecanismo pelo qual interações e decisões passam a ocorrer com verossimilhança situacional, ampliando a transferência de aprendizagem para contextos reais (Slater, 2009; Ball, 2022).

Na educação, essa infraestrutura tem sido explorada como catalisador de inovação pedagógica, viabilizando laboratórios virtuais e simulações de alto risco, com evidências de ganhos em engajamento, motivação e no desenvolvimento de competências de diversas áreas do conhecimento — notadamente as que envolvem desenvolver uma estratégia, julgamento sob incerteza e colaboração em cenários complexos (Dede, 2009; Merchant et al., 2014; Radianti et al., 2020; Makransky & Petersen, 2021). Nesse recorte, meta-análises e revisões sistemáticas mostram que os efeitos positivos tendem a emergir quando o desenho instrucional explicita objetivos, fornece *feedback* formativo, controla o “*novelty effect*” e alinha as *affordances* tecnológicas às demandas cognitivas da tarefa, evitando sobrecarga e maximizando a presença útil (Merchant et al., 2014; Radianti et al., 2020; Makransky & Petersen, 2021).

A convergência entre simuladores empresariais e metaverso, por sua vez, potencializa a aprendizagem experiencial ao transpor dinâmicas de jogos de negócios — já consolidadas na educação gerencial — para ambientes 3D persistentes, nos quais os resultados de decisões podem ser não apenas calculados, mas vivenciados com *feedback* imediato, representação multimodal e *debriefing* analítico (Keys & Wolfe, 1990; Sauaia, 2008; Mystakidis, 2022). A transposição para o metaverso amplia o escopo dos simuladores clássicos ao incorporar camadas de presença, agência e colaboração síncrona em cenários estocásticos, aproximando a tomada de decisão do contexto real e oferecendo trilhas de evidência para avaliação de desempenho individual e coletivo.

É nesse contexto que *Business Intelligence* (BI) se articula ao conceito de *Digital Twin* (DT) para viabilizar uma “inteligência de decisão” que pode ser operacionalizada no ambiente imersivo. Em termos técnicos, um Digital Twin é uma representação virtual dinâmica e fidelizada de um sistema físico, atualizada por fluxos de dados em tempo quase real e, em sua maturidade plena, dotada de bidirecionalidade para que simulações e otimizações no ambiente virtual possam ser úteis para informar e ajustar a operação da contraparte física (Kritzinger et al., 2018; Singh et al., 2021; Fuller et al., 2020).

A tipologia adotada distingue digital model (sem conexão), *digital shadow* (fluxo unidirecional físico → digital) e *digital twin* (bidirecional), sendo este último o que efetivamente habilita ciclos contínuos de *sense-model-decide-act* com garantias de rastreabilidade e governança dos dados (Kritzinger et al., 2018; Fuller et al., 2020). Incorporado ao metaverso, o DT deixa de ser um “modelo observado em tela” para tornar-se um espaço interativo de análise no qual agentes humanos e algoritmos exploram cenários, testam hipóteses e materializam consequências em visualizações imersivas, elevando a explicabilidade de métricas e a qualidade do *debriefing* pedagógico. Nessa arquitetura, pipelines de dados (ETL/ELT), camadas semânticas e modelos OLAP alimentam painéis e narrativas visuais ancoradas em KPIs de desempenho, entregando ao participante um painel em um *cockpit* analítico que se integra ao ambiente tridimensional do simulador e sustenta a aprendizagem baseada em evidências (Davenport & Harris, 2017; Kritzinger et al., 2018; Fuller et al., 2020). Do ponto de vista de desenho e avaliação, a experiência do “analista imersivo” deve atender a critérios de utilidade e usabilidade mensuráveis — eficácia, eficiência e satisfação no alcance de objetivos — garantindo que a forma (imersão) sirva à função (decidir melhor), em consonância com princípios de ergonomia cognitiva e design centrado no usuário (ISO, 2018; Makransky & Petersen, 2021).



A literatura educacional e de engenharia converge, assim, para três implicações que estruturam a proposta deste trabalho. Em primeiro lugar, a integração metaverso–simulador–BI/DT favorece a aprendizagem experiencial e a transferência para a prática ao combinar presença, feedback em tempo quase real e explicabilidade analítica, desde que o desenho instrucional mitigue efeitos de novidade e gerencie carga cognitiva com objetivos claros, *scaffolding* e *debriefing* (Dede, 2009; Merchant et al., 2014; Makransky & Petersen, 2021). Segundo, a maturidade do *Digital Twin* é condição de possibilidade para uma inteligência de decisão realmente fechada em ciclo (*closed loop*), pois somente com bidirecionalidade e modelos de dados governados é possível testar políticas, propagar incertezas, quantificar *trade-offs* e retroalimentar a operação física com salvaguardas de risco (Kritzinger et al., 2018; Fuller et al., 2020; Singh et al., 2021). Terceiro, a adoção em escala requer camadas de governança, segurança e ética compatíveis com contextos regulados — incluindo privacidade de dados (Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais/*General Data Protection Regulation*), trilhas de auditoria, gestão de viés e acessibilidade — de modo que os benefícios pedagógicos e decisórios não sejam comprometidos por fragilidades de conformidade ou por efeitos adversos como *cybersickness*, exclusão digital e dependência tecnológica (Radianti et al., 2020; ISO, 2018).

Em síntese, ao enxergar o metaverso como infraestrutura experiencial, o *Digital Twin* como núcleo de representação-decisão e o BI como camada de sentido e explicabilidade, é possível idealizar a proposta de um artefato instrucional e analítico capaz de ampliar o desempenho decisório em cenários empresariais complexos, preservando rigor metodológico, validade externa e alinhamento a práticas contemporâneas de análise orientada a dados (Ball, 2022; Mystakidis, 2022; Davenport & Harris, 2017).

