

PAULO RAFAEL CARNEIRO

**PLATAFORMA COMPUTACIONAL PARA O
ENSINO DE SUPPLY CHAIN**

São Paulo
2025

PAULO RAFAEL CARNEIRO

**PLATAFORMA COMPUTACIONAL PARA O
ENSINO DE SUPPLY CHAIN**

Trabalho apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para ob-
tenção do Título Engenheiro de Produção.

São Paulo
2025

PAULO RAFAEL CARNEIRO

**PLATAFORMA COMPUTACIONAL PARA O
ENSINO DE SUPPLY CHAIN**

Trabalho apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para ob-
tenção do Título Engenheiro de Produção.

Orientador:
Daniel de Oliveira Mota

São Paulo
2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus pais, pelo amor incondicional, pela educação e por todos os esforços e renúncias feitos para que eu pudesse chegar até aqui. Esta conquista é tão minha quanto de vocês, que sempre acreditaram no meu potencial mesmo nos momentos em que eu duvidei de mim. Estendo esse agradecimento a toda a minha família, pelo carinho, compreensão e apoio ao longo de toda a minha formação.

Aos amigos que caminharam comigo durante a graduação, nos trabalhos em grupo, noites viradas de estudo e momentos de descontração que tornaram essa jornada mais leve. Em especial, agradeço àqueles que estiveram ao meu lado nas fases mais difíceis do curso e no desenvolvimento deste trabalho, oferecendo companhia, conselhos e incentivo quando eu mais precisei.

Aos professores que tive durante a graduação, meu sincero agradecimento pela dedicação, pelos ensinamentos. Cada disciplina, orientação e conselho ajudou a construir não apenas o meu conhecimento técnico, mas também meu senso crítico e minha postura profissional. Em especial, agradeço ao professor Daniel de Oliveira Mota, pela orientação neste trabalho de conclusão de curso, pela paciência, pelas contribuições técnicas e pelos conselhos que foram fundamentais para transformar uma ideia em um projeto concretizado.

Agradeço também aos colegas e profissionais com quem tive a oportunidade de conviver no ambiente de trabalho e de estágio. As experiências compartilhadas, os aprendizados práticos e a confiança depositada em mim contribuíram de forma decisiva para a minha formação pessoal e profissional.

Por fim, deixo um agradecimento especial a todos os professores que fizeram parte da minha trajetória escolar, desde a educação básica até o ensino superior. Cada um, à sua maneira, contribuiu para a construção do meu conhecimento e da pessoa que me torno ao final desta etapa, incentivando-me a buscar sempre o aprendizado contínuo e a acreditar na educação como ferramenta de transformação.

“A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso, viva intensamente, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos.”

– Charles Chaplin

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo conceber, implementar e avaliar uma plataforma de aprendizagem baseada em um jogo de gestão da cadeia de suprimentos que integra decisões de demanda, produção, estoques, transporte e precificação ao longo de rodadas. Para esse fim, desenvolve-se um modelo operacional e computacional que organiza dados de entrada em layouts padronizados, aplica regras explícitas de negócio e calcula indicadores de desempenho logístico e econômico, permitindo comparar políticas em cenários paralelos. A abordagem metodológica compreende: (1) definição dos processos e fluxos de materiais e informações; (2) arquitetura modular para ingestão de dados, processamento por domínio e geração de resultados; (3) validações de consistência e restrições operacionais; (4) automações de execução e devolutivas para os participantes. Como principais resultados, observou-se redução do esforço operacional docente, aumento do engajamento dos participantes e ganhos de clareza na relação causa-efeito entre decisões relacionadas a supply chain. A padronização de dados e a rastreabilidade de regras favoreceram reproduzibilidade, transparência e avaliação formativa, enquanto a estrutura modular facilitou extensões por produto, localidade e modais logísticos.

Palavras-Chave – cadeia de suprimentos; aprendizagem ativa; jogo de empresas; simulação; arquitetura modular; padronização de dados; reproduzibilidade.

ABSTRACT

This work aims to design, implement, and evaluate a learning platform driven by a supply chain management game that integrates demand, production, inventory, transportation, and pricing decisions over multiple rounds. To this end, an operational and computational model is developed to standardize input data, enforce explicit business rules, and compute logistics and economic KPIs, enabling policy comparison through parallel scenarios. The methodological approach comprises: (1) definition of processes and material/information flows; (2) a modular architecture for data ingestion, domain-specific processing, and results generation; (3) consistency checks and operational constraints; (4) automated execution and feedback to participants. The main results were a reduction in teaching operational effort, an increase in participant engagement, and gains in clarity in the cause-effect relationship between decisions related to the supply chain. Data standardization and rule traceability fostered reproducibility, transparency, and formative assessment, while the modular design simplified extensions across products, locations, and transport modes.

Keywords –supply chain; active learning; business game; simulation; modular architecture; data standardization; reproducibility.

LISTA DE FIGURAS

1	Esquema representativo da Plataforma Educacional	54
2	Fluxo geral do código	56
3	Funções de conexão e front-end	57
4	Funções de entrada de informação do código	57
5	Funções que realizam as principais validações do jogo	58
6	Funções de movimentação de estoque	58
7	Funções para tratamento do BID e nível de serviço	59
8	Funções que criam os indicadores e tabelas semanais	59
9	Funções de infraestrutura	60
10	Funções de parametrização semanal	60
11	Normalização das tabelas base do jogo	63
12	Exemplo da tela de parametrização da plataforma	66
13	Exemplo da tela de parametrização dos dias de transporte	67
14	Exemplo da tela de parametrização dos custos	68
15	Exemplo da tela de parametrização da demanda	69
16	Exemplo da tela de parametrização do nível de serviço	70
17	Exemplo da tela de parametrização do BID	71
18	Exemplo de backups formados no decorrer do jogo	80
19	Exemplo de tabela de decisões iniciais	81
20	Exemplo de tabela de ordem de produção	82
21	Exemplo de tabela de transporte	83
22	Exemplo de tabela de BID	85
23	Exemplo de demanda do PA1 na Semana 2	86

24	Exemplo de demanda do PA1 na Semana 2	87
25	Exemplo hipotético da tabela da DRE preenchida	89
26	Tela de login com erro na autenticação	94
27	Tela com os arquivos recebidos	95
28	Tela com os arquivos enviados	96
29	Exemplo da tela de parametrização dos arquivos enviados	98

LISTA DE TABELAS

1	Comparação entre educação passiva e educação ativa.	23
2	Resumo das regras e limites do jogo.	46

SUMÁRIO

1	Introdução	13
1.1	Motivação	13
1.2	Objetivo	14
1.3	Justificativa do trabalho	14
1.4	Organização do trabalho	15
2	Revisão Bibliográfica	17
2.1	Métodos de Ensino	17
2.1.1	Educação Passiva	17
2.1.2	Educação Ativa	19
2.1.3	Comparaçāo entre os modelos de ensino	22
2.1.4	A Gamificação como Oportunidade na Educação Ativa	24
2.2	Supply Chain Management	25
2.2.1	Introdução ao Tema	25
2.2.2	Contexto histórico	27
2.2.3	SCM - Vantagem empresarial e nacional	28
2.3	Diretrizes de engenharia para o desenvolvimento da plataforma de ensino .	31
2.3.1	Normalização de dados e integridade informacional	31
2.3.2	Arquitetura modular	33
2.3.3	Alinhamento com usuários e stakeholders	35
2.3.4	Limitações de planilhas	36
2.3.5	Reprodutibilidade e transparência computacional	38
2.4	Conclusão da revisão bibliográfica	40

3 Metodologia	42
3.1 Introdução ao Jogo de supply chai	42
3.1.1 Introdução ao Jogo	42
3.1.2 Elementos do jogo	43
3.1.3 Dados iniciais do experimento de simulação	47
3.1.4 Decisões dos participantes	48
3.1.4.1 Estruturação das equipes participantes	48
3.1.4.2 Configuração inicial do experimento (set-up)	48
3.1.4.3 Processo decisório semanal por rodada	49
3.1.5 Sistema de tempo de produção e unidade de medida do jogo	50
3.1.6 Sequência operacional do jogo	51
3.1.7 Objetivos de aprendizagem e desempenho do jogo	52
3.2 Desenvolvimento da plataforma	53
3.2.1 Arquitetura geral da Plataforma e fluxos de informação	53
3.2.2 Arquitetura modular do software	55
3.2.3 Modelagem e normalização dos dados	62
3.2.4 Adaptação a requisitos dos stakeholders	64
3.2.5 Parametrização e calibração de variáveis do modelo	65
3.2.5.1 Parametrização dos tempos de entrega por modal	66
3.2.5.2 Alteração dos custos de transporte e matéria-prima	68
3.2.5.3 Demanda e sazonalidade	69
3.2.5.4 Parametrização do nível de serviço	70
3.2.5.5 Estratégia comercial e mecanismos de preço/BID	70
3.2.6 Mecanismo de leilão (BID): projeto e implementação	72
3.2.6.1 Fundamentação do mecanismo de leilões (BID)	72
3.2.6.2 Métodos de alocação de mercado e integração ao sistema .	72

3.2.6.3	Preparação de parâmetros e faixas de preço	73
3.2.6.4	Mecanismo Tipo 1: competição por faixas de preço	73
	Parâmetros utilizados no mecanismo de Tipo 1	74
3.2.6.5	Mecanismo tipo 2: Competição de BID com nível de serviço	74
	Componente de preço na zona próxima:	74
	Componente de nível de serviço:	74
	Modo usando apenas preço até se definir o nível de serviço: .	74
3.2.6.6	Pós-processamento	75
	Parâmetros utilizados no Pós-processamento	75
3.2.6.7	Interpretação e impacto do desenho de precificação	75
3.2.6.8	Síntese dos parâmetros	75
3.2.7	Adição de novos elementos no decorrer do jogo	76
3.2.8	Sistema de validação e conformidade de dados	77
3.2.9	Sistema de backup e recuperação	79
3.2.10	Tabelas e relatórios automatizados	80
	3.2.10.1 Registro inicial da fábrica e do centro de distribuição . .	81
	3.2.10.2 Ordem de Produção	81
	3.2.10.3 Tabela de Transporte	83
	3.2.10.4 Tabela de BID	85
	3.2.10.5 Relatório de Demanda Semanal	85
	3.2.10.6 Relatório de Layout fabril	86
	3.2.10.7 DRE	88
3.3	Desenvolvimento da plataforma	90
	3.3.1 Arquitetura tecnológica e integrações	90
4	Resultados	92
4.1	Arquitetura e desenvolvimento do sistema	92

4.1.1	Implementação e orquestração da plataforma	92
4.1.2	Automação de submissão e distribuição de arquivos	96
4.1.3	Jogos paralelos para exploração de conceitos específicos	98
4.2	Análise qualitativa dos dados	99
4.2.1	Evidências de egressos via entrevistas semiestruturadas	100
4.2.2	Questões operacionais: da execução manual e descentralizada à orquestração integrada e escalável	104
4.3	Qualidade e aprendizagem: do feedback tardio e pouco parametrizável ao ciclo iterativo com evidências e realismo	107
4.4	Conclusão analítica dos resultados	108
5	Discussão	110
6	Conclusão	114
	Referências	117

1 INTRODUÇÃO

A educação constitui um vetor estruturante do desenvolvimento humano, social e econômico, ao formar capital humano capaz de interpretar cenários complexos, inovar e operar sistemas produtivos com eficiência. Países e organizações que investem de modo consistente em educação colhem ganhos de produtividade, difusão tecnológica e resiliência a choques exógenos. Contudo, a efetividade desse investimento depende da qualidade do desenho formativo: é insuficiente acumular conteúdos se o estudante não encontra meios de conectar conceitos, praticar decisões, observar consequências e ajustar estratégias. No ensino superior, a heterogeneidade de perfis, a competição por atenção e a crescente complexidade dos domínios profissionais tornam explícita a necessidade de experiências que articulem teoria, dados e prática. Em áreas de forte interdependência entre processos, como a gestão de cadeias de suprimentos, lacunas pedagógicas típicas, fragmentação curricular, pouca prática autêntica e avaliações pontuais, dificultam a internalização de relações causa–efeito e a transferência do aprendizado para situações reais.

1.1 Motivação

A gestão de cadeias de suprimentos integra fluxos materiais, informacionais e financeiros ao longo de fornecedores, unidades produtivas, centros de distribuição e mercados consumidores. Decisões localizadas em compras, mix e lote de produção, políticas de estoque, seleção de modais e precificação repercutem de forma não linear sobre prazos, custos, nível de serviço e resultado econômico. Fenômenos como o efeito chicote e a propagação de riscos ilustram a sensibilidade do sistema a variabilidade e atrasos de informação, enquanto restrições de capacidade, lead times e limites de transporte impõem trade-offs inevitáveis. Esse caráter sistêmico impõe ao ensino o desafio de oferecer ao estudante oportunidades de decisão integradas sob restrições observáveis, com métricas auditáveis e dados consistentes que permitam medir impactos e retroalimentar a aprendizagem. A motivação central deste trabalho emerge dessa constatação: aproximar o ambiente acadêmico do funcionamento real de uma cadeia ao criar condições estruturadas para experimentar

políticas, observar efeitos e iterar, reduzindo a distância entre compreensão conceitual e desempenho operacional.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é apresentar e aplicar um ambiente didático que integre decisões de supply chain e proporcione ao estudante uma representação fiel da realidade operacional, preparando-o para desafios profissionais. O ambiente organiza rodadas sucessivas nas quais equipes decidem compras, produção, estoques, transporte e precificação, com dados de entrada normalizados, regras explícitas e indicadores calculados de forma padronizada. A experiência explicita o encadeamento entre escolhas e resultados a cada ciclo, permitindo analisar nível de serviço, utilização de capacidade, custos logísticos e industriais, desempenho econômico consolidado e a qualidade das justificativas técnicas. Com ciclos de decidir, medir, refletir e ajustar, busca-se consolidar visão sistêmica, disciplina de dados e gestão de trade-offs sob incerteza.

1.3 Justificativa do trabalho

A justificativa principal deste estudo reside na superação da lacuna relevante no ensino de supply chain: a distância entre exposição conceitual e aplicação integrada. Em abordagens predominantemente expositivas, conteúdos como demanda, planejamento de produção, políticas de estoque, transporte e precificação tendem a ser tratados em compartimentos relativamente isolados. Essa dispersão dificulta que o estudante perceba o nexo causal entre decisões locais e indicadores sistêmicos, limitando sua capacidade de antecipar efeitos colaterais, ponderar custos de oportunidade e coordenar elos sob restrições. Sem um ambiente que explice os vínculos entre dados, regras e resultados, a aprendizagem permanece no plano declarativo: o discente reconhece termos e fórmulas, mas encontra barreiras para articular estratégias robustas diante de variabilidade, gargalos e limites operacionais. Ao estruturar uma experiência em que decisões interdependentes são tomadas com base em dados normalizados, avaliadas por KPIs auditáveis e comparadas entre rodadas e equipes, o trabalho responde diretamente a essa lacuna, promovendo a passagem do conhecimento meramente descritivo para o conhecimento procedural e condicional, aquele que orienta o “como”, o “quando” e o “por que” decidir.

1.4 Organização do trabalho

A primeira seção apresenta a Introdução, na qual se delineiam o contexto da educação como vetor de desenvolvimento, a especificidade de cadeias de suprimentos como sistemas complexos e interdependentes, a motivação do estudo, o objetivo geral, além da justificativa que destaca a lacuna entre exposição conceitual e aplicação integrada.

A seção seguinte reúne a Revisão, que consolida a base teórica pertinente. Nela se organizam os referenciais sobre cadeias de suprimentos, interdependências entre decisões de compras, produção, estoques, transporte e precificação, fenômenos característicos como efeito chicote e propagação de riscos, além de aportes sobre formação de competências para tomada de decisão sob restrições e incerteza. Essa revisão situa a contribuição pretendida ao explicitar limites de abordagens fragmentadas e a necessidade de arranjos instrucionais que conectem decisões a resultados mensuráveis.

A Metodologia descreve o desenho da pesquisa e os procedimentos técnicos empregados. Explicita-se o escopo do estudo, os dados utilizados e seu processo de normalização, as regras e parâmetros operacionais adotados, os instrumentos de registro e validação, bem como os indicadores e critérios de análise. Detalham-se ainda o fluxo de processamento por rodadas, o protocolo de auditoria e versionamento, a rastreabilidade das decisões e a estratégia de análise comparativa entre ciclos e equipes, garantindo coerência, replicabilidade e consistência dos resultados.

A seção de Resultados apresenta os achados empíricos obtidos a partir da execução do estudo, mensurados por meio de entrevistas semiestruturadas. Foram conduzidas entrevis-tas com estudantes para captar percepções sobre a aplicação do jogo, incluindo utilidade pedagógica, clareza de relações causa–efeito, uso de dados e evolução de estratégias ao longo das rodadas. Complementarmente, realizou-se uma entrevista com um mestrandoo que já operou o jogo anteriormente, com o objetivo de comparar ganhos de velocidade de execução e a melhoria na validação de dados propiciada pela plataforma de ensino. Esses relatos foram triangulados para serem usados como evidências de aprendizagem observadas nas justificativas técnicas e nos padrões decisórios.

Por fim, na Discussão, enfatiza-se a capacidade de generalização do arranjo didático para outros temas complexos que exigem decisão integrada sob múltiplas restrições e forte interdependência entre variáveis. A mesma lógica de modelagem de processos, nor-malização de dados, regras transparentes e indicadores auditáveis pode ser parametrizada para diversas outras disciplinas. A dinâmica iterativa decidir–processar–medir–refletir,

suportada por séries semanais de KPIs e por um ambiente integrador que centraliza dados e decisões, favorece a produção de evidências e a evolução de estratégias sob cenários controlados. Assim, o método aproxima a formação da prática profissional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O propósito deste capítulo é apresentar os principais conceitos e métodos relacionados ao tema deste trabalho, abordando-os sob a perspectiva de diferentes autores e estabelecendo as referências necessárias para seu desenvolvimento.

2.1 Métodos de Ensino

Segundo Novais (2021), a escolha dos métodos de ensino determina o escopo da aprendizagem, os processos cognitivos mobilizados e a profundidade da articulação entre teoria e prática. Em termos analíticos, o campo costuma ser descrito por referências que incluem a educação passiva, associada à transmissão unidirecional de conteúdos e à centralidade do docente, e a educação ativa, orientada à participação do estudante em experiências instrucionais autênticas. Essa distinção impacta a formação de competências como pensamento crítico, tomada de decisão e trabalho em equipe, além de orientar o curso para as exigências atuais de qualificação profissional. Na sequência, apresentam-se características, limitações e potencialidades dessas abordagens, com ênfase em jogos de empresas, simulações e gamificação como formas recorrentes de operacionalização da educação ativa no ensino superior.

2.1.1 Educação Passiva

Novais (2021) também mostra que o campo dos métodos de ensino e aprendizagem é vasto, dinâmico e em constante transformação, caracterizado pela busca por abordagens pedagógicas capazes de otimizar tanto a aquisição quanto a aplicação prática do conhecimento. A educação, ao longo da história, foi moldada por diferentes concepções e contextos socioculturais, mas, em muitos sistemas educacionais e níveis de ensino, predominou por longos períodos o modelo de educação passiva. Esse formato, apesar de sua ampla difusão, tornou-se alvo de críticas em virtude de suas limitações diante das demandas e complexidades da sociedade contemporânea.

De acordo com Miyashita, Oliveira e Yoshizaki (2003), a educação passiva estabelece uma lógica na qual o estudante assume o papel de agente inativo, reduzido a receptor do processo educacional. Essa lógica se sustenta em uma concepção quantitativa de ensino, na qual o professor é visto como detentor exclusivo do conhecimento e ocupa o centro das atividades em sala de aula. Silva (2014) corrobora com essa visão, descrevendo o docente como figura central, enquanto o discente se limita à recepção, sem exercer papel ativo ou crítico.

Conforme Bouzada (2012), as principais características da educação passiva estão na predominância de aulas expositivas, marcadas pelo discurso unilateral do professor e pela participação limitada dos estudantes, que em geral apenas escutam e registram anotações. Pretto (2001) define essa prática como uma “conferência”, em que a comunicação é verticalizada, do professor para o aluno, com pouca interação entre os discentes. Lacerda (2015) acrescenta que esse modelo gera dependência da figura docente e reduz os níveis de engajamento dos aprendizes.

Outro ponto, destacado por Schafranski (2002), é a ênfase em conhecimentos “certos e definidos”, com pouco espaço para a divergência, a autonomia e a criatividade dos alunos. Para Novais (2021), nesse processo cabe ao professor a transmissão do conteúdo e ao aluno a simples assimilação, muitas vezes sem estímulo à reflexão crítica.

Segundo Roure, Kermarrec e Pasco (2019), uma crítica recorrente a esse modelo é a desmotivação dos estudantes. Métodos tradicionais não dialogam com os estímulos do mundo digital e com a lógica do entretenimento instantâneo, resultando em aulas pouco atrativas. Visão essa complementada por Schafranski (2002) que afirma que, diante de conteúdos fragmentados e da ausência de participação ativa, os alunos tendem a assumir posturas apáticas e com baixa motivação, o que compromete a efetividade do aprendizado.

No entendimento de Novais (2021), a educação passiva também falha em desenvolver competências práticas e habilidades essenciais ao exercício profissional. A exposição teórica, centrada na transmissão unilateral, não garante uma formação sólida, pois não promove vivências decisórias fundamentais. Lacerda (2015) reforça que cursos excessivamente teóricos acabam se distanciando da realidade do mercado de trabalho, ampliando a dissociação entre a formação acadêmica e as exigências profissionais.

Bouzada (2012) argumenta que esse hiato é evidenciado em pesquisas que mostram que muitos egressos de cursos superiores não se sentem preparados para atuar de forma crítica, criativa e global. Miyashita, Oliveira e Yoshizaki (2003) acrescenta que os métodos tradicionais, além de limitarem a participação do aluno, não conseguem transmitir ade-

quadamente a complexidade das relações entre variáveis de decisão. Nesse ponto, Bouzada (2012) observa que, embora a leitura proporcione certa amplitude, ela não garante profundidade, sendo nesse espaço que práticas como jogos de empresas se destacam, por proporcionarem experiências mais significativas.

Segundo Miyashita, Oliveira e Yoshizaki (2003), outro ponto crítico é a dependência da experiência de terceiros. Professores e autores, ao recorrerem apenas a relatos, não conseguem gerar o mesmo impacto da vivência direta de uma situação. Bouzada (2012) enfatiza que a ausência de práticas durante a formação gera uma lacuna significativa, já que aprendizados não consolidados pela experiência tendem a ser esquecidos antes de sua aplicação efetiva.

Diante dessas limitações, observa-se que, embora o modelo passivo tenha sustentado a educação formal por longo tempo, apresenta restrições para atender às necessidades contemporâneas de formação. A ausência de participação ativa, a carência de estímulos motivacionais e a distância entre teoria e prática reforçam a necessidade de novas abordagens pedagógicas, capazes de engajar mais os estudantes e prepará-los de forma crítica, reflexiva e prática para os desafios atuais.

2.1.2 Educação Ativa

Segundo Novais (2021), à luz das limitações da educação passiva, observa-se a valorização crescente da educação ativa como um paradigma transformador, ao posicionar o estudante no centro do processo formativo. Essa mudança de foco não é apenas terminológica: ela redefine finalidades, papéis e métodos, deslocando a ênfase da transmissão para a construção do conhecimento em situações autênticas e socialmente situadas.

O objetivo nuclear da educação ativa é capacitar o aluno a ser protagonista de sua própria aprendizagem, estimulando interação, participação e reflexão contínua, com mediação intencional do professor. Nessa lógica, a aprendizagem deixa de ser mera recepção de conteúdos para se tornar um processo de internalização e aplicação, orientado ao desenvolvimento de competências necessárias aos desafios contemporâneos.

Em termos de resultados, Butzke (2015) indica superioridade das metodologias ativas na promoção do pensamento crítico e da escrita, além de maior aderência à cultura do “entretenimento instantâneo” buscada pelos estudantes, o que amplia criatividade, interesse e participação.

No plano dos papéis, Novais (2021) ressalta que o estudante deixa a posição de receptor

para assumir a de agente do próprio desenvolvimento, para ele, aprender ativamente é realizar atividades e pensar sobre o que se faz, o que envolve questionar, escutar, explicar, criar e compor o entendimento. Nessa perspectiva, é destacado que alunos estabelecem objetivos e métodos, avaliando seus processos, enquanto a aprendizagem se configura como movimento bidirecional professor–estudante, situado em contextos social, cultural, político e econômico. Essa mudança é estratégica para formar profissionais capazes de rastrear problemas, tomar decisões e pensar de modo sistêmico.

Além disso, Novais (2021) assinala que o papel do professor se transforma: de fonte exclusiva do saber a guia e facilitador da construção do conhecimento. Barbosa e Moura (2013) descrevem o docente como mediador que organiza experiências e apoia a reflexão, sugerindo um papel mais nobre ao docente o de orientar e facilitar a aprendizagem individual. Em termos práticos, isso implica integrar tecnologias e dinâmicas de gestão que favoreçam tomada de decisão, preparação para o trabalho; além de consolidar conhecimentos e ajudar os estudantes a reconhecer habilidades e atitudes que influenciam seus resultados.

No repertório de métodos, Butzke (2015) mostra a difusão de técnicas ativas, sobretudo em contextos universitários, a partir da segunda metade do século XX. Entre as práticas mais empregadas, destacam-se jogos de empresas e simulações, que oferecem experiências vivenciais próximas da realidade corporativa e operam sob o princípio do “aprender fazendo”. Lacerda (2015) explicita com exemplos como o “Beer Game” e o “Politron” são capazes de criar ambientes seguros para aplicar teoria e testar decisões sem os riscos do mundo real. Já Bouzada (2012) mostra que esse campo segue ativo em pesquisa e desenvolvimento, com novos jogos e simulações surgindo e ampliando as possibilidades didáticas.

Além disso, Butzke (2015) sublinha a relevância da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), que desafia os estudantes a buscar soluções de modo autônomo, promovendo análise e reflexão crítica. Em complemento, estudos de caso conectam teoria e prática ao colocar os alunos em situações de decisão realistas, elevando a pertinência do que se aprende. O trabalho em grupo, por sua vez, sustenta a construção colaborativa do conhecimento e a argumentação, ultrapassando a mera exposição do professor; e debates e dramatizações ampliam a expressão de pontos de vista e a solução de situações hipotéticas. De forma mais recente, Novais (2021) mostra que a gamificação integra elementos lúdicos ao contexto educacional, com ganhos de engajamento e motivação.

No que tange aos efeitos, Novais (2021) elucida que a educação ativa apresenta be-

nefícios em múltiplas dimensões. Em primeiro lugar, aumenta motivação e engajamento, respondendo à insatisfação típica de modelos centrados na exposição. Em segundo, desenvolve competências e habilidades práticas, essenciais à formação de profissionais inovadores e aptos a decidir em ambientes de incerteza, fomentando trabalho em equipe, liderança, pensamento sistêmico e raciocínio estratégico. Em terceiro, aproxima teoria e prática, atenuando a dissociação entre academia e mercado por meio de experiências que traduzem conceitos em ação.

Segundo Bouzada (2012), outro ganho decisivo diz respeito à profundidade e durabilidade da aprendizagem: o envolvimento emocional típico de jogos e simulações favorece fixação superior à de leituras e aulas expositivas. Essas metodologias também estimulam pensamento crítico, criatividade e visão analítica e global; e, no caso dos jogos de empresas, oferecem feedback imediato sobre decisões, alavancando aprendizagem por erro e acerto. Ademais, desenvolvem habilidades sociais, comunicação, cooperação e resolução de conflitos, indispensáveis ao trabalho em equipe.

Não obstante, a implementação enfrenta desafios. Butzke (2015) aponta a escassez de docentes capacitados para conduzir metodologias como jogos de empresas, que demandam domínio conceitual e operacional. Ele também registra resistências estudantis, sobretudo entre quem está habituado a modelos centrados no professor. Some-se a isso a maior demanda de tempo e infraestrutura, preparação detalhada, laboratórios e recursos tecnológicos. Em termos de desenho instrucional, Pretto (2001), lembra que conceber e avaliar jogos educacionais complexos requer critérios claros e alinhamento a objetivos de aprendizagem.

Há, ainda, o risco de deslocamento do foco: estudantes podem priorizar “ganhar” o jogo, convertendo-o em entretenimento e esvaziando metas pedagógicas, algo elucidado por Bouzada (2012). Por isso, é enfatizado que precisa haver o equilíbrio entre ação e reflexão. Finalmente, Lacerda (2015) observa a lacuna entre discurso e prática: embora o consenso sobre a importância das metodologias ativas avance, persistem dificuldades em engajar, de modo consistente, professores e estudantes.

Em síntese, a educação ativa configura um caminho promissor para aprimorar o ensino-aprendizagem. Seus benefícios, maior engajamento, competências aplicadas, integração teoria-prática e aprendizagem mais profunda, contrastam com as limitações do modelo passivo e respondem às exigências formativas atuais. Embora haja barreiras de capacitação, tempo, infraestrutura e desenho didático, o conjunto de evidências indica que investir em metodologias ativas prepara estudantes de forma mais completa, crítica

e prática para os desafios do mercado de trabalho e da vida em sociedade.

2.1.3 Comparação entre os modelos de ensino

Após a análise das características, limitações e benefícios tanto da educação passiva quanto da ativa, torna-se essencial estabelecer um comparativo direto entre essas duas abordagens. A crescente complexidade do mercado de trabalho e as demandas por profissionais mais preparados reforçam a necessidade de metodologias que transcendam a simples transmissão de conteúdos e promovam experiências práticas de aprendizagem, aprofundando assim o conhecimento sobre determinado tema.

De acordo com Bouzada (2012), um dos pontos centrais dessa comparação está na diferença entre profundidade e amplitude do conhecimento. Enquanto metodologias tradicionais, como leituras e aulas expositivas, abrangem uma gama ampla de conceitos e garantem maior amplitude, a educação ativa, podendo ser pautada em jogos de empresas favorece a profundidade na assimilação e fixação do conteúdo. Ele destaca que, ao simular situações reais e exigir aplicação prática, essas metodologias permitem que os estudantes compreendam os conceitos de forma mais sólida e duradoura, mesmo quando o número de tópicos abordados é mais limitado. Além do que, quanto maior a complexidade do jogo, maiores tendem a ser os ganhos na fixação de conceitos, indicando a importância da elaboração criteriosa dessas atividades.

Outro ponto relevante, está no desenvolvimento de habilidades práticas, aspecto frequentemente negligenciado por metodologias tradicionais, que se concentram em transmitir informações de forma fragmentada e pouco conectada a situações reais. Pretto (2001) observa que os jogos de empresas colocam o estudante como protagonista de seu processo de aprendizagem, permitindo que teste seus conhecimentos em um contexto aplicado. Essa vivência inclui a prática de tomada de decisão, a análise de problemas e o controle de resultados, além de estimular habilidades interpessoais e de trabalho em equipe. Butzke (2015) e Lacerda (2015) reforçam que, ao mesmo tempo, tais metodologias favorecem o pensamento crítico e estratégico, oferecendo preparação consistente para o mercado sem os riscos inerentes a situações reais.

No que se refere à motivação, Bouzada (2012) argumenta que modelos centrados no professor, característicos da educação tradicional, tendem a reforçar a passividade dos estudantes. Pretto (2001) complementa que a dimensão competitiva própria desses jogos contribui para elevar a participação, a dedicação e até a frequência às aulas.

