



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÂNICA E INORGÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

MARIA DO SOCORRO CALDAS TEOTÔNIO

**GAMIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES LABORATORIAIS DA DISCIPLINA QUÍMICA
GERAL NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**FORTALEZA
2025**

MARIA DO SOCORRO CALDAS TEOTÔNIO

GAMIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES LABORATORIAIS
DA DISCIPLINA QUÍMICA GERAL NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Química.
Área de concentração: Química.

Orientador: Prof. Dr. José Nunes da Silva Junior.

Coorientador: Prof. Dr. Antônio José Melo Leite Junior.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

T288g Teotônio, Maria do Socorro Caldas.
Gamificação das atividades laboratoriais da disciplina Química Geral na Universidade Federal do Ceará
/ Maria do Socorro Caldas Teotônio. – 2025.
134 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Química, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. José Nunes da Silva Junior.

Coorientação: Prof. Dr. Antônio José Melo Leite Junior.

1. Ensino de Química. 2. Aulas experimentais. 3. Metodologias ativas. 4. Framework gamificado. I.
Título.

CDD 540

MARIA DO SOCORRO CALDAS TEOTÔNIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Química.
Área de concentração: Química.

Aprovada em: 10/11/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Nunes da Silva Junior (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antônio José Melo Leite Junior (Co-orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Elenir Nobre Pinho Ribeiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Serra Oliveira Alexandre
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

À minha filha Maria Liz, minha maior energia de ativação, minha fonte contínua de inspiração, o catalisador que transformou cada desafio em motivação para seguir adiante.

AGRADECIMENTOS

À divina Química do universo, meu eixo e equilíbrio nos momentos de maior desafio, e à Santa Luzia, cuja intercessão iluminou meus caminhos mais obscuros. À minha família, base estável e solução amorosa que me sustentou incondicionalmente em cada etapa desta reação chamada vida.

Ao Governo da Paraíba, em nome da Secretaria de Educação, pela oportunidade da capacitação e pelo apoio financeiro integral, e à FUNCAP, pelo suporte parcial que tornou este caminho mais leve.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Nunes da Silva Junior, e ao coorientador, Antônio Melo Leite Junior, verdadeiros guias na complexa síntese do conhecimento, pela paciência, sabedoria e por compartilharem reagentes intelectuais preciosos.

Aos professores Dra. Jeanny da Silva Maciel, Dra. Alda Karine Medeiros Holanda, Dra. Francisca Gleyciara Cavalcante Pinheiro, Dr. Francisco Audísio Dias Filho, Dra. Selma Elaine Mazzeto, Dra. Wladiana Oliveira Matos e Dra. Gisele Simone Lopes, que foram elementos essenciais na reação que culminou este trabalho, oferecendo ensinamentos e amizade.

Devo, contudo, um agradecimento singular à Dra. Maria Elenir Nobre Pinho Ribeiro, catalisadora primordial de *insights* e impulso fundamental neste percurso, cuja energia foi vital para que esta reação chegasse ao seu término.

Aos técnicos do Laboratório de Química Geral, Ana Paula Cavalcante César, Gilda Luiza Nogueira Veras, Herbert de Sousa Magalhães e Thiago Teixeira da Silva, operadores essenciais que otimizaram as condições experimentais desta jornada.

Aos estudantes do curso de Mídias Digitais da UFC, Maria Clara de Oliveira Alexandre e David Salviano de Oliveira, pela colaboração criativa que cristalizou visualmente as ideias deste trabalho.

Aos amigos, Thiago Maciel Bastos, Thalyta Raquel do Nascimento Alves Sales, Renner Cásar Silveira Jucá, Felipe Ferreira Agostinho, Adelaide de Souza Bessa, Ramon Lorenzo Benevides, Cristiano Duarte e Antônio Marcelo Alves Lima, verdadeiros elementos estabilizadores nesta reação, que compartilharam ligações sinceras de conhecimento, paciência e alegria ao longo de toda esta trajetória.

Aos estudantes dos cursos de Engenharia de Alimentos e Farmácia, turmas de 2024.1, pela imersão que transformou cada encontro em reações de conhecimento, energia e inspiração.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) e às secretarias da Pós-graduação, pelo meio acolhedor e pela infraestrutura que permitiram a realização desta reação acadêmica.

A todos que, de alguma forma, tocaram esta equação com seu apoio, presença ou inspiração, meu eterno e equilibrado agradecimento.