2.4 Experiência do Usuário (EU/UX)

Para que a integração entre simulação, *Business Intelligence* (BI) e metaverso produza ganhos reais de aprendizagem e desempenho favorável nas decisões tomadas, a Experiência do Usuário precisa ser tratada como variável de projeto e de avaliação, e não apenas como atributo estético. Diferenciada de usabilidade — que foca a eficácia, eficiência e satisfação no cumprimento de tarefas (ISO 9241-11, 2018) —, a UX abrange o conjunto de percepções, emoções e significados que emergem da interação com o sistema, incluindo metas hedônicas como prazer, engajamento e sentido, além de metas pragmáticas, como controle e clareza (ISO 9241-210, 2019; Hassenzahl & Tractinsky, 2006). Em ambientes imersivos, essa distinção é crucial: mecanismos típicos de VR/AR afetam simultaneamente o “fazer” e o “sentir”, de modo que decisões de *design* sobre fidelidade gráfica, latência, *haptics*, áudio espacial, agência e narrativa modulam não só o desempenho da tarefa, mas também presença, fluxo e co-presença social — variáveis que, por sua vez, influenciam motivação, persistência e a qualidade da aprendizagem (Slater, 2009; Csikszentmihalyi, 1990).

A literatura educacional e de Interação Humano-Computador (IHC) indica que UX imersiva de alta qualidade pode atuar como mediadora entre a complexidade do cenário e o desempenho do aprendiz, sobretudo quando o conteúdo exige raciocínio de alta ordem e tomada de decisão sob incerteza. Revisões e estudos empíricos em ensino superior com VR mostram ganhos consistentes em engajamento, presença e, em diversos casos, em resultados de aprendizagem e transferência — desde que o *design* minimize a sobrecarga cognitiva extrínseca e ciber-doença, e ofereça *feedbacks* informativos alinhados aos objetivos instrucionais (Radianti et al., 2020; Parong & Mayer, 2018; Dede, 2009).

Evidências recentes em contextos de metaverso reforçam que interações mais ricas e socialmente significativas elevam prazer e participação, com reflexos positivos em indicadores de motivação e desempenho, sustentando a tese de que UX superior é fator que proporciona a eficácia em simuladores educacionais (Yang, 2023).



No escopo específico deste trabalho — que articula simuladores empresariais, BI e *Digital Twins* no metaverso — a UX desempenha três papéis complementares. O primeiro como requisito de projeto: a adoção de princípios de design centrado no humano (co-criação com docentes e discentes, prototipação rápida e ciclos iterativos com testes formativos) reduz variabilidade indesejada e aumenta a adequação didática (ISO 9241-210, 2019). Segundo, como variável mediadora avaliada empiricamente: presença, fluxo, usabilidade e qualidade hedônica/pragmática compõem um painel de métricas que explica como e por que determinados arranjos de interação produzem ganhos (Witmer & Singer, 1998; Brooke, 1996; Laugwitz et al., 2008; Hassenzahl, 2003). Terceiro, como fonte de dados operacional para BI: telemetria de eventos (tempo para decisão, erros por etapa, revisões de hipótese, consultas a *dashboards*), traços de atenção (interações com objetos, mudanças de perspectiva) e marcadores de conforto (pausas, deslocamentos e indicadores de ciberdoença via *Simulator Sickness Questionnaire*) alimentam modelos analíticos e painéis de decisão docente, permitindo adaptar cenários, equilibrar dificuldade e personalizar feedback (Kennedy et al., 1993).

Essa abordagem centrada em UX torna-se ainda mais relevante quando os simuladores incorporam *Digital Twins* conectados a dados de negócios em tempo quase real. A “presença informada por dados” — sensação de estar no ambiente decisório enquanto se manipula um sistema-espelho com telemetria — potencializa a compreensão situacional e a antecipação de consequências, condições fundamentais para competências como julgamento profissional, ceticismo e modelagem de *trade-offs* (Makransky & Lilleholt, 2018; Radianti et al., 2020). Entretanto, há *trade-offs*: aumentos de fidelidade e interatividade podem elevar carga cognitiva e suscitar ciberdoença; por isso, diretrizes de conforto (zonas de movimento, aceleração limitada, pontos de ancoragem visual), *onboarding* escalonado e uso criterioso de efeitos (haptics, partículas, HUD) são necessários para preservar o foco nos objetivos de aprendizagem (Parong & Mayer, 2018; Sutcliffe & Gault, 2004). Em paralelo, questões de acessibilidade e inclusão — suporte a dispositivos diversos, modos alternativos de interação, contrastes e tipografia legíveis, e conformidade com *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) — garantem que a eficácia observada não seja restrita a um subgrupo de usuários (W3C, 2024).

Por fim, ao integrar UX, BI e metaverso em um ciclo de melhoria contínua, estabelece-se um *loop* de decisão instrucional baseado em evidências: hipóteses de design são explicitadas; variáveis UX são mensuradas junto a resultados de aprendizagem (desempenho decisório, retenção e transferência); os dados são consolidados em painéis com modelos explicativos e preditivos; e intervenções são implementadas e reavaliadas em *sprints*. Esse arranjo, sustentado por padrões e instrumentos consolidados, permite que a camada imersiva opere como infraestrutura experiencial, o gêmeo digital como núcleo representacional-simulatório e o BI como camada de sentido e explicabilidade. O resultado é um artefato pedagógico e analítico coerente com as melhores práticas de IHC e de ciência da aprendizagem, capaz de aumentar o engajamento e a eficácia em tarefas complexas de gestão e contabilidade no metaverso, sem renunciar a rigor metodológico, segurança e governança de dados (ISO 9241-11, 2018; ISO 9241-210, 2019; Dede, 2009; Radianti et al., 2020).