Sob outra perspectiva, Silva (2014) e Butzke (2015) ressaltam a contribuição da educação ativa, especialmente dos jogos de empresas, para a integração do conhecimento e para o desenvolvimento de uma visão sistêmica. O mercado contemporâneo exige profissionais capazes de compreender as interdependências entre áreas organizacionais e perceber os impactos de suas decisões em múltiplos níveis. Contudo, a educação tradicional, como observado por Bouzada (2012), muitas vezes fragmenta os conteúdos, dificultando a compreensão de suas conexões. Já os jogos de empresas simulam ambientes organizacionais complexos e obrigam os participantes a articular variáveis inter-relacionadas, vinculando decisões operacionais a resultados estratégicos e financeiros. Bouzada (2012) enfatiza que, nesse processo, o estudante exercita a interdisciplinaridade e desenvolve visão holística do funcionamento empresarial, alinhada às diretrizes curriculares nacionais, que reforçam a importância de mobilizar de forma integrada conhecimentos, habilidades e atitudes.

Em síntese, o comparativo entre a educação passiva e a ativa mostra que, embora a primeira ofereça amplitude, a segunda proporciona profundidade, aplicabilidade prática, maior engajamento e uma compreensão sistêmica. Esses aspectos são indispensáveis para a formação de profissionais aptos a enfrentar os desafios do século XXI e justificam a adoção crescente de metodologias ativas, como os jogos de empresas, no cenário educacional.

Tabela 1: Comparação entre educação passiva e educação ativa.

Parâmetros educacionais	Educação Passiva	Educação Ativa
Orientação didática	Ensino	Aprendizagem
Personagem central	Educador	Educando
Conteúdos trabalhados	Do educador	Do educando
Envolvimento do educador	Alto	Baixo
Envolvimento do educando	Baixo	Alto
Atitude que orienta	Quero ensinar	Quero aprender
Técnica usual	Expositiva	Trabalho em grupo
Tipo de aprendizagem	Cognitiva	Cognitiva, afetiva, cooperativa, atitudinal e comportamental
Áreas trabalhadas	Cérebro	Todo o indivíduo
Aplicação de conceitos	Teórica	Prática
Objetivos educacionais	Gerais e coletivos	Específicos e individualizados
Avaliador da aprendizagem	Educador	Educando
Andamento da aula	Estímulos do educador	Motivos do educando
Ambiente criado	Competitivo	Competitivo e cooperativo

Fonte: Elaboração própria.

2.1.4 A Gamificação como Oportunidade na Educação Ativa

Segundo Novais (2021), a gamificação, entendida como a inserção de elementos característicos dos jogos em contextos não lúdicos, representa uma das oportunidades mais significativas para fortalecer a educação ativa. Ao incorporar recursos como pontuação, rankings, recompensas simbólicas, níveis de progressão e desafios sucessivos, cria-se um ambiente de aprendizagem que se aproxima da lógica dos jogos. Essa dinâmica desperta interesse, curiosidade e senso de conquista no estudante, transformando-o em protagonista de seu processo formativo e rompendo com o papel passivo historicamente atribuído ao discente na educação tradicional.

Pretto (2001) observa que a gamificação cria espaços em que a participação ativa é condição para o avanço da aprendizagem. Assim como ocorre nos jogos de empresas e em simulações já consolidados na literatura, essa estratégia demanda que os estudantes tomem decisões, experimentem alternativas e reflitam sobre os resultados obtidos. Bouzada (2012) complementa que, nesse processo, não apenas a dimensão cognitiva é estimulada, mas também aspectos afetivos, comportamentais e sociais, resultando em um aprendizado mais profundo, integrado e duradouro.

Butzke (2015) ressalta que o caráter lúdico e desafiador da gamificação exerce papel fundamental na motivação estudantil. Em cenários passivos, a tendência predominante é de desatenção e desinteresse, comprometendo a consolidação do conhecimento. Já atividades gamificadas mobilizam emoções e sentidos, criando um ambiente estimulante que incentiva maior dedicação às tarefas. Novais (2021) acrescenta que o prazer associado à participação reduz a percepção de esforço, gerando experiências de aprendizagem mais significativas, capazes de permanecer na memória mesmo após o término da atividade.

De acordo com Lacerda (2015), outro ponto relevante é a proximidade entre gamificação e andragogia. Adultos aprendem melhor quando percebem relevância imediata no conteúdo e quando o processo de aprendizagem dialoga com seus interesses e necessidades práticas. Ao introduzir elementos de competição, cooperação e recompensa, a gamificação potencializa esse alinhamento, permitindo que os estudantes experimentem o aprendizado de forma ativa, desafiadora e aplicável. Nesse sentido, mais do que recreação, essa prática se configura como estratégia pedagógica alinhada às expectativas contemporâneas dos alunos e às exigências do mercado de trabalho.

Segundo Butzke (2015), além de promover motivação e engajamento, a gamificação também contribui para o desenvolvimento de competências práticas e sociais, características centrais da educação ativa. Em atividades coletivas gamificadas, os estudantes

geralmente trabalham em equipes, estimulando cooperação, diálogo e tomada de decisão conjunta. Essa interação reproduz situações comuns ao ambiente profissional, como resolver conflitos, comunicar ideias com clareza e negociar soluções. O feedback imediato dos mecanismos de jogo reforça esse processo, pois permite ao aluno identificar falhas em sua estratégia e corrigi-las de forma rápida, consolidando a aprendizagem.

No entanto, a aplicação da gamificação requer cautela e planejamento pedagógico. Assim como nos jogos de empresas, a competição deve ser mediada para não se transformar em um fim em si mesma, desviando o foco dos objetivos educacionais. O professor, nesse contexto, deixa de ser apenas transmissor de conteúdo para assumir o papel de facilitador, orientando discussões, conduzindo análises críticas e equilibrando momentos de ação com momentos reflexivos. Dessa forma, garante-se que o aprendizado seja prazeroso, mas também significativo e aplicável a situações concretas.

Por fim, a gamificação, não deve ser reduzida a um recurso periférico ou complementar, mas compreendida como vetor de transformação da educação ativa. Ao articular motivação, engajamento, prática, cooperação e reflexão, ela amplia o alcance de metodologias já existentes, como jogos e simulações empresariais, e oferece novas possibilidades de integração entre teoria e prática. Inserida de maneira planejada e consciente, a gamificação fortalece a formação crítica, reflexiva e prática, alinhando-se às diretrizes educacionais contemporâneas e às demandas do mercado por profissionais capazes de atuar em contextos complexos e interdisciplinares.

2.2 Supply Chain Management

2.2.1 Introdução ao Tema

Segundo Mentzer et al. (2001), a evolução e a crescente complexidade do ambiente de negócios globalizado levaram as organizações a adotar abordagens mais integradas e estratégicas na gestão de suas operações. Nesse cenário, o supply chain management (SCM) surge como disciplina essencial, caracterizada pela coordenação sistemática e estratégica das funções gerenciais e táticas, tanto no âmbito interno de uma empresa quanto nas relações interempresariais ao longo de toda a cadeia de suprimentos. O objetivo principal dessa coordenação é aprimorar o desempenho de longo prazo das empresas e da cadeia como um todo.

De acordo com Lambert (2014), o SCM utiliza processos de negócio interfuncionais para gerar valor não apenas para os clientes, mas também para outras partes interessadas.

Essa perspectiva amplia o alcance da gestão, pois o SCM envolve a rede como um todo, desde o consumidor final até os fornecedores originais. Já Ballou (2006) mostra que a logística, historicamente, concentrou-se em atividades restritas como transporte, armazenagem e controle de estoques; já o SCM transcende essas fronteiras. Ele inclui compras, produção e, sobretudo, enfatiza a coordenação, a colaboração e o estabelecimento de relacionamentos duradouros entre os membros do canal de distribuição.

Segundo Cooper, Lambert e Pagh (1997), a estrutura conceitual do SCM se apoia em três elementos principais e interconectados: a rede da cadeia de suprimentos, os processos de negócio e os componentes de gestão. Esses elementos não operam isoladamente, mas se articulam em uma orquestração complexa de atividades. A estrutura da rede, por exemplo, refere-se aos membros e elos que a compõem, podendo incluir múltiplos níveis de fornecedores e clientes. sendo possível que uma mesma empresa participe de várias cadeias simultaneamente, o que torna a decisão sobre o grau de integração com determinados parceiros um aspecto estratégico fundamental.

Segundo Kaplan e Norton (1997), a identificação clara das ligações entre unidades da cadeia permite revelar oportunidades e restrições que, de outro modo, passariam despercebidas. Já os processos de negócio da cadeia, como destacam Lambert e Cooper (2000), são atividades de caráter interfuncional e interempresarial que geram resultados de valor ao cliente. Esses processos abrangem a integração de fluxos de informações, produtos e serviços, estendendo-se do usuário final até os fornecedores originais. Exemplos incluem Customer Relationship Management (CRM), Supplier Relationship Management (SRM), Demand Management (DM), Manufacturing Flow Management (MFM) e Product Development and Commercialization (PDC).

Por sua vez, os componentes de gestão representam as variáveis que permitem a integração e o controle desses processos em toda a cadeia. Cooper (1997) classifica esses componentes em estruturais, como planejamento, métodos de controle, gestão do conhecimento e comunicação, e comportamentais, como liderança, cultura, confiança e comprometimento. A intensidade e o número de componentes aplicados determinam o nível de integração alcançado em cada elo da cadeia.

Em síntese, o papel central do SCM está em integrar os principais processos de negócios e coordená-los de forma estratégica ao longo de toda a cadeia, desde o usuário final até os fornecedores originais. Essa integração possibilita a entrega de produtos, serviços e informações que agregam valor aos clientes e demais partes interessadas. Além disso, o SCM otimiza recursos, reduz custos e apoia decisões operacionais mais eficazes,

sendo um requisito fundamental para a qualidade de serviço, a lucratividade e a competitividade das empresas no ambiente atual.

2.2.2 Contexto histórico

Segundo Cooper, Lambert e Pagh (1997), a evolução do ambiente de negócios nas últimas décadas representou uma transformação paradigmática na forma como as organizações entendem a concorrência e estruturam a gestão de suas operações. Um dos fatores centrais para o surgimento e a consolidação do supply chain management (SCM) foi a mudança do eixo competitivo: a disputa deixou de se concentrar em empresas isoladas e passou a ocorrer entre cadeias de suprimentos completas, integradas e interdependentes.

Nesse sentido, é destacado que essa alteração obrigou as organizações a reconhecer que o desempenho de um elo depende diretamente da eficiência da rede como um todo. As decisões estratégicas, portanto, deixaram de se restringir a funções internas ou a unidades isoladas e passaram a considerar a cadeia de suprimentos em sua totalidade. Essa nova lógica reforçou a necessidade de colaboração entre parceiros como condição indispensável para a manutenção da vantagem competitiva.

De acordo com Teixeira e Lacerda (2010), a ascensão do SCM não pode ser explicada apenas pela mudança no padrão competitivo. A globalização e a internacionalização dos mercados também foram determinantes nesse processo, uma vez que impuseram às organizações o desafio de atender demandas distribuídas em diferentes países e regiões. Essa expansão aumentou a extensão e a complexidade das cadeias de suprimentos e, elevou de forma significativa os custos logísticos, que passaram a representar uma parcela ainda mais expressiva dos custos totais das empresas. Esse cenário reforçou a necessidade de um gerenciamento mais eficiente e coordenado dos fluxos.

Além disso, conforme destaca novamente Teixeira e Lacerda (2010), a segmentação dos mercados contemporâneos trouxe novas exigências às organizações. Atender nichos específicos, diferenciar produtos e diversificar canais de distribuição e vendas tornou-se viável apenas mediante a colaboração de múltiplos parceiros atuando de forma coordenada. Nesse contexto, ressalta que o gerenciamento eficaz desses fluxos e relacionamentos passou a configurar-se como um diferencial competitivo. Assim, o SCM consolidou-se como um requisito estratégico indispensável para assegurar qualidade de serviço e lucratividade no ambiente de negócios atual.

2.2.3 SCM - Vantagem empresarial e nacional

Segundo Lambert e Enz (2017), um dos pilares para o fortalecimento da competitividade das organizações está na gestão estratégica dos relacionamentos com clientes e fornecedores-chave. O supply chain Management (SCM) fornece a estrutura necessária para desenvolver e sustentar esses vínculos, que representam elos fundamentais dentro da cadeia de suprimentos. Assim, enquanto é essencial cultivar laços estreitos com os principais clientes, também se torna vital consolidar parcerias sólidas com fornecedores estratégicos, formando uma rede de colaboração que gere benefícios mútuos. É destacado ainda que a integração interfuncional, tanto dentro da própria empresa quanto junto a parceiros-chave, constitui condição indispensável para alcançar níveis superiores de competitividade e lucratividade, inclusive em setores de serviços.

De acordo com Vargo e Lusch (2011), um SCM eficaz diferencia empresas pela capacidade de gerir suas redes de modo mais eficiente que os concorrentes. Essa eficiência resulta da integração de capacidades operacionais e estratégicas em um sistema coeso, orientado para a criação de valor singular ao cliente, o que eleva sua satisfação. Nesse processo, a coordenação dos fluxos de materiais, informações e finanças, tanto internamente quanto entre empresas, constitui o núcleo de um SCM bem estruturado. Em setores de serviços, por exemplo, a combinação e exploração de recursos intangíveis, como conhecimento e habilidades, desempenha papel central na cocriação de valor e na obtenção de vantagem competitiva sustentável, superando a dependência exclusiva de recursos tangíveis.

No entanto, como aponta Castellani (2013), o SCM não se limita à dimensão relacional. Sua aplicação também possui importância estratégica quando utilizada como ferramenta para enfrentar entraves logísticos estruturais, como é evidenciado no contexto brasileiro. A persistência do “apagão logístico” e do chamado “Custo Brasil” evidencia a ausência histórica de uma gestão integrada da cadeia de suprimentos em escala nacional. Ao invés de uma abordagem sistêmica, as políticas públicas no setor de transportes foram conduzidas de maneira fragmentada, comprometendo o escoamento eficiente da produção e reduzindo a competitividade das empresas. Para Castellani (2013), a insuficiência de investimentos em infraestrutura pode ser compreendida não apenas como uma deficiência econômica, mas como reflexo da falta de coordenação e de planejamento de longo prazo típicos de uma lógica de SCM.

Sob essa ótica, Castellani (2013) argumenta que programas governamentais de investimento e incentivos ao setor privado devem ser vistos como oportunidades de aplicação prática dos princípios do SCM em escala nacional. Assim, o desenvolvimento de infraes-

trutura e a coordenação entre agentes públicos e privados deixam de ser medidas isoladas e passam a integrar uma estratégia de gestão sistêmica, capaz de reduzir custos, otimizar fluxos e ampliar a eficiência logística. Esse entendimento mostra que os benefícios do SCM ultrapassam o âmbito organizacional, alcançando também a gestão de sistemas logísticos de grande porte. Dessa forma, o SCM fortalece não apenas a competitividade empresarial, mas a própria capacidade de um país competir em nível internacional.

Um exemplo emblemático dessa lógica está no setor agrícola, especialmente na produção de soja. Castellani (2013) mostra que, nesse caso, despesas com transporte e transbordos podem representar mais de 90% do custo total, penalizando a competitividade frente a concorrentes internacionais. A mensuração e a gestão desses custos tornam-se, portanto, ferramentas essenciais tanto para políticas públicas quanto para estratégias privadas que visem racionalizar e tornar mais eficiente o sistema logístico. Segundo Castellani (2013), investimentos estruturados sob a ótica do SCM, como a pavimentação da BR-163 e a dragagem da hidrovia do rio Araguaia, poderiam reduzir em média 4% os custos de exportação da soja em grão, chegando a 13% em regiões específicas do Mato Grosso.

Ainda que o caso da soja seja ilustrativo, não é isolado. Diversos setores industriais e de serviços enfrentam custos logísticos elevados e ineficiências estruturais semelhantes, o que reforça o SCM como ferramenta estratégica não apenas em nível organizacional, mas também nacional.

Outro aspecto fundamental destacado por Teixeira e Lacerda (2010) refere-se à capacidade do SCM de mitigar riscos e garantir resiliência nas cadeias de suprimentos. Interrupções nessas redes podem gerar perdas financeiras e operacionais significativas, afetando inclusive o valor das ações das empresas no mercado de capitais. Como observam Castellani (2013), a complexidade e o alongamento das cadeias, impulsionados pela globalização, ampliam a vulnerabilidade a esses riscos, tornando a gestão de custos ainda mais desafiadora e sujeita a flutuações e rupturas. Nesse contexto, fica evidente que a busca por resiliência se configura como imperativo estratégico, e estudos recentes têm recorrido a modelos de controle não linear para investigar a dinâmica dessas redes e suas possibilidades de recuperação.

Segundo Lee e Whang (2000), um dos mecanismos que amplificam os riscos é o chamado efeito chicote, em que pequenas variações na demanda do consumidor final geram oscilações cada vez maiores ao longo da cadeia. Sua pesquisa demonstra que o compartilhamento de informações é capaz de reduzir significativamente esse efeito. Entretanto, falhas na gestão de estoques ou a variabilidade nos inventários podem intensificá-lo. Além

disso, Ponte et al. (2018) mostra que práticas comerciais como descontos por quantidade, ao induzirem pedidos descolados da demanda real, podem paradoxalmente aumentar o efeito chicote e prejudicar especialmente os fabricantes.

De acordo com Ritchie e Brindley (2007), a vulnerabilidade da cadeia está ligada tanto a fatores de probabilidade, como pressões competitivas que levam à adoção de abordagens enxutas, quanto a fatores de impacto, como contratos padronizados e dependência de fornecedores. A mitigação desses riscos, exige planos de tratamento adequados, enquanto Christopher e Holweg (2011) defendem a adoção de flexibilidade estrutural no design das cadeias, incorporando alternativas como diversificação de fornecedores e descentralização. Para Ivanov et al. (2017), tais estratégias devem ser acompanhadas de planos de contingência globais, embora há de se considerar que sua implementação envolve trade-offs entre custos e benefícios, exigindo mais pesquisas sobre combinações eficazes de medidas.

Com o avanço da digitalização, Cui et al. (2022) destaca o papel das tecnologias digitais na promoção de resiliência e adaptabilidade das cadeias. A Internet das Coisas (IoT) conecta dados de oferta e demanda, enquanto a análise de big data fornece subsídios para decisões em contextos de alta volatilidade. Já a inteligência artificial apoia o planejamento e a gestão de estoques, e a computação em nuvem favorece cooperação, compartilhamento de recursos e respostas ágeis às mudanças.

Além do efeito chicote explicado anteriormente, Dolgui, Ivanov e Sokolov (2017) ressaltam que cadeias de suprimentos também estão sujeitas ao chamado efeito ripple, que ocorre quando uma ruptura não permanece localizada, mas se propaga pelos elos, afetando o desempenho global. Diferentemente do efeito chicote, que reflete riscos recorrentes, o efeito ripple se refere a rupturas de baixa frequência e alto impacto. Esse fenômeno pode resultar em atrasos, perda de receita, queda no nível de serviço e danos à reputação. Ele argumenta que compreender o efeito ripple é fundamental para estruturar políticas de recuperação eficazes, avaliando impactos financeiros, operacionais e de nível de serviço.

De acordo com Lambert e Cooper (2000), o SCM deve ser compreendido não apenas como um instrumento de otimização operacional, mas como prática proativa voltada à identificação e gestão dos riscos inerentes às redes globais de suprimentos. Essa dimensão de resiliência conecta-se diretamente à função do SCM como ferramenta de planejamento estratégico, o ambiente competitivo atual é marcado pela disputa entre cadeias inteiras, o que exige das organizações uma visão sistêmica para avaliar os efeitos de suas ações ao longo da rede.

Para Mentzer et al. (2001), esse alinhamento depende da construção de confiança e

compromisso entre fornecedores e clientes, garantindo interdependência e sinergia nos objetivos. Lambert e Enz (2017) acrescentam que a comunicação clara de metas estratégicas e o uso de indicadores compartilhados reforçam a eficácia desse processo.

Dentro desse escopo, Castellani (2013) ressalta o papel da previsão de demanda como ferramenta fundamental para planejar recursos e fluxos. Estudos aplicados à soja brasileira, por exemplo, demonstram o uso de modelos integrados para projetar exportações da commodity, combinando métodos qualitativos e quantitativos, como regressão linear.

Em síntese, observa-se que o SCM integra gestão de custos, mitigação de riscos, resiliência e planejamento estratégico em uma abordagem coordenada. Segundo Ballou (2006), sua relevância transcende a simples otimização de processos, configurando-se como um componente estratégico central para assegurar diferenciação competitiva, redução de custos e superação de gargalos estruturais. Ao promover a integração de relacionamentos, processos e fluxos e ao se articular com investimentos em infraestrutura, o SCM estabelece bases sólidas para a qualidade do serviço, a lucratividade e o desempenho sustentável das empresas e das cadeias de suprimentos como um todo.

2.3 Diretrizes de engenharia para o desenvolvimento da plataforma de ensino

Esse tópico da revisão abordará conceitos fundamentais de desenvolvimento de software, gerenciamento de dados e escolha de ferramentas, fornecendo uma base teórica sólida para as decisões de design e implementação.

2.3.1 Normalização de dados e integridade informacional

A normalização de dados, conforme discutida por Codd (1971), é um processo fundamental no projeto de bancos de dados relacionais. O propósito central é estruturar as relações de forma a reduzir redundâncias e garantir maior integridade, de modo que os esquemas resultantes sejam robustos e duradouros. Segundo o autor, a normalização protege os sistemas contra mudanças potencialmente disruptivas na representação dos dados, que podem ocorrer em função do crescimento do banco de dados e do aumento da complexidade das transações. Esse processo fornece, portanto, uma base metodológica que não apenas organiza os registros de maneira lógica, mas também sustenta a longevidade e a eficiência dos sistemas de informação.

Além de propor esse arcabouço, Codd (1971) estabelece diretrizes que buscam eliminar dependências indesejáveis e reduzir a necessidade de reestruturação à medida que novos tipos de dados são incorporados. Dessa forma, a normalização tem como objetivo tornar os modelos relacionais mais estáveis e informativos, ampliando a sua utilidade para diferentes perfis de usuários. Kent (1983), ao aprofundar essa discussão, acrescenta que a normalização também atua como um mecanismo de prevenção contra anomalias de inserção, atualização e exclusão, problemas que comprometem a consistência e a confiabilidade dos dados armazenados. Nesse sentido, a perspectiva de Kent complementa a visão de Codd ao evidenciar que os benefícios da normalização se estendem para além da estruturação lógica, alcançando também a operação cotidiana dos sistemas.

Na sequência desse desenvolvimento, Codd (1971) apresenta as chamadas formas normais, que devem ser aplicadas progressivamente. A Primeira Forma Normal (1FN) estabelece que os atributos devem ser atômicos, isto é, cada célula da tabela deve conter apenas um valor, sem listas ou subgrupos. Esse requisito elimina campos repetitivos e garante a homogeneidade estrutural das relações. Já a Segunda Forma Normal (2FN) adiciona a exigência de que os atributos não-chave sejam totalmente dependentes da chave primária. Como observa Kent (1983), essa etapa é particularmente relevante em situações em que a chave é composta, pois reduz a repetição de informações e evita inconsistências. Um exemplo clássico é a redundância de cidades associadas a fornecedores, que, sem normalização adequada, precisam ser registradas repetidamente, gerando risco de falhas em processos de atualização.

O avanço para a Terceira Forma Normal (3FN) aprofunda a preocupação com a integridade ao eliminar dependências transitivas. Segundo Codd (1971), uma relação está em 3FN quando todo atributo não-prime é não-transitivamente dependente de cada chave candidata. Kent (1983) ressalta que, sem essa normalização, informações como o gerente ou o tipo de contrato de um departamento precisariam ser repetidas em múltiplos registros de funcionários, criando redundância e aumentando o risco de inconsistência em caso de alterações. Ao decompor a relação em tabelas menores, essas dependências transitivas são eliminadas, fortalecendo a integridade e a clareza estrutural. Já a Quarta Forma Normal (4FN), conforme descrita por Kent (1983), aborda a questão dos fatos multivalorados independentes, como no caso de habilidades e idiomas de um funcionário. Ao propor a decomposição desses fatos em tabelas separadas, a 4FN elimina ambiguidades na manutenção e reduz os problemas de inserção e exclusão, reforçando o papel da normalização como estratégia de simplificação e estabilidade.

Por fim, a Quinta Forma Normal (5FN) trata de cenários de maior complexidade, nos

quais a informação pode ser reconstruída a partir de fragmentos menores sem redundância adicional. Kent (1983) mostra que, em situações envolvendo múltiplas interdependências, como no relacionamento entre agentes, empresas e produtos, a decomposição em relações menores elimina redundâncias que não são capturadas pelas formas anteriores. Esse nível de normalização assegura que a informação seja armazenada de maneira mínima, porém suficiente, preservando a consistência sem comprometer a completude dos dados.

De forma complementar, Kent (1983) destaca que a normalização deve ser vista não apenas como uma técnica de organização estrutural, mas como um recurso essencial para evitar redundâncias excessivas e favorecer a integridade dos dados. Segundo o autor, a decomposição adequada das relações impede repetições desnecessárias que poderiam comprometer a consistência do banco de dados, além de prevenir anomalias de inserção, atualização e exclusão. Nesse sentido, Kent reforça que a normalização contribui diretamente para a confiabilidade do sistema, ao garantir que as informações armazenadas reflitam de forma precisa a realidade que se deseja representar. Assim, ao sistematizar a estrutura relacional e fortalecer a integridade dos dados, a normalização se estabelece como um pilar central no design de bancos de dados relacionais, equilibrando a eficiência de armazenamento com a consistência lógica e a longevidade dos sistemas de informação.

2.3.2 Arquitetura modular

A modularização da estrutura de códigos é um conceito central na engenharia de software e nas práticas de desenvolvimento, sendo constantemente associada a benefícios que vão desde a reprodutibilidade científica até a eficiência na manutenção de sistemas. Segundo a National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019), a reprodutibilidade computacional é um requisito indispensável para a validação de descobertas científicas, e para que isso seja possível é necessário que os detalhes completos da computação, como código e dados, estejam acessíveis. Nesse sentido, a modularização contribui diretamente ao permitir que o código seja dividido em partes lógicas menores, o que facilita tanto a inspeção quanto a reutilização em diferentes configurações de parâmetros.

Outro ponto relevante é a relação entre modularização e documentação. A ausência de treinamento formal em práticas de desenvolvimento, como controle de versão e testes unitários, compromete a clareza de sistemas complexos. A organização modular, nesse caso, possibilita registrar a proveniência detalhada dos resultados, incluindo o software e sua versão, tornando mais viável compreender e reproduzir os experimentos. Além disso, como ressaltado na National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019),

a simples seção de métodos em publicações científicas não é suficiente para transmitir todas as informações necessárias. Portanto, a modularização contribui para a longevidade dos sistemas e reduz os efeitos da obsolescência tecnológica, já que permite atualizar componentes específicos sem comprometer o funcionamento do sistema como um todo.

Sob a perspectiva do desenvolvimento e manutenção de software, a modularização também assume um papel essencial. Navarro e Hoek (2004), ao analisar a modelagem de processos no SimSE, mostram que dividir um sistema em partes menores e bem definidas torna-o mais gerenciável. Embora o estudo não trate diretamente da modularização do código, a forma como o SimSE estrutura objetos, estados e regras é, em si, um reflexo da modularidade aplicada ao domínio do problema. Da mesma forma, Poon et al. (2024) evidenciam que a ausência de modularidade em planilhas compromete seriamente a qualidade dos resultados, enquanto técnicas como o “chunking” e a programação literata favorecem clareza, depuração e facilidade de modificação. Esses exemplos indicam que, mesmo em ambientes tradicionalmente não modulares, a adoção de princípios de modularização traz benefícios práticos significativos.

No campo da otimização e da reusabilidade, diferentes estudos também reforçam a importância da modularização. Shin e Sanders (2006) mostram que até mesmo a normalização e a desnormalização de dados podem ser vistas como formas de modularidade aplicadas às estruturas de armazenamento, em que a decisão sobre o nível de fragmentação deve ser feita com base nos objetivos de desempenho. No caso das linguagens de programação, Python é um exemplo emblemático: como observa Kabir et al. (2024), seu sucesso na ciência de dados e no aprendizado de máquina está diretamente relacionado ao ecossistema modular de bibliotecas, que combina eficiência de baixo nível com APIs de alto nível. Esse modelo permite reaproveitar código, manter clareza e construir sistemas complexos a partir de blocos reutilizáveis.

Ainda nesse contexto, Yan, Liu e Jin (2024) apresentam uma plataforma de simulação baseada em gêmeos digitais que adota uma arquitetura modular em três camadas física, digital e de aplicação. A separação clara de responsabilidades entre as camadas evidencia como a modularização é crucial para lidar com grandes volumes de dados em tempo real e para atender às exigências de cenários complexos de ensino e simulação. Esse exemplo reforça a ideia de que a modularidade não apenas organiza sistemas, mas também os torna escaláveis e adaptáveis a novas necessidades.

Em síntese, a modularização se revela uma prática transversal a diferentes contextos, sendo valorizada tanto na ciência quanto no desenvolvimento de software aplicado. Ela

significa torná-los mais transparentes, mais fáceis de manter, menos vulneráveis à obsolescência e mais reprodutíveis. Além disso, autores como Poon et al. (2024) reforçam que essa prática contribui para clareza, depuração, otimização de desempenho e reuso de componentes. Portanto, ao favorecer a integridade dos sistemas, prolongar sua vida útil e reduzir custos de manutenção, a modularização consolida-se como um pilar essencial para a construção de sistemas complexos, comprehensíveis e sustentáveis no longo prazo.

2.3.3 Alinhamento com usuários e stakeholders

O alinhamento com o cliente no desenvolvimento de softwares é um fator absolutamente crucial para o sucesso de qualquer projeto, sendo uma preocupação que permeia todas as etapas do ciclo de vida, desde a concepção até a manutenção. Subramanyam, Weisstein e Krishnan (2010) enfatizam que, independentemente da excelência técnica, um software é considerado deficiente se não atender às necessidades e expectativas de seus usuários. Nesse sentido, a relevância desse alinhamento reside em sua capacidade de impactar diretamente a taxa de sucesso dos projetos, uma vez que pesquisas apontam o envolvimento do usuário como o fator mais crítico para o êxito. Mais do que garantir qualidade técnica, trata-se de assegurar que a qualidade seja definida pela satisfação do usuário.

Além disso, o alinhamento exerce papel central na validação de requisitos, que, segundo Bilal et al. (2016), garante que as especificações sejam completas, consistentes e de acordo com as necessidades do cliente. Essa atividade serve para eliminar ambiguidades, reduzir inconsistências e evitar problemas já nas fases iniciais do projeto. Navarro e Hoek (2004) exemplificam esse ponto ao demonstrar, com base no SimSE, que erros introduzidos no design podem se multiplicar caso os requisitos não sejam completos, ressaltando a importância de sua precisão. A correta identificação de problemas e necessidades no início não apenas reduz o custo de correção, mas também evita que o produto final seja percebido como inadequado ou mal projetado.

Do ponto de vista prático, alinhar-se ao cliente proporciona ganhos tangíveis em todas as fases do ciclo de vida do software. Subramanyam, Weisstein e Krishnan (2010) destacam que a participação do usuário nas definições de escopo e priorização de requisitos aumenta a clareza e reduz conflitos. Bilal et al. (2016) acrescentam que técnicas como a prototipagem permitem visualizar o sistema em desenvolvimento e facilitam ajustes antes da implementação.

Outro ganho está relacionado à aceitação e à satisfação de usuários e desenvolvedores.

Para novos projetos, Subramanyam, Weisstein e Krishnan (2010) apontam que o aumento da participação do usuário melhora a satisfação do desenvolvedor, embora a relação com a satisfação do usuário seja mais complexa, podendo até diminuir caso não seja bem gerida. Em projetos de manutenção, no entanto, a participação moderada de usuários gera benefícios mútuos, pois seu conhecimento sobre o sistema ajuda a reduzir a frustração dos desenvolvedores. A validação de requisitos a partir de múltiplos pontos de vista, como defendem Bilal et al. (2016), também é fundamental, já que assegura a completude das especificações diante da diversidade de stakeholders. Nesse sentido, questões como treinamento, documentação e gestão de mudanças, apontadas por Poon et al. (2024), não devem ser negligenciadas, uma vez que sustentam a utilização e a manutenção eficazes após a entrega.