“The opposite of play isn’t work. It’s depression.” (McGonigal, 2011).

RESUMO

As aulas práticas em laboratório constituem espaço fundamental para a aprendizagem ativa em Química, porém ainda enfrentam desafios como baixa motivação discente, dificuldades na articulação entre teoria e prática e fragilidades na formação conceitual prévia dos estudantes. Um levantamento inicial, nas bases de dados, evidenciou a escassez de estudos longitudinais e de modelos didáticos estruturados sobre Gamificação aplicada ao ensino de Química Geral Experimental no Ensino Superior. Diante desse cenário, esta pesquisa teve como objetivo elaborar, implementar e avaliar um modelo pedagógico gamificado para a reestruturação de aulas experimentais. O *design* da Gamificação integrou mecânicas, dinâmicas e recompensas, operacionalizadas por cartões informativos que orientaram cada missão quanto a objetivos, regras, posturas esperadas e critérios de ganhos e perdas de pontos de experiência (XP) e moedas virtuais (*coins*). O XP acumulado foi convertido em nota final, enquanto as *coins* foram trocadas por recompensas tangíveis. O estudo foi realizado na Universidade Federal do Ceará, no semestre 2024.1, com 91 estudantes dos cursos de Engenharia de Alimentos e Farmácia, em delineamento quase experimental, com abordagem quali-quantitativa e caráter longitudinal. A coleta de dados envolveu formulários em escala Likert, aplicação da Escala de Engajamento do Usuário traduzida (UES-Br), fichas de observação, autorrelatos discentes, análise de desempenho acadêmico, entrevistas semiestruturadas com as docentes das turmas e relato de observação direta da pesquisadora. A análise quantitativa empregou estatística descritiva, enquanto os dados qualitativos foram tratados por análise SWOT (pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças). A integração dos instrumentos caracterizou um processo de triangulação metodológica, fortalecendo a validade dos achados. Os resultados indicaram que a participação contínua ao longo das dez missões foi preditora de sucesso acadêmico, engajamento e cumprimento das normas de segurança. A UES-Br apresentou média geral de 3,52/5 pontos, indicando bom nível de engajamento. Destacaram-se como potencialidades o *feedback* imediato, a motivação, a colaboração, a aprendizagem ativa e a autonomia; e, como fragilidades, a pressão temporal em missões mais complexas e as lacunas conceituais da Química básica. Em síntese, a Gamificação mostrou-se eficaz e pedagogicamente consistente no ensino prático de Química, promovendo avanços no engajamento, no desempenho e na integração entre teoria e prática.

Palavras-chave: ensino de Química; aulas experimentais; metodologias ativas; *framework* gamificado.

ABSTRACT

Laboratory classes play a fundamental role in promoting active learning in Chemistry; however, they still face challenges such as low student motivation, difficulties in articulating theory and practice, and weaknesses in students' prior conceptual background. An initial survey of academic databases revealed a scarcity of longitudinal studies and structured didactic models on the application of Gamification in General Chemistry laboratory teaching in higher education. In this context, this study aimed to design, implement, and evaluate a gamified pedagogical model for restructuring experimental classes. The gamification design integrated mechanics, dynamics, and rewards, operationalized through informational cards that guided each mission in terms of objectives, rules, expected behaviors, and criteria for gaining and losing experience points (XP) and virtual coins. Accumulated XP was converted into final grades, while coins were exchanged for tangible rewards. The study was conducted at the Federal University of Ceará during the 2024.1 semester, involving 91 students from the Food Engineering and Pharmacy programs, in a quasi-experimental, mixed-methods, and longitudinal design. Data collection included Likert-scale questionnaires, application of the Brazilian version of the User Engagement Scale (UES-Br), observation forms, student self-reports, academic performance analysis, semi-structured interviews with the course instructors, and the researcher's direct observation report. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics, while qualitative data were examined through SWOT analysis (strengths, weaknesses, opportunities, and threats). The integration of instruments characterized a process of methodological triangulation, strengthening the validity of the findings. The results indicated that continuous participation across the ten missions was a predictor of academic success, engagement, and compliance with laboratory safety standards. The UES-Br showed an overall mean of 3.52/5, indicating a good level of engagement. Immediate feedback, motivation, collaboration, active learning, and autonomy stood out as strengths, while time pressure in more complex missions and conceptual gaps from basic Chemistry were identified as weaknesses. In summary, Gamification proved to be an effective and pedagogically consistent strategy in practical Chemistry teaching, promoting advances in engagement, academic performance, and the integration of theory and practice.