3. Materiais e Métodos

Esta seção visa descrever em profundidade a execução metodológica da pesquisa, garantindo a sua replicabilidade e a validação dos resultados obtidos. Serão apresentadas as definições conceituais e operacionais das variáveis, além de detalhar os procedimentos adotados, estruturando a abordagem da investigação, o processo de revisão bibliográfica sistemática e a subsequente construção do modelo conceitual.

3.1 Abordagem da Pesquisa

A presente investigação adota uma abordagem metodológica que combina características qualitativas e exploratórias. O propósito central é a proposição de um modelo



conceitual para um simulador empresarial computadorizado que opere em ambientes imersivos do metaverso, focado na perspectiva do usuário de Business Intelligence (BI).

A escolha por uma abordagem exploratória justifica-se pela necessidade de incursionar em uma área ainda pouco estudada, que envolve a integração de tecnologias emergentes no contexto empresarial e de aprendizagem (Gil, 2008). Este tipo de pesquisa é particularmente adequado para analisar novas áreas e construir conhecimento teórico-prático, o que é fundamental para a inovação em domínios de fronteira tecnológica (Gil, 2008). Adicionalmente, a natureza qualitativa da pesquisa, conforme sugerido por Prodanov e Freitas (2013), permite interpretar e conectar os elementos teóricos aos objetivos práticos do modelo proposto, buscando compreender os fenômenos em sua complexidade e profundidade. A metodologia também se alinha com os avanços propostos por Creswell (2014), que destaca a relevância do uso misto de estratégias qualitativas para o desenvolvimento de modelos aplicáveis em contextos específicos.

3.2 Procedimento de Revisão Bibliográfica Sistemática

Para estabelecer uma fundamentação teórica robusta e assegurar a solidez do modelo conceitual proposto, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática. Esse procedimento foi crucial não apenas para mapear o estado da arte, mas também para identificar lacunas na literatura, tendências emergentes e oportunidades de investigação na intersecção de simuladores empresariais, *Business Intelligence* e o metaverso.

A revisão de literatura é reconhecida como uma metodologia de pesquisa essencial para sintetizar resultados empíricos e construir vínculos analíticos entre teorias, posicionando a contribuição original do trabalho (Webster & Watson, 2002; Snyder, 2019). Em áreas aplicadas, a adoção de revisões sistemáticas é recomendada para garantir abrangência, transparência de critérios e reprodutibilidade (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003).

O processo seguiu as seguintes etapas:

- a) **Definição das Bases de Dados:** A seleção das bases de dados buscou maximizar a cobertura da literatura científica relevante. As plataformas utilizadas incluíram: *Scopus*, *Web of Science*, *IEEE Xplore*, *ACM Digital Library* e *Scielo*. Para complementar e ampliar o escopo das publicações, foram realizadas buscas adicionais no Google Scholar.
- b) **Construção das Strings de Busca:** As *strings* de busca foram formuladas com precisão para otimizar a recuperação de artigos pertinentes. Foram empregados descritores tanto em inglês quanto em português, combinados por operadores booleanos. Os termos-chave incluíram: “*business simulator*” OR “*management game*” OR “*business intelligence*” OR “*metaverse*” OR “*digital twin*” OR “*user experience*” OR “*decision intelligence*”, bem como suas respectivas traduções e variações em português.
- c) **Crítérios de Inclusão:** Para assegurar a relevância e a atualidade dos estudos, foram estabelecidos os seguintes critérios rigorosos de inclusão:
 - (i) Artigos publicados, preferencialmente, nos últimos dez anos (2015-2025), a fim de incorporar os avanços tecnológicos mais recentes. Contudo, obras seminais e conceituais publicadas antes de 2015, que são consideradas fundamentais para a contextualização histórica dos temas, não foram excluídas.
 - (ii) Estudos revisados por pares, garantindo a qualidade e o rigor científico das publicações selecionadas.
 - (iii) Pesquisas que abordassem diretamente temas como simuladores empresariais, *Business Intelligence*, metaverso, *Digital Twins* ou Experiência do Usuário (UX) de forma substancial.



- d) **Critérios de Exclusão:** Para refinar a seleção e focar nos estudos mais pertinentes aos objetivos da pesquisa, foram excluídas as seguintes categorias de publicações:
- (i) Publicações sem acesso ao texto completo, pois impossibilitavam a análise aprofundada do conteúdo.
 - (ii) Duplicações de artigos, visando evitar redundância e otimizar o processo de análise.
 - (iii) Artigos considerados exclusivamente opinativos ou que carecessem de uma fundamentação científica clara e rigorosa.
- e) **Seleção e Análise dos Estudos:** Após a aplicação criteriosa dos critérios de inclusão e exclusão, os estudos remanescentes foram submetidos à leitura integral. Em seguida, foram categorizados em eixos temáticos específicos, o que facilitou a organização, a síntese e a análise do vasto corpo de conhecimento. Os principais eixos temáticos identificados e abordados foram: simuladores de empresas; BI e análise de dados; metaverso e tecnologias imersivas; *Digital Twins*; usabilidade e experiência do usuário.
- f) **Síntese e Proposição do Modelo Conceitual:** A etapa final do processo metodológico consistiu na elaboração do modelo conceitual, fundamentado na síntese dos referenciais teóricos coletados por meio da revisão sistemática. Este modelo foi detalhadamente estruturado em termos de requisitos funcionais e não funcionais. A definição desses requisitos foi orientada pela identificação de lacunas explícitas na literatura e por uma análise comparativa aprofundada de modelos existentes, garantindo tanto a inovação quanto a pertinência prática da proposta.