Contudo, o alinhamento com o cliente não está isento de desafios. Subramanyam, Weisstein e Krishnan (2010) mencionam a existência de uma “lacuna de percepção” entre desenvolvedores, que priorizam a excelência técnica, e usuários, mais preocupados com prazos e orçamento. Além disso, a participação excessiva ou mal gerida pode influenciar negativamente o andamento do projeto, tornando-o mais lento e menos eficaz. Em novos projetos, essa dificuldade é intensificada pela ambiguidade de requisitos, já que os desenvolvedores podem não compreender claramente as necessidades do produto, enquanto os usuários nem sempre conseguem expressar suas expectativas de forma objetiva. Nesses casos, o papel do gerente de projeto como facilitador torna-se essencial para esclarecer e alinhar visões. Também é importante considerar a diversidade de stakeholders, como ressaltam Bilal et al. (2016), o que demanda práticas colaborativas, como workshops, para resolver conflitos e negociar trade-offs.

Em conclusão, o alinhamento com o cliente não pode ser visto apenas como uma boa prática, mas como um imperativo estratégico para o desenvolvimento de software. Ele garante que os sistemas criados não apenas funcionem tecnicamente, mas entreguem valor percebido, atendam necessidades reais e promovam satisfação em diferentes níveis, fortalecendo a longevidade e a aceitação dos projetos. Ignorar a perspectiva do cliente significa, em última instância, comprometer a própria qualidade e utilidade do software.

2.3.4 Limitações de planilhas

Com base nos artigos analisados, as limitações do Excel, e de softwares de planilha em geral, aparecem como um tema recorrente e crítico, sobretudo em contextos de análise de dados, tomada de decisão e pesquisa científica. Essas restrições impactam di-

retamente a confiabilidade, a escalabilidade, a expressividade e a reproduzibilidade do trabalho, tornando as planilhas inadequadas para aplicações que envolvem grande volume de informações ou operações mais complexas.

Um primeiro ponto destacado é a insuficiência de desempenho e escalabilidade. Bendre (2015) observam que, embora úteis para o gerenciamento de dados tabulares em situações pontuais, as planilhas demonstram baixa performance quando submetidas a grandes conjuntos de dados. É de conhecimento comum que o Excel se torna “não responsivo” ao ultrapassar algumas centenas de milhares de linhas, o que inviabiliza sua aplicação em cenários de big data. Kabir et al. (2024) reforçam que, para empresas e pesquisadores que operam em saúde pública, ciências da terra ou análise de clientes, a lentidão e a falta de responsividade comprometem a geração de insights em tempo hábil, forçando a adoção de ferramentas mais robustas.

Além disso, as planilhas apresentam baixa expressividade para operações de análise de dados. De acordo com Bendre (2015), tarefas como sub-selecionar linhas com base em critérios complexos, realizar joins entre diferentes fontes ou integrar dados externos são extremamente complicadas ou pouco viáveis em Excel. Em contraste, linguagens de consulta como SQL oferecem muito mais eficiência e flexibilidade. A consequência é que usuários são frequentemente obrigados a recorrer a processos manuais, aumentando a propensão a erros e o tempo de trabalho. Esse cenário torna as planilhas mais um obstáculo do que uma solução em análises que demandam lógica elaborada ou múltiplas fontes de informação.

Outro aspecto relevante refere-se à falta de estrutura formal. Bendre (2015) argumentam que, ao contrário dos bancos de dados relacionais, as planilhas não possuem um schema rígido, o que resulta em modificações arbitrárias e inconsistências. Esse caráter informal aumenta a probabilidade de duplicação de informações e erros de consistência. Assim, a ausência de uma base estrutural clara diferencia negativamente as planilhas de sistemas projetados para garantir integridade e confiabilidade.

As falhas são ainda agravadas pela alta propensão a erros e pela dificuldade de depuração. Poon et al. (2024) destacam que cerca de 94% das planilhas em uso contêm falhas, resultado do fato de que são elaboradas, em sua maioria, por usuários finais sem treinamento em desenvolvimento ou testes de software. Além disso, como mostrado na National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019), as planilhas são notoriamente difíceis de depurar, uma vez que a lógica de suas análises é quase impossível de ser reconstruída. Em setores críticos, como medicina ou energia nuclear, as consequências

podem ser catastróficas, comprometendo a credibilidade e a segurança das decisões.

Segundo a National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019), a dificuldade de reproduzibilidade computacional é particularmente problemática na pesquisa científica. As planilhas são caracterizadas como “inimigas da pesquisa reproduzível”, e é observado que elas misturam entrada, saída, código e apresentação, dificultando o registro completo das etapas de análise.

A ausência de suporte para gestão do ciclo de vida do software também é um ponto central. Poon et al. (2024) ressalta que planilhas são frequentemente desenvolvidas de forma ad-hoc, sem etapas de especificação, modelagem ou design. Esse modelo de desenvolvimento improvisado leva à criação de sistemas desnecessariamente complexos, com suposições implícitas e falta de clareza sobre sua finalidade. A negligência nas fases de uso e manutenção, somada à ausência de mecanismos de versionamento, torna essas ferramentas difíceis de manter e evoluir, além de propensas à introdução de novos erros durante atualizações.

Por fim, as limitações na representação de lógicas complexas reforçam a inadequação das planilhas em determinados contextos. Poon et al. (2024) associa a baixa abstração e a falta de modularidade ao aumento da incidência de erros. Navarro e Hoek (2004), ao discutirem a modelagem no SimSE, demonstram que a ausência de recursos como loops e arrays obriga o uso de soluções alternativas indiretas, algo semelhante ao que ocorre em planilhas, onde a incapacidade de estruturar e abstrair processos resulta em maior vulnerabilidade a falhas.

Em síntese, embora o Excel e outras planilhas sejam ferramentas acessíveis e úteis para tarefas pontuais de gerenciamento e pequenas análises, suas limitações tornam-se críticas em cenários que exigem desempenho elevado, análises complexas, confiabilidade e reproduzibilidade. Nesses casos, a transição para sistemas mais robustos, como bancos de dados relacionais ou linguagens de programação com bibliotecas especializadas, é fundamental para garantir a qualidade e a utilidade dos resultados.

2.3.5 Reproduzibilidade e transparência computacional

Segundo a National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019), a reproduzibilidade computacional no desenvolvimento de software refere-se à capacidade de obter resultados consistentes a partir dos mesmos dados de entrada, métodos computacionais e condições de execução. Isso implica que o sistema, quando submetido ao mesmo

ambiente, deve se comportar de forma previsível e gerar as mesmas saídas. A transparência é um pré-requisito para esse processo, pois exige que o código, os dados e as configurações estejam convenientemente disponíveis para análise.

De acordo com Subramanyam, Weisstein e Krishnan (2010), a qualidade de um software não pode ser medida apenas por sua sofisticação técnica, mas pela percepção de valor dos usuários. Nesse sentido, a reproduzibilidade é essencial para validar se o sistema atende de fato às necessidades definidas nos requisitos. Ao permitir a repetição de cenários reais, torna-se viável verificar se falhas de desempenho ou inconsistências comprometem a experiência do usuário, o que garante maior confiabilidade ao processo de desenvolvimento.

Segundo a National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019), a transparência tem ainda uma relação direta com a detecção e a correção de erros. A possibilidade de reproduzir um bug em condições controladas é o primeiro passo para eliminá-lo. Quando o código, os dados e o ambiente de execução estão claramente documentados, diferentes desenvolvedores podem analisar a mesma falha, reduzindo divergências de interpretação e acelerando a solução. O contraste com planilhas, que são “notoriamente difíceis de depurar”, ilustra como a ausência de reproduzibilidade compromete a identificação precisa de erros.

Nesse mesmo sentido, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019) destaca a importância de registrar a proveniência detalhada de dados e métodos computacionais. Essa documentação é indispensável não apenas para o reuso, mas também para a auditoria de falhas. Quando um erro é detectado, esse histórico permite rastrear se sua origem está em dados corrompidos, em versões desatualizadas do software ou em problemas de manipulação, oferecendo evidências concretas para correção.

Por fim, a combinação de transparência, reproduzibilidade e modularidade contribui também para a manutenção, a colaboração e o treinamento de novos desenvolvedores. Projetos documentados de forma clara e apoiados em boas práticas oferecem maior estabilidade, permitem que outros compreendam rapidamente a lógica implementada e fornecem uma base sólida para evolução contínua do software.

Em síntese, a reproduzibilidade e a transparência não apenas reforçam a confiança nos resultados, mas constituem instrumentos práticos de depuração. Ao possibilitar que erros sejam reproduzidos, analisados e corrigidos com base em documentação consistente, esses princípios reduzem o tempo de resposta a falhas, favorecem a validação de requisitos e promovem a construção de sistemas mais estáveis e confiáveis a longo prazo.

2.4 Conclusão da revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica mostrou a relevância e a complexidade do Supply Chain Management (SCM), entendido como disciplina central para a coordenação estratégica de funções gerenciais e táticas, com o objetivo de melhorar o desempenho de longo prazo das empresas e da cadeia de suprimentos como um todo. O SCM vai além da logística tradicional, ao integrar processos interfuncionais e interempresariais que conectam consumidores finais e fornecedores originais. Sua importância cresce diante de um ambiente de negócios em que a competição ocorre entre cadeias completas e em que riscos como o efeito chicote e o efeito ripple precisam ser controlados em redes cada vez mais extensas. Além disso, o SCM contribui para a competitividade empresarial e nacional, articulando gestão de custos, riscos e planejamento estratégico.

Nesse cenário, a criação de um jogo aparece como alternativa pedagógica viável para tratar um tema complexo como o SCM. A discussão sobre métodos de ensino evidenciou que a educação passiva apresenta limites, como a baixa motivação dos alunos e a dificuldade de desenvolver competências práticas. Em contraste, a educação ativa valoriza a participação do estudante no processo de aprendizagem. Jogos de empresas e simulações, como o Beer Game, permitem que os alunos testem decisões em ambientes controlados, aproximando teoria e prática, favorecendo o aprendizado pela experiência e estimulando o trabalho em equipe, a liderança e o raciocínio estratégico.

A gamificação reforça esse movimento ao inserir elementos de jogos em situações educativas, despertando interesse e criando desafios que exigem ação e reflexão. Essa abordagem favorece não só a aquisição de conhecimento, mas também o desenvolvimento de habilidades sociais e cognitivas. Jogos e atividades gamificadas também forçam os participantes a relacionar variáveis interdependentes e a conectar decisões operacionais a resultados financeiros e estratégicos, o que amplia a visão sobre o funcionamento das cadeias de suprimentos.

Para que um jogo com esse propósito seja útil, é preciso observar alguns cuidados no desenvolvimento do software. A normalização dos dados garante integridade e consistência das informações. A modularização do código facilita a manutenção e a reutilização, além de reduzir o impacto de falhas. O alinhamento com os usuários é fundamental para validar requisitos e evitar erros de concepção. Também é necessário superar as limitações de planilhas eletrônicas, que apresentam problemas de escalabilidade, expressividade e confiabilidade. Por fim, práticas que assegurem reproduzibilidade e transparência são importantes para confirmar resultados, corrigir falhas e manter a confiabilidade do sistema.

Em síntese, a elaboração de um jogo voltado ao ensino de SCM é uma proposta consistente, que responde à complexidade do tema e aproveita o potencial das metodologias ativas. A aplicação de princípios técnicos no desenvolvimento, como a normalização, a modularização, o alinhamento com os usuários e a reprodutibilidade, aumenta as chances de que o jogo cumpra seu papel como recurso de ensino e aprendizagem.

3 METODOLOGIA

3.1 Introdução ao Jogo de supply chai

3.1.1 Introdução ao Jogo

Este trabalho apresenta um jogo empresarial de malha logística, concebido como núcleo de uma plataforma de ensino para grupos fechados, como turmas acadêmicas ou corporativas, a fim de apoiar o ensino de Gestão da Cadeia de Suprimentos (SCM) por meio de metodologias ativas. A motivação pedagógica parte de desafios recorrentes na prática de gestão, como a falta de visão holística, as incertezas do negócio, a baixa integração entre elos, fragilidades em gestão de estoques e previsão de demanda, que demandam experiências didáticas capazes de articular teoria e prática de forma integrada.

No campo educacional, jogos e simulações se alinham ao princípio do “aprender fazendo”, elevando engajamento, profundidade e retenção do conteúdo, desenvolvendo competências como trabalho em equipe, pensamento sistêmico e raciocínio estratégico. Esses métodos, quando bem desenhados e equilibrados com momentos de reflexão, aproximam decisões realistas sem os riscos do ambiente corporativo.

No âmbito de supply chai, o jogo coloca os participantes na gestão de uma rede de bens com fornecedores, unidades produtivas, centros de distribuição e clientes, articulando fluxos de materiais, informações e finanças. O objetivo é maximizar resultados preservando nível de serviço, favorecendo uma leitura sistêmica dos trade-offs operacionais e estratégicos próprios da SCM.

A dinâmica pedagógica se organiza em rodadas. As equipes realizam um set-up inicial definindo a configuração das operações; em seguida, tomam decisões recorrentes de compras de matérias-primas, produção, movimentação e distribuição, coordenando prazos, capacidade e estoques ao longo do ciclo semanal. Em etapas posteriores, introduz-se um mecanismo competitivo de formação de preços: as ofertas das empresas são comparadas e o menor preço recebe os pedidos do produto correspondente, conectando decisões

operacionais e comerciais ao desempenho econômico e ao nível de serviço.

Para sustentar as escolhas informadas, o jogo disponibiliza insumos de decisão: histórico de demanda, matrizes de distância (com restrições modais), parâmetros de custos (incluindo depreciação e carregamento de estoques) e regras de produção e transporte. Esses elementos permitem exercitar previsão, planejamento de capacidade, políticas de estoque e desenho logístico, pilares clássicos da SCM e coerentes com a integração de decisões ao longo da cadeia.

Em síntese, ao colocar o aluno no centro de decisões interdependentes em um ambiente competitivo controlado, o jogo materializa princípios de educação ativa aplicados à gestão de cadeias de suprimentos. Espera-se, assim, aprofundar a compreensão de previsão de demanda, localização/capacidade de instalações, gestão de estoques e logística de transporte, com feedback iterativo a cada rodada, aproximando a formação acadêmica dos desafios concretos da prática profissional.

3.1.2 Elementos do jogo

A seguir serão detalhados os componentes do jogo e as regras que os regem, explicitando o que constitui decisão do jogador (e respectivos trade-offs) e o que se caracteriza como parâmetros e limites internos do ambiente de simulação. Essa organização busca tornar claras as alavancas decisórias, os custos e as restrições envolvidas, bem como evidenciar como tais elementos se articulam para produzir os desfechos observados ao longo do jogo.

No que se refere às fábricas, define-se para cada empresa a quantidade de unidades produtivas, limitada a duas, bem como o porte inicial de cada instalação. A escolha por um número maior de fábricas aproxima a produção dos mercados, reduz distâncias percorridas e tende a favorecer o nível de serviço, ao custo de ampliar despesas fixas, depreciação e a complexidade de coordenação entre plantas. A opção por menos fábricas simplifica a gestão e contém custos estruturais, porém concentra gargalos de capacidade e pode elevar despesas logísticas, sobretudo em regiões mais distantes da base produtiva.

Quanto aos centros de distribuição, estabelece-se para cada empresa até quatro CDs, com definição de localizações e de áreas dedicadas por produto. Uma rede com maior número de CDs encurta prazos e reduz estoques em trânsito, melhorando a disponibilidade para o cliente e a pontualidade de atendimento. Em contrapartida, cada CD acrescenta custos fixos, dispersa os estoques e eleva o carregamento de capital imobilizado, além de

aumentar a complexidade de controle e balanceamento entre pontos. Uma configuração com menos CDs simplifica a operação e reduz custos fixos, mas pode alongar os lead times e ampliar a exposição a rupturas em áreas geográficas afastadas.

A localização das instalações, tanto fábricas quanto centros de distribuição, é definida como decisão inicial e permanece inalterada ao longo do jogo. Essa decisão condiciona distâncias, tempos e custos logísticos, bem como o acesso a modais de transporte, já que nem todas as cidades oferecem as mesmas alternativas. Custos locais de terreno, utilidades e mão de obra variam entre localidades. Em geral, locais mais baratos podem implicar percursos logísticos mais longos, enquanto locais mais caros tendem a reduzir lead times à custa de despesas fixas superiores. A escolha, portanto, traduz um compromisso entre eficiência operacional e custo estrutural.

A configuração de máquinas compõe o núcleo da capacidade produtiva. Determina-se a quantidade total por empresa, limitada a oito, e sua distribuição entre as fábricas, permanecendo fixa após o set-up. As máquinas definem a capacidade nominal e demandam área e utilidades. A ampliação do parque eleva a vazão e a capacidade de resposta às variações de demanda, mas aumenta os custos de aquisição, operação e manutenção, além de potencialmente introduzir risco de ociosidade caso a procura não justifique o incremento. Uma configuração mais enxuta economiza recursos, embora aumente a probabilidade de filas na produção, atrasos de entrega e perda de vendas em picos de demanda.

A capacidade é ainda modulada pela organização do trabalho em turnos e pela força de trabalho alocada. Admite-se até três turnos por dia, com a exigência de um operador por máquina em cada turno. A ampliação de turnos eleva a produção diária e a flexibilidade para responder a flutuações, mas aumenta custos de mão de obra e utilidades, além de exigir coordenação de manutenção e suprimentos. A redução de turnos contém despesas, com o risco de formação de gargalos, extensão de lead times e deterioração do nível de serviço. A decisão sobre turnos, portanto, articula custo marginal de capacidade adicional e risco de insuficiência produtiva diante da demanda.

Os parâmetros e limites dos componentes internos do jogo compõem o arcabouço que baliza as decisões. O portfólio contempla três produtos acabados, cada qual com preços de referência e produtividades por máquina distintas, variando as margens potenciais conforme a estratégia de mix e posicionamento. As receitas de produção utilizam três matérias-primas provenientes de seis fornecedores distribuídos no mapa, o que condiciona custos e prazos de abastecimento e exige coordenação estreita entre compras, planejamento de produção e políticas de estocagem. No mercado, há vinte e cinco clientes distribuídos

por diversas cidades, elemento que reforça a relevância das decisões de rede e das políticas de atendimento por região. A movimentação de materiais e produtos é suportada por três modais: aéreo, rodoviário e marítimo. Cada um com capacidades, velocidades e estruturas de custo próprias. Nem todas as rotas dispõem de alternativa marítima, o que impõe escolhas compatíveis com o perfil de demanda, os requisitos de nível de serviço e a posição geográfica das instalações.

No plano das regras operacionais, o ambiente estabelece limites e custos padronizados. Cada empresa pode realizar até duzentos e cinquenta transportes por semana. Há custo administrativo de transporte de cem reais por embarque, e cada carga é composta por um único item, seja uma unidade de matéria-prima ou de produto acabado, respeitando-se a carga máxima do modal selecionado. Nos custos fixos, estipula-se depreciação semanal de cinco mil reais por fábrica e de três mil reais por centro de distribuição. Em capital de giro, o carregamento de estoques corresponde a um por cento do valor estocado no fim da semana. O cálculo para matérias-primas é dado por quantidade em estoque multiplicada pelo maior preço de mercado observado e, em seguida, pelo fator de um por cento. Para produtos acabados, utiliza-se a quantidade em estoque multiplicada pelo preço de tabela do produto e, em seguida, pelo mesmo fator de um por cento. Esses mecanismos funcionam como freios naturais a expansões descoordenadas, desincentivando superdimensionamentos de capacidade e acúmulos ineficientes de estoque e induzindo ajustes finos entre capacidade, políticas de estocagem, custo logístico e metas de nível de serviço.

Em conjunto, as escolhas de número e localização de fábricas e centros, a configuração de máquinas e turnos, a política de suprimentos e o uso de modais interagem com os parâmetros de limite de transportes, custos fixos e carregamento de estoques. O resultado é um espaço decisório que expõe de forma transparente os trade-offs entre custo, prazo, confiabilidade e desempenho econômico, permitindo que o jogador internalize relações de causa e efeito e desenvolva estratégias coerentes com as restrições e incentivos presentes em cadeias de suprimentos reais.

Tabela 2: Resumo das regras e limites do jogo.

Tópico	Regra / Limite
Fábricas	Até 2 por empresa; não armazenam PA; depreciação R\$ 5.000/semana por fábrica.
Centros de Distribuição (CDs)	Até 4 por empresa; áreas por produto definidas no set-up; depreciação R\$ 3.000/semana por CD.
Localização das instalações	Definida no início e não pode ser alterada durante o jogo.
Máquinas (capacidade)	Até 8 no total por empresa; distribuição entre fábricas fixa após o set-up.
Turnos	Até 3 turnos por dia.
Operadores	1 operador por máquina por turno.
Transportes (volume semanal)	Até 250 transportes/semana por empresa.
Custo administrativo de transporte	R\$ 100 por transporte.
Conteúdo de cada transporte	Um item por carga (uma MP ou um PA); respeitar a carga máxima do modal.
Produtos acabados (PA)	3 produtos; preços de referência e produtividades por máquina distintas.
Matérias-primas (MP)	3 tipos de MP utilizados nas receitas de produção.
Fornecedores	6 fornecedores distribuídos no mapa.
Clientes (mercado)	25 clientes em diferentes cidades.
Modais de transporte	3 modais: aéreo, rodoviário e marítimo; nem todas as rotas têm marítimo habilitado.
Carregamento de estoques	Cobrança por rodada de 1% do valor estocado: $MP = \text{quantidade} \times \text{maior preço de mercado} \times 1\%$; $PA = \text{quantidade} \times \text{preço de tabela} \times 1\%$.
Depreciação (fixos)	Fábrica: R\$ 5.000/semana; CD: R\$ 3.000/semana.

Fonte: Produção própria.

3.1.3 Dados iniciais do experimento de simulação

Para a execução do jogo, o responsável por guiar a dinâmica deve fornecer, de início, um conjunto estruturado de regras e premissas, acompanhado dos dados-base que suportam as decisões dos grupos. Esse pacote inclui: (i) o histórico de demanda por cidade e por semana, que será utilizado para previsão e dimensionamento de capacidade; (ii) as matrizes de distância entre localidades (terrestre e marítima), com a observação de que nem todas as cidades dispõem de rota/porto marítimo; e (iii) um compêndio de informações de custos que sirvam de referência comum para todos os participantes. Esses itens são explicitados no material didático do jogo como parte da abertura das aulas e constituem o insumo para as primeiras decisões (set-up) e para o planejamento nas rodadas seguintes.

No eixo de logística e transportes, o responsável por guiar a dinâmica deve disponibilizar o documento com os tipos de modais (aéreo, rodoviário e marítimo) e suas características/limites: velocidade de referência (km/h), carga máxima (ton), volume máximo (m^3), além dos parâmetros para frete fracionado ($R\$/ton \times km$) e carga fechada ($R\$/km$). Esse material também deve consolidar as regras operacionais de transporte, como o teto de 250 transportes por semana por empresa, o custo administrativo de R\$ 100 por transporte, a obrigatoriedade de um único item por carga (uma MP ou um PA) e o respeito à carga máxima do modal, inclusive a perda do excedente caso se ultrapasse o limite sem contratar transporte adicional.

No eixo de insumos e estrutura de custos, deve ser entregue a tabela de custos das matérias-primas por fornecedor e origem, bem como o custo de equipamento (máquina). Complementarmente, é necessário um quadro de custos por cidade (para localização de fábricas e CDs) cobrindo terreno ($R\$/m^2$), água (m^3/h), energia ($kW\cdot h$), contratação e salário de mão de obra, manutenção de máquina e manutenção de CD, além do nível econômico (NE) por praça, pois esses parâmetros entram diretamente na comparação de alternativas locacionais e operacionais.

No eixo de produção e produtos, devem ser fornecidos os dados técnicos de produção: densidades de MPs e PAs, receitas de consumo de MP por produto (matriz $MP \rightarrow PA$), peso do frasco e taxa de produção por máquina (frasco/min). Junto a isso, devem constar as tabelas de preço de venda de referência por produto (PA1, PA2, PA3).

No eixo de políticas de estoques e custos fixos, o pacote deve incluir as fórmulas e valores para carregamento de estoques por rodada, sendo MP: quantidade \times maior preço de mercado \times 1%; PA: quantidade \times preço de tabela \times 1% e as depreciações semanais de ativos (R\$ 5.000 por fábrica; R\$ 3.000 por CD). Esses parâmetros são indispensáveis para

o cálculo do resultado econômico a cada semana e para os trade-offs entre produzir/estocar e postergar.

Em síntese, o dossiê de aplicação deve reunir: regras e premissas; histórico de demanda; matrizes de distância (com observação sobre cobertura marítima); parâmetros de modais e regras de transporte; tabelas de custos por cidade, custos de MPs por origem e custo de máquina; dados técnicos de produção, preços de referência; políticas de depreciação e carregamento de estoques; e os templates de decisão (IE, OP, ST), um conjunto mínimo para garantir comparabilidade entre empresas e rastreabilidade dos resultados por rodada.

3.1.4 Decisões dos participantes

As decisões dos estudantes estruturam-se em três momentos complementares:(i) Organização da turma de maneira a estruturar a competição (ii) decisões iniciais, tomadas antes do início do ciclo competitivo do jogo, que configuram a infraestrutura e a capacidade; e (iii) decisões semanais, repetidas a cada rodada, que coordenam compras, produção, transportes e atendimento ao mercado sob as restrições do modelo.

3.1.4.1 Estruturação das equipes participantes

Os participantes são organizados em empresas, grupos menores de 4 a 5 pessoas, e a turma é particionada em jogos paralelos, cada qual com três empresas competindo no mesmo mercado. Esse arranjo cria competições internas (vários “mini-mercados” na mesma turma), aumenta a competitividade e eleva o engajamento, pois há múltiplos vencedores por turma em vez de apenas um.

A dinâmica favorece a aprendizagem ativa ao combinar tomada de decisão, interação entre equipes e múltiplas competições internas por turma, o que eleva o engajamento e a motivação dos estudantes, efeitos amplamente associados a metodologias ativas e à gamificação em contextos educacionais. Nesse arranjo, os jogos e elementos lúdicos promovem participação, feedback imediato e construção colaborativa do conhecimento, resultando em aprendizagem mais profunda e aplicada em comparação ao modelo passivo.

3.1.4.2 Configuração inicial do experimento (set-up)

No set-up, definem-se a configuração das instalações e a capacidade instalada por meio da planilha de Infraestrutura. São especificadas a localização das fábricas e dos

CDs, a quantidade de máquinas, a mão de obra e as áreas de estoque por item; uma vez fixadas, as localizações permanecem inalteráveis durante o jogo. O conjunto encontra limites explícitos: até 2 fábricas, até 4 CDs, até 8 máquinas por empresa; até 3 turnos de 8h por fábrica; e 1 operador por máquina por turno. Essas escolhas determinam a estrutura de custos e a capacidade inicial com a qual a empresa ingressa nas rodadas seguintes.

3.1.4.3 Processo decisório semanal por rodada

A cada semana, as empresas submetem três frentes de decisão:

Define-se a ordem de produção por fábrica e por dia , alinhando os volumes aos tempos de processamento de cada produto e à capacidade instalada. A ordem de Produção organiza o sequenciamento por item (PA1, PA2, PA3) ao longo de cada dia útil da semana simulada, permitindo coordenar recursos, prazos e utilização de máquinas.

A programação de transportes é o processo no qual é agendado cada embarque com indicação de rodada, origem e destino, dia de coleta, modal, item e quantidade (toneladas para MP; unidades para PA). Devem-se respeitar os limites do modelo: até 250 transportes por semana por empresa, R\$ 100 de custo administrativo por transporte, um único item por carga e carga máxima do modal, sob pena de perda do excedente caso não haja contratação adicional.

Nas rodadas em que o mercado está ativo, ocorre a consolidação dos preços de venda informados por produto. As ofertas são comparadas pela plataforma e o menor preço recebe o primeiro pedido daquele item, condicionando o fluxo de pedidos subsequentes e vinculando a decisão comercial ao desempenho operacional

Essas decisões semanais são processadas dentro de um ciclo operacional padronizado: para cada dia da semana, chegam os transportes programados, a produção é processada e partem os transportes agendados; em seguida, as vendas são computadas, os custos são cobrados, as encomendas da semana seguinte são determinadas, realiza-se a pesquisa de preços dos concorrentes e procede-se à verificação de estoques. Esse encadeamento garante feedback contínuo entre planejamento, execução e resultados.

Em todas as etapas, devem ser observadas as restrições do jogo (capacidade das fábricas, áreas de armazenagem, prazos de entrega, limites de transporte e regras de estoque), bem como o cálculo dos custos associados a produção, movimentação e manutenção de estoques.

3.1.5 Sistema de tempo de produção e unidade de medida do jogo

No modelo, a capacidade diária configura-se como a principal “moeda” de decisão: o total de horas disponíveis por dia resulta do produto entre número de máquinas, número de turnos e a duração de cada turno (8h). Assim, horas/dia = máquinas × turnos × 8. Esse parâmetro decorre das regras de capacidade, há limite de 8 máquinas por empresa, até 3 turnos por fábrica e 1 operador por máquina por turno, e conecta-se diretamente ao desempenho: horas transformam-se em unidades processadas e, em última instância, em atendimento de demanda e resultado econômico.

A expansão dessa moeda não é neutra em custo. Cada máquina representa um investimento elevado de R\$ 1,5 milhão, além de ocupar 200 m² de área fabril (com consumo associado de utilidades). Logo, ampliar o número de máquinas encarece a estrutura tanto pelo capital imobilizado quanto pelos custos de espaço e operação; ampliar turnos, por sua vez, eleva gastos com mão de obra e utilidades sem aumentar o ativo imobilizado. A decisão ótima exige ponderação sobre quantas “moedas” se deseja ter disponíveis: mais horas/dia aumentam a capacidade de resposta e reduzem filas internas, mas podem gerar ociosidade e pressionar custos fixos/variáveis quando a demanda efetiva não acompanha; menos horas/dia contêm despesas, mas elevam o risco de atrasos, perdas de venda e estoques de matéria-prima mal posicionados.

Há ainda interdependência crítica com a logística: como fábricas não armazenam produto acabado, produzir sem janela de transporte suficiente implica perda da mercadoria. Além disso, existe limite semanal de embarques e custo por transporte, de modo que capacidade produtiva sem lastro logístico não se converte em resultado. Em paralelo, custos fixos como depreciação das fábricas incidem a cada semana independentemente do uso: operar “no máximo” não elimina o desembolso fixo (apenas o dilui por mais unidades entregues), e operar aquém do potencial aumenta o custo unitário.

Em síntese, as horas de produção são uma moeda escassa que deve ser calibrada a partir de: (i) custo de expansão (máquinas de R\$ 1,5 milhão e 200 m² cada; turnos e operadores), (ii) capacidade logística efetiva contratada para escoar o que se produz e (iii) perfil de demanda esperado. O equilíbrio entre esses elementos define se a capacidade instalada cria valor, ou apenas imobiliza capital e espaço sem retorno proporcional.

3.1.6 Sequência operacional do jogo

O jogo organiza-se em duas etapas complementares, que se articulam ao longo do semestre: uma fase inicial de configuração de infraestrutura e um ciclo semanal de operação e competição. Na primeira rodada, o estudante recebe um conjunto estruturado de insumos que inclui dados de custos, histórico de demanda, alternativas de modais de transporte e um portfólio de localizações elegíveis para implantação de fábricas e centros de distribuição. Até a data limite definida pelo docente, deve realizar a análise de viabilidade e tomar decisões que estabelecem a base física do seu sistema produtivo e logístico. Nessa definição constam, entre outras, a quantidade e a localização de fábricas e de centros de distribuição, a capacidade instalada por meio do dimensionamento de área útil e de máquinas, a política de turnos de trabalho e os níveis de estoque de matéria prima e produto acabado. Concluídas as escolhas, o grupo envia ao professor o conjunto de respostas, em conformidade com os layouts padronizados, para que sejam validadas e registradas como estado inicial do jogo.