Keywords: Chemistry teaching; experimental classes; active learning methodologies; gamified framework.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Nuvem de palavras-chave	23
Figura 2	– Diagrama de redes do mapa temático realizado em setembro/2024	24
Figura 3	– Processo de identificação, triagem, exclusão e inclusão de critérios	25
Figura 4	– Modelo de aprendizagem centrado no estudante	28
Figura 5	– Teoria de Aprendizagem Experiencial	39
Figura 6	– Teoria do Fluxo	42
Figura 7	– Pictogramas de segurança	49
Figura 8	– Ilustração de um procedimento experimental	50
Figura 9	– Conjunto de distintivos da Gamificação com sua codificação específica (linhas/letras e colunas/números) detalhada no Quadro 10	55
Figura 10	– Evolução dos avatares ao subir de níveis	57
Figura 11	– Cartão da Missão 1	58
Figura 12	– Cartão da Missão 2	58
Figura 13	– Acesso ao jogo <i>Top Lab Game</i>	59
Figura 14	– Cartão da Missão 3	59
Figura 15	– Vidrarias e utensílios para identificação na bancada do laboratório	60
Figura 16	– Cartão da Missão 4	60
Figura 17	– Cartão da Missão 5	61
Figura 18	– Modelo de ficha de segurança dos reagentes	61
Figura 19	– Acesso ao jogo de associação	62
Figura 20	– Cartão da Missão 6	62
Figura 21	– Análise de amostras	63
Figura 22	– Disposição dos estudantes no <i>Boss Battle</i>	63
Figura 23	– Solução do <i>Boss Battle</i> : Ácido Acético	65
Figura 24	– Cartão da Missão 7	65
Figura 25	– Pista do Enigma I	66
Figura 26	– Cartão da Missão 8	66
Figura 27	– Acesso às palavras cruzadas	67
Figura 28	– Pista do Enigma II	67
Figura 29	– Cartão da missão 9	68

Figura 30 – Acesso ao caça-palavras	68
Figura 31 – Pista do enigma III	69
Figura 32 – Cartão da missão 10	69
Figura 33 – Loja virtual	71
Figura 34 – Telas do Aplicativo <i>Gamefik</i> : a)Tela principal b) <i>Ranking</i> c) <i>Feedback</i>	73
Figura 35 – Percurso metodológico da Avaliação da Gamificação	74
Figura 36 – Modelo da Ficha de observação delineado para missão 1	76
Figura 37 – Estudantes engajados em atividades práticas no laboratório gamificado ...	82
Figura 38 – Percentual de frequência dos estudantes nas 10 missões (N=81)	84
Figura 39 – Percentual de estudantes que registraram atitudes positivas: entrega da ficha de reagentes e apresentação dos resultados dos desafios propostos ao final de cada missão (n=81)	84
Figura 40 – Fichas de segurança dos reagentes e desafios entregues pelos estudantes no decorrer das missões	85
Figura 41 – Percentual de estudantes por turma e por faixa de médias finais (N=91) ..	86
Figura 42 – Evolução da pontuação média acumulada (XP) por grupo de desempenho das cinco turmas ao longo das missões (N=91)	87
Figura 43 – Estudante resgatando um prêmio da loja virtual	88
Figura 44 – Pontuações em média da Escala de Engajamento do Usuário (N=81)	90
Figura 45 – Distribuição das respostas dos alunos às afirmações da pesquisa (N=81) .	92
Figura 46 – Síntese da análise SWOT da Gamificação nas atividades labororiais	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	– Descrição dos artigos em debate	26
Quadro 2	– Componentes básicos dos jogos e sua principal função na Gamificação	31
Quadro 3	– Categorização das mecânicas, descrição e função principal	33
Quadro 4	– Habilidades e fundamentos para Gamificação no ensino de Química laboratorial	36
Quadro 5	– TAD alinhada à Gamificação para o ensino de prática laboratorial	41
Quadro 6	– Vantagens e desafios da Gamificação em laboratório de ensino	44
Quadro 7	– Articulação teórica do framework metodológico	46
Quadro 8	– Conteúdos abordados na disciplina de Práticas Experimentais em Química	49
Quadro 9	– Título das práticas experimentais tradicionais e das missões gamificadas	52
Quadro 10	– Mecânica, dinâmica e recompensas na Gamificação da disciplina de laboratório de Química Geral	53
Quadro 11	– Afirmações do questionário UES-Br	77
Quadro 12	– Afirmações do questionário de avaliação da metodologia gamificada	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Contexto das missões e pontuações	57
Tabela 2 – Conversão de pontos acumulados (XP) em nota na disciplina	71
Tabela 3 – Número de estudantes por curso nas aulas gamificadas (2024.1)	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFC	Universidade Federal do Ceará
WOS	<i>Web of Science</i>
ERIC	<i>Education Resources Information Center</i>
GBL	<i>Game-based learning</i> - Aprendizagem Baseada em Jogos
LDSE	Laboratório de Desenvolvimento de Soluções Educacionais
TAD	Teoria da Autodeterminação
DQOI	Departamento de Química Orgânica e Inorgânica
XP	Pontos de Experiência
LGPD	Lei Geral de Proteção dos Dados Pessoais
UES	Escala de Engajamento do Usuário – original
UES - Br	Escala de Engajamento do Usuário – transcultural validada para Português/Brasil
TRI	Teoria de Resposta ao Item
AF	Atenção Focada
UP	Usabilidade Percebida
AV	Apelo Visual
FR	Fator de Recompensa
FM	Faixa de médias
EPI	Equipamento de proteção individual
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
Eng Ali_A	Engenharia de Alimentos _turma A
Eng Ali_B	Engenharia de Alimentos _turma B