4. Desenvolvimento do Modelo Conceitual

Este capítulo se dedica à apresentação e detalhamento de um modelo conceitual proposto para um simulador empresarial computadorizado integrado ao Metaverso. O desenvolvimento deste modelo visa superar as limitações intrínsecas às interfaces tradicionais bidimensionais (2D), potencializando significativamente a análise de dados por meio de uma abordagem imersiva e interativa. A arquitetura do modelo é concebida em três camadas interconectadas e complementares: a Sistematização, que descreve a infraestrutura de dados subjacente; a Ambientação, que define o cenário de simulação no metaverso; e a Estruturação, que foca na interface inovadora de visualização de dados, projetada especificamente para o que denominamos "analista imersivo".

4.1 Visão Geral do Modelo Conceitual

O modelo conceitual delineado neste estudo representa uma arquitetura que converge simuladores empresariais com as capacidades emergentes do Metaverso e as ferramentas avançadas de *Business Intelligence* (BI). Sua premissa fundamental reside na superação das interfaces de análise 2D, que frequentemente limitam a contextualização e a profundidade da compreensão dos dados (Sharda, Delen, & Turban, 2019). A integração dessas dimensões é proposta por meio de uma estrutura que priorizará a imersão, a interatividade e uma experiência do usuário (UX) enriquecida, visando transformar a tomada de decisão estratégica em ambientes de negócios complexos e interativos (Ball, 2022; Mystakidis, 2022). A concepção tripartite do modelo – Sistematização, Ambientação e Estruturação – assegura uma abordagem que abrange desde o fluxo de dados até a experiência perceptiva do usuário.

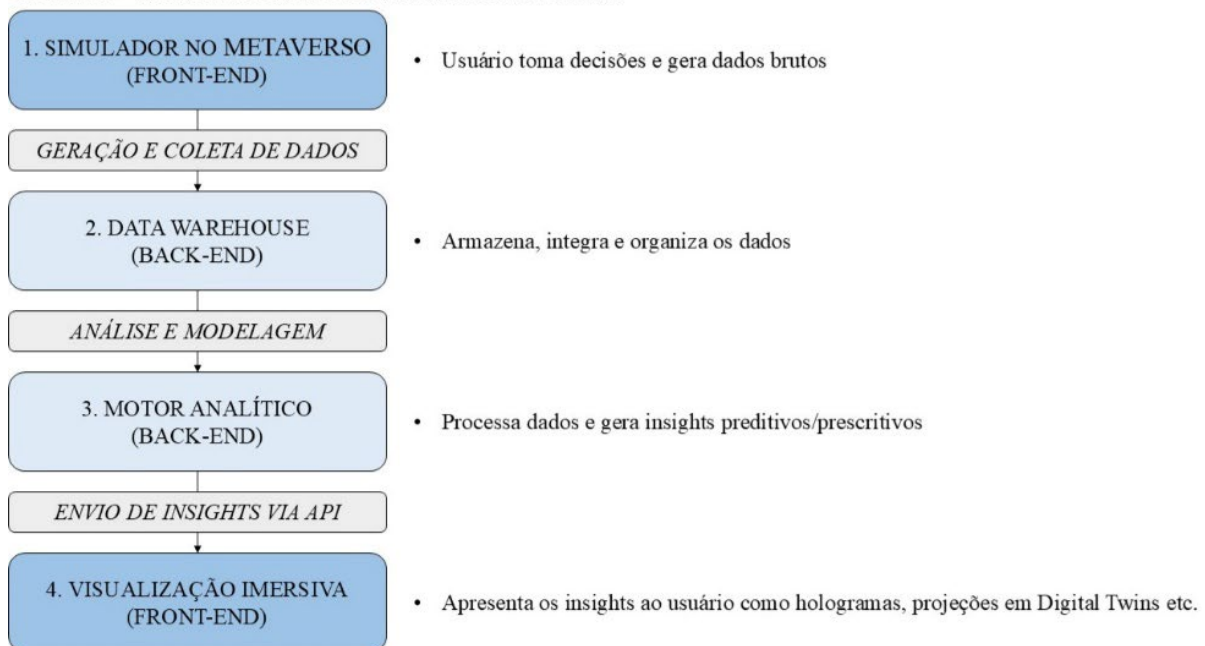
4.1.1 Sistematização: A Arquitetura de Dados e BI

A camada de sistematização constitui o alicerce tecnológico do modelo, sendo responsável por gerenciar o ciclo de vida completo dos dados, desde a sua geração até a apresentação final como *insights* acionáveis. Conforme a arquitetura proposta, esta camada é



subdividida em componentes de *front-end* e *back-end*, conectados por um fluxo de informações contínuo e bidirecional, conforme detalhado na Figura 1 (Negash & Gray, 2008).

FIGURA 1 – FLUXO DE DADOS DO MODELO CONCEITUAL



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O processo é iniciado no Simulador no Metaverso (1), o ambiente de *front-end* (4) onde o usuário, representado por seu avatar, interage com a simulação e efetua decisões gerenciais. Essas interações geram um volume contínuo de dados brutos, que registram as ações do usuário e os resultados operacionais decorrentes (Lee et al., 2024). Esses dados são subsequentemente coletados e transmitidos para a infraestrutura de *back-end* (2).