A partir da segunda rodada, o jogo entra em seu fluxo constante de decisão, execução e avaliação. Com a infraestrutura definida e congelada para fins de comparabilidade, cada equipe passa a competir por desempenho econômico em seu respectivo jogo, buscando maximizar o lucro sob as restrições e parâmetros vigentes. Em cada semana, o estudante recebe três tabelas operacionais a serem preenchidas que sustentam a tomada de decisão. A tabela de transporte deve ser preenchida com todos os fluxos de transporte que serão feitos naquela semana. A tabela de produção explicita a programação de ordens à luz das capacidades e dos tempos de ciclo definidos na etapa inicial, devendo refletir o balanceamento entre carga de máquina e disponibilidade de insumos. A tabela de BID captura a estratégia competitiva de preços para os itens e mercados contemplados naquela semana, conectando a política comercial ao mecanismo de alocação de demanda e, por consequência, ao nível de serviço e à receita realizada.

O processo de feedback pedagógico é ancorado em relatórios e indicadores disponibilizados após o processamento de cada rodada. Em consonância com o plano de ensino, o aluno pode receber até três conjuntos de informações analíticas. O primeiro apresenta a composição dos estoques atuais por elo da cadeia, tanto em unidades físicas quanto em percentual de ocupação dos recursos, permitindo avaliar o capital empregado, a cobertura e os riscos de ruptura. O segundo materializa a Demonstração do Resultado do Exercício em nível de empresa, consolidando receitas, custos e despesas para o período e tornando explícita a formação de margem sob a estratégia adotada. O terceiro é um relatório

operacional que decompõe o nível de serviço e adiciona outras métricas de operacionais, favorecendo a identificação de gargalos.

O docente pode, adicionalmente, publicar materiais didáticos complementares entre as rodadas, tais como slides de aula, notas técnicas e guias de boas práticas, que contextualizam conceitos, exemplificam cálculos e oferecem trilhas de análise. Essa curadoria didática cumpre dupla função. De um lado, ela reduz o tempo consumido com dúvidas recurrentes de interpretação de regra e de preenchimento de planilhas, preservando o tempo de aula para focar no jogo. De outro, fomenta a autonomia dos grupos, uma vez que a consulta aos materiais auxilia na elaboração de estratégias coerentes com as restrições do sistema.

O encadeamento semanal mantém uma cadência previsível. As equipes realizam suas escolhas nas três frentes de decisão, submetem os arquivos no prazo estipulado e, após validação e processamento, recebem os resultados e insumos para a semana seguinte. Essa rotina reforça a comparabilidade entre turmas e jogos paralelos, pois as mudanças de cenário, quando previstas, são parametrizadas e comunicadas de forma transparente. Ao mesmo tempo, a manutenção de regras estáveis dentro de cada janela semanal cria as condições para que o estudante isole efeitos, teste hipóteses e refine gradualmente suas políticas de produção, transporte e precificação. Ao final do período letivo, o conjunto de rodadas acumuladas forma uma trajetória de decisões e resultados que pode ser analisada, oferecendo subsídios para reflexão sobre trade-offs, estratégica e evolução de desempenho em ambientes de cadeia de suprimentos.

3.1.7 Objetivos de aprendizagem e desempenho do jogo

O objetivo padrão dessa dinâmica é maximizar o caixa/lucro da fábrica. Todavia, dependendo do contexto em que está se utilizando dessa plataforma de ensino, pode-se adaptar as métricas de análise para se adequar ao conteúdo que se quer ensinar, utilizando outras métricas financeiras ou composições de métricas, como o lucro ponderado por nível de serviço, a fim de explicitar os trade-offs clássicos de supply chain. Em todas as variações, busca-se que as decisões operacionais, envolvendo estoque, produção, compras e transporte, se conectem de forma transparente aos resultados econômicos e aos conceitos de ensino que sustentam a dinâmica do jogo, notadamente demanda, lead time, variabilidade, capacidade e custo de oportunidade.

Nesse enquadramento, os objetivos que se podem alcançar funcionam como instrumentos para consolidar o raciocínio econômico por trás das escolhas operacionais. Maximizar

caixa ou otimizar um escore financeiro evidencia a relação direta entre política de estoques, mix de produção, decisões de compras e custos logísticos, permitindo observar como pequenas mudanças táticas reverberam no desempenho econômico. Do mesmo modo, a adoção de métricas compostas, ao ponderar resultado financeiro e nível de serviço, torna explícitos os compromissos inerentes entre disponibilidade de produto e estrutura de custos, iluminando o papel do erro de previsão, do estoque de segurança e da confiabilidade dos prazos na formação do desempenho final.

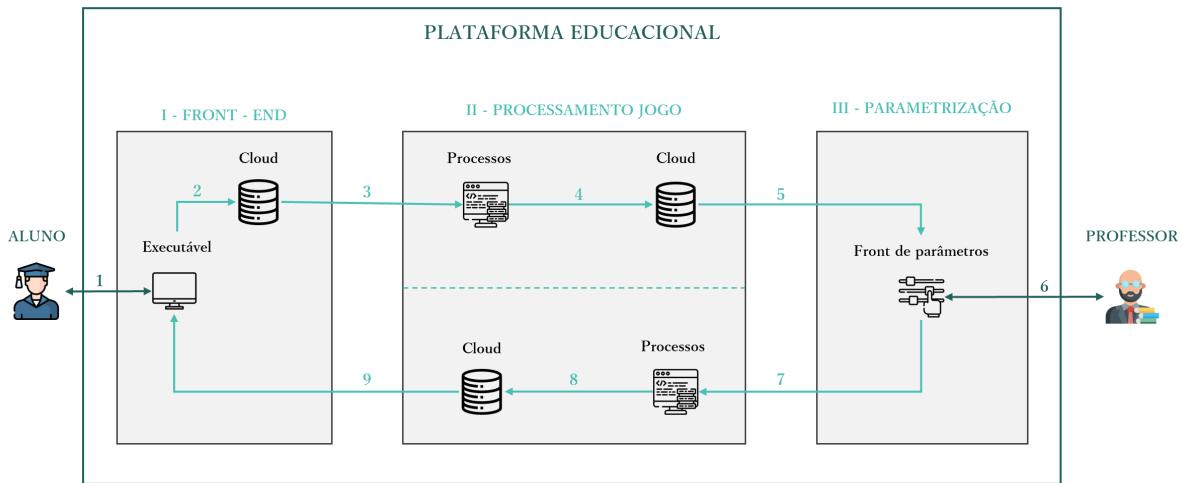
Por fim, ao incorporar variações de objetivo entre grupos, a plataforma promove uma aprendizagem situada, em que a análise de capacidade, a gestão de variabilidade e as decisões de alocação de recursos deixam de ser elementos isolados e passam a integrar um quadro coerente de tomada de decisão. Essa integração orienta o participante a justificar escolhas com base em impactos mensuráveis e em fundamentos de supply chain,

3.2 Desenvolvimento da plataforma

3.2.1 Arquitetura geral da Plataforma e fluxos de informação

Esta seção apresenta o fluxo geral da plataforma desenvolvida, descrevendo de que modo as decisões das equipes são capturadas, validadas, processadas e devolvidas sob a forma de resultados e insumos para a rodada subsequente. A partir do diagrama adiante, detalham-se as etapas do ciclo, da interação no front-end discente à parametrização docente, e explicitam-se os papéis dos dados, dos processos e dos mecanismos de controle que asseguram reproduzibilidade, comparabilidade entre jogos na mesma turma e transparência de execução. Os números indicados na figura serão utilizados como referência para o encadeamento dos eventos e para a compreensão das dependências entre módulos explicados abaixo, permitindo acompanhar, de ponta a ponta, como a plataforma sustenta a dinâmica didática do jogo.

Figura 1: Esquema representativo da Plataforma Educacional



Fonte: Elaboração própria.

(1) O ciclo operacional inicia-se quando a equipe acessa o executável local para inspecionar os resultados da rodada anterior, preparar as novas decisões e gerar o pacote de submissão conforme o layout padronizado. (2) Concluída essa preparação, procede-se ao envio autenticado para a nuvem do front-end, incluindo metadados de semestre, turma, equipe e semana, que asseguram rastreabilidade e versionamento .(3) Assim que os arquivos chegam ao repositório, é acionado um processamento rápido de conformidade que verifica estrutura, tipos, campos obrigatórios, faixas plausíveis e coerências mínimas entre entidades. Se alguma inconsistência for detectada, o sistema devolve um relatório de validação legível, com indicação pontual do problema, e a submissão retorna ao estado pendente de correção, exigindo reenvio pelo aluno após o ajuste. (4) Apenas os pacotes conformes são efetivamente aceitos e armazenados na nuvem passando a estar disponível para processamento do docente , tornando-se visíveis para a trilha de auditoria e para os painéis administrativos.

(5) No momento seguinte, o docente sincroniza o repositório e baixa para sua estação de trabalho os insumos validados da semana, preservando a integridade e respeitando a organização por turma, equipe e semana.(6) De posse desse conjunto, o professor abre a interface de parametrização e define o pacote de parâmetros pedagógicos para a rodada, que pode incluir limites, custos, elasticidades de competição, granularidades de lead time e calendários de recebimento, entre outros elementos previstos no catálogo do semestre.(7) Em seguida, o orquestrador docente realiza a composição entre dados e parâmetros: associa as submissões conformes ao pacote parametrizado e, então, dispara a execução da semana. Nessa fase, rodam-se as rotinas de movimentações de estoque, planejamento de

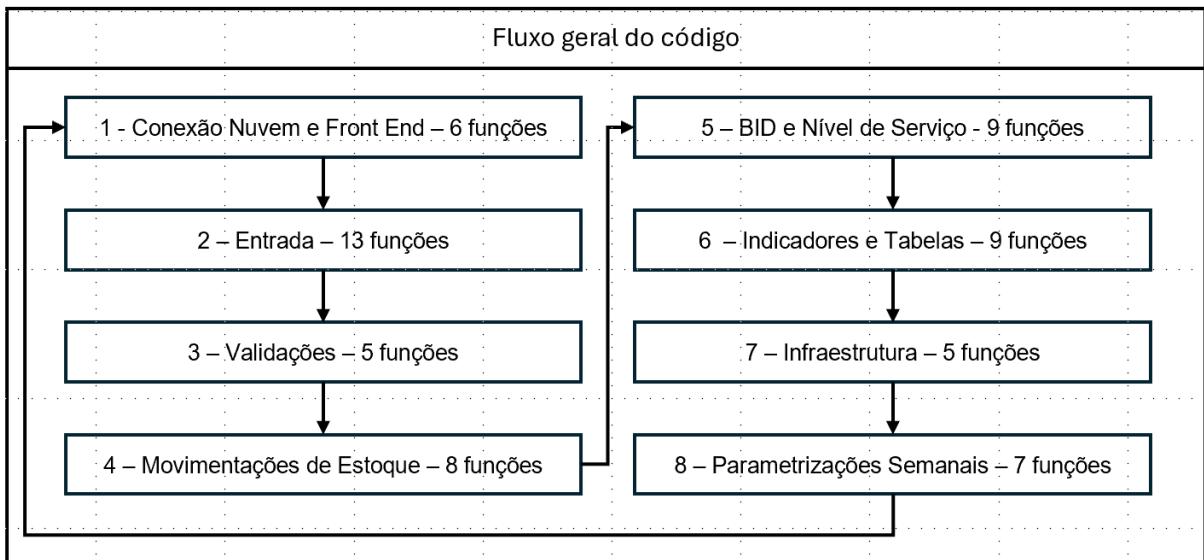
produção, custos e prazos por modal, mecanismo competitivo de BID e apuração de nível de serviço, produzindo resultados intermediários e também consolidados referentes a cada equipe.

(8) Concluída a execução, as saídas oficiais, relatórios operacionais, produtivos e financeiros, apurações de nível de serviço, tabelas síntese por produto/elo/modal e o dossiê de validação e execução, são publicadas na nuvem de distribuição, estruturadas por semestre, turma, equipe e semana.(9) Por fim, o executável discente sincroniza automaticamente esse material, atualiza os painéis locais e disponibiliza os insumos para a próxima rodada, fechando o ciclo didático e restabelecendo o estado “pronto para submissão” para a semana subsequente. Esse encadeamento, ao separar submissão, verificação de conformidade, parametrização e execução, preserva governança de dados, reproduzibilidade e previsibilidade do curso, além de sustentar o ritmo de iteração necessário para o aprendizado baseado em simulação.

3.2.2 Arquitetura modular do software

Foi adotada uma estratégia de modularização do código, com o objetivo de tornar o sistema transparente, reproduzível e de evolução controlada. O código é segmentado em unidades funcionais, cada qual responsável por uma etapa específica do processo, o que minimiza dependências indevidas entre partes do sistema, reduz o acoplamento e favorece inspeção, reuso e manutenção corretiva e evolutiva. Esse arranjo, que tem a sua estrutura representada na imagem 2 reforça a rastreabilidade entre regras de negócio e rotinas computacionais.

Figura 2: Fluxo geral do código



Fonte: Elaboração própria.

No total, a implementação reúne 62 funções distribuídas em oito blocos funcionais que se encadeiam ao longo do ciclo semanal. O bloco de Conexão Banco e front-end trata a interface com os alunos e a infraestrutura de acesso. O bloco de Entrada cuida da aquisição e preparação dos dados, incluindo configurações iniciais e estruturação dos artefatos de trabalho. Em seguida, o bloco de Validações assegura conformidade sintática e semântica das decisões com as regras do jogo. O bloco de Movimentações de Estoque consolida registros e integrações entre os elos da cadeia. O bloco de BID e nível de serviço operacionaliza a lógica competitiva e a apuração de desempenho nas entregas. O bloco de Indicadores e Tabelas calcula e formata as métricas operacionais, financeiras e produtivas que subsidiam a análise. O bloco de Infraestrutura provê logging, backups e automações de publicação/entrega de materiais. Por fim, o bloco de Parametrizações Semanais preserva a continuidade entre rodadas e viabiliza ajustes controlados de cenários e custos, garantindo comparabilidade e governança ao longo do curso

A Conexão Banco e front-end constitui a porta de entrada do sistema para os participantes e para a coordenação. Nela, definem-se as regras de autenticação e perfis de acesso, a organização visual dos materiais disponibilizados a cada semana e os canais de comunicação com a camada de dados. Essa conexão garante que cada equipe visualize apenas seus próprios arquivos e resultados, preservando a integridade do experimento didático. A imagem 3 ilustra as funções desse bloco como origem do fluxo, destacando sua função de mediar, de forma segura e previsível, o relacionamento entre usuários, armazenamento em nuvem e o restante da plataforma.

Figura 3: Funções de conexão e front-end

1 – Conexão Banco e Front End
1. Criação do Front End do Aluno
2. Conexão Front-End e Nuvem
3. Restrições específicas
4. Login e Senha aluno
5. Criação Front End – Parametrização
6. Conexão Parametrização e Nuvem

Fonte: Elaboração própria.

O bloco de "Entrada" organiza o download e a preparação dos dados que serão utilizados naquela rodada do jogo. É nele que se padronizam planilhas recebidas, se aplicam convenções de nomenclatura e se estruturam dataframes de trabalho para produção, transporte, BID e demais entidades. Ao manter catálogos de dados e esquemas versionados, esse bloco assegura que mudanças de layout ou inclusão de novas entidades ocorram sem ruptura do processamento. Na imagem 4, observa-se que as funções do bloco "Entrada" se posicionam como base informacional sobre a qual os blocos seguintes operam, reforçando o princípio de separação entre ingestão e lógica de negócios.

Figura 4: Funções de entrada de informação do código

2 - Entrada
7. Download das tabelas enviadas
8. Leitura de Arquivos Excel genérico
9. Configuração Inicial da Fábrica
10. Configuração Inicial da CD
11. Definição dos estoques Fábrica
12. Definição dos estoques CD
13. Criação Registro Inicial do Jogo
14. Atualização Registro Inicial do Jogo
15. Estruturação do dataframe de Produção
16. Estruturação do dataframe de Transporte
17. Estruturação do dataframe de BID
18. Criação da tabela de distâncias
19. Criação da tabela de Leadtimes

Fonte: Elaboração própria.

O bloco de "funções de validações", mostrado na figura 5 atua como um filtro de conformidade que impede a propagação de erros e inconsistências adiante no pipeline. Ele verifica aderência das decisões às regras do jogo, checando limites de capacidade, coerência entre origens e destinos, compatibilidade de prazos e integridade das quantida-

des planejadas. As validações combinam checagens sintáticas e semânticas e registram mensagens estruturadas de erro e aviso, o que facilita o feedback às equipes. As funções desse bloco são usadas logo após a “Entrada”, evidenciando sua função de salvaguarda antes da execução de cálculos e consolidações.

Figura 5: Funções que realizam as principais validações do jogo

3 - Validações
20. Validação de limite tempo de produção
21. Validação de MP na produção
22. Validação de-para de transporte
23. Validação do total de uso do transporte
24. Validação do peso unitário do transporte

Fonte: Elaboração própria.

O bloco de ”Movimentações de Estoque” centraliza o registro e a integração das posições ao longo dos elos da cadeia, sendo eles Fábrica, Centro de Distribuição e Varejista, em cadência semanal. Ao consolidar entradas e saídas, transferências, reservas e projeções, esse bloco cria a linha do tempo dos estoques e permite visualizar a repercussão das decisões de produção e transporte na disponibilidade futura. A imagem 6 representa as funções que são como um núcleo operacional do fluxo, pois seus resultados alimentam tanto o mecanismo competitivo quanto os indicadores de desempenho.

Figura 6: Funções de movimentação de estoque

4 - Movimentações de Estoque
25. Registro movimento de estoque Fábrica
26. Integração semanal + movimento Fábrica
27. Registro movimento de estoque CD
28. Integração semanal + movimento CD
29. Registro movimento de estoque Varejista
30. Integração semanal + movimento Varejista
31. Armazenamento dos estoques futuros
32. Junção dos estoques Fábrica – CD – Varejista

Fonte: Elaboração própria.

No bloco de ”BID e nível de serviço”, a lógica competitiva do jogo é operacionalizada. A partir das decisões e do histórico de atendimento, o sistema calcula a atratividade das propostas, determina vencedores e apura o nível de serviço em janelas temporais consistentes com a dinâmica didática. Esse bloco conecta diretamente o desempenho operacional

às consequências de mercado, tornando explícita a relação entre disponibilidade, prazos e participação obtida. A imagem 7 mostra os tratamentos necessários para implementar essa lógica.

Figura 7: Funções para tratamento do BID e nível de serviço

5 - BID e Nível de Serviço
33. Cálculo da demanda em duas fases
34. Vencedor do BID
35. Criação da demanda por empresa
36. Formatação Excel – Demanda por empresa
37. Unificação BID histórico
38. Conferência pedidos entregues x esperado
39. Definição regras Nível de Serviço
40. Nível de Serviço Semanal
41. Formatação Excel – Nível de Serviço

Fonte: Elaboração própria.

O bloco de "Indicadores e Tabelas", mostrada na figura 8, transforma dados operacionais em informação analítica acionável. Ele calcula métricas operacionais, financeiras e produtivas, padroniza fórmulas e unidades e produz tabelas organizadas por produto, por elo e por modal, aptas a alimentar painéis e relatórios. A padronização evita interpretações divergentes e sustenta a comparabilidade entre turmas e semanas. Esse bloco aparece em sequência natural ao BID, consolidando, em estruturas tabulares, a materialidade dos trade-offs observados no jogo.

Figura 8: Funções que criam os indicadores e tabelas semanais

6 – Indicadores e tabelas
42. Cálculo do Indicador – Operacional
43. Formatação Excel - Operacional
44. Cálculo do Indicador – Financeiro
45. Formatação Excel – Financeiro
46. Cálculo do Indicador – Produtivo
47. Formatação Excel – Produtivo
48. Formatação e produção – Tabela produto
49. Formatação e produção – Tabela BID
50. Formatação e produção – Tabela Transporte

Fonte: Elaboração própria.

O bloco de "Infraestrutura" dá suporte transversal ao ciclo semanal, garantindo resiliência e governança. Ele mantém registros de execução (logs), realiza cópias de segu-

rança, organiza pastas de trabalho e automatiza a geração e o envio dos pacotes semanais. Essa camada não interfere na lógica do jogo, mas assegura previsibilidade operacional e auditabilidade, reduzindo a fricção para docentes e equipes. No diagrama, é representada como um alicerce recorrente do processo, evidenciando seu papel de sustentação para as demais camadas.

Figura 9: Funções de infraestrutura

7 - Infraestrutura
51. Criação do Log de Registros
52. Criação do Backup Semanal
53. Geração geral dos arquivos semanais
54. Limpeza da pasta de envio seminal
55. Envio dos novos arquivos semanais

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, o bloco de Parametrizações Semanais, representado abaixo, preserva a continuidade entre rodadas e possibilita ajustes controlados de cenário. Nele se versionam parâmetros de lead time, custos, capacidades e demanda, com mecanismos explícitos para replicar o estado da semana anterior e aplicar variações planejadas. Essa abordagem garante que mudanças pedagógicas ou de complexidade ocorram sem comprometer a comparabilidade e a reproduzibilidade.

Figura 10: Funções de parametrização semanal

8 - Parametrizações Semanais
56. Cópia Semana Anterior
57. Alteração leadtime – 3 granularidades
58. Alteração custo MP
59. Alteração custo Frete Completo
60. Alteração custo Frete Fracionado
61. Criação Demanda Semanal
62. Criação da Demanda diária variável

Fonte: Elaboração própria.

Adicionalmente, as rotinas são orquestradas a partir de uma def main, representada na imagem 2, que encadeia as chamadas de funções em ordem lógica, com comentários descriptivos imediatamente acima de cada chamada. Essa organização facilita a navegação do mantenedor, pois explicita o propósito de cada etapa, indica dependências entre módulos

e permite localizar rapidamente o ponto de intervenção quando se deseja ajustar uma regra, alterar um parâmetro ou estender a funcionalidade.

Sob a ótica da manutenção, o desenho modular promove isolamento de mudanças e evita efeitos colaterais. Alterações em parâmetros de transporte por exemplo, capacidades e lead times por modal concentram-se nas funções de cálculo e validação correspondentes, sem demandar intervenções nas rotinas de produção, estoque ou indicadores. Modificações no layout das planilhas de entrada permanecem circunscritas às rotinas de Entrada, preservando os módulos de processamento. Esse comportamento está alinhado ao que a literatura aponta como benefício central da modularização, pois reduz o acoplamento entre componentes e facilita intervenções localizadas. Esse isolamento encurta o ciclo de reparo, pois a investigação se restringe ao bloco impactado, reduzindo custos de diagnóstico e correção.

Destaca-se também que cada função é acompanhada de documentação interna (docs-tring) que descreve sua finalidade, explicita os parâmetros de entrada com tipos esperados, indica o valor de retorno e registra observações de uso; esse padrão de documentação favorece leitura técnica, reuso e auditoria do código.

Quanto à evolução, a arquitetura facilita a incorporação de novos produtos, localidades ou modais, bem como variações nas regras de BID, tratadas como extensões locais no respectivo módulo e mantendo inalteradas as interfaces com os demais componentes. Conforme discutido na revisão, a modularidade é apontada como fator que potencializa a escalabilidade e a adaptabilidade de sistemas, permitindo expansão sem comprometer a estabilidade existente. Esse arranjo favorece estudos de sensibilidade e comparação de cenários, frequentes em ambientes de ensino, sem comprometer a estabilidade do restante do código.

A modularização empregada também eleva a testabilidade. Funções curtas e focadas permitem testes unitários com entradas e saídas bem definidas; a separação entre ingestão, validação, processamento e consolidação de indicadores favorece a construção de testes de integração por etapa do fluxo. Essa característica reflete os apontamentos da literatura, que associam modularidade a maior facilidade de verificação e validação de sistemas complexos, ampliando a confiabilidade dos resultados e a reproduzibilidade do experimento didático.

Por fim, a rastreabilidade entre regras do jogo e implementação é viabilizada por essa organização: para cada restrição ou procedimento descrito conceitualmente, identifica-se uma rotina associada em módulo específico. Desse modo, estabelece-se uma matriz regra

para função que documenta, de forma objetiva, onde cada aspecto do desenho do jogo é verificado ou calculado. Em síntese, a adoção de 62 funções distribuídas em módulos coesos e de responsabilidade única materializa, no código, os princípios metodológicos delineados, reduz o custo de manutenção, amplia a capacidade de evolução e sustenta a qualidade técnica e científica do projeto.

3.2.3 Modelagem e normalização dos dados

A normalização dos dados constitui a etapa que garante consistência e padronização antes que as informações sejam consumidas pelos módulos de processamento. Sua função é criar uma camada canônica capaz de unificar formatos heterogêneos oriundos de diferentes fontes, reduzindo dependências de layouts específicos e assegurando coerência ao longo de todo o fluxo. Ao assumir esse papel intermediário, a normalização atua como filtro estruturante: protege os módulos de variações externas e facilita a leitura técnica, já que todos os insumos passam a obedecer a um mesmo esquema de referência.

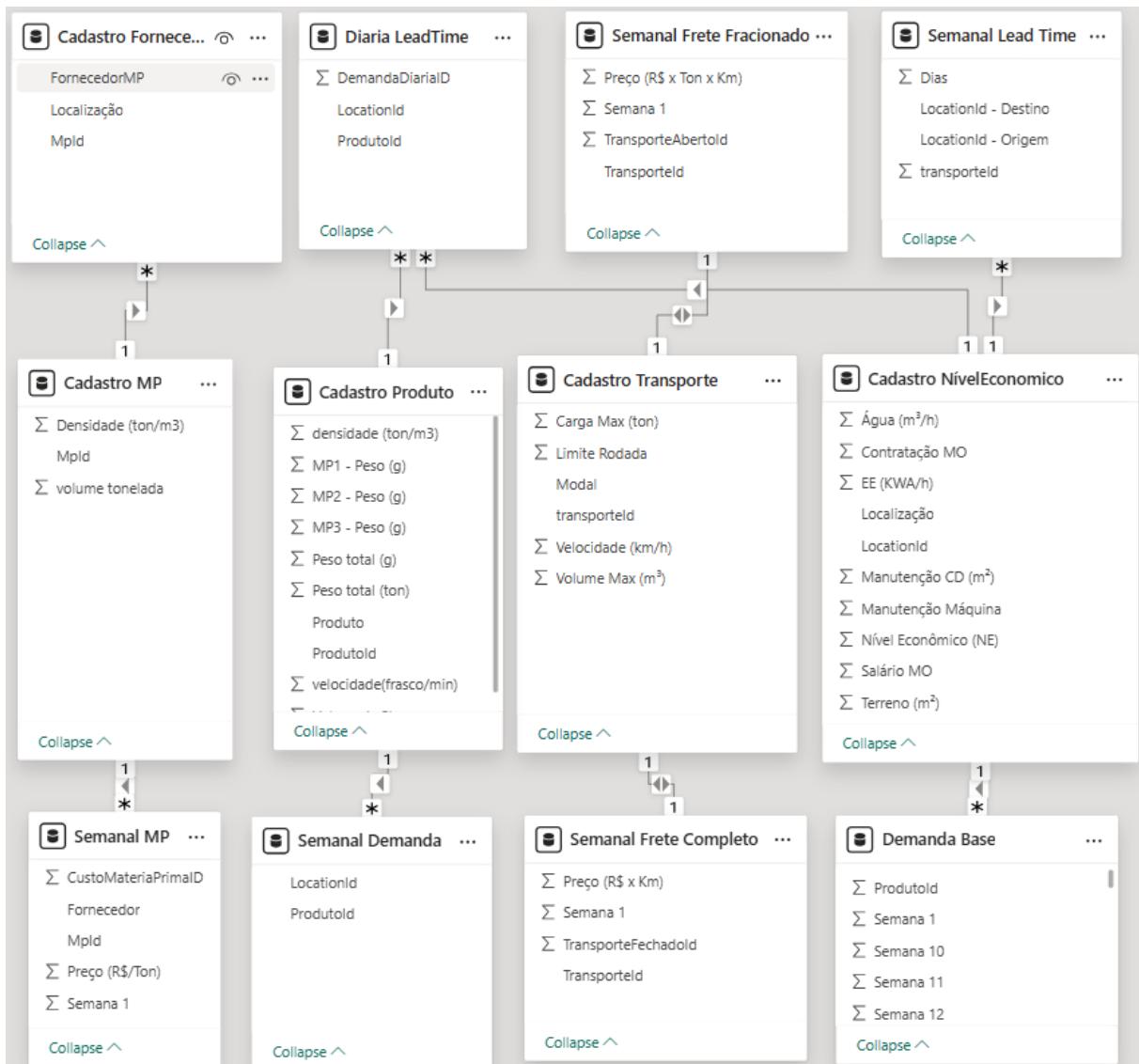
No desenvolvimento dessa camada, diferentes operações são integradas em um encadeamento lógico. Primeiramente, são tratados aspectos de nomenclatura e chaves, padronizando identificadores de produtos, localidades, modais e empresas. Em seguida, promovem-se ajustes de granularidade e unidade, como a conversão de horas em dias úteis ou a harmonização de calendários de produção e transporte. Ao final desse percurso, a saída da normalização representa um conjunto de dados limpos, estruturados e consistentes, prontos para alimentar os módulos de produção, transporte, BID, demanda, estoque e indicadores sem necessidade de ajustes adicionais.

Sob a perspectiva acadêmica, a literatura ressalta que a normalização desempenha papel essencial na redução da heterogeneidade, na ampliação da confiabilidade e na reprodutibilidade dos resultados. O arranjo adotado neste trabalho reflete exatamente esses pontos: concentra as correções em um ponto único, encurta o ciclo de reparo, facilita a evolução do sistema, já que a inclusão de novos campos ou empresas demanda apenas a extensão do esquema canônico, e favorece análises comparativas em ambientes de ensino. Assim, a camada de normalização não apenas garante estabilidade operacional, mas também reforça os princípios de modularidade e desacoplamento discutidos na revisão bibliográfica, contribuindo para a robustez e longevidade do modelo proposto.

A figura 11 exemplifica a materialização da camada canônica descrita: as tabelas prefixadas por Cadastro, sendo elas as tabelas de Fornecedor, MP, Produto, Transporte e nível Econômico que compõem o domínio mestre do modelo, concentrando chaves estáveis

por exemplo, ProductId, LocationId, TransportId e atributos de referência que definem identidade, unidades e limites operacionais. A partir delas derivam-se as tabelas Semanais e Diárias de Demanda, Lead Time, Frete Fracionado/Completo e MP, que desdobram o cadastro em séries temporais por semana e por dia, aplicando calendários, sazonalidade e parametrizações didáticas. O esquema preserva integridade referencial por relações 1:N entre cadastros e fatos temporais, padroniza unidades toneladas para MP, unidades para PA e explicita granularidade de cada tópico, de modo que todos os módulos do jogo, produção, transporte, BID, demanda, estoque e indicadores, consumam dados consistentes.

Figura 11: Normalização das tabelas base do jogo



Fonte: Elaboração própria.

3.2.4 Adaptação a requisitos dos stakeholders

Adotou-se uma abordagem orientada ao usuário, com foco no contexto de uso em sala de aula e na experiência do corpo docente. Estabeleceu-se uma cadência de reuniões de alinhamento com a orientação acadêmica, nas quais requisitos foram elicitados, priorizados e incorporados ao projeto de forma iterativa. Esse processo de coevolução contribuiu diretamente para (i) aderência pedagógica desde as primeiras versões; (ii) redução de atritos de adoção em disciplinas com turmas heterogêneas; e (iii) maior transparência e auditabilidade dos resultados, aspectos críticos em ambientes didáticos.