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Delimitação do problema de pesquisa	18
1.2	Justificativa da pesquisa: Por que (re)contextualizar o ensino de Química Experimental?	19
1.3	Objetivo da pesquisa	21
1.3.1	<i>Objetivo Geral</i>	21
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	21
1.4	Estado do Conhecimento: Gamificação no ensino laboratorial de Química Geral no ensino superior – uma análise de disciplinas integradas no primeiro semestre	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO	28
2.1	Marco e desenvolvimento histórico: fundamentos da Gamificação	29
2.2	Modelo de Gamificação adotado na Educação: componentes de jogos e objetivos de aprendizagem	31
2.3	Sistematizando a base teórica da Gamificação	37
2.3.1	<i>Teoria Construtivista</i>	37
2.3.2	<i>Teoria da Aprendizagem Social e Comportamental</i>	38
2.3.3	<i>Aprendizagem Experiencial</i>	39
2.3.4	<i>Aprendizagem por Descoberta e Aprendizagem Situada</i>	39
2.3.5	<i>Teoria da Autodeterminação</i>	40
2.3.6	<i>Teoria do Fluxo</i>	41
2.4	Gamificação no ensino de práticas laboratoriais: vantagens, contradições e lacunas	43
2.5	Síntese e implicações metodológicas do aporte teórico	44
3	METODOLOGIA	47
3.1	Panorama geral do roteiro de práticas de Química Geral experimental tradicional	48
3.2	Processo de Gamificação das atividades laboratoriais	51
3.2.1	<i>Fase do design</i>	51
3.2.1.1	<i>Descrição das mecânicas e dinâmicas incluídas na Gamificação do laboratório de Química Geral</i>	55
3.2.1.2	<i>Descrição das missões</i>	57

3.2.2	<i>Fase da implementação</i>	72
3.2.3	<i>Fase da avaliação da Gamificação: apresentação das técnicas de coleta e análise de dados</i>	74
3.2.3.1	<i>Observação estruturada: Ficha de observação</i>	75
3.2.3.2	<i>Formulário digital</i>	76
3.2.3.3	<i>Observação docente: entrevista</i>	79
3.2.3.4	<i>Relato de observação direta da pesquisadora</i>	80
3.2.3.5	<i>Técnicas de análise dos dados</i>	80
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
4.1	Frequência, engajamento e desempenho	83
4.1.1	<i>Impacto das atitudes nas missões: acompanhamento via ficha de observação</i>	83
4.1.2	<i>Análise da Escala de Engajamento do Usuário (UES-Br)</i>	89
4.1.3	<i>Análise da influência da Gamificação</i>	92
4.1.4	<i>Análise SWOT a partir dos autorrelatos dos estudantes</i>	94
4.1.5	<i>Síntese das percepções docentes sobre a Gamificação no ensino laboratorial</i>	95
4.1.6	<i>Percepções enquanto pesquisadora: relato de observação direta</i>	98
4.1.7	<i>Limitações metodológicas da pesquisa</i>	100
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
	REFERÊNCIAS	103
	APÊNDICE A – ARTIGO “GAMIFYING A GENERAL CHEMISTRY LABORATORY COURSE AS A STRATEGY TO IMPROVE THE STUDENTS’ MOTIVATION”	111
	APÊNDICE B – ACESSO AOS MATERIAIS DE APOIO	122
	APÊNDICE C – TOP TESTE NO APP <i>SOCRATIVE</i>	123
	APÊNDICE D – DESAFIO QUÍMICA VISUAL	126
	APÊNDICE E – DINÂMICAS EXTRAS NO APP <i>WORDWALL</i>	127
	APÊNDICE F – MODELO DO TCLE ASSINADO PELOS ESTUDANTES	128
	APÊNDICE G – MODELO DA ENTREVISTA REALIZADA COM AS DOCENTES	129
	APÊNDICE H – DADOS DO ESTUDO LONGITUDINAL	131