No *back-end*, os dados são primeiramente recebidos e armazenados no *Data Warehouse*. Este repositório centralizado é projetado para integrar e organizar as informações historicamente, constituindo a base para análises complexas e a gestão do conhecimento (Sharda, Delen, & Turban, 2019). Após a inserção no *Data Warehouse*, os dados são processados pelo Motor Analítico (3). Este componente, que atua como o "cérebro" do sistema, aplica algoritmos avançados de *Data Mining* e técnicas de *Decision Intelligence* para gerar insights preditivos e prescritivos, indo além da mera descrição de dados históricos para oferecer recomendações estratégicas (Sharda, Delen, & Turban, 2019).

Por fim, esses *insights* qualificados são retroalimentados ao *front-end* por meio de uma Interface de Programação de Aplicações (API), fechando o ciclo na etapa de Visualização Imersiva. É neste ponto que os resultados da análise serão apresentados ao usuário diretamente no ambiente do metaverso, utilizando recursos como hologramas, telas suspensas, projeções contextuais em *Digital Twins* e outras formas de visualização de dados nativas do espaço tridimensional, conforme o conceito de UX em ambientes virtuais (Yang, 2023).

4.1.2 Ambientação: O Simulador no Ambiente Metaverso

A camada de ambientação visa transportar o usuário para um ambiente corporativo virtual tridimensional, concebido como uma Sala de Decisão Estratégica (*Strategic Decision Room*). Este espaço imersivo funciona como a principal interface para a interação com o simulador de negócios, que será modularmente estruturado para representar as diversas áreas funcionais de uma empresa (Finanças, Marketing, Operações, Recursos Humanos, Contabilidade etc.). A imersão é potencializada pela representação do usuário por um avatar personalizável, o que contribui para a sensação de presença e pertencimento ao ambiente simulado (Mystakidis, 2022; Almeida, Gonçalves, & Oliveira, 2024).



O design do ambiente é intrinsecamente centrado em uma interação intuitiva e naturalística. Ao invés de inserir decisões em formulários ou menus 2D convencionais, o usuário interagirá por meio da manipulação direta de objetos e representações de dados no espaço 3D (Lee et al., 2024). Exemplificando, uma mesa central na sala pode exibir um *Digital Twin* dinâmico da empresa simulada, enquanto as paredes funcionam como painéis interativos que apresentam os principais Indicadores de Desempenho (KPIs) (Singh et al., 2021). A navegação pelo espaço e a manipulação dos objetos de dados serão realizadas por meio de controles de realidade virtual (VR) ou gestos, permitindo que o "analista imersivo" explore o cenário de negócios de forma espacial e contextualizada, o que aprimora a aprendizagem experiencial e o desenvolvimento de competências gerenciais (Doyle & Brown, 2000; Guimarães, Silva, & Silva, 2022).

4.1.3 Estruturação – Perspectiva de Usuário de BI

A camada de estruturação é dedicada à definição da interface de visualização de dados, especificamente para o "analista imersivo", rompendo com o paradigma dos *dashboards* 2D fixos em telas. O modelo propõe a utilização de painéis holográficos interativos, os quais são concebidos como objetos de dados tridimensionais e flutuantes. O usuário pode invocar, manipular, redimensionar e posicionar esses painéis livremente dentro da "Sala de Decisão Estratégica" mediante gestos ou controles de realidade virtual (Yang, 2023).

A principal vantagem desta abordagem reside na superação das limitações espaciais dos monitores tradicionais (Sharda, Delen, & Turban, 2019). O analista pode, assim, configurar um ambiente de análise 360°, dispondo múltiplos painéis holográficos – um para cada área funcional da empresa (e.g., Finanças, Vendas, Produção) – ao seu redor. Isso permite uma visualização simultânea e a identificação de correlações entre diferentes indicadores de desempenho de maneira significativamente mais intuitiva e holística. Além disso, esses painéis servem como um ponto focal para a colaboração, possibilitando que múltiplos avatares se reúnam para analisar e discutir os mesmos dados em um espaço compartilhado (Mystakidis, 2022).

Complementarmente aos painéis holográficos, o elemento central da visualização de dados neste modelo é a interação aprofundada com o Digital Twin da organização. Apresentada na mesa holográfica da "Sala de Decisão Estratégica", esta réplica virtual e dinâmica da empresa funciona como uma "tela viva" para a análise de dados (Kritzinger et al., 2018; Singh et al., 2021). O "analista imersivo" pode navegar por este ambiente e, ao interagir com componentes específicos da operação – como uma máquina na linha de produção ou um centro de distribuição –, visualizar instantaneamente seus KPIs correspondentes. Os dados de desempenho não são meramente apresentados em tabelas isoladas, mas são projetados contextualmente sobre a própria réplica virtual da operação. Esta abordagem cria uma experiência analítica profundamente intuitiva, onde os dados são explorados em seu contexto original, facilitando a identificação de gargalos e oportunidades de forma mais orgânica do que em um *dashboard* 2D (Allam & Dahlan, 2013).

O modelo conceitual prevê, ainda, a transformação de análises de dados abstratas em paisagens tridimensionais exploráveis. Por exemplo, um gráfico de vendas ao longo do tempo, tradicionalmente representado por uma linha 2D, pode ser renderizado como um "relevo de dados" (*data landscape*). Neste relevo, o "analista imersivo" pode literalmente "caminhar" entre os meses, percebendo os picos de faturamento como elevações topográficas e os períodos de baixa como vales. Tal representação proporciona uma percepção mais tátil e intuitiva de tendências, magnitudes e sazonalidades. Em síntese, a combinação estratégica de painéis holográficos, *Digital Twins* contextuais e visualizações de dados 3D configura a estrutura de uma nova experiência analítica, desenhada para ser mais imersiva, intuitiva e, em última



instância, mais eficaz para a tomada de decisão estratégica (Almeida, Gonçalves, & Oliveira, 2024; Yang, 2023).