Em primeiro lugar, privilegiou-se a verificação e auditoria dos dados pelo docente. Considerando o conhecimento prévio em planilhas, decidiu-se estruturar a base de dados em arquivos Excel, em lugar de serviços gratuitos de banco de dados. Essa decisão facilitou a inspeção direta de insumos e resultados, encurtou o tempo de conferência em atividades de correção em sala e elevou a confiança na integridade dos cálculos por parte dos docentes. Ressalta-se que as planilhas seguem planejamento de normalização (tabelas temáticas e chaves de referência), o que preserva organização, minimiza redundâncias e reforça a consistência entre entidades, mesmo operando em arquivos locais, e facilita futura migração para um SGBD, caso venha a ser demandado.

Em segundo lugar, priorizou-se a alteração simplificada de parâmetros. Atendendo ao requisito de reduzir a dependência de intervenções no código, a solução foi projetada para que a configuração de variáveis didáticas (por exemplo, limites de capacidade, custos por modal, regras de transporte, sazonalidade de demanda e pesos de avaliação) ocorra por meio de tela dedicada de configuração, com validações mínimas e mensagens orientativas. Tal camada de parametrização aumentou a autonomia docente, reduziu o custo cognitivo de preparação de aula e acelerou a iteração entre cenários, favorecendo atividades típicas da aprendizagem ativa (experimentos controlados, variações de regra e comparações entre turmas). Destaca-se que o conjunto de variáveis parametrizáveis será aprofundado adiante, com detalhamento de escopo, faixas válidas e efeitos esperados sobre o comportamento do jogo.

Além disso, a integração entre modularização do código e adaptação ao cliente funcionou como mecanismo de governança técnica: o encapsulamento por módulos (ingestão/saída, validações, processamento por domínio e indicadores) limitou o impacto de mudanças ao componente pertinente, mitigou riscos de regressão e simplificou a manutenção, ao mesmo tempo em que preservou a flexibilidade necessária para acomodar preferências didáticas, diferenças de turmas e evolução do plano de ensino.

Por fim, destaca-se que o código foi estruturado para viabilizar adaptações futuras decorrentes do caráter dinâmico da educação ativa e das interações em sala. Em razão da arquitetura modular e das interfaces claras entre componentes, novas exigências pedagógicas, como ajustes de regras, inclusão de parâmetros ou revisão de fluxos, tendem a demandar intervenções localizadas e de baixa complexidade, permitindo que o programa seja atualizado com agilidade para adequar-se a cenários emergentes sem comprometer a estabilidade do sistema. Esse desenho organizacional fortalece a sustentabilidade do software no contexto acadêmico e potencializa os ganhos de aprendizagem associados à prática de tomada de decisão em cadeias de suprimentos

3.2.5 Parametrização e calibração de variáveis do modelo

Dado o contexto de educação ativa no trabalho, a variação controlada de cenários torna-se um elemento-chave para sustentar o engajamento, promover exploração de hipóteses e criar ciclos curtos de ação-reflexão. Ao permitir ajustes focalizados nos parâmetros do jogo, viabiliza-se a observação imediata dos efeitos das decisões, o que reforça a participação dos estudantes, amplia a autonomia no processo decisório e favorece a consolidação de competências práticas sem desviar o foco do objetivo pedagógico.

Por conta disso, a plataforma foi estruturada de maneira a permitir a modificação seletiva de parâmetros com continuidade entre semanas: para cada nova rodada, podem-se replicar os parâmetros da semana anterior para todos os itens que não se deseja alterar e ajustar apenas os pontos específicos que se pretende explorar (ou não modificar nada, se oportuno). Esse arranjo reduz o esforço operacional e mantendo um cenário dinâmico para o sucesso da ferramenta.

Em complemento, a parametrização foi concebida para viabilizar a alteração de parâmetros centrais de supply chain de forma alinhada ao progresso das aulas, permitindo a construção de cenários com variações mais fiéis à realidade e evitando que os estudantes entrem em rotina à medida que avançam pelas semanas. Com isso, mantém-se o desafio cognitivo e a pertinência prática das decisões, preservando a coerência do curso e a continuidade do jogo. A seguir, detalham-se as frentes de parametrização adotadas e o valor pedagógico associado a cada uma.

A figura 12 apresenta a interface de parametrização disponibilizada ao docente para a definição dos parâmetros da rodada subsequente do jogo. Nessa interface, a identificação da rodada é explicitamente indicada pelo campo “Semana”, por meio do qual se especifica o período a ser aplicado às configurações selecionadas.

Figura 12: Exemplo da tela de parametrização da plataforma



Fonte: Elaboração própria.

3.2.5.1 Parametrização dos tempos de entrega por modal

Ao permitir variações nos tempos de entrega da rede logística, o docente cria cenários mais realistas e pedagógicos, permitindo explorar, de forma controlada, trade-offs entre custo e nível de serviço, assimetrias regionais e condições de fornecimento. Esses ajustes impactam diretamente o cálculo das janelas de entrega, o planejamento de produção e a política de estoques, favorecendo ciclos curtos de experimentação e análise. Na imagem 13 podemos ver os parâmetros que o docente pode alterar nesse aspecto.

Figura 13: Exemplo da tela de parametrização dos dias de transporte

Dias de Transporte

Sim
Copiar Dados Não

Caso Não - Parâmetros

Tabela de Modais de Transporte:

TransportId	Modal
1	Caminhão
2	Avião
3	Navio

Qtd. de Mudanças:

Valor Adicional (1):

TransportId (1): Opcional

Origem (1):

Destino (1):

Fonte: Elaboração própria.

A interface de “Dias de Transporte”, como mostra a figura 13, permite impor restrições temporais de forma seletiva e cumulativa. O docente pode aplicar um acréscimo de dias à rede logística inteira (por exemplo, adicionar 5 dias para, na prática, inviabilizar embarques naquela semana), restringir o prazo apenas a um modal específico, limitar por cidade de origem de produtos ou matérias-primas, ou ainda por cidade de destino. Também é possível combinar esses critérios, criando regras que mesclam rede, modal, origem e destino, e registrar quantas mudanças forem necessárias.

Vale destaque que quando duas restrições incidirem sobre o mesmo elemento, seus efeitos se somam; por exemplo, se “Caminhão” receber +2 dias globalmente e, adicionalmente, a rota com origem em Brasília e destino em Campo Grande receber +1 dia, as solicitações por caminhão nessa origem–destino terão +3 dias no cálculo do prazo. Essa lógica preserva previsibilidade, favorece a construção de cenários e torna explícitos os impactos operacionais das parametrizações adotadas.

3.2.5.2 Alteração dos custos de transporte e matéria-prima

A plataforma, como mostra a figura 14, permite ajustar, de forma controlada, o custo da matéria-prima e os custos de frete nas modalidades fracionada e carga completa. Esses parâmetros afetam diretamente o cálculo de margens, a atratividade relativa de rotas e políticas de estocagem, influenciando decisões de produção e priorização de entregas de pedidos. De maneira prática, o procedimento de alteração preserva a continuidade: a configuração de uma semana de referência é copiada integralmente e apenas o valor especificado pelo docente é modificado, mantendo constantes os demais parâmetros. Abaixo apresenta-se um exemplo de tela que executa essa função, no caso a interface de alteração de matéria-prima, em que foi alterado o custo da matéria prima 1, do fornecedor 2 para um preço de R\$ 60.000 e o restante dos valores são copiados a partir da semana 1.

Figura 14: Exemplo da tela de parametrização dos custos

The screenshot shows a software interface for managing raw material costs. At the top, there's a header with a dropdown arrow and the text '\$ Preço MP'. Below it, there are two radio buttons: 'Sim' (unselected) and 'Não' (selected), with the label 'Copiar Dados' next to 'Não'. A section titled 'Caso Não - Parâmetros' follows, containing a table labeled 'Tabela de Custos de Matéria-Prima:'.

FornecedorMP	MpId	Localização	Cenário Base - Preço (R\$/Ton)
1	1	Manaus	R\$ 48.000,00
2	1	Belém	R\$ 56.000,00
3	2	Cuiabá	R\$ 16.000,00
4	2	Vitória da Conquista	R\$ 22.000,00
5	3	Joinville	R\$ 41.000,00
6	3	Porto Alegre	R\$ 32.000,00

Below the table, there are four input fields:

- Fornecedor: 2
- Mp_id: 1
- Semana_origem: 1
- Novo valor: 60000

Fonte: Elaboração própria.

3.2.5.3 Demanda e sazonalidade

A parametrização da Demanda e Sazonalidade permite ajustar níveis médios, volatilidade ou eventuais choques de mercado, aproximando o ambiente do jogo de comportamentos de procura observados na prática; com isso, os participantes são instigados a revisar previsões, replanejar produção e transportes e compreender como pequenas perturbações se propagam pela cadeia, evitando rotinas mecânicas e promovendo decisões ancoradas em sinais de demanda mais realistas.

Complementarmente, cada produto dispõe de uma curva de sazonalidade construída com base nos dois últimos anos de venda desse produto, curva essa disponibilizada aos estudantes para estudo do comportamento histórico e calibração de previsões de vendas logo no início da dinâmica. Sobre essa “curva-mãe”, pode-se aplicar fatores multiplicativos para dinamizar mais as vendas e aumentar o dinamismo do jogo.

Como parametrizado na interface ilustrada na figura 15: no exemplo, PA1 recebe 1,5 (amplificação de 50% em relação ao padrão, simulando um pico de demanda), PA2 permanece em 1,0 (manutenção do nível de referência) e PA3 adota 0,8 (redução de 20%, representando arrefecimento do mercado). O procedimento preserva a forma temporal da série e altera apenas sua escala, permitindo explorar cenários positivos e negativos de maneira controlada, aproximando a dinâmica do jogo da variabilidade observada no mercado e induzindo ajustes coerentes nos planos de previsão, produção e transporte, além de impedir que o aluno descubra de antemão qual é o fator multiplicativo que está sendo aplicado naquele produto e passe a saber com antecedência o valor exato da demanda daquele produto para aquela semana, algo que pode tirar o caráter realístico do jogo.

Figura 15: Exemplo da tela de parametrização da demanda



Fonte: Elaboração própria.

3.2.5.4 Parametrização do nível de serviço

Há também parametrização do nível de serviço, ilustrada na figura 16 que define quantas semanas compõem a janela de tempo que será usada para calcular o nível de serviço de uma determinada empresa naquele produto. Janelas longas favorecem a estabilidade e premiam quem apresenta consistência, mas também fazem com que um erro persista por mais tempo no indicador; janelas curtas reagem rapidamente a correções, reduzindo o peso de eventuais equívocos. Essa flexibilidade permite modular o curso: no início, enquanto os estudantes ainda internalizam o processo, recomenda-se adotar poucas semanas para ampliar a tolerância a ajustes; do meio para o fim, ampliar a janela valoriza a constância operacional e diferencia quem manteve bom desempenho. Ao final deste tópico, apresenta-se uma imagem que ilustra essa configuração.

Complementarmente, o parâmetro de nível de serviço padrão estabelece o valor atribuído a um produto sem histórico recente de vendas pela empresa. Sem esse piso, o competidor que ainda não vendeu entraria com nível de serviço nulo e, na prática, não teria chance de vencer o BID contra quem já possui histórico positivo. A definição de um valor padrão mais competitivo evita esse viés inicial, preserva a dinâmica concorrencial e permite que estratégias de entrada em novos mercados sejam avaliadas com maior realismo. A figura 16 demonstra a interface em que se selecionam a quantidade de semanas para a média do nível de serviço e o nível de serviço padrão aplicado na ausência de histórico.

Figura 16: Exemplo da tela de parametrização do nível de serviço



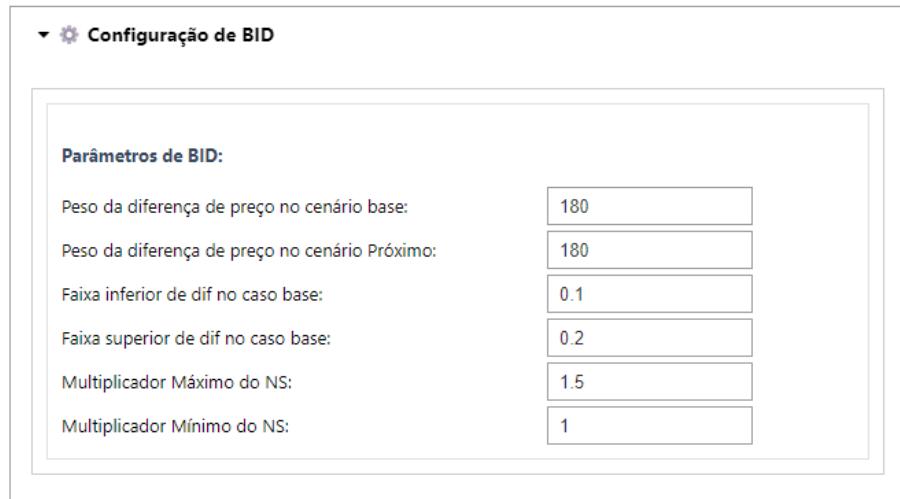
Fonte: Elaboração própria.

3.2.5.5 Estratégia comercial e mecanismos de preço/BID

No modelo do jogo, o BID, que vai ser aprofundado no próximo tópico, tem a sua parametrização ilustrada na imagem 17. Ele, é o mecanismo que aloca a demanda semanal entre empresas concorrentes a partir de uma métrica de atratividade construída, essencial-

mente, por dois componentes: (i) diferença de preço em relação aos concorrentes elegíveis em cada produto e (ii) nível de serviço histórico da empresa naquele item. A lógica opera em duas etapas: primeiro delimita-se o conjunto de players que “entram na disputa” segundo faixas de comparação de preço (apenas ofertas dentro de determinados intervalos relativos participam do BID); em seguida, a demanda é distribuída ponderando-se o preço ofertado e o nível de serviço, conforme pesos e multiplicadores definidos. Dessa forma, o BID não é um leilão puramente pelo menor preço: a atratividade resultante combina competitividade de preço e confiabilidade de atendimento, permitindo que estratégias comerciais distintas encontrem espaço em contextos diferentes de mercado.

Figura 17: Exemplo da tela de parametrização do BID



Fonte: Elaboração própria.

A parametrização exibida na interface acima permite calibrar esse mecanismo de modo transparente. O “Peso da diferença de preço”, para os cenários base e próximo, ajustam o quanto variações de preço influenciam a atratividade; valores maiores tornam o BID mais sensível a descontos, valores menores reduzem essa sensibilidade e, por consequência, elevam o peso relativo do serviço. Já a faixa superior de diferença de preço define quem é elegível para competir: apenas propostas com preço até desse intervalo compõem o conjunto comparável, o que controla o alcance competitivo do BID, excluindo assim ofertas demasiadamente caras. Por fim, os Multiplicadores Mínimo e Máximo do nível de serviço comprimem ou expandem a contribuição do histórico de atendimento, limitando seu efeito quando desejado ou valorizando-o quando a intenção pedagógica é premiar consistência operacional, sendo esse caso aplicado para os itens que têm uma diferença de valor de 0% até o faixa inferior de diferença no caso base. Em conjunto, esses parâmetros permitem deslocar a ênfase entre preço e serviço, modular o número de concorrentes efetivos por

mercado e explorar, de maneira controlada, como escolhas comerciais e operacionais se traduzem em participação de demanda.

3.2.6 Mecanismo de leilão (BID): projeto e implementação

3.2.6.1 Fundamentação do mecanismo de leilões (BID)

O mecanismo de BID adotado no jogo tem por objetivo transformar propostas de preço das equipes em alocações de demanda de forma coerente. Sua estrutura busca realismo econômico com controle pedagógico: preços excessivamente altos perdem relevância; preços competitivos disputam participação; e, quando os preços convergem, o nível de serviço atua como fator de desempate, refletindo a importância de confiabilidade e prazo em compras reais. Vale ressaltar que essa formulação não decorre de uma regra canônica da literatura, mas foi construída para este cenário específico com o propósito de materializar a visão explicada anteriormente: um arranjo didático que torne explícitos os trade-offs entre preço e desempenho operacional, pelo nível de serviço, mantendo governança sobre a competição e transparência sobre os efeitos de cada decisão. Tal desenho evita concentrações extremas de participação, mantém múltiplas equipes ativas no processo competitivo e estabelece um gradiente de incentivos para melhoria contínua de preço e de desempenho operacional. Os parâmetros do BID foram definidos para possibilitar ajustes seletivos ao longo das semanas, preservando a comparabilidade entre turmas e permitindo a modulação do grau de competitividade sem alterações estruturais. Nesse enquadramento, apresentam-se os dois métodos complementares que compõem o BID, acompanhados de suas formulações e respectivas interpretações.

3.2.6.2 Métodos de alocação de mercado e integração ao sistema

O mecanismo do BID foi estruturado com dois métodos complementares de competição: no mecanismo do tipo 1, quando as ofertas estão próximas do menor preço vigente, aplica-se a atratividade por preço combinada a um multiplicador de nível de serviço para diferenciar propostas de valor semelhantes; no mecanismo do tipo 2, quando as ofertas se afastam do menor preço, utiliza-se uma atratividade decrescente em função da diferença percentual. Nas seções subsequentes, apresentam-se as equações correspondentes e explicitam-se, em linguagem extensa, os significados de cada parâmetro, bem como a forma de integração dos resultados para compor a participação final.

3.2.6.3 Preparação de parâmetros e faixas de preço

Para um dado produto em uma semana, cada equipe informa um preço ofertado $preco_i$. Define-se:

$$preco_{\min} = \min preco_i, \quad (3.1)$$

$$\text{dif_percentual}_i = \frac{preco_i - preco_{\min}}{preco_{\min}}. \quad (3.2)$$

Utilizam-se dois limites de enquadramento da diferença percentual de preço:

- α : percentual **mínimo** de diferença para enquadramento no mecanismo tipo 1;
- β : percentual **máximo** de diferença para enquadramento no mecanismo tipo 1,

com $0 < \alpha < \beta$. Preços acima de β não recebem demanda.

3.2.6.4 Mecanismo Tipo 1: competição por faixas de preço

Seja, para cada equipe i , o preço ofertado $preco_i$ e $preco_{\min} = \min_i preco_i$. Defina-se a diferença percentual de preço

$$\delta_i = \frac{preco_i - preco_{\min}}{preco_{\min}} \quad (\delta_i \geq 0).$$

Quando os lances satisfazem $\alpha < \delta_i \leq \beta$, a parcela de demanda decorre de uma função de atratividade por preço que decresce com o afastamento relativo do menor preço. Essa atratividade é regulada por um índice de sensibilidade da atratividade ao preço (base) $\theta_{\text{base}} > 0$, sendo θ um valor que pode ser alterado de maneira dinâmica entre as rodadas:

$$A_i^{(\text{base})} = \frac{1}{1 + \theta_{\text{base}} \delta_i^2}. \quad (3.3)$$

A participação atribuída nessa faixa de preços é proporcional à atratividade no conjunto elegível:

$$\text{participacao}_i^{(\text{tipo1})} = \frac{A_i^{(\text{base})}}{\sum_{j: \alpha < \delta_j \leq \beta} A_j^{(\text{base})}}. \quad (3.4)$$

O mercado remanescente (utilizado no mecanismo tipo 2) é dado por:

$$\text{mercado}_{\text{remanescente}} = D_{\text{tot}}(\%) - \sum_i \text{participacao}_i^{(\text{tipo1})}. \quad (3.5)$$

onde $D_{\text{tot}}(\%)$ denota a demanda total alocável ao produto/semana.

Parâmetros utilizados no mecanismo de Tipo 1

- α, β : limites inferior e superior, respectivamente, da faixa de diferença percentual de preço considerada passível de receber demanda;
- θ_{base} : índice de sensibilidade que controla a redução da atratividade à medida que o preço se afasta do menor preço.

3.2.6.5 Mecanismo tipo 2: Competição de BID com nível de serviço

As equipes com $\delta_i \leq \alpha$ disputam o mercado remanescente com base em preço e em nível de serviço (NS).

Componente de preço na zona próxima: Emprega-se uma função de atratividade por preço regulada por um índice de sensibilidade da atratividade ao preços próximos $\theta_{\text{prox}} > 0$:

$$A_i^{(\text{prox})} = \frac{1}{1 + \theta_{\text{prox}} \delta_i^2}. \quad (3.6)$$

Componente de nível de serviço: As equipes são ranqueadas pelo nível de serviço e recebem um multiplicador de nível de serviço $m_i \in [m_{\min}, m_{\max}]$ (com $m_{\max} \geq m_{\min} > 0$); empates recebem o mesmo multiplicador. Define-se a pontuação combinada:

$$\text{pontuacao}_i = A_i^{(\text{prox})} \cdot m_i. \quad (3.7)$$

A alocação do mercado remanescente é proporcional às pontuações:

$$\text{participacao}_i^{(\text{tipo2})} = \frac{\text{pontuacao}_i}{\sum_{j: \delta_j \leq \alpha} \text{pontuacao}_j} \times \text{mercado}_{\text{remanescente}}. \quad (3.8)$$

Modo usando apenas preço até se definir o nível de serviço: Na ausência de dados de nível de serviço, a alocação total é realizada apenas por preço (utilizando $A_i^{(\text{base})}$ do mecanismo *tipo 1*):

$$\text{participacao}_i = \frac{A_i^{(\text{base})}}{\sum_j A_j^{(\text{base})}}. \quad (3.9)$$

3.2.6.6 Pós-processamento

Para evitar participações residuais irrelevantes, aplica-se um *limiar mínimo de participação* τ . Fatias abaixo de τ são zeradas e o volume correspondente é redistribuído proporcionalmente entre os demais vencedores.

Parâmetros utilizados no Pós-processamento

- τ : limiar mínimo de participação abaixo do qual a fatia é suprimida e seu volume é redistribuído proporcionalmente.

3.2.6.7 Interpretação e impacto do desenho de precificação

- **Participação distribuída entre múltiplas equipes.** A coexistência do mecanismo *tipo 1* (preço “longe”, ainda elegível) e do mecanismo *tipo 2* (preço “próximo”, com desempate por NS), somada à redistribuição de microfatias, mitiga concentrações extremas e mantém várias equipes ativas ao longo das semanas.
- **Valorização do nível de serviço quando os preços convergem.** No mecanismo *tipo 2*, o nível de serviço opera como critério de desempate; quando os preços são similares, confiabilidade e pontualidade tornam-se determinantes.
- **Disciplina econômica com estabilidade didática.** No mecanismo *tipo 1*, lances com $\delta_i > \beta$ não recebem demanda (disciplina estratégica). Nas demais faixas, as funções de atratividade estabelecem um gradiente: melhorias marginais de preço e/ou de serviço alteram a participação de forma contínua.

3.2.6.8 Síntese dos parâmetros

- α : limite que separa o mecanismo tipo 2 do mecanismo tipo 1;
- β : limite superior de elegibilidade do mecanismo tipo 1);
- θ_{base} : índice de sensibilidade da atratividade ao preço (base) — penalização por afastamento do menor preço na zona do mecanismo *tipo 1*;
- θ_{prox} : índice de sensibilidade da atratividade ao preço (próximo) — sensibilidade a diferenças pequenas na zona do mecanismo *tipo 2*;

- m_{\min} , m_{\max} : limites do multiplicador de nível de serviço na zona de preços próximos (mecanismo *tipo 2*);
- τ : limiar mínimo de participação para supressão de microfatias e redistribuição proporcional;
- $D_{\text{tot}}(\%)$: percentual total de demanda a ser alocado para o produto/semana;
- presença/ausência de nível de serviço: determina o uso do modo “preço + serviço” (mecanismo *tipo 2* ativo) ou do modo “apenas preço”.

3.2.7 Adição de novos elementos no decorrer do jogo

A plataforma criada disponibiliza, de forma nativa, atualizações de portfólio, malha logística e capacidade produtiva, isto é, a inserção de novos produtos, a ativação de novos transportes e a expansão ou contração de área fabril, turnos e máquinas. Esse dinamismo é viabilizado e simplificado pelo modelo de dados normalizado, que separa entidades e relacionamentos, conserva chaves e integridade referencial entre tabelas e permite incorporar mudanças por inserções controladas, sem refatorar o esquema nem reescrever regras de negócio.

No contexto de supply chain, essa arquitetura sustenta ciclos de experimentação típicos da educação ativa. Como SCM é um sistema de decisões interdependentes, começando pela demanda, avançando para o planejamento de produção, passando pelo transporte, afetando o nível de serviço e culminando em preço e margem, quando o jogo permite alterar componentes de alto nível, como adicionar um produto, abrir um novo corredor logístico ou reconfigurar a capacidade da fábrica e dos CDs, os estudantes vivenciam, na prática, como pequenas mudanças em um elo se propagam por toda a cadeia e impactam custo, serviço, capital de giro e competitividade, aprendendo por iteração, evidência e reflexão.

No que se refere à adição de novos produtos e transportes, incluir um item passa a significar cadastrá-lo na tabela Produto com seus atributos técnico-econômicos e carregar o histórico de demanda dos últimos dois anos na Demanda Histórica desse produto, em base semanal por mercado. De forma análoga, a inclusão de um novo transporte envolve registrá-lo na tabela Transporte com capacidade, frequência, custos e janelas operacionais, além de definir sua cobertura pelas cidades atendidas e as respectivas distâncias nas tabelas Cobertura de Cidades e Matriz de Distâncias, de modo que tempos de deslocamento e lead times sejam calculados de forma coerente. Essa decomposição por entidades ga-

rante que previsão, planejamento, roteirização e BID operem sobre o mesmo grafo lógico, apenas com um domínio ampliado.

Quando se trata de mudanças pontuais na estrutura fabril durante o jogo, a plataforma pode habilitar, sob permissão do professor, ajustes táticos de capacidade, expandir ou reduzir área, ativar ou desativar turnos e alterar a quantidade de máquinas, para que as equipes corrijam escolhas anteriores e melhorem sua estratégia em tempo de competição. Para manter o realismo e a justiça competitiva, essas alterações vêm acompanhadas de custos e prazos de ajuste, permitem revisões de preço coerentes com a nova estrutura de custos sem penalizar indevidamente quem manteve estruturas que já possuía, e produzem efeitos a partir da rodada seguinte, preservando a integridade das decisões já tomadas.

Isso é importante para supply chain porque mercados reais mudam: portfólios evoluem, novas rotas aparecem, lead times variam e fábricas reconfiguram recursos. Treinar essas alavancas desenvolve elasticidade decisória, pois as equipes aprendem a ajustar políticas de estoque, capacidade e preços quando surgem alternativas logísticas diferentes ou quando lidam com itens de variabilidade de demanda distinta. Ao mesmo tempo, fortalece o pensamento sistêmico, já que os participantes entendem, de forma integrada, como a ampliação de um turno altera o custo unitário, reconfigura as janelas de transporte, influencia o nível de serviço e modifica a atratividade no BID.

Em síntese, ao combinar uma plataforma que expõe atualizações operacionais com um modelo de dados normalizado que as torna seguras e rápidas, o jogo ganha dinamismo e rigor. Isso aproxima a simulação do SCM real, onde contexto, recursos e alternativas mudam continuamente e assim capacita os estudantes a aprender supply chain.

3.2.8 Sistema de validação e conformidade de dados

A implementação sistemática de validações no código constitui um eixo central de qualidade para o andamento do jogo, assegurando correção numérica, consistência semântica e rastreabilidade das decisões processadas ao longo das rodadas. Em um ambiente de simulação de supply chain, no qual módulos como demanda, produção, transporte, BID, estoques e resultados econômicos e financeiros interagem de forma contínua, essas validações evitam anomalias de ingestão, a propagação de erros e interpretações ambíguas sobre o estado do sistema, preservando a integridade dos indicadores e a confiabilidade das análises subsequentes.

Do ponto de vista técnico, as verificações cobrem regras de negócio e invariantes de

dados. Entre as regras de negócio estão os limites de capacidade por máquina e por turno, os pesos e as quantidades máximas por modal, a coerência dos fluxos de origem para destino, a cobertura geográfica e os prazos de transporte. Entre os invariantes de dados destacam-se a formação correta de chaves compostas, a completude das séries históricas, o respeito aos domínios válidos e a tipagem canônica. Esse arcabouço é aplicado em cada etapa crítica do pipeline, incluindo ingestão, transformação, consolidação e cálculo de indicadores, e resulta em relatórios auxiliares que documentam o que foi aceito, ajustado ou rejeitado, com mensagens descritivas e referências às chaves afetadas.

A transparência dessas verificações materializa-se em artefatos persistidos que viabilizam auditoria e reproduzibilidade. Como exemplo, a pasta interna do jogo nomeada de "histórico" reúne tabelas centralizadas que contêm todos os registros de cada participante, abrangendo o que foi enviado por ele em cada rodada e o que foi efetivamente processado pelo sistema. Esse acervo forma um histórico integral por jogador, permitindo acompanhar a trajetória completa de decisões, validar a coerência entre entradas e saídas e demonstrar de modo objetivo a consistência dos cálculos. De forma complementar, a geração e atualização semanal da tabela log consolida as ações executadas pelo dirigente do jogo, registrando parametrizações, ajustes de cenário, ativações e desativações de funcionalidades e demais operações administrativas. A combinação do histórico individual com a tabela log torna possível reconstruir cada rodada em detalhes, garantindo que o experimento didático seja replicável sempre que necessário.

Com finalidade pedagógica, essas mesmas informações são disponibilizadas em planilhas de Excel auxiliares a cada rodada. Os arquivos trazem sumários de conformidade, listas de inconsistências e reconciliações entre valores esperados e valores processados, oferecendo ao corpo docente evidências para demonstrar que os cálculos estão corretos e para fundamentar feedbacks formativos. Aos estudantes, o material permite a reconstrução do raciocínio causal que conecta dados de entrada, regras aplicadas e resultados obtidos, fortalecendo a aprendizagem baseada em evidências.

A estratégia adotada está alinhada às boas práticas de programação descritas no documento. Há separação de responsabilidades entre módulos de ingestão, validação, cálculo e apresentação; coerência de esquemas sob um modelo de dados normalizado; registro de logs operacionais; e reproduzibilidade do fluxo de processamento. Em conjunto, esses elementos conferem previsibilidade às execuções, facilitam auditorias pontuais e reduzem a necessidade de intervenções emergenciais, reforçando a manutenção evolutiva do sistema.

Por fim, as validações contribuem para a governança do experimento didático. Cada decisão tomada pelas equipes e cada resultado reportado pode ser auditado com base em evidências objetivas, o que garante isonomia entre participantes e eleva a credibilidade dos indicadores de desempenho. Dessa forma, o jogo mantém simultaneamente rigor computacional e clareza pedagógica, sustentando um ciclo de ensino que combina exploração, verificação e aprendizagem baseada em dados.

3.2.9 Sistema de backup e recuperação

Além das validações, é indispensável dispor de um mecanismo que permita reverter o estado do jogo quando uma rodada é parametrizada de forma incorreta. O arquivo de backup cumpre exatamente essa função: ele materializa um instantâneo imutável do ecossistema de dados em cada semana, compreendendo insumos, parâmetros vigentes, resultados intermediários e saídas consolidadas, e viabiliza o rollback controlado para o último ponto consistente. Com isso, interrompe-se a propagação de erros ao longo das etapas subsequentes do pipeline, preservando a integridade dos indicadores, a isonomia entre participantes e a confiabilidade do experimento didático.

Do ponto de vista operacional, o backup registra, de maneira versionada, as bases necessárias para reconstruir o estado do sistema por cada semana que passou: cadastros, parâmetros de cenário, séries históricas, decisões submetidas pelas equipes, resultados de processamento e artefatos auxiliares. Em caso de parametrização equivocada, por exemplo, um custo aplicado fora de vigência, uma janela de transporte inserida com erro ou a ativação indevida de um turno, o procedimento de restauração retorna para a última semana válida, garantindo que as correções sejam aplicadas sobre dados íntegros e que os cálculos subsequentes reflitam apenas regras e entradas autorizadas.