4.2 Requisitos do Modelo Conceitual

A partir da fundamentação teórica robusta e da descrição detalhada do modelo, foram sistematizados os principais requisitos que orientam a sua concepção e potencial implementação. Estes são categorizados em Requisitos Funcionais (RF), que especificam as funcionalidades e comportamentos que o sistema deve apresentar, e Requisitos Não Funcionais (RNF), que definem as qualidades operacionais e restrições de desempenho do sistema (Sommerville, 2011).

a) Requisitos Funcionais (RF)

RF01: O sistema deverá permitir ao usuário invocar, posicionar e manipular dinamicamente múltiplos painéis de dados holográficos e interativos no espaço tridimensional.

RF02: O sistema deverá exibir indicadores de desempenho (*KPIs*) de forma contextualizada, projetados diretamente sobre os componentes correspondentes do Digital Twin da organização.

RF03: O sistema deverá ser capaz de renderizar análises de dados abstratas, como séries temporais, em formatos tridimensionais exploráveis (p.e., "relevos de dados").

RF04: O sistema deverá registrar as decisões tomadas pelo usuário no ambiente de simulação, bem como seus respectivos resultados operacionais e financeiros.

b) Requisitos Não Funcionais (RNF)

RNF01 (Usabilidade): O sistema deverá possuir alta usabilidade, com interações predominantemente baseadas em gestos e movimentos intuitivos, minimizando a necessidade de menus complexos e aprendizado extensivo (Allam & Dahlan, 2013).

RNF02 (Experiência do Usuário): O sistema deverá proporcionar uma experiência de usuário (UX) altamente engajadora, promovendo elevados níveis de imersão, sensação de presença e fluxo (Yang, 2023; Mystakidis, 2022).

RNF03 (Desempenho): O sistema deverá ser capaz de receber e exibir as atualizações de dados provenientes do motor de BI em tempo real ou quase real, garantindo que não haja atrasos perceptíveis que possam comprometer a imersão e a validade da análise.

RNF04 (Fidelidade): A representação visual do ambiente e do *Digital Twin* deverá possuir um grau de realismo e detalhe suficiente para promover a suspensão da descrença e facilitar a transferência do aprendizado para cenários reais (Keys & Wolfe, 1990; Kritzinger et al., 2018).

4.3 Diferencial do Modelo

O modelo conceitual aqui proposto estabelece um diferencial em relação a trabalhos preexistentes ao articular, de forma explícita e integrada, três dimensões cruciais: (1) o rigor analítico do *Business Intelligence*, sustentado por uma arquitetura de dados robusta capaz de oferecer insights preditivos e prescritivos (Sharda, Delen, & Turban, 2019); (2) a imersão e contextualização proporcionadas pelo Metaverso, notadamente através do uso estratégico de *Digital Twins* que espelham e permitem a interação com sistemas físicos em tempo real (Ball, 2022; Kritzinger et al., 2018); e (3) a centralidade na Experiência do Usuário (UX), que posiciona o "analista imersivo" como protagonista ativo e engajado no processo de geração de insights e tomada de decisão (Yang, 2023; Allam & Dahlan, 2013).

Ao contrário de abordagens que tratam de forma isolada os simuladores empresariais ou os ambientes virtuais, a presente proposta avança ao conectar intrinsecamente as decisões



gerenciais simuladas com análises preditivas e prescritivas em tempo real. Esta conexão ocorre dentro de um contexto visual que, pela sua natureza imersiva, é inerentemente mais intuitivo e engajador. Assim, o modelo apresentado oferece um arcabouço teórico que não apenas expande a capacidade de exploração de cenários, ele aprofunda a compreensão de dados complexos em tempo real. Ao fazer isso, favorecerá uma tomada de decisão estratégica mais ágil, informada e eficaz, particularmente em ambientes caracterizados por alta complexidade e dinamismo (Negash & Gray, 2008; Lee et al., 2024).

5. Considerações Finais

O presente estudo teve como objetivo geral a proposição de um modelo conceitual para um simulador empresarial computadorizado compatível com o metaverso, idealizado sob a perspectiva do usuário de *Business Intelligence* (BI). Por meio de uma revisão bibliográfica sistemática e uma abordagem qualitativa-exploratória, o trabalho buscou superar as limitações das interfaces bidimensionais tradicionais, concebendo uma arquitetura tripartida – Sistematização, Ambientação e Estruturação – que integra o rigor analítico do BI, a imersão do metaverso e uma experiência do usuário (UX) enriquecida.

A principal contribuição teórica reside na formulação de um arcabouço conceitual que alinha avanços em simuladores empresariais (Suaia, 1995; Wolfe & Crookall, 1998), *Business Intelligence* (Sharda, Delen & Turban, 2019; Davenport & Harris, 2007) e tecnologias imersivas como o metaverso e *Digital Twins* (Ball, 2022; Mystakidis, 2022; Kritzinger et al., 2018). Este alinhamento culmina na proposta do conceito de "analista imersivo", um perfil que interage com ambientes tridimensionais, painéis holográficos e *Digital Twins* para análise de dados e tomada de decisão estratégica em cenários simulados. A arquitetura de dados proposta, com seus componentes de *front-end* e *back-end* e o *Motor Analítico*, fornece os mecanismos para a geração de insights preditivos e prescritivos, retroalimentando o ambiente imersivo em tempo real ou quase real (Negash & Gray, 2008; Lee et al., 2024).