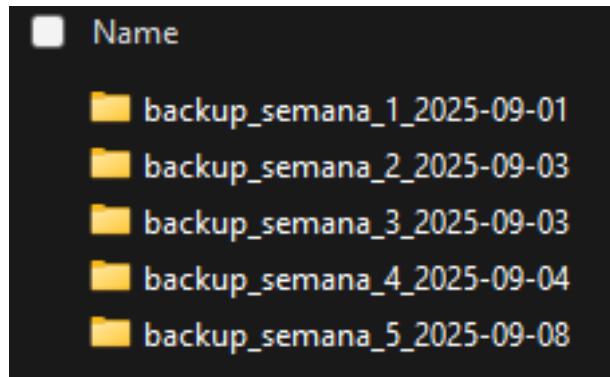
A presença do backup também complementa a rastreabilidade já assegurada pelas tabelas na pasta histórico e pela tabela log semanal. Enquanto o histórico preserva tudo o que foi enviado pelas equipes e o que foi processado para cada participante, e a tabela log documenta as ações do dirigente, o backup consolida o estado completo em um ponto no tempo. Em conjunto, esses três artefatos permitem não apenas auditar as decisões e reproduzir os resultados, mas também restaurar a execução para que rodadas sejam reprocessadas com correções, sem efeitos colaterais residuais.

Sob a ótica de boas práticas de programação e governança de dados, o mecanismo de backup reforça princípios de reproduzibilidade, controle de versão e recuperação. A disponibilidade de backups semanais, acompanhados de metadados (data, responsável, hash

de integridade, referência à rodada), reduz o risco de intervenções manuais e facilita auditorias, inspeções pontuais e análises diferenciais entre estados (antes/depois). Em termos pedagógicos, assegura-se um ambiente de aprendizagem confiável e transparente, no qual eventuais ajustes de cenário podem ser implementados sem comprometer a consistência longitudinal do jogo.

Na figura 18, nota-se como fica registrando, no diretório do docente, os backups separados por semana de criação e data em que o algoritmo foi executado pelo docente. Com base nisso ele pode querer resetar os parâmetros da base central do jogo, substituindo ela pelo backup de uma determinada rodada ou mostrar aos alunos que as informações que aparecem hoje nos históricos estão em conformidade com o que foi enviado.

Figura 18: Exemplo de backups formados no decorrer do jogo



Fonte: Elaboração própria.

3.2.10 Tabelas e relatórios automatizados

O jogo é concebido para que, a cada semana, as empresas preencham tabelas padronizadas produzidas inteiramente em python e exportadas em arquivos em excel que orientam o comportamento operacional conforme a estratégia definida pela equipe. A padronização é necessária para que o código interprete as informações com precisão, execute validações consistentes e integre os dados aos módulos de demanda, produção, transporte, competição por mercado e apuração de resultados. O conjunto é composto por quatro tabelas de preenchimento pelas empresas e duas tabelas de caráter empresarial destinadas à consolidação e à análise.

3.2.10.1 Registro inicial da fábrica e do centro de distribuição

Esta tabela consolida, os dados cadastrais e estruturais requeridos para a inicialização do jogo, incluindo a identificação da empresa, a capacidade instalada por tipo de máquina, os turnos disponíveis, a área fabril, parâmetros de eficiência e a configuração dos centros de distribuição. Serve como base única para módulos dependentes de recursos e capacidade, viabilizando a verificação de restrições operacionais e o cálculo de limites como estoques máximos e throughput. Em razão de seu papel canônico, previne duplicidades e anomalias de inserção e atualização, além de facilitar auditoria das condições iniciais.

A tabela ilustrada na imagem 19, é enviada na primeira semana. Opcionalmente, o organizador do jogo pode autorizar seu envio em semanas subsequentes, de modo a permitir revisão das escolhas iniciais e consequente realinhamento da estrutura fabril e de distribuição, mantendo-se os controles de vigência e de integridade dos dados.

Figura 19: Exemplo de tabela de decisões iniciais

	A	B	C	D	E	F	G	
1								
2	DECISÕES INICIAIS DE SET-UP							
3								
4	CONFIGURAÇÃO DAS INSTALAÇÕES							
5	Fábrica	Localização	Qtde de Máquinas	Mão-de-obra	Área Estoque de MP1 (m²)	Área Estoque de MP2 (m²)	Área Estoque de MP3 (m²)	
6	1							
7	2							
8								
9	Centro de Distribuição	Localização	Área PA1 (m²)	Área PA2 (m²)	Área PA3 (m²)	Área Total do CD (m²)		
10	1							
11	2							
12	3							
13	4							

Fonte: Elaboração própria.

3.2.10.2 Ordem de Produção

Esta tabela tem por finalidade explicitar quanto cada fábrica da empresa produzirá na semana de referência, discriminando volumes por produto, por linha e por turno. A integração com a configuração fabril vigente garante que os quantitativos declarados refletem as restrições de máquinas e as capacidades por turno, bem como, quando aplicável, a disponibilidade de matéria-prima. Validações automáticas impedem ultrapassagens de

capacidade e sinalizam inconsistências de sequência e de tempo de processamento. O resultado é a consolidação, em um único artefato, do plano de produção por unidade operacional, fornecendo visibilidade objetiva do uso de ativos, do mix produzido e de potenciais gargalos, com implicações diretas para prazos de atendimento e nível de serviço.

Como nota-se na Figura 20, o Arquivo em excel, Ordem de Produção, apresenta uma estrutura padronizada para o registro da demanda diária por produto em cada fábrica da empresa, no exemplo há duas fábricas, Uberlândia e São Paulo. A primeira coluna, abaixo do nome de cada fábrica, lista os dias úteis correspondentes à semana de referência e, nas colunas seguintes, constam os produtos ativos, formando uma grade em que o responsável informa, para cada dia, as quantidades planejadas em cada unidade produtiva. Essa organização facilita a consolidação posterior, assegura aderência ao calendário do jogo e preserva a comparabilidade entre equipes.

Figura 20: Exemplo de tabela de ordem de produção

	A	B	C	D
1				
Ordem de Produção				
2				
3				
4	Semana			
5	Semana 1			
6				
7	Uberlândia	PA1	PA2	PA3
8	 Dia 1			
9	 Dia 2			
10	 Dia 3			
11	 Dia 4			
12	 Dia 5			
13				
14				
15	São Paulo	PA1	PA2	PA3
16	 Dia 1			
17	 Dia 2			
18	 Dia 3			
19	 Dia 4			
20	 Dia 5			

Fonte: Elaboração própria.

3.2.10.3 Tabela de Transporte

Esta tabela registra as remessas entre fábrica, centros de distribuição e varejo. Os campos contemplam semana de embarque, origem, destino, produto, quantidade, modal e janelas operacionais. As validações verificam coerência origem–destino, cobertura do operador, limites de peso e volume e frequências por modal. A informação padronizada alimenta o cálculo de tempos de deslocamento e datas de entrega, conectando decisões logísticas a métricas de nível de serviço e a requerimentos de capital de giro.

Figura 21: Exemplo de tabela de transporte

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
Formulário para a Solicitação de Transporte													
1													
2													
3													
4	Semana	Origem	Cidade de Origem	Dia da Coleta	Modal	Tipo do Produto	Qtde MP em (ton) PA em (unid)	Destino	Cidade de Destino	Dias Uteis de viagem	Dia da entrega	Ver. MP	Ver. Dest. MP
5	1	Fornecedor	Manaus	3	Caminhão	MP1	10	Fábrica	Uberlândia	3	6	OK	OK
6	1	Fornecedor	Manaus	4	Caminhão	MP1	10	Fábrica	Uberlândia	3	7	OK	OK
7	1	Fornecedor	Cuiabá	4	Caminhão	MP2	12	Fábrica	Uberlândia	1	5	OK	OK
8	1	Fornecedor	Porto Alegre	0	Caminhão	MP3	15	Fábrica	Uberlândia	0	0	OK	OK
9	1	CD	Ribeirão Preto	0	Caminhão	PA1	1358	Varejista	Belo Horizonte	0	0		
10	1	CD	Ribeirão Preto	2	Caminhão	PA1	1358	Varejista	Brasília	0	2		
11	1	CD	Ribeirão Preto	0	Caminhão	PA1	544	Varejista	Campo Grande	0	0		
12	1	CD	Ribeirão Preto	1	Caminhão	PA1	815	Varejista	Cuiabá	0	1		
13	1	CD	Ribeirão Preto	0	Caminhão	PA1	1087	Varejista	Goiânia	0	0		
14	1	CD	Ribeirão Preto	2	Caminhão	PA1	2446	Varejista	Rio de Janeiro	0	2		
15	1	CD	Ribeirão Preto	3	Caminhão	PA1	815	Varejista	Uberlândia	0	3		
16	1	CD	Ribeirão Preto	4	Caminhão	PA1	815	Varejista	Vitória	0	4		
17	1	CD	Ribeirão Preto	2	Caminhão	PA1	1087	Varejista	Campinas	0	2		
18	1	CD	Ribeirão Preto	5	Caminhão	PA1	1087	Varejista	Curitiba	0	5		
19	1	CD	Ribeirão Preto	4	Caminhão	PA1	815	Varejista	Joinville	0	4		
20	1	CD	Ribeirão Preto	5	Caminhão	PA1	1087	Varejista	Porto Alegre	0	5		
21	1	CD	Ribeirão Preto	5	Caminhão	PA1	1087	Varejista	Ribeirão Preto	0	5		
22	1	CD	Ribeirão Preto	3	Caminhão	PA1	815	Varejista	Santos	0	3		
23	1	CD	Ribeirão Preto	1	Caminhão	PA1	2717	Varejista	São Paulo	0	1		
24	1	CD	Ribeirão Preto	2	Caminhão	PA1	544	Varejista	Belém	0	2		
25	1	CD	Ribeirão Preto	0	Caminhão	PA1	1358	Varejista	Fortaleza	0	0		
26	1	CD	Ribeirão Preto	5	Caminhão	PA1	544	Varejista	Manaus	0	5		
27	1	CD	Ribeirão Preto	0	Caminhão	PA1	1087	Varejista	Natal	0	0		
28	1	CD	Ribeirão Preto	1	Caminhão	PA1	544	Varejista	São Luís	0	1		
29	1	CD	Ribeirão Preto	2	Caminhão	PA1	1087	Varejista	João Pessoa	0	2		
30	1	CD	Ribeirão Preto	4	Caminhão	PA1	1087	Varejista	Maceió	0	4		
31	1	CD	Ribeirão Preto	4	Caminhão	PA1	1087	Varejista	Recife	0	4		
32	1	CD	Ribeirão Preto	5	Caminhão	PA1	1358	Varejista	Salvador	0	5		
33	1	CD	Ribeirão Preto	4	Caminhão	PA1	544	Varejista	Viçosa da Conquista	0	4		
34	1	CD	Ribeirão Preto	4	Caminhão	PA2	3009	Varejista	Belo Horizonte	0	4		

Fonte: Elaboração própria.

O formulário de solicitação de transporte mostrado na imagem 32 deve ser preenchido da esquerda para a direita, registrando, para cada linha, uma requisição completa referente à semana ativa. A coluna Semana encontra-se fixada para o período em curso, evitando discrepâncias temporais. Em Origem, o usuário seleciona a natureza do ponto de partida entre as opções permitidas, sendo Fornecedor, Fábrica ou Centro de Distribuição. A seguir, Cidade de Origem é escolhida a partir de uma lista suspensa que apresenta somente localidades válidas para a origem indicada: quando a origem é Fornecedor, a lista exibe exclusivamente cidades com fornecedor habilitado para o tipo de produto; quando a origem é Fábrica ou CD, a lista é restrita às cidades onde a empresa de fato possui planta fabril ou centro de distribuição, prevenindo lançamentos em localidades inexistentes na rede. O campo Dia da Coleta está limitado aos cinco dias úteis da semana corrente, auxiliando a aderência ao calendário. Modal provém de um catálogo estático validado, e Tipo do

Produto remete ao conjunto de matérias-primas e produtos acabados definidos para a rodada. A quantidade é registrada em unidades coerentes com o tipo selecionado, sendo toneladas para matéria-prima, unidades para produto acabado, conforme instrução no cabeçalho.

As colunas auxiliares Dias Úteis de viagem e Dia da entrega orientam o planejamento temporal. A primeira calcula, por fórmula, o tempo de deslocamento a partir da combinação entre modal, cidade de origem e cidade de destino, consultando a matriz de transporte cadastrada. Em casos em que não há rota cadastrada para determinada combinação, a célula devolve indicação explícita de impossibilidade ou de necessidade de verificação de dados, evitando que a requisição avance com premissas inconsistentes. A segunda deriva automaticamente a data de entrega como soma do dia de coleta com os dias úteis de viagem, conferindo visibilidade imediata sobre a janela de atendimento resultante e reduzindo erros de contagem manual.

O bloco à direita reúne validações de consistência. A verificação de matéria-prima confirma, quando a origem é Fornecedor, a existência do par válido entre tipo de produto e cidade de origem na tabela de fornecedores; na ausência dessa correspondência, o formulário sinaliza impedimento. A verificação de destino de matéria-prima confere se a cidade de destino é elegível para recebimento do insumo, com base no cadastro operacional; em caso negativo, o sistema aponta a restrição. Adicionalmente, a verificação de quantidade consulta uma matriz de limites por modal e tipo de produto, retornando o teto aplicável para aquela combinação; quando a combinação não é reconhecida ou excede a política de transporte, a célula indica a irregularidade. Esses mecanismos funcionam como salvaguardas de domínio e asseguram que cada linha esteja em conformidade com as regras logísticas antes do processamento.

Os controles de entrada são complementados por listas suspensas e restrições que reduzem ambiguidades. As cidades de destino são oferecidas a partir do catálogo efetivo de praças atendidas. O campo “Semana” aceita apenas o inteiro correspondente ao período ativo, com tratamento de erro do tipo bloqueante para evitar divergências. As opções de modal são extraídas de uma aba interna e mantidas consistentes entre empresas e rodadas. Em conjunto, as listas de escolha e as validações automáticas padronizam o preenchimento, diminuem retrabalho e conferem rastreabilidade entre a decisão registrada no formulário e as restrições operacionais que a sustentam, auxiliando o aluno no momento de preencher o formulário.

3.2.10.4 Tabela de BID

Esta tabela, ilustrada na figura 22, formaliza as ofertas por produto e por mercado na semana corrente. As verificações asseguram que preços permaneçam em faixas plausíveis, que produtos e mercados pertençam aos catálogos vigentes e que não ocorram colisões de políticas. A partir dessas informações são calculadas atratividades relativas, determinados vencedores por lote de demanda e apuradas participações de mercado.

Figura 22: Exemplo de tabela de BID

	A	B	C
1			
2			
3			
4	PA1	PA2	PA3
5			

Fonte: Elaboração própria.

3.2.10.5 Relatório de Demanda Semanal

Quando a empresa vence o BID em uma ou mais combinações de produto e Semana, recebe, para a semana subsequente, um conjunto de tabelas de demanda específicas, uma para cada produto conquistado. Cada tabela explicita o volume de demanda alocado, o mercado de destino, a janela de atendimento. As tabelas são integradas ao processamento de produção e de transporte, permitindo que a empresa projete capacidade, defina priorização por mercado, calcule necessidades de matéria-prima e dimensione embarques. Além disso, carregam metadados de rastreabilidade, como referência à semana de origem do BID, o que facilita auditoria e comparações de desempenho. Ao padronizar essa informação e distribuí-la de forma automática, o sistema reduz incerteza na programação, melhora a aderência às janelas de entrega e fortalece a ligação entre decisões comerciais e resultados de nível de serviço.

A tabela, ilustrada na figura 23, corresponde a demanda pela empresa 1 após a vitória no BID para o produto PA1. Sua finalidade é indicar, por Localização, os volumes diários a serem atendidos na semana operacional de referência. As duas primeiras colunas identificam o produto e o mercado; as colunas subsequentes registram as quantidades por dia útil da semana (dias 6 a 10, no exemplo); a última coluna apresenta o total semanal consolidado que servirá de base para a programação subsequente. Vale destacar que qualquer quantidade que seja entregue em um dia diferente do que está mostrado aqui, será descartada e a empresa ficará como não tivesse entregado o produto, afetando a sua lucratividade e o seu nível de serviço, por conta disso é muito importante saber qual

modelo de transporte será escolhido para cada envio.

Figura 23: Exemplo de demanda do PA1 na Semana 2

1	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ProductID	Localização	6	7	8	9	10	Semana 2
2	1	São Paulo	0	1690	0	0	0	1690
3	1	Rio de Janeiro	0	1521	0	0	0	1521
4	1	Belo Horizonte	0	0	845	0	0	845
5	1	Brasília	0	0	0	0	845	845
6	1	Fortaleza	0	0	0	845	0	845
7	1	Salvador	0	0	0	0	845	845
8	1	Campinas	0	0	0	0	676	676
9	1	Curitiba	0	0	676	0	0	676
10	1	Porto Alegre	0	0	676	0	0	676
11	1	Recife	0	0	0	0	676	676
12	1	Goiânia	0	676	0	0	0	676
13	1	João Pessoa	0	0	0	0	676	676
14	1	Maceió	0	0	0	676	0	676
15	1	Natal	0	676	0	0	0	676
16	1	Ribeirão Preto	0	676	0	0	0	676
17	1	Cuiabá	0	507	0	0	0	507
18	1	Joinville	0	0	507	0	0	507
19	1	Santos	0	0	0	0	507	507
20	1	Uberlândia	0	0	0	0	507	507
21	1	Vitória	0	0	0	0	507	507
22	1	Belém	0	0	338	0	0	338
23	1	Campo Grande	0	0	0	0	338	338
24	1	Manaus	0	338	0	0	0	338
25	1	São Luís	0	0	0	338	0	338
26	1	Vitória da Conquista	0	338	0	0	0	338

Fonte: Elaboração própria.

3.2.10.6 Relatório de Layout fabril

Esta tabela retrata o estado estrutural da fábrica em cada rodada, abrangendo máquinas instaladas, turnos ativos, área fabril, capacidades nominais e histórico de alterações autorizadas. Atua como repositório de referência para os módulos que dependem de premissas de capacidade e recursos, assegurando consistência entre decisões de produção e decisões de transporte. Seu desenho favorece o versionamento temporal de parâmetros, preservando a coerência dos cálculos ao longo das semanas e permitindo auditorias sobre decisões estruturais e seus efeitos sobre custos unitários, gargalos e responsividade.

Figura 24: Exemplo de demanda do PA1 na Semana 2

1	A ProductID	B Localização	C 6	D 7	E 8	F 9	G 10	H Semana 2
2	1	São Paulo	0	1690	0	0	0	1690
3	1	Rio de Janeiro	0	1521	0	0	0	1521
4	1	Belo Horizonte	0	0	845	0	0	845
5	1	Brasília	0	0	0	0	845	845
6	1	Fortaleza	0	0	0	845	0	845
7	1	Salvador	0	0	0	0	845	845
8	1	Campinas	0	0	0	0	676	676
9	1	Curitiba	0	0	676	0	0	676
10	1	Porto Alegre	0	0	676	0	0	676
11	1	Recife	0	0	0	0	676	676
12	1	Goiânia	0	676	0	0	0	676
13	1	João Pessoa	0	0	0	0	676	676
14	1	Maceió	0	0	0	676	0	676
15	1	Natal	0	676	0	0	0	676
16	1	Ribeirão Preto	0	676	0	0	0	676
17	1	Cuiabá	0	507	0	0	0	507
18	1	Joinville	0	0	507	0	0	507
19	1	Santos	0	0	0	0	507	507
20	1	Uberlândia	0	0	0	0	507	507
21	1	Vitória	0	0	0	0	507	507
22	1	Belém	0	0	338	0	0	338
23	1	Campo Grande	0	0	0	0	338	338
24	1	Manaus	0	338	0	0	0	338
25	1	São Luís	0	0	0	338	0	338
26	1	Vitória da Conquista	0	338	0	0	0	338

Fonte: Elaboração própria.

O Relatório de layout fabril apresentado na figura 24 representa, para a empresa e a semana de referência, um retrato do nível de ocupação no último dia do período, organizando a informação por local e por tipo de item. As linhas identificam pontos de estocagem na fábrica (F1, F2) para matérias-primas e no centro de distribuição (CD1) para produtos acabados, enquanto as colunas sintetizam três dimensões: a capacidade máxima do local, o estoque disponível na data de corte e o percentual de ocupação resultante. A distinção de unidades é explícita: itens MP correspondem a matérias-primas expressas em toneladas, ao passo que itens PA representam produtos acabados expressos em unidades. Essa separação evita ambiguidade dimensional e permite leitura direta das restrições físicas de armazenagem associadas a cada tipo de material.

Do ponto de vista operacional, a tabela fornece insumos imediatos para decisões de curto prazo. O percentual de ocupação indica proximidade do limite físico e sustenta ações como antecipação de consumo de MP, realocação de PA entre CDs ou replanejamento de produção para evitar estrangulamentos. O estoque disponível no CD, expresso em unidades de PA, orienta a preparação de embarques, a priorização por mercado e a aderência a janelas de entrega, enquanto o estoque de MP na fábrica, em toneladas, informa a viabilidade de cumprir ordens de produção sem risco de parada por falta de

insumo. Os totais por categoria (MP1, MP2, MP3 e PA1, PA2, PA3) consolidam a visão e permitem verificar coerência entre capacidade instalada e decisões de mix.

Em termos de integração, o quadro de estoques conecta premissas estruturais ao fluxo semanal do jogo. Os limites máximos são consistentes com o layout fabril e com a infraestrutura do CD, garantindo que o planejamento de produção, transporte e estocagem respeite as restrições de área, empilhamento e giro. A fotografia no último dia da semana alimenta os cálculos de custo de carregamento e dialoga com a DRE, além de servir de base para o cálculo de necessidades de reposição na semana seguinte. Pedagogicamente, a planilha apoia análises de trade-offs entre nível de serviço e capital imobilizado, discussão de políticas de estoque de segurança e identificação de gargalos de armazenagem, preservando rastreabilidade entre decisões anteriores e o estado observado ao final da rodada.

3.2.10.7 DRE

Esta tabela consolida o resultado econômico-financeiro por empresa em cada rodada, integrando receitas, custos e despesas para derivar margens e demais indicadores de desempenho. É alimentada exclusivamente por dados processados nos módulos operacionais, o que assegura rastreabilidade direta entre decisões e resultados. Sua organização facilita comparações intertemporais e análises de sensibilidade, apoiando a avaliação pedagógica dos efeitos de estratégias de preços, alocação de capacidade e escolhas logísticas.

A demonstração de resultados por empresa, ilustrada na figura 25 organiza, em um único artefato, as informações essenciais para leitura do desempenho da rodada e para acompanhamento do curso. O estudante enxerga a decomposição das receitas por produto e o somatório em Receita de Vendas, o que permite avaliar efeitos de decisões comerciais como preço, mix e participação em mercados. Em seguida, a seção de investimentos evidencia desembolsos estruturais como aquisição de ativos e contratação de pessoal, permitindo distinguir custos que ocorrem uma única vez de gastos recorrentes. Os blocos operacionais apresentam, de forma separada, os custos das fábricas, os custos dos centros de distribuição e os gastos com transporte, com discriminação entre fretes de matéria prima e de produto acabado. Por fim, o carregamento de estoques mostra o impacto financeiro de manter insumos e produtos ao longo do tempo.

Figura 25: Exemplo hipotético da tabela da DRE preenchida

	A	B	C
1			
2		Empresa 1	Semana 1
3			
4	Item_DRE	Semana 1	Consolidado
5	Receita de venda - PA1	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
6	Receita de venda - PA2	R\$ 40.000,00	R\$ 40.000,00
7	Receita de venda - PA3	R\$ 90.000,00	R\$ 90.000,00
8	Receita de Vendas	R\$ 140.000,00	R\$ 140.000,00
9			
10	Investimentos		
11	Aquisição de terrenos	R\$ 14.652.250,00	R\$ 14.652.250,00
12	Aquisição de máquinas	R\$ 9.000.000,00	R\$ 9.000.000,00
13	Contratação de operários	R\$ 28.350,00	R\$ 28.350,00
14			
15	Operação das fábricas		
16	Custo de manutenção das fábricas	R\$ 1.012,50	R\$ 1.012,50
17	Salário operários	R\$ 3.150,00	R\$ 3.150,00
18	Custo de produção	R\$ 88.920,00	R\$ 88.920,00
19	Aquisição de matéria-prima	R\$ 2.265.600,00	R\$ 2.265.600,00
20			
21	Operação CD's		
22	Custo de manutenção dos CD's	R\$ 828,00	R\$ 828,00
23			
24	Transportes		
25	Custo do frete de MP	R\$ 27.334,28	R\$ 27.334,28
26	Custo do frete de PA	R\$ 7.910,80	R\$ 7.910,80
27			
28	Carregamento de estoque		
29	Matéria-prima	R\$ 535.400,00	R\$ 535.400,00
30	Produto acabado	R\$ 1.230,00	R\$ 1.230,00
31			
32	Lucro/Prejuízo do Período	-R\$ 2.819.735,58	-R\$ 26.471.985,58

Fonte: Elaboração própria.

Com essa estrutura, o aluno dispõe de um panorama que viabiliza análises pedagógicas relevantes. A comparação entre a coluna da semana e a coluna consolidada ajuda a identificar tendências e a compreender a diferença entre efeitos de curto prazo e efeitos acumulados. A separação por produto apoia a análise de margens por linha, o estudo do mix e a verificação de coerência entre decisões de produção e resultados de venda. A distinção entre custos de fábrica, custos de centros de distribuição e custos de transporte facilita o mapeamento de alavancas operacionais, como eficiência produtiva, desenho da rede e escolha de modais. A presença do carregamento de estoques permite discutir o equilíbrio entre nível de serviço e capital imobilizado. Em conjunto, essas leituras sustentam exercícios de sensibilidade, identificação de gargalos, avaliação de pontos de equilíbrio e construção de planos de ação para a rodada seguinte, com rastreabilidade direta entre o que foi decidido e o que foi apurado.

3.3 Desenvolvimento da plataforma

3.3.1 Arquitetura tecnológica e integrações

A plataforma desenvolvida para o Ensino de supply chain tem como finalidade instituir um ambiente estruturado de armazenamento e governança de documentos que sustenta a execução do jogo. Converte o processo de submissão e distribuição de arquivos em um fluxo integrado e rastreável, no qual cada equipe utiliza credenciais próprias e áreas delimitadas por jogo e por semana. A docência acessa um repositório único para verificação de entregas, identificação de pendências e recuperação de versões anteriores. Esse arranjo reduz tarefas manuais de organização e direciona o tempo de aula para análise de resultados, discussão de estratégias e feedback.

O valor pedagógico decorre da previsibilidade do ciclo semanal de trabalho. Os estudantes encontram um local estável de envio, recebem confirmação de recebimento ou indicação de inconformidades e seguem convenções explícitas de nomeação e prazos. Essa padronização promove cumprimento de prazos, responsabilização das equipes e comparabilidade entre participantes. A redução de variações operacionais diminui a carga extrínseca e libera atenção para as decisões de produção, transporte e mercado.

A plataforma adota princípios de segurança e de qualidade de dados. O controle de acesso por credenciais restringe leitura e escrita ao escopo autorizado. O isolamento por equipe evita assimetria informacional. A padronização de nomes, carimbos temporais e convenções por semana permite automação de conferências, facilita auditorias e viabiliza a reconstituição do estado de cada rodada. O registro de versões forma um histórico consultável para evitar controvérsias, analisar erros e documentar a evolução das estratégias.

A robustez operacional é obtida por rotinas de criação e verificação de pastas, por checagens de formato mínimo e por desconsideração de arquivos não conformes. Cópias de segurança e trilhas de eventos permitem restaurar estados consistentes em caso de falhas de rede, exclusões ou interrupções do calendário. Esses mecanismos mantêm a continuidade do curso e a integridade do material submetido.

A centralização do acesso pela docência possibilita relatórios de completude, identificação rápida de lacunas e intervenções pontuais, caso necessário. O repositório organizado por jogo, semana e equipe apoia revisões, comparações entre períodos e demonstrações em sala com base nas próprias entregas. A recuperação de versões anteriores permite analisar trajetórias de decisão e relacionar ajustes de política a resultados econômicos e operacionais.

Processos de consolidação e geração de relatórios operam sobre caminhos previsíveis, com menos parametrizações e menor risco de erro por divergência de nomenclatura ou de validações manuais necessárias em um sistema não automatizado. Esse desenho facilita a automação de pipelines com janelas de execução e notificações, além de acomodar a inclusão de novos artefatos de entrada e saída sem ruptura das convenções existentes.

O histórico de eventos registra horários de envio e alterações, o que auxilia na mediação de atrasos e substituições. A explicitação de critérios de aceitação e o retorno sobre o status de cada submissão aumentam a transparência do processo avaliativo.

Em termos administrativos, a automação de tarefas recorrentes reduz solicitações de localização de documentos, trocas individuais de mensagens, downloads e validações manuais sobre os documentos acessados. A documentação das convenções de pasta diminui a curva de aprendizagem para o docente aplicar o jogo em diferentes turmas e facilita a continuidade em semestres posteriores. A separação entre lógica de negócio e provedor de armazenamento preserva a possibilidade de migração tecnológica sem reescrita substancial das rotinas.

A plataforma também promove equidade. A padronização de locais de envio, nomenclaturas e prazos limita variações não essenciais entre equipes e melhora a base para comparação. A visibilidade sobre o status de entregas e a rastreabilidade de versões reduzem disputas sobre material submetido. A visão consolidada permite ações de apoio direcionadas a grupos com dificuldades, sem alterar as regras da competição.

Em síntese, a plataforma integra controle de identidade, estrutura de pastas, verificação de conformidade, versionamento e registros de operação para sustentar o jogo com rastreabilidade e consistência. Com isso, estabelece condições para um laboratório de decisão com baixa fricção operacional e foco nos resultados de aprendizagem.

4 RESULTADOS

4.1 Arquitetura e desenvolvimento do sistema

Esta seção descreve a concepção e a engenharia do sistema que sustenta o jogo didático de supply chain, do ponto de vista arquitetural e operacional. Inicialmente, apresenta-se a implementação e a orquestração da plataforma em Python, incluindo a API de integração com o armazenamento em nuvem, os princípios de autenticação e autorização com menor privilégio, a organização idempotente de diretórios por jogo–semana–equipe e os mecanismos de observabilidade e tratamento de erros. Em seguida, detalha-se o front-end web (Flask) disponibilizado aos usuários, com as três áreas funcionais, login, recebidos e envios, que encapsulam validações de entrada, retornos explícitos de estado e registro consistente das ações. Na sequência, expõe-se a automação de submissão e distribuição de arquivos, cobrindo convenções de nomenclatura, verificações sintáticas e semânticas, relatórios de completude e logs estruturados que viabilizam reexecução sem efeitos colaterais, auditoria e isolamento de falhas por equipe. Por fim, discute-se o uso de jogos paralelos para exploração de conceitos específicos, com parametrizações semanais e trilhas graduais de complexidade, de modo a preservar reproduzibilidade, escalabilidade e alinhamento pedagógico entre objetivos, atividades e avaliação

4.1.1 Implementação e orquestração da plataforma

A plataforma foi construída em Python visando estruturar uma API de integração com serviço de armazenamento em nuvem, estabelecendo autenticação programática, escopos de acesso e operações padronizadas de listar, enviar, baixar e organizar documentos por turma, equipe e semana. Para uso operacional foi empacotado um executável que realiza a conexão segura com a nuvem, carrega parâmetros de configuração, verifica pré-condições e oferece uma interface web implementada com Flask, de modo que os fluxos essenciais fiquem disponíveis sem dependência de ambiente de desenvolvimento.

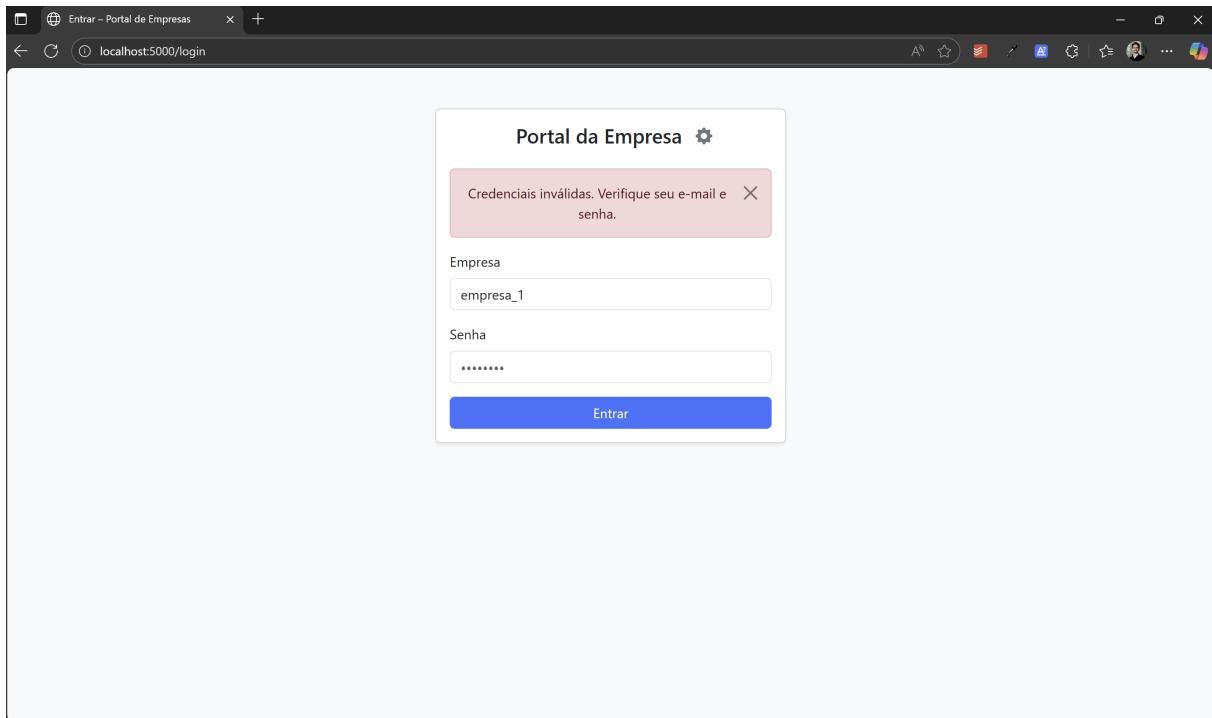
No núcleo de back end a solução implementa quatro responsabilidades integradas. A

primeira é autenticação e autorização sob princípio do menor privilégio, com separação de credenciais do código e restrição de leitura e escrita ao espaço do curso. A segunda é o provisionamento idempotente de diretórios com convenção determinística por jogo, semana e equipe, evitando duplicidades e permitindo reentradas seguras. A terceira é a ingestão e verificação de conformidade com checagens sintáticas mínimas, triagem de itens não conformes e emissão de comprovante de recebimento por equipe. A quarta é observabilidade e tratamento de erros com logs estruturados, indicadores de completude, classificação de falhas transitórias, inconformidades e violações de permissão, aplicação de retentativas quando cabível e isolamento do impacto por equipe. O desempenho é tratado com paginação de listagens, filtros por diretório, cache de metadados durante o ciclo e envio resiliente a falhas de rede, e a separação entre lógica de negócio e conector de armazenamento preserva portabilidade para provedores alternativos caso necessário.

Em relação ao front-end do executável que será majoritariamente usado pelo aluno há três principais interfaces produzidas em Flask que encapsula as rotinas da API e disponibiliza áreas funcionais com validações de entrada, retorno explícito de estado e registro consistente das ações realizadas.

A primeira área é a tela de login, que estabelece a sessão de trabalho ao permitir a entrada de credenciais institucionais. A autenticação retorna informação objetiva sobre sucesso, expiração e escopo concedido e a interface apresenta o estado da conexão, a identificação do curso. Em caso de falha, a aplicação exibe mensagem orientativa e mantém as demais áreas inativas até que a sessão esteja válida, como é mostrada na figura 26.

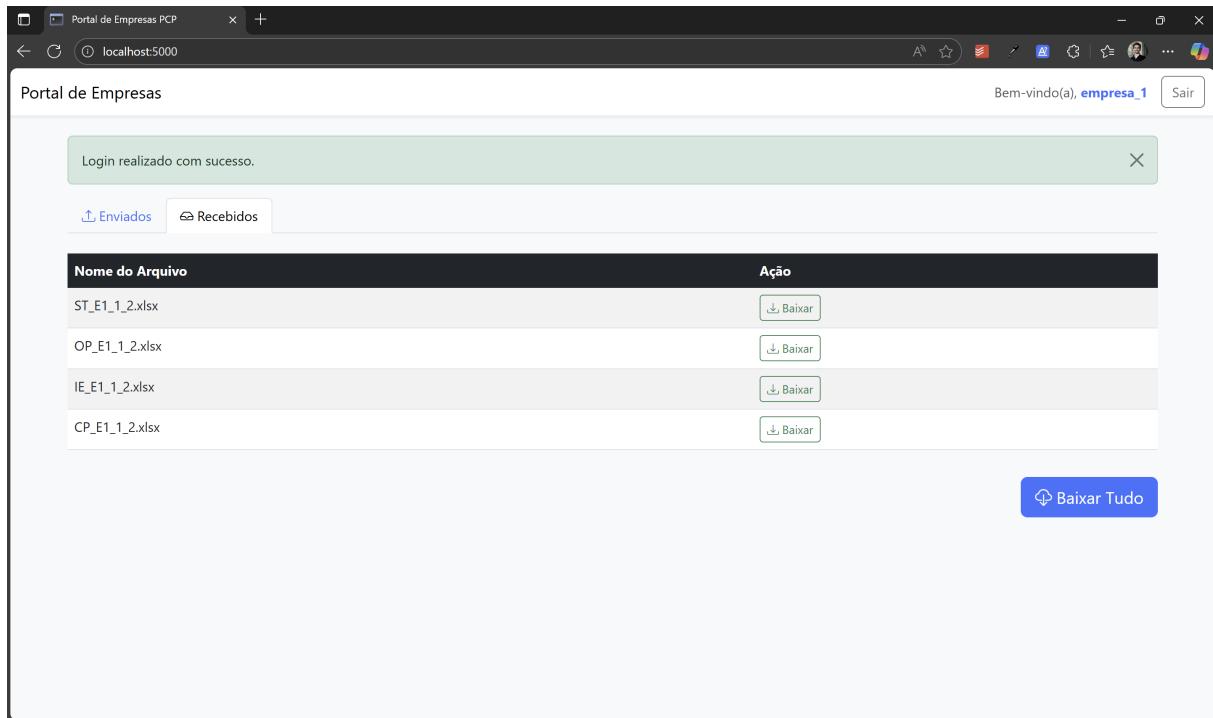
Figura 26: Tela de login com erro na autenticação



Fonte: Elaboração própria.

A segunda área é a aba de recebidos, nessa aba o aluno terá acesso a todos os materiais necessários para as decisões que devem ser tomadas naquela semana, ou seja, terá acesso ao excel de transporte, ao excel de produção e ao excel do BID que deve ser preenchido todas as semanas. Além desses recursos, também terá acesso aos relatórios gerencias que que podem ser enviados, sendo eles a DRE da companhia, os indicadores operacionais da industria e seus níveis de estoque, tanto de produto acaba tanto de matéria-prima. Com esses relatórios será dada a oportunidade dos alunos validarem se seus controles internos estão sendo feitos da maneira correta. Outros documentos relevantes que poderá aparecer aqui, são materiais de aulas ou documentos extras que o docente achou relevante disponibilizar para dar maior embasamento para o aluno tomar as suas decisões, centralizando assim todo o fluxo de informação que o aluno precisa ter para estar apto a disputar aquela semana do jogo. Tais materias estarão dispostos como mostra a figura 27

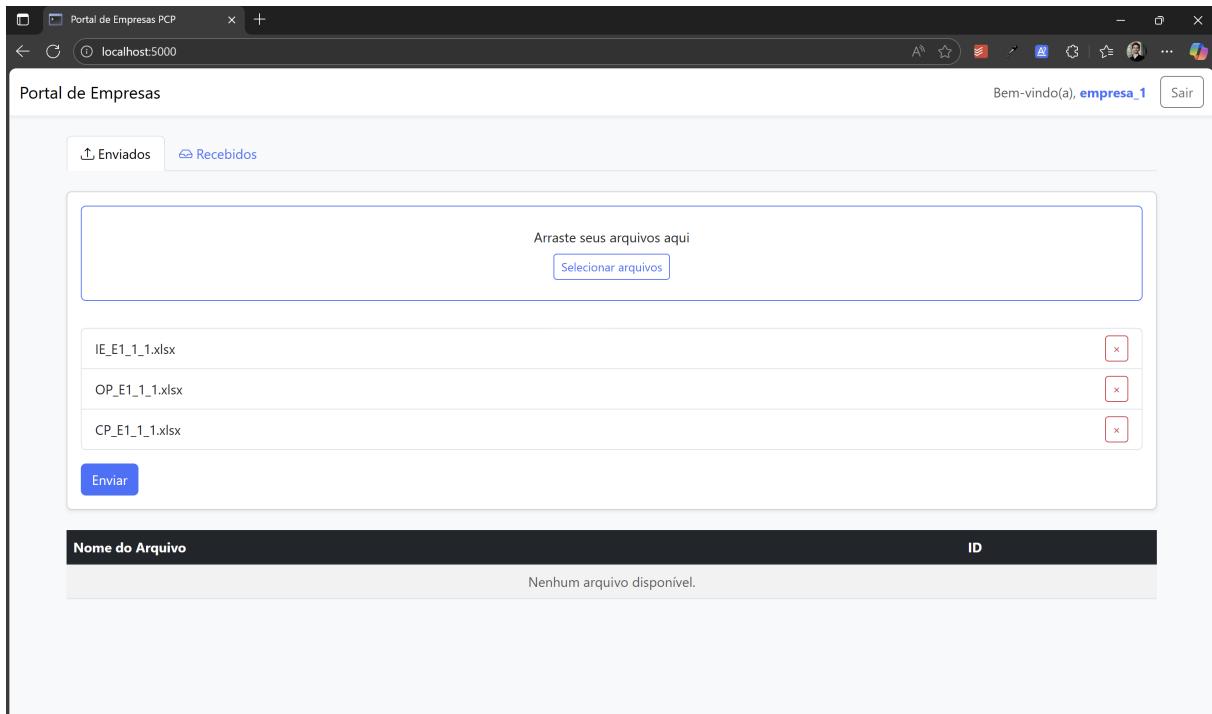
Figura 27: Tela com os arquivos recebidos



Fonte: Elaboração própria.

A terceira área é a aba de envios, que realiza a publicação dos materiais oficiais da semana preenchido pelos os alunos. O usuário seleciona os arquivos padrões que tem que enviar, que semanalmente serão três, como mostra o exemplo na figura 28 abaixo. Destaca-se o fato que essa área foi criado com mecanismos de segurança que evitam que o aluno consiga enviar arquivos duplicados por semana e que também envie arquivos fora do padrão. Dessa maneira, é criado um ecossistema que mantem o padrão esperado dos arquivos e impede que erros ocorram e prejudiquem a equipe que os enviou.

Figura 28: Tela com os arquivos enviados



Fonte: Elaboração própria.

4.1.2 Automação de submissão e distribuição de arquivos

A integração da plataforma desenvolvida para o ensino de supply chain com o jogo possibilita a execução automática dos downloads dos arquivos submetidos pelas equipes e dos envios semanais dos materiais padrão para as pastas de cada grupo. Essa integração opera com base em convenções de nomenclatura que incluem marcadores de equipe e de semana, o que assegura a identificação correta do destino, a classificação dos artefatos sem intervenção manual e a manutenção da correspondência entre entradas e saídas de cada rodada.

No fluxo de downloads, a plataforma consulta as pastas das equipes no ambiente de nuvem, identifica os arquivos correspondentes à semana selecionada, transfere-os para um repositório local de conferência e os organiza por equipe. São aplicadas verificações sintáticas e triagem de inconformidades para impedir o avanço de arquivos que não atendam aos requisitos definidos; itens retidos são registrados com o motivo e com orientação de correção, algo essencial para o docente poder explicar para o aluno o porquê da empresa daquele aluno não ter desempenhado bem nessa determinada semana. Ao final do ciclo, são emitidos indicadores de completude por equipe e um resumo consolidado com o total de arquivos baixados, pendências e ocorrências para o docente poder ter a visão

de como as empresas estão no quesito de entrega de arquivos.

No fluxo de envios, a aplicação publica, para todas as empresas, os materiais padrão da semana nas pastas de cada equipe separadamente. O procedimento aplica a convenção de nomes com a semana ativa, previne colisões por meio de verificações prévias e executa as transferências com retentativas em caso de falhas transitórias de rede, garantindo assim a publicação de todos os arquivos necessários para cada uma das empresas. O relatório resultante discrimina, por equipe, os arquivos publicados, os itens ignorados e o tempo de processamento, além de registrar logs estruturados para auditoria e validação do docente para analisar ao rodar a rodada, se o envio está correto.

Como comentado anteriormente, além desse ciclo básico, a integração entre plataforma e jogo viabiliza o envio de arquivos suplementares para alinhamento com o conteúdo trabalhado em aula. O docente pode associar, para cada semana, conjuntos adicionais de documentos como guias de estudo, conjuntos de dados para exercícios, exemplos resolvidos e comunicados, para fazer isso ele deve adicionar o exemplo de material que ele quer enviar na pasta de envios em seu próprio computador e adicionar o nome do arquivo seguindo a nomenclatura adequada.

Como mostra a imagem 29, observa-se que atualmente pode-se por semana adicionar 4 materiais extras, mas dado a necessidade, esse número pode ser alterado por meio de um parâmetro pré estabelecido no código e caso o professor não queira enviar um determinado arquivo padrão, como por exemplo a DRE daquela semana específica, ele precisa só apagar o nome dela dos arquivos que estão listados no parametrizados ilustrado na imagem, já que todos os campos padrões já vem preenchidos.

Figura 29: Exemplo da tela de parametrização dos arquivos enviados

The screenshot shows a configuration interface for sending tables. At the top, there is a title bar with a back arrow and the text 'Tabelas a enviar'. Below this, a section titled 'Prefixos das Tabelas:' contains a list of prefix fields and their corresponding input boxes:

Prefixo BID:	CP_E
Prefixo Produção:	OP_E
Prefixo Transporte:	ST_E
Prefixo Infra:	IE_E
Prefixo Demanda Diária:	DemandaDiaria_E
Prefixo Indicador Infra:	Indicador_Infra_E
Prefixo Indicador DRE:	Indicado_DRE_E
Prefixo Indicador Operacional:	Indicador_Operacional
Prefixo Extra 1:	Aula_1
Prefixo Extra 2:	Slide_1
Prefixo Extra 3:	
Prefixo Extra 4:	

Below the table prefixes, there is a note in bold: **Observação:** todo arquivo que deve ser enviado, deve terminar o nome com o padrão _X, sendo X o número daquela semana.

At the bottom right of the configuration area is a green button labeled 'Confirmar Configuração'.

Fonte: Elaboração própria.

Ambos os fluxos preservam reexecução sem efeitos colaterais, observam o princípio do menor privilégio nas permissões e isolam o impacto por equipe, de modo que falhas pontuais não interrompam o conjunto. A observabilidade inclui eventos com carimbo temporal, identificação do recurso e resultado, o que facilita diagnóstico e suporte. Em termos operacionais e pedagógicos, a automação reduz o trabalho manual na abertura e no fechamento de cada rodada, padroniza procedimentos entre turmas e libera tempo para análise de resultados, feedback e condução do curso.

4.1.3 Jogos paralelos para exploração de conceitos específicos

Sob a perspectiva da educação ativa, a possibilidade de criar múltiplos jogos em paralelo amplia de maneira substantiva o conjunto de cenários disponíveis para o ensino. Ao configurar instâncias com parâmetros distintos, o docente produz ambientes que evidenciam fenômenos específicos como políticas de estoque, elasticidade da demanda, restrições

logísticas, prazos de transporte, custos de capacidade e critérios de desempate por nível de serviço. Essa ampliação de cenários permite que os estudantes vivenciem ciclos repetidos de hipótese, decisão, observação e ajuste em condições variadas, o que fortalece a compreensão de relações de causa e efeito e facilita a transferência do conhecimento para novos contextos.

A multiplicidade de cenários também viabiliza comparações estruturadas. É possível conduzir exercícios do tipo A versus B alterando apenas uma variável relevante, preservando o restante do ambiente. Com isso, as equipes contrastam estratégias sob condições controladas e identificam com maior precisão os mecanismos que explicam diferenças de desempenho. Esse procedimento favorece a reflexão crítica, incentiva a argumentação baseada em evidências e reforça o alinhamento entre objetivos de aprendizagem, atividades e avaliação formativa.

Do ponto de vista do desenho pedagógico, os jogos paralelos oferecem trilhas graduais de complexidade sem alterar o processo operacional de publicação e coleta de arquivos. Instâncias introdutórias podem enfatizar a assimilação de conceitos, enquanto instâncias avançadas introduzem restrições mais severas e exigem maior coordenação entre decisões. A plataforma registra parâmetros, decisões e resultados por instância, o que assegura rastreabilidade e apoia devolutivas rápidas e específicas. Em conjunto, esses elementos tornam os jogos paralelos um recurso adequado para a educação ativa, pois ampliam as oportunidades de prática deliberada, promovem feedback frequente e sustentam a construção incremental de competências analíticas e operacionais.

4.2 Análise qualitativa dos dados

Essa sessão apresenta achados oriundos de duas frentes complementares de coleta qualitativa: i) entrevistas com ex-alunos que participaram do jogo em semestres anteriores à implementação da plataforma estruturada; e ii) uma entrevista semiestruturada com o criador da versão original do jogo, desenvolvida em Excel, utilizada como referência para a presente implementação. O objetivo não foi estimar efeitos causais, mas caracterizar padrões recorrentes de percepção e identificar mecanismos pelos quais a experiência do jogo afetou aprendizagem e operação em contexto de sala de aula, bem como mapear gargalos do arranjo anterior e como foram contornados na nova solução.

4.2.1 Evidências de egressos via entrevistas semiestruturadas

As entrevistas conduzidas com ex-alunos que participaram do jogo em semestres anteriores à implementação da plataforma estruturada permitem delinear um conjunto consistente de percepções sobre aprendizado, engajamento e dinâmica de aula. A análise foi orientada por roteiro comum, com questões abertas e de sondagem. O objetivo não foi estimar efeitos causais, mas caracterizar padrões recorrentes de percepção e identificar mecanismos pelos quais a experiência do jogo afetou a aprendizagem de supply chain management em contexto de sala de aula.

No tocante ao aprendizado conceitual, os participantes convergiram na avaliação de que o jogo contribuiu para a compreensão de interdependências entre elos da cadeia e para a visualização de trade-offs clássicos. Em várias narrativas emergiu a ideia de que decisões anteriormente tratadas como tópicos separados em disciplinas distintas tornaram-se partes de um mesmo raciocínio, especialmente quando a discussão deslocou-se de indicadores isolados para relações entre nível de serviço, capacidade, estoques e custo logístico. Essa integração foi citada como particularmente valiosa nos momentos em que o grupo precisou debater internamente escolhas em face de restrições múltiplas, por exemplo, ao revisar a conveniência de produzir em lotes maiores frente a variações de demanda, levando em consideração os custos de estoque e ao balancear o uso de modais com prazos e custos diversos. Na percepção dos entrevistados, a exigência de coerência entre decisões ao longo das semanas funcionou como um dispositivo de reforço da retenção, pois as consequências operacionais eram revisitadas na rodada seguinte e dada a competitividade do jogo, os jogadores procuravam entender seus erros para conseguir colocar em prática a melhor estratégia.

A dimensão de engajamento também apresentou sinais positivos. Vários egressos relataram maior participação nas aulas em que as rodadas dos jogos aconteciam, uma vez que teriam o espaço para debater internamente qual seria a estratégia que o grupo iria adotar. O formato de jogo foi descrito como dinamizador da interação em sala, reduzindo a passividade típica de exposições longas e encorajando que perguntas emergissem de situações vividas pelo próprio grupo. Houve menções ao aumento do tempo de estudo extraclasse dedicado à disciplina, motivado pelo desejo de melhorar a posição relativa da equipe, ainda que esse esforço adicional variasse em função do calendário acadêmico, sendo visto um grande aumento nos momentos em que teriam que escolher o layout da fábrica e a localização dela e do CD, dado que tal cenário abria espaço para diversas análises diferentes para embasar essa escolha. O dinamismo do formato foi frequentemente qualificado como

algo atrativo, sobretudo por imprimir um ritmo episódico às decisões e por criar uma narrativa que dava sentido ao acompanhamento contínuo dos dados.

Outro aspecto salientado nas entrevistas diz respeito à aplicabilidade percebida. Os participantes indicaram reconhecer no jogo elementos de processos reais de planejamento, como a necessidade de lidar com incerteza, de coordenar decisões entre funções e de medir resultados com múltiplos indicadores, além de conseguirem tangibilizar os aspectos teóricos de supply chain no decorrer das rodadas, seja por conta dos acertos cometidos, como também pelos erros, ao não analisar da maneira correta um cenário. Ainda que a complexidade fosse menor que a de ambientes corporativos, a estrutura do exercício foi considerada suficientemente rica para evidenciar dilemas plausíveis de gestão. Esse reconhecimento da plausibilidade, mesmo em um ambiente controlado, foi apontado como fator de motivação, pois a atividade deixava de ser um fim em si mesma e passava a ser percebida como preparação para situações profissionais.

As entrevistas também revelaram elementos de sociabilidade acadêmica que teriam reforçado a experiência de aprendizagem e tornado a disciplina mais interessante na visão do aluno. A possibilidade de dialogar com outras equipes pertencentes a jogos distintos, portanto não rivais diretas na mesma competição, foi avaliada como oportunidade para troca franca de estratégias e para benchmarking de decisões. Esse arranjo, no qual diferentes jogos ocorriam simultaneamente em uma mesma turma, reduzia a relutância em compartilhar raciocínios, favorecendo discussões sobre premissas, suposições e táticas adotadas. Em diversos depoimentos, essa abertura foi descrita como um fator que ampliou a qualidade do debate técnico em aula, pois as equipes sentiam-se mais à vontade para expor raciocínios, reconhecer limitações e incorporar sugestões.

Nem todas as percepções, contudo, foram positivas. Entre as limitações mais citadas, figurou a experiência de desmotivação em rodadas nas quais o mecanismo do BID, tal como implementado à época, resultava na alocação integral da demanda para uma única empresa. Quando isso ocorria de maneira repetida, equipes não vencedoras relataram sensação de perda de interesse, especialmente porque suas decisões não se traduziram em entregas e, portanto, não produziram evidências imediatas para discussão, além de sentirem que não conseguiriam recuperar o atraso frente as outras equipes do mesmo jogo. Essa característica foi apontada como um potencial desalinhamento entre a dinâmica competitiva e os objetivos pedagógicos, já que a aprendizagem seria favorecida quando múltiplas equipes permanecem com incentivos para ajustar decisões e sentirem que ainda estava ocorrendo uma competição entre as equipes. Também apareceram relatos de frustração quando pequenas diferenças de preço geravam mudanças abruptas na participação, o que

sugeriu percepção de elevada sensibilidade do resultado a parâmetros de competição em certas configurações.

Adicionalmente, mencionou-se a insuficiência do horizonte inicial de duas semanas para a definição de fábricas e centros de distribuição como fonte adicional de frustração. A complexidade da decisão, que envolve simultaneamente custos de instalação e operação, estrutura tributária, capacidades, lead times por modal, distribuição espacial da demanda e efeitos sobre o nível de serviço, foi percebida como desproporcional ao tempo disponível, sobretudo em turmas com heterogeneidade de familiaridade prévia com análise de localização. Alguns grupos relataram que o prazo curto induziu escolhas baseadas em heurísticas pouco testadas, reduzindo a confiança nas decisões e limitando o espaço para iteração informada entre cenários. Essa pressão temporal acentuou assimetrias entre equipes que rapidamente estruturaram dados e visualizações e aquelas que enfrentaram maior atrito na preparação das planilhas, com reflexos na sensação de justiça competitiva e no engajamento nas primeiras rodadas.

A carga de trabalho e a coordenação interna dos grupos também foram temas recorrentes. A necessidade de dividir responsabilidades entre análise de dados, definição de preços, planejamento de produção e verificação de consistência documental foi descrita como oportunidade de desenvolvimento de competências colaborativas, ainda que demandasse maturidade de gestão do tempo e clareza de papéis. Alguns relatos destacaram que equipes com rotinas explícitas e cronogramas internos obtinham melhor aproveitamento das discussões em aula, enquanto grupos que deixavam decisões para última hora sentiam maior pressão e menor qualidade de decisão. Essa heterogeneidade sugere que o jogo, além de conteúdo técnico, mobiliza capacidades de organização e comunicação típicas de ambientes profissionais, o que pode ser interpretado como um benefício pedagógico colateral.

Além disso, apareceram relatos de desequilíbrio de esforço dentro de algumas equipes, nas quais a participação desigual de membros gerou a percepção de prejuízo para quem assumia maior carga de trabalho. Em tais casos, estudantes relataram sensação de injustiça avaliativa e redução da motivação, sobretudo quando tarefas críticas, como a checagem de consistência dos KPI's produzidos internamente versus os dados do próprio jogo ou da preparação das estratégias do time para o preenchimento das tabelas semanais, ficavam recorrente e informalmente concentradas em poucos integrantes. Essa assimetria de contribuição impactou a qualidade das decisões e o clima de colaboração, reforçando a importância de mecanismos explícitos de coordenação, registro de responsabilidades e, quando cabível, avaliação por pares para mitigar efeitos distributivos indesejados no

desempenho do grupo.

Outro ponto salientado foi que, em uma mesma aula, usualmente era possível processar apenas uma rodada, o que reduzia o dinamismo desejado para a experiência de jogo. A limitação decorria, em grande medida, do tempo necessário para a etapa de validação manual dos arquivos pelo docente, que envolvia conferências de formato, consistência e aderência às regras antes da execução dos cálculos. Esse gargalo operacional alongava o intervalo entre submissão e feedback, enfraquecendo a aprendizagem por simulação e inviabilizando a realização de múltiplas iterações em curto espaço de tempo. Como consequência, a progressão narrativa do jogo perdia ritmo, e o engajamento de parte das equipes diminuía.

Acrescentou-se, ainda, a percepção de que o modelo utilizado à época carecia de variabilidade em dimensões críticas, preços, choques de demanda, variações de lead time e calendários diferenciados de recebimento por cidade, mantendo tais parâmetros essencialmente estáticos ao longo das semanas. Essa estabilidade excessiva produziu, após algumas rodadas, uma sensação de repetição de padrões decisórios, diminuindo o estímulo à experimentação de novas estratégias e deslocando esforço para rotinas mecânicas de preenchimento de planilhas com poucas mudanças substantivas. Na perspectiva pedagógica, os entrevistados relataram um “teto” de aprendizagem: uma vez identificada uma configuração razoável, o ambiente pouco desafiava o raciocínio, reduzindo a necessidade de replanejamento e de revisões de premissas. Em síntese, a ausência de perturbações controladas no cenário limitou a dinâmica do jogo e enfraqueceu o mecanismo de feedback adaptativo que, em contextos de simulação, costuma sustentar a curiosidade e o engajamento contínuos.

Por fim, a experiência anterior à plataforma estruturada revela um quadro equilibrado entre potencial pedagógico e limitações práticas. A percepção predominante é a de que o jogo ampliou a capacidade de raciocinar sobre cadeias de suprimentos como sistemas, integrou discussões de custos, capacidade e nível de serviço e elevou o engajamento dos alunos com a disciplina. Ao mesmo tempo, foram identificados pontos a aperfeiçoar, entre os quais o desenho de competição que mantinha equipes ativas ao longo de todas as rodadas, a redução do atrito operacional no preparo interno, e a limitação técnica que inviabilizava a presença de mais de uma rodada por aula. Essas evidências justificam a evolução proposta neste trabalho no sentido de dotar o jogo de uma plataforma de execução e governança, com vistas a preservar os elementos que demonstraram gerar aprendizagem e engajamento, ao mesmo tempo em que se mitigam as fontes de frustração, permitindo um maior dinamismo nas aulas.

4.2.2 Questões operacionais: da execução manual e descentralizada à orquestração integrada e escalável

Realizou-se também uma entrevista semiestruturada com o criador da versão original do jogo, desenvolvida em Excel e utilizada como referência para a presente implementação. O objetivo foi mapear, com granularidade operacional, os principais gargalos observados no ciclo de uso anterior, incluindo ingestão e validação de arquivos, tempo de processamento por rodada, descentralização de fluxos e limitações de parametrização, e a partir desse diagnóstico, explicitar como a nova solução os contorna por meio de centralização de dados, validações programáticas, orquestração automática do processamento e aplicação de parâmetros semanais auditáveis. Esse insumo empírico orienta a análise comparativa que se segue, conectando problemas concretos a mecanismos técnicos e pedagógicos de mitigação.

Durante a entrevista semi-estruturada foi explicitado que a experiência prévia com o jogo em Excel evidencia um conjunto de limitações operacionais que, somadas, restringiam o potencial pedagógico da atividade e impunham custos de coordenação incompatíveis com turmas numerosas e múltiplas iterações por aula. O processo era fortemente dependente de validação das planilhas editadas pelos estudantes. Essa dependência expunha o docente a um risco elevado de erros triviais cometidos no preenchimento semanal pelos alunos, alteração de nomes de arquivos, inclusão de linhas em branco no meio das tabelas, mudança inadvertida de tipos (números gravados como texto, frações digitadas com formatações inconsistentes), quebra de chaves e estruturas de colunas, além de incidências de arquivos corrompidos. Como o Excel, nessa configuração, não gerava qualquer saída diagnóstica que indicasse a origem do problema, o pipeline simplesmente deixava de funcionar: o processamento parava sem mensagem útil, e a única forma de prosseguir era o professor abrir arquivo por arquivo, planilha por planilha, célula por célula, até localizar a inconsistência e corrigi-la manualmente.

Foi relatado que, para uma turma com cerca de trinta empresas, o tempo apenas para baixar, consolidar, validar e preparar a execução variava entre uma hora e meia e duas horas por rodada, tempo consumido majoritariamente na verificação arquivo a arquivo desses erros de entrada. Ainda que cada “jogo” isolado levasse aproximadamente sete minutos para processar, a natureza sequencial da rotina (rodar jogo 1, depois jogo 2, depois jogo 3...) e a necessidade de navegar por até dez turmas na mesma sala, com pastas e canais descentralizados, amplificavam dramaticamente o intervalo entre decisão e feedback. O resultado prático era dupla perda: de um lado, queda de engajamento

discente, dada a inviabilidade de ter mais de uma rodada por aula; de outro, redução da oportunidade de intervenção pedagógica tempestiva, já que o docente ficava capturado por tarefas de saneamento e não por mediação instrucional, fazendo com que a os feedbacks de aula fossem deixados de lado, já que a partir do momento que os arquivos eram entregues pelos discentes, o docente entrava no processo de validação para dar sequencia às próximas rodadas do jogo, em termos práticos, para conseguir rodar as duas horas necessárias para atualizar todos os jogos dos alunos e enviar os novos arquivos, ele demorava em média dois dias uteis para atualizar a rodada para uma turma, dado a disponibilidade de tempo para atualizar as rodadas restritas a momentos pós aulas. Vale destacar que com a nova plataforma, os testes mostram que para uma turma com 27 empresas, logo em torno de 80 alunos, a parte de validação dos dados, processamento da rodada e envio dos arquivos, demora em média de 8 a 12 minutos, fazendo com que o docente tem maior disponibilidade em aula para executar o jogo e dar feedbacks sobre os resultados para os alunos, fazendo com que o aprendizado seja mais efetivo

Tais resultados foram alcançados por que a plataforma integrada proposta ataca essas fricções em vários pontos da cadeia operacional. Em primeiro lugar, substitui-se a ingestão manual por um mecanismo de submissão controlada, com esquemas e chaves rigidamente especificados, validações sintáticas e semânticas, e mensagens de erro acionáveis antes do processamento. Ao padronizar nomes de tabelas e colunas, bloquear alterações estruturais e tratar linhas em branco ou tipos inválidos, diminui a categoria de erros que, no Excel, consumia a maior parte do tempo de monitoração, além de evidenciar o erro que ocorreu e onde ocorreu ele, fazendo com que o docente consiga intervir de maneira mais assertiva na resolução do problema. Em segundo lugar, a orquestração do processamento em lote, com enfileiramento por turma/empresa e logs de auditoria, transforma uma sequência seriada e artesanal em um pipeline reproduzível e monitorável, onde o tempo do processo é drasticamente reduzido, dado que agora todos os jogos são processados ao mesmo tempo dentro da nova plataforma, logo não tem mais a processamento sequencial. O efeito líquido é a compressão do ciclo por rodada a uma janela compatível com a dinâmica de aula, abrindo espaço para duas ou três iterações no mesmo período letivo, um requisito frequente dos docentes e estudantes para consolidar aprendizado por exposição repetida.