Em termos práticos, o modelo delineado oferece caminhos para a otimização de processos de aprendizagem experiencial e suporte à tomada de decisão gerencial. A "Sala de Decisão Estratégica" no metaverso, juntamente com a interação com *Digital Twins* e a manipulação de painéis holográficos, potencializa a compreensão situacional e a antecipação de consequências, promovendo o desenvolvimento de competências como julgamento profissional e modelagem de *trade-offs* (Makransky & Lilleholt, 2018; Radianti et al., 2020). Os requisitos funcionais e não funcionais estabelecidos (RF01-RF04, RNF01-RNF04) fornecem as diretrizes para futuras implementações, enfatizando a usabilidade, a experiência do usuário, o desempenho em tempo real e a fidelidade da representação (Allam & Dahlan, 2013; Yang, 2023).

O diferencial do modelo reside na sua capacidade de conectar intrinsecamente as decisões gerenciais simuladas com análises preditivas e prescritivas em um contexto visual imersivo. Isso favorece uma tomada de decisão mais ágil, informada e eficaz em ambientes complexos e dinâmicos (Negash & Gray, 2008; Lee et al., 2024).

Não obstante as contribuições, o estudo possui limitações inerentes à sua natureza conceitual. Por se tratar de uma proposição de modelo, a efetividade e a viabilidade técnica das interações propostas (p.ex., manipulação de hologramas e *data landscapes*) carecem de validação empírica. A complexidade de integrar um *closed loop* de *Digital Twin* com bidirecionalidade e dados governados representa um desafio significativo na implementação, conforme discutido por Kritzinger et al. (2018) e Fuller et al. (2020), e exige salvaguardas de risco e conformidade regulatória. Além disso, a gestão da carga cognitiva e a prevenção de ciberdoenças em ambientes imersivos de alta fidelidade são aspectos cruciais que demandam atenção rigorosa no design instrucional (Parong & Mayer, 2018; Sutcliffe & Gault, 2004).

Para trabalhos futuros, sugere-se a construção de um protótipo funcional do simulador para permitir a validação empírica dos requisitos propostos, por meio de estudos de usabilidade



e avaliação da experiência do usuário. Pesquisas subsequentes poderiam investigar o impacto do modelo na melhoria do desempenho decisório e na retenção de conhecimento em grupos de usuários, comparando-o com simuladores tradicionais. Explorar a aplicação de técnicas avançadas de Inteligência Artificial para personalizar o *feedback* e adaptar os cenários de simulação em tempo real também representa uma linha de investigação promissora. Finalmente, aprofundar a discussão sobre os aspectos éticos, de governança de dados e de acessibilidade inerentes ao metaverso e aos *Digital Twins* é fundamental para garantir a adoção em larga escala e mensurar o reflexo dessas tecnologias na educação e na gestão.

Referências

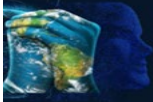
- Allam, A. H., & Dahlan, H. M. (2013). User experience: challenges and opportunities. *Journal of Information Systems Research and Innovation*, 3(1), 28-36.
- Almeida, P. H. S. de, Gonçalves, M., & Oliveira, T. F. de. (2024). O metaverso como ferramenta imersiva para o aprendizado em sala de aula. *SCIAS - Educação, Comunicação E Tecnologia*, 6(2), 84–100.
- Alpar, P., & Schulz, M. (2016). Management of Business Intelligence. *Business & Information Systems Engineering*, 58(3), 203–216.
- Ball, M. (2022). *The metaverse: And how it will revolutionize everything*. Liveright Publishing Corporation.
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4-7.
- Chaudhuri, S., & Dayal, U. (1997). An overview of data warehousing and OLAP technology. *ACM Sigmod Record*, 26(1), 65–74.
- Chaudhuri, S., Dayal, U., & Narasayya, V. (2011). An overview of business intelligence technology. *Communications of the ACM*, 54(8), 88–98.
- Chen, H., Chiang, R. H. L., & Storey, V. C. (2012). Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact. *MIS Quarterly*, 36(4), 1165–1188.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4^a ed.). Sage Publications.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row.
- DAMA International. (2017). *The DAMA guide to the data management body of knowledge (DAMA-DMBOK 2)*. Technics Publications.
- Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2007). *Competing on analytics: The new science of winning*. Harvard Business School Press.
- Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2017). *Analytics at work: Smarter decisions, better results*. Harvard Business Review Press.
- Dede, C. (2009). A sixteenth-century vision for twenty-first-century education. *Educational Technology*, 49(1), 3–7.
- Doyle, D., & Brown, F. W. (2000). Using a business simulation to teach applied skills—the benefits and the challenges of using student teams from multiple countries. *Journal of European Industrial Training*, 24(6), 330–336.
- Eckerson, W. W. (2012). *Cloud computing and business intelligence: Driving next-generation analytics*. TDWI Research.
- Faria, A. J. (2001). The changing nature of business gaming simulation: A 50-year perspective. *Simulation & Gaming*, 32(4), 493–513.
- Faria, A. J., Hutchinson, D., Wellington, W. J., & Gold, S. (2009). Developments in business simulation and experiential learning: An overview of the ABSEL conference. *Simulation & Gaming*, 40(6), 724–742.
- Few, S. (2013). *Information dashboard design: Displaying data for at-a-glance monitoring*. Analytics Press.