Outro vetor crítico de ganho operacional decorre da centralização do tráfego de dados. Antes, o docente precisava acessar múltiplas pastas referentes a cada empresa do jogo, tal número variava entre 27 a 30 pastas, dependendo da combinação de turmas e equipes, para coletar, conferir e redistribuir arquivos. Esse desenho descentralizado, aceitável quando poucas pessoas participavam, torna-se moroso em salas de aula com um numero elevado

de empresas. Na plataforma, a distribuição de insumos e a coleta de saídas ocorrem em um único ponto de interação por credencial, com carimbo de tempo, versionamento, confirmação de entrega/recebimento e histórico de alterações. Isso desloca o esforço do professor da operação mecânica para a mediação pedagógica, ao mesmo tempo em que aumenta a rastreabilidade: é possível saber quem enviou o quê, quando e em qual versão, favorecendo a responsabilização e a transparência avaliativa.

A capacidade de parametrização semanal é outro divisor de águas. No Excel, a inexistência de parâmetros aplicáveis por rodada, com propagação automática e documentação de mudanças, impunha a reedição manual planilha a planilha, o que na prática desestimulava a variação de cenários e a introdução de choques controlados (por exemplo, alteração de custos logísticos, restrição de janelas de transporte, mudança de perfis de demanda, políticas de entrega ou limites de embarque). Com a plataforma, o docente pode pré-configurar pacotes de parâmetros por semana, registrar justificativas didáticas, e aplicar as variações de forma atômica e auditável. Essa capacidade melhora a qualidade do experimento instrucional e confere muito mais flexibilidade para comparar o desempenho das equipes sob condições distintas, mantendo a comparabilidade longitudinal.

A compressão do tempo de processamento de aproximadamente 1h30, tendo intervenções manuais, para cerca de 12 minutos, sem intervenção manual, tem efeito direto sobre a escalabilidade da atividade. O docente, antes restrito a operar o jogo para uma única turma por encontro devido ao alto custo operacional, passa a conseguir aplicá-lo a múltiplas turmas no mesmo período letivo, mantendo a cadênciа de rodadas e o fechamento do ciclo decidir–processar–medir–refletir. Esse ganho libera horas de trabalho antes consumidas por saneamento técnico e realoca esforço para mediação pedagógica, comparação entre estratégias e feedback em tempo oportuno.

Importa notar que os gargalos relatados no Excel não eram apenas um problema de “tempo” em abstrato: eles afetavam diretamente a pedagogia. Quando uma rodada consome no mínimo uma hora e vinte minutos de processamento e a turma dispõe de inúmeras equipes, o professor fica impossibilitado de fechar o ciclo decidir, processar, medir e refletir no mesmo encontro. A plataforma, ao reduzir o tempo por rodada e automatizar validações e distribuição, reabre a janela para que esse ciclo se complete duas ou três vezes, permitindo ajustes estratégicos em tempo de aula e um uso mais intensivo de exemplos comparativos. Em síntese, os ganhos operacionais mapeados na entrevista, mitigação dos erros estruturais, compressão do tempo de execução, centralização de fluxos, parametrização semanal e portabilidade entre contextos, não são meramente “técnicos”; constituem pré-condições para escalar a experiência didática e, consequentemente, para

produzir efeitos de aprendizagem mensuráveis.

4.3 Qualidade e aprendizagem: do feedback tardio e pouco parametrizável ao ciclo iterativo com evidências e realismo

Do ponto de vista da qualidade pedagógica, a entrevista realizada converge em dois eixos: a carência de feedback no tempo da aula e a baixa capacidade de parametrização no Excel. A primeira dimensão manifesta-se de forma direta: a interação entre as aulas “poderia ser melhor” e “feedbacks na hora ajudariam muito”. Em um ambiente em que o processamento de uma rodada chegava a demandar dois dias corridos, o aluno perdia a conexão entre decisão e consequência; já o professor perdia a oportunidade de explorar a causalidade com dados frescos, de comparar estratégias lado a lado e de modular intervenções com base na evidência imediata. Na prática, a experiência ficava aquém do ideal de um laboratório didático, no qual o estudante formula hipóteses, testa, observa, interpreta e ajusta em ciclos sucessivos. A redução do tempo de processamento e a padronização dos relatórios na sua plataforma reconstituem esse ciclo. Ao permitir rodar duas ou três vezes na mesma aula, cria-se a cadência necessária para consolidar aprendizagens por repetição espaçada, fortalecer a memória procedural e demonstrar, com séries semanais de KPIs, a evolução de estratégias e seus efeitos sobre nível de serviço, utilização de capacidade, custos logísticos e industriais e resultado econômico.

A segunda dimensão, a da parametrização, é igualmente decisiva, foi destacado que “parametrizações extras ajudam muito a explicitar os pontos levantados na aula”. Na versão Excel, mudanças aparentemente simples, por exemplo, parâmetros de tempos de entrega, exigiam alterar planilha a planilha, o que na prática inibia a exploração de cenários e impedia o docente de conduzir experiências controladas em sala. Ao habilitar parâmetros semanais, a sua implementação oferece duas camadas pedagógicas simultâneas: a camada de conteúdo (o que muda no sistema) e a camada metacognitiva (por que aquilo está sendo alterado e o que se espera observar). Essa dupla explicitação favorece a compreensão de trade-offs e organiza a atenção do estudante para os sinais relevantes nos relatórios. Além disso, a possibilidade de incrementar realismo, por exemplo, ajustar janelas de transporte, simular gargalos regionais, variar custos por modal ou introduzir requisitos como capacidade de refrigeração, aproxima a modelagem dos problemas típicos encontrados no ambiente prático da área, sem sacrificar a clareza didática.

Outro aspecto qualitativo ressaltado na entrevista é a colaboração que o dinamismo de mais rodadas pode trazer. O trabalho em equipe ganha substância quando a plataforma potencializa o numero de rodada, fazendo com que todos do grupo tenham que participar, permitindo que papéis sejam negociados com clareza por exemplo, quem faz compras, quem planeja produção, quem cuida do transporte, quem analisa KPIs e que a coordenação seja observável. Em turmas com muitas empresas, a comparação entre estratégias é um potente instrumento de aprendizagem social: ao mostrar cases de sucesso e insucesso com o mesmo conjunto de restrições, o docente pode demonstrar que decisões tecnicamente sólidas tendem a convergir em bons indicadores, enquanto decisões inconsistentes produzem padrões reconhecíveis de mau desempenho (nível de serviço errático, capacidade ociosa, custos de transporte desproporcionais, DRE negativo).

Por fim, é relevante discutir a questão da “quantidade de rodadas”, percebida por alguns alunos como elevada no arranjo anterior. Rodadas em excesso, sem feedback oportunamente e sem parametrização significativa, degradam a experiência e geram fadiga. O oposto também é verdadeiro: poucas rodadas com feedback de alta qualidade e variação de cenário bem justificada geram aprendizado mais denso. A sua plataforma desloca a fronteira nesse sentido, ao permitir mais iterações no mesmo tempo de aula, mas, sobre tudo, ao qualificar essas iterações com dados consistentes, relatórios claros e intervenções docentes informadas por evidência. Com isso, a quantidade deixa de ser um fim e passa a ser um meio para consolidar competências, como, pensamento sistêmico, gestão de trade-offs, decisão sob restrições, que os estudantes reconhecem como diretamente relevantes para o cotidiano profissional.

Em síntese, os resultados qualitativos esperados à luz da entrevista podem ser organizados em quatro efeitos complementares: feedback no tempo certo, que ativa ciclos de ajuste estratégico; parametrização pedagógica, que torna explícitos os mecanismos do sistema; centralização e rastreabilidade, que elevam a qualidade da colaboração e da avaliação; e realismo progressivo, que alinha a experiência às práticas do mercado sem sacrificar a clareza didática. Ao endereçar esses pontos, a sua implementação transcende a solução de “velocidade” e “validação”, posicionando-se como um arcabouço replicável de ensino em sistemas complexos com base em evidências.

4.4 Conclusão analítica dos resultados

Os relatos e comparações indicam que a migração do Excel para a plataforma integrada converteu gargalos operacionais, validação manual, descentralização de arquivos,

processamento sequencial e baixa parametrização, em um fluxo orquestrado, auditável e escalável. A compressão do tempo por rodada de em média, 1h30 para até 12 minutos, com validações programáticas e processamento em lote, viabilizou múltiplas iterações por aula e aplicação a mais turmas, deslocando o esforço docente do saneamento técnico para a mediação pedagógica. Do ponto de vista da aprendizagem, o ciclo decidir, processar, medir e refletir passou a ocorrer no tempo didático, com cenários parametrizados e séries de KPIs que fomentam pensamento sistêmico, gestão de trade-offs, uso de evidências e colaboração entre equipes.

Os achados dialogam com as entrevistas semi estruturadas com os egressos em que a plataforma preserva ganhos já percebidos, como: compreensão de interdependências, debates internos mais ricos, aplicabilidade no mundo real e atenua limitações relatadas, como: única rodada por encontro, pouca variabilidade semanal, frustração com mecanismos competitivos que concentravam demanda. Ao permitir iterações rápidas e parametrizações semanais, o ambiente aumenta o dinamismo, cria espaço para feedback oportunamente, possibilita ajustes finos de competição e amplia a justiça percebida. Em conjunto, os resultados sugerem que a plataforma não apenas remove barreiras operacionais, como também reforça os mecanismos centrais de ensino em sistemas complexos, elevando engajamento, retenção e transferibilidade do aprendizado.

5 DISCUSSÃO

A experiência com a plataforma de gestão de cadeias de suprimentos demonstrou que é possível aproximar a formação de graduação e treinamentos corporativos de um ambiente de prática estruturado, reproduzível e analiticamente robusto. O desenho do jogo empresarial, ao integrar decisões de compras, produção, transportes, estoques e precificação em rodadas sucessivas, permitiu que estudantes e equipes compreendessem relações de causa e efeito que, em contextos exclusivamente expositivos, tendem a permanecer abstratas. A orquestração modular do processamento, a padronização dos dados de entrada, a aplicação de regras operacionais e a disponibilização de relatórios sintéticos e analíticos viabilizaram um ciclo decisório claro, com feedback tempestivo sobre nível de serviço, utilização de capacidade, custos logísticos e industriais e resultado econômico. Além disso, a plataforma funcionou como um espaço de conexão entre estudante e docente, centralizando dados, decisões e métricas em um ambiente único, o que facilitou a mediação pedagógica, a transparência dos critérios de avaliação e a rastreabilidade do progresso individual e das equipes. A observação de comportamentos típicos, como o efeito chicote, e a reflexão coletiva sobre trade-offs e custos de oportunidade ampliaram a percepção de interdependência entre funções. Os relatos de uso indicaram engajamento elevado e melhorias na qualidade das justificativas técnicas que embasaram as decisões, o que sugere avanço em competências de raciocínio quantitativo, argumentação e trabalho em equipe.

Do ponto de vista pedagógico, a principal contribuição emergiu do caráter iterativo e mensurável da experiência. Ao transformar conteúdo de supply chain em um laboratório didático com regras e métricas estáveis, a plataforma ofereceu condições para avaliação formativa contínua, com identificação mais precisa de lacunas de aprendizagem e de vieses recorrentes de decisão. A transparência do processo reduz ruído nas comparações entre equipes e turmas, o que facilita tanto a devolutiva individualizada quanto a análise de eficácia de intervenções docentes. Além de apoiar a aprendizagem conceitual, o ambiente promoveu competências transversais relevantes para o mercado de trabalho, como análise de dados, comunicação baseada em evidências e gestão de conflitos sob restrições de tempo e recursos.

Em termos de benefícios específicos para o campo de supply chain, os resultados sugerem quatro eixos de valor. O primeiro é o desenvolvimento de visão sistêmica, na medida em que o estudante passa a internalizar a natureza global dos efeitos de uma decisão local e a distinguir entre indicadores de processo e de resultado. O segundo é a familiaridade com variabilidade e incerteza, por meio da exposição a cenários que exigem políticas de estoque, capacidade e transporte compatíveis com perfis de demanda e prazos. O terceiro é a disciplina de dados, pois a qualidade das decisões dependeu de cadastros consistentes, análises semanais de comportamentos de demanda e indicadores operacionais atrelados às empresas. O quarto é a ética da decisão, uma vez que o jogo explicita custos de oportunidade, riscos de curto prazo e consequências distributivas entre clientes, fornecedores e operações internas, criando condições para discussões sobre prioridades, contingências e resiliência.

A experiência também forneceu insumos para repensar o desenho curricular de componentes de supply chain. A integração entre teoria e prática pode ser planejada em ciclos, nos quais os conceitos são apresentados, aplicados em decisões no ambiente simulado e, em seguida, revisitados à luz dos resultados. Esse arranjo favorece a adoção de rubricas de avaliação que contemplem, simultaneamente, qualidade técnica das decisões, coerência das justificativas, uso apropriado de dados e capacidade de revisão de estratégia após o feedback. O uso recorrente da plataforma ao longo do curso permite observar maturação de competências e calibrar progressivamente a complexidade dos cenários, inclusive com temas contemporâneos como sustentabilidade, risco climático e digitalização de processos.

Ao avançar para implicações além do domínio de supply chain, a lógica instrucional adotada é extensível a outras disciplinas caracterizadas por alta complexidade, interdependência de variáveis e necessidade de tomada de decisão sob restrições. Em operações e pesquisa operacional, é possível modelar ambientes que envolvam programação de produção, filas, alocação de recursos e roteirização, mantendo o mesmo ciclo decidir, processar, medir e refletir. Em finanças e contabilidade gerencial, podem-se construir jogos que explorem alocação de capital, custo de capital, gestão de caixa, precificação e análise de sensibilidade, com relatórios que espelhem demonstrações contábeis e indicadores financeiros. Em engenharia de projetos, simuladores podem integrar escopo, cronograma, custo e risco, permitindo observar impactos de atrasos e decisões de replanejamento. Em saúde e políticas públicas, ambientes de simulação podem abordar filas hospitalares, triagem, logística de insumos críticos e desenho de intervenções, oferecendo evidências sobre trade-offs entre acesso, qualidade e custos. Em energia e redes de infraestrutura, simulações podem envolver despacho de carga, confiabilidade, manutenção,

níveis de reserva e tarifas, com impactos sistêmicos que exigem raciocínio intertemporal.

O denominador comum dessas extensões é a construção de plataformas com dados consistentes, regras transparentes e indicadores que conectem ações a resultados de modo auditável. Nesse contexto, a plataforma integradora cumpre papel central ao unificar, em um mesmo ambiente, atores, dados, decisões, feedbacks e evidências avaliativas, reduzindo assimetrias de informação, facilitando a mediação docente e garantindo rastreabilidade do processo de aprendizagem. Ao replicar a arquitetura modular, a camada de normalização de dados e plataforma que une o docente e o aluno, novos domínios podem usufruir de reproduzibilidade e comparabilidade entre turmas e instituições. A curadoria do realismo necessário, sem comprometer a usabilidade pedagógica, permanece um ponto de atenção. Cenários excessivamente detalhados podem dificultar a aprendizagem de princípios e sobrecarregar estudantes e docentes. Por outro lado, simplificações indevidas podem induzir estratégias que não se sustentam em contextos reais. A tarefa de equilíbrio entre fidelidade conceitual e clareza didática é, portanto, central na transposição do modelo para outras áreas.

No plano institucional, a adoção de plataformas desse tipo reverbera em aspectos de formação docente, avaliação e gestão acadêmica. O uso efetivo requer capacitação do professorado em desenho instrucional, análise de dados e facilitação de discussões ancoradas em evidências. Requer, ainda, revisão de instrumentos avaliativos, de modo a valorizar processos de investigação e iterações de melhoria, e não apenas resultados finais. Do ponto de vista de gestão, a padronização de dados e relatórios favorece levantamentos longitudinais sobre aprendizagem, com potencial para orientar decisões curriculares, identificar gargalos e dimensionar necessidades de apoio pedagógico. Em cursos com elevado número de estudantes, a automação de cálculos e a geração de relatórios reduzem o esforço operacional e liberam tempo docente para atividades de mediação e feedback qualificado.

Considerando o sistema educacional brasileiro, os desdobramentos potenciais são concretos, porém graduais. Em função da heterogeneidade de contextos, a proposta pode ser aplicada em instituições interessadas em ampliar o uso de dados no ensino, desde que haja aderência local e condições mínimas de infraestrutura. Plataformas didáticas orientadas a dados ajudam a reduzir variabilidade indesejada entre turmas ao oferecer parâmetros de comparação e guias de progresso, sem pretensão de uniformizar práticas. Em cenários com recursos limitados, configurações leves, com menor consumo computacional e requisitos simples de conectividade, permitem adoções pontuais e evolução incremental. A disponibilização de conjuntos de cenários documentados favorece reuso e adaptação por equipes distintas, preservando a possibilidade de comparação quando pertinente.

No âmbito formativo, laboratórios digitais podem sustentar colaborações entre cursos, núcleos de pesquisa e parceiros setoriais em escala compatível com a realidade de cada instituição. A coautoria de cenários, o uso de dados anonimizados e exercícios de avaliação externa podem ocorrer de modo localizado, sem dependência de integrações amplas ou arranjos sistêmicos complexos. A existência de métricas padronizadas viabiliza análises internas de desempenho e apoia decisões curriculares em ciclos curtos. Em síntese, trata-se de uma solução escalável por agregação: aplicável em contextos específicos, extensível conforme maturidade e recursos.

Há, contudo, limitações e condições para o sucesso dessa agenda. A primeira diz respeito à infraestrutura e ao suporte técnico. A adoção requer planejamento de manutenção, versionamento de cenários e atendimento a docentes e estudantes. A segunda refere-se à cultura avaliativa. A utilização plena dos benefícios da plataforma depende de práticas de avaliação que valorizem investigação e iteratividade, o que pode demandar mudanças graduais em regulamentos internos e expectativas de estudantes. A terceira envolve a garantia de acessibilidade e inclusão, desde o desenho de interfaces até a adaptação de atividades para diferentes perfis de aprendizagem. Tais desafios não anulam o potencial da abordagem, mas indicam a necessidade de uma estratégia de implementação que combine pilotos, formação docente continuada, monitoramento de indicadores e ciclos de melhoria.

Em síntese, a experiência relatada com a plataforma de supply chain oferece evidências de que é possível elevar a qualidade da aprendizagem em domínios complexos por meio de ambientes de simulação acadêmica com dados estruturados, regras claras e feedback consistente. Os ganhos observados em visão sistêmica, disciplina de dados, argumentação e colaboração sugerem que a abordagem é transferível para outras áreas que compartilham características de interdependência e restrições múltiplas. Em escala, a adoção dessas plataformas pode contribuir para maior equidade, comparabilidade e eficiência no ensino superior brasileiro, desde que acompanhada de investimentos em formação docente, infraestrutura e práticas avaliativas alinhadas. O horizonte que se abre é o de um ensino mais próximo da tomada de decisão real, com estudantes preparados para navegar sistemas complexos e instituições munidas de evidências para aprimorar continuamente seus currículos e métodos.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a concepção, o desenvolvimento e a fundamentação pedagógica de um jogo de gestão da cadeia de suprimentos (SCM) estruturado como experiência de aprendizagem ativa, com ênfase tanto no desenho da dinâmica competitiva quanto na infraestrutura tecnológica que a viabiliza. Do ponto de vista educacional, o jogo busca aproximar decisões operacionais de seus efeitos econômico-financeiros, permitindo ao estudante observar, de forma situada, como políticas de estoque, planejamento de produção, compras e transporte reverberam em métricas de desempenho e em trade-offs clássicos do campo (demanda, lead time, variabilidade, capacidade e custo de oportunidade). Ao explicitar essa ponte entre decisões e resultados, a atividade promove a internalização de raciocínios econômicos e logísticos que, com frequência, permanecem abstratos em abordagens exclusivamente expositivas.

A arquitetura do jogo incorporou um mecanismo de BID concebido para traduzir propostas de preço em alocações de demanda de modo coerente com a prática, mas sob controle pedagógico. O desenho contempla duas zonas de competição: quando os preços convergem, o nível de serviço (NS) torna-se fator de desempate; quando se afastam, aplica-se atratividade decrescente por diferença percentual. O arranjo evita concentrações extremas de mercado, mantém múltiplas equipes ativas e cria incentivos para melhoria contínua de preço e desempenho operacional. Ao permitir calibragem transparente, pesos de preço, faixas de elegibilidade e multiplicadores de nível de serviço, o mecanismo sustenta a modulação do grau de competitividade sem alterações estruturais, preservando comparabilidade entre turmas. Assim, o BID funciona como instrumento didático para explorar elasticidades, disciplina operacional e relações entre serviço e participação de demanda.

Em paralelo, a plataforma do jogo mostrou-se elemento nuclear, e não mero suporte, na experiência de ensino. Ela estabelece governança de documentos, identidade e rastreabilidade de entregas; automatiza ingestão, verificação de conformidade, processamento e publicação de resultados; e padroniza ciclos semanais de trabalho, nomeações e prazos.

Ao reduzir fricções administrativas e incertezas operacionais, a plataforma libera tempo de aula para análise, discussão de estratégia e feedback, além de favorecer a equidade entre equipes pela transparência do status de submissões e versionamento. A integração entre envio, processamento e devolutivas fecha o ciclo de aprendizagem com base em evidências, reforçando a responsabilidade das equipes e a comparabilidade dos resultados.

Do ponto de vista de engenharia de software educacional, o trabalho adotou princípios que ampliam reproduzibilidade e manutenção: modularização do código em unidades funcionais com escopo claro; separação entre lógica de negócio e provedor de armazenamento; provisionamento idempotente de diretórios; autenticação sob menor privilégio; observabilidade e tratamento de erros com isolamento por equipe. Esses princípios reduziram acoplamento, facilitaram inspeção, reuso e evolução do sistema, além de preservar portabilidade tecnológica. A consequência didática é direta: maior previsibilidade do ciclo, menor curva de aprendizado para o corpo docente e base mais robusta para replicação em novos contextos e semestres.

No campo da avaliação da aprendizagem, a produção sistemática das tabelas semanais e relatórios consolidados, permite leituras multiescala: por produto, por custo, por período e por local. Essa granularidade sustenta exercícios de sensibilidade, identificação de gargalos e avaliação de pontos de equilíbrio, conectando o “como decidimos” ao “quanto performamos” em cada rodada. A visibilidade sobre efeitos de curto prazo versus efeitos acumulados reforça a compreensão de dinâmica intertemporal, crucial em SCM.

Pedagogicamente, o jogo está alinhado a metodologias ativas que valorizam objetivos de aprendizagem observáveis, avaliação formativa e ciclos iterativos de decisão, observação e ajuste. A possibilidade de rodar jogos paralelos com parametrizações distintas amplia o espaço de experimentação controlada. Esse desenho estimula autonomia, percepção de competência e relevância do conteúdo, fatores associados à motivação intrínseca e à aprendizagem significativa.

Em síntese, a contribuição do trabalho é dupla. Primeiro, apresenta um artefato pedagógico-computacional, o sistema de jogo e sua plataforma, que integra conceitos de SCM a uma dinâmica competitiva parametrizável, com métricas que cruzam resultado financeiro e nível de serviço. Segundo, explicita um método de implementação que privilegia reproduzibilidade, comparabilidade e governança, atributos que aumentam a robustez do uso em sala e facilitam transferência para outros cursos ou ambientes corporativos. Ao tornar nítida a cadeia de custódia dos dados (da submissão ao resultado) e ao articular decisões a consequências, o trabalho estabelece condições para um laboratório de decisão

com foco no aprendizado.

Em conclusão, o projeto combina uma simulação economicamente plausível e didaticamente controlada com uma infraestrutura central que garante previsibilidade, transparência e escalabilidade do processo de ensino. Ao alinhar arquitetura técnica, desenho de mecanismos e intencionalidade pedagógica, o trabalho contribui para o ensino de SCM com uma proposta replicável, extensível e ancorada em evidências, apta a evoluir com novas perguntas instrucionais e com a maturidade das turmas.

REFERÊNCIAS

- BALLOU, R. H. Revenue estimation for logistics customer service offerings. *The International Journal of Logistics Management*, v. 17, n. 1, p. 21–37, 2006.
- BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. d. Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica. *Boletim Técnico do Senac*, v. 39, n. 2, p. 48–67, 2013.
- BENDRE. Dataspread: Unifying databases and spreadsheets. In: *Proceedings VLDB Endowment*. Kohala Coast, Hawaii: VLDB Endowment, 2015. p. 2000–2003.
- BILAL, H. A. et al. Requirements validation techniques: An empirical study. *International Journal of Computer Applications*, v. 148, n. 14, Aug 2016.
- BOUZADA, M. A. C. “jogando” logística no brasil. *REGE - Revista de Gestão*, v. 19, n. 4, p. 647–668, 2012. Disponível em: <<https://revistas.usp.br/rege/article/view/61979>>.
- BUTZKE, M. A. *Jogos de empresas baseados em simulação e aprendizagem ativa: analisando a tomada de decisão em processos logísticos*. Tese (Doutorado) — Universidade do Vale do Itajaí, Biguaçu, SC, 2015.
- CASTELLANI, H. D. *Impactos dos novos investimentos em infraestrutura na logística de exportação da soja brasileira*. 99 p. Dissertação (Trabalho de Formatura) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2013.
- CHRISTOPHER, M.; HOLWEG, M. “supply chain 2.0”: Managing supply chains in the era of turbulence. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 41, 2011.
- CODD, E. F. Relational completeness of data base sublanguages. In: RUSTIN, R. (Ed.). *Data Base Systems*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1971, (Courant Computer Science Symposia). p. 65–98.
- COOPER, M. C.; LAMBERT, D. M.; PAGH, J. D. Supply chain management: More than a new name for logistics. *The International Journal of Logistics Management*, v. 8, n. 1, p. 1–14, 1997.
- CUI, L. et al. Improving supply chain collaboration through operational excellence approaches: an iot perspective. *Industrial Management and Data Systems*, v. 122, n. 3, p. 565–591, 2022.
- DOLGUI, A.; IVANOV, D.; SOKOLOV, B. Ripple effect in the supply chain: An analysis and recent literature. *International Journal of Production Research*, v. 55, n. 7, p. 1970–1991, 2017.
- IVANOV, D. et al. Literature review on disruption recovery in the supply chain. *International Journal of Production Research*, v. 55, n. 20, p. 6158–6174, 2017.

- KABIR, M. A. et al. Python for data analytics: A systematic literature review of tools, techniques, and applications. *Academic Journal on Science, Technology, Engineering & Mathematics Education*, v. 04, n. 04, Nov 2024.
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. *A Estratégia em Ação*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- KENT, W. A simple guide to five normal forms in relational database theory. *Communications of the ACM*, v. 26, n. 2, p. 120–125, Feb 1983.
- LACERDA, P. T. *Jogo de Empresas – Técnica de Apoio ao Processo de Aprendizagem de Adultos na Área de Logística: O Caso do SOLOG (Simulador de Operações Logísticas)*. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2015.
- LAMBERT, D. M. *Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance*. 4. ed. Ponte Vedra Beach, FL: Supply Chain Management Institute, 2014.
- LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C. Issues in supply chain management. *Industrial Marketing Management*, v. 29, n. 1, p. 65–83, 2000.
- LAMBERT, D. M.; ENZ, M. G. Issues in supply chain management: Progress and potential. *Industrial Marketing Management*, v. 62, p. 1–16, 2017.
- LEE, H. L.; WHANG, S. Information sharing in a supply chain. *International Journal of Technology Management*, v. 20, n. 3/4, p. 373–387, 2000.
- MENTZER, J. T. et al. Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, v. 22, n. 2, p. 1–25, 2001.
- MIYASHITA, R.; OLIVEIRA, L. d. M.; YOSHIZAKI, H. T. Y. Os jogos de empresas como instrumento de treinamento em logística empresarial. In: *Simpósio de Engenharia de Produção*. Bauru: [s.n.], 2003. p. 1–10.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Reproducibility*. Washington, DC: The National Academies Press, 2019. Acesso em: 26 out. 2025. Disponível em: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/25303/reproducibility-and-replicability-in-science>.
- NAVARRO, E. O.; HOEK, A. van der. Simse: An interactive simulation game for software engineering education. In: USKOV, V. (Ed.). *Proceedings of the Seventh IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education*. Kauai, Hawaii: ACTA Press, 2004. p. 12–17.
- NOVAIS, A. F. O. *Mediação do Processo de Ensino e Aprendizagem a Partir de Jogos de Empresas no Curso de Engenharia de Produção*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia, Ambiente e Sociedade) — Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, 2021.
- PONTE, B. et al. The value of lead time reduction and stabilization: A comparison between traditional and collaborative supply chains. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 111, p. 165–185, 2018.

- POON, P.-L. et al. Spreadsheet quality assurance: A literature review. *Frontiers of Computer Science (electronic)*, 2024.
- PRETTO, F. N. d. *Pedagogia Participativa na Formação de Administradores*. Dissertação (Mestrado em Administração, Área de Concentração: Mercadologia) — Fundação Getúlio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo (EAESP/FGV), São Paulo, 2001.
- RITCHIE, B.; BRINDLEY, C. An emergent framework for supply chain risk management and performance measurement. *Journal of the Operational Research Society*, v. 58, n. 11, p. 1398–1411, 2007.
- ROURE, C.; KERMARREC, G.; PASCO, D. Effects of situational interest dimensions on students' learning strategies in physical education. *European Physical Education Review*, v. 25, n. 2, p. 327–340, 2019.
- SCHAFRANSKI, L. E. *Jogos de Gestão da Produção: Desenvolvimento e Validação*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- SHIN, S. K.; SANDERS, G. L. Denormalization in decision support systems. *Decision Support Systems*, v. 42, p. 267–282, 2006.
- SILVA, S. D. *Procedimento para Reconhecer o Valor Pedagógico dos Jogos de Empresa no Processo de Ensino-Aprendizagem na Área de Transporte de Carga*. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2014.
- SUBRAMANYAM, R.; WEISSTEIN, F. L.; KRISHNAN. User participation in software development projects. *Communications of the ACM*, 2010.
- TEIXEIRA, R.; LACERDA, D. P. Gestão da cadeia de suprimentos: análise dos artigos publicados em alguns periódicos acadêmicos entre os anos de 2004 e 2006. *Gestão & Produção*, 2010.
- VARGO, S. L.; LUSCH, R. F. It's all b2b... and beyond: Toward a systems perspective of the market. *Industrial Marketing Management*, v. 40, n. 2, p. 181–187, 2011.
- YAN, J.; LIU, X.; JIN, S. Design and implementation of workshop virtual simulation experiment platform based on digital twin. *Systems*, v. 12, n. 66, 2024.