- Fuller, A., Fan, Z., Day, C., & Barlow, C. (2020). Digital Twin: Enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access*, 8, 108952–108971.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 443–467.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6ª ed.). Editora Atlas S.A.
- Goldschmidt, L. (1977). *O emprego de jogos de empresas no ensino e no treinamento*. Editora Atlas S.A.
- Gredler, M. E. (2004). Games and simulations and their relationships to learning. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research on educational communications and technology* (2nd ed., pp. 571–591). Lawrence Erlbaum Associates.
- Guimarães, U. A., da Silva, F. M., & Silva, C. A. M. (2022). Metaverso na educação: Oportunizando a inovação pedagógica. *RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar*, 3(9), e391932.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques* (3ª ed.). Morgan Kaufmann.
- Hassenzahl, M. (2018). The thing and I: understanding the relationship between user and product. In *Funology 2: from usability to enjoyment* (pp. 301-313). Cham: Springer International Publishing.
- Hassenzahl, M., & Tractinsky, N. (2006). User experience—A research agenda. *Behaviour & Information Technology*, 25(2), 91–97.
- Inmon, W. H. (2005). *Building the data warehouse* (4ª ed.). John Wiley & Sons.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 9241-11:2018, Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts*.
- International Organization for Standardization. (2019). *ISO 9241-210:2019, Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems*.
- Isik, O., Jones, M. C., & Sidorova, A. (2013). Business intelligence success: The role of BI capabilities and user participation. *Information & Management*, 50(1), 13–23.
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The international journal of aviation psychology*, 3(3), 203-220.
- Keys, B., & Wolfe, J. (1990). The role of management games and simulations in education and research. *Journal of Management*, 16(2), 307–336.
- Kimball, R., & Ross, M. (2013). *The data warehouse toolkit: The definitive guide to dimensional modeling* (3ª ed.). John Wiley & Sons.
- Knaflic, C. N. (2015). *Storytelling with data: A data visualization guide for business professionals*. John Wiley & Sons.
- Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sihn, W. (2018). Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *Ifac-PapersOnline*, 51(11), 1016-1022.
- Laugwitz, B., Held, T., & Schrepp, M. (2008). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. In A. Holzinger (Ed.), *HCI in Business, Government and Organizations. HCIBA 2008* (pp. 63–73). Springer.
- Lee, L. H., Braud, T., Zhou, P. Y., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., ... & Hui, P. (2024). All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. *Foundations and trends® in human-computer interaction*, 18(2–3), 100-337.
- Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the effect of immersive virtual reality on learning in a science simulation. *Computers & Education*, 118, 120–132.



- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational psychology review*, 33(3), 937-958.
- Merchant, Z., Goetz, E. E., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40.
- Munzner, T. (2025, August). Visualization analysis and design. In Proceedings of the Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques Conference Courses (pp. 1-2).
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486–497.
- Negash, S., & Gray, P. (2008). Business intelligence. In Handbook on Decision Support Systems 2: Variations (pp. 175-193). Springer.
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of educational psychology*, 110(6), 785.
- Power, D. J. (2002). *Decision support systems: Concepts and resources for managers*. Greenwood Publishing Group.
- Pratt, S. (2019). *Data science for business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking*. O'Reilly Media.
- Prodanov, C. C., & Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico* (2ª ed.). Editora Feevale.
- Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data science for business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking*. O'Reilly Media.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & education*, 147, 103778.
- RESENDE, A. L. (2003). Avaliação do ensino da contabilidade utilizando programa de simulação empresarial. 2003. 142 f. [Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília].
- Rud, O. P. (2009). Business intelligence success factors: tools for aligning your business in the global economy (Vol. 18). John Wiley & Sons.
- SAUAIA, Antonio C.A. (1995). Satisfação e Aprendizagem em jogos de empresas: contribuições para educação gerencial [Tese de Doutorado, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo].
- Sauaia, A. C. A. (2008). Laboratório de gestão: simulador organizacional, jogo de empresas e pesquisa aplicada. Editora Manole.
- Sharda, R., Delen, D., & Turban, E. (2019). *Business Intelligence, Analytics, and Data Science: A Managerial Perspective* (4th ed.). Pearson.
- Shmueli, G., & Koppius, O. R. (2011). Predictive analytics in information systems research. *MIS Quarterly*, 35(3), 553–572.
- Singh, M., Fuenmayor, E., Hinchy, E. P., Qiao, Y., Murray, N., & Devine, D. (2021). Digital Twin: Origin to future. *Applied System Innovation*, 4(2), 36. doi.org
- Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3549–3557.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339.
- Sommerville, I. (2011). *Software engineering* (9ª ed.). Pearson.
- Sutcliffe, A. G., & Gault, B. (2004). VR for real: How to design usable virtual environments. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 11(3), 226–252.
- Tanabe, M. (1977). *Jogos de empresas: Teoria e prática*. Atlas.



- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14(3), 207–222.
- Tufte, E. R. (2001). *The visual display of quantitative information* (2^a ed.). Graphics Press.
- W3C. (2024). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. W3C Recommendation. www.w3.org/TR/WCAG22/
- Webster, J., & Watson, R. T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS Quarterly*, 26(2), xiii–xxiii.
- Whetten, D. A. (1989). What constitutes a theoretical contribution? *Academy of Management Review*, 14(4), 490–495.
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240.
- Wolfe, J., & Crookall, D. (1998). Developing a scientific knowledge of simulation/gaming. *Simulation & Gaming*, 29(1), 7-19.
- Woolf, B. P. (2010). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Morgan Kaufmann.
- Yang, S. (2023). Storytelling and user experience in the cultural metaverse. *Heliyon*, 9(4).
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (Vol. 5). sage.