APÊNDICE I – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS AFIRMAÇÕES: UES-Br	132
APÊNDICE J – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES SOBRE A INFLUÊNCIA DA METODOLOGIA	133
ANEXO I – ESCALA DE ENGAJAMENTO DO USUÁRIO TRADUZIDA (UES-Br)	134

1 INTRODUÇÃO

A Química é uma ciência que se caracteriza por sua complexidade intrínseca, abrangendo desde a estrutura e as interações entre átomos até fenômenos muitas vezes abstratos e de difícil visualização (Agustian, 2022). Essa característica, que envolve fenômenos nem sempre diretamente observáveis, representa um desafio significativo para os estudantes, especialmente no processo de articular múltiplas representações (como fórmulas, modelos e linguagem simbólica) e relacioná-las às experiências cotidianas. Além disso, a compreensão da própria linguagem científica da Química é uma barreira adicional (Treagust; Duit; Nieswandt, 2000; Agustian, 2022).

No entanto, os métodos tradicionais de ensino de Química, assim como em outras áreas das ciências naturais, mostram-se limitados na articulação entre conceitos abstratos e as vivências dos estudantes, o que gera lacunas de compreensão e reduz o engajamento. Entre os principais obstáculos, destacam-se a fragmentação curricular, a descontextualização dos conteúdos, a pouca articulação entre temas e a ausência de significado prático (Sadi-Yilmaz; Yildirim; Ilhan, 2022; Filatro; Cavalcanti, 2023). Esse distanciamento é agravado pelo excesso de terminologia especializada e pela artificialidade dos modelos químicos, fatores que reforçam a ruptura entre teoria e prática e evidenciam a necessidade de estratégias pedagógicas que valorizem o caráter investigativo e experimental da disciplina.

Estudos sobre a filosofia da Química têm enfatizado a urgência de reformulações pedagógicas que estejam em consonância com sua natureza interdisciplinar e empírica (Boe; Henriksen; Angell, 2018; Green *et al.*, 2021). Esses pesquisadores argumentam que, por seu caráter singular de sintetizar novos materiais e reinterpretar a natureza, a Química demanda estratégias de ensino que valorizem a educação científica, a investigação e a contextualização. Nesse contexto, propõe-se a superação de modelos passivos de ensino, substituindo-os por dinâmicas centradas no estudante, em que o professor atue como mediador e facilitador de processos ativos de construção do conhecimento (Agustian, 2022; Filatro; Cavalcanti, 2023).

A Química, enquanto ciência central para o desenvolvimento tecnológico e a compreensão dos fenômenos naturais, apresenta um paradoxo em seu ensino no nível superior. Embora seja intrinsecamente uma disciplina experimental, sua transmissão acadêmica frequentemente prioriza abordagens teóricas abstratas em detrimento da vivência prática essencial. Essa dicotomia entre teoria e prática não apenas dificulta a aprendizagem significativa, como também desconsidera a natureza essencialmente empírica da ciência Química (Hofstein; Mamlok-Naaman, 2007; Agustian, 2022).

Nesse contexto, o laboratório de Química desempenha um papel essencial como ponte entre a teoria e a prática, permitindo que os estudantes não apenas observem, mas também interajam diretamente com os fenômenos químicos, consolidando tanto habilidades técnicas quanto cognitivas (Liu, 2024). Essa abordagem experiencial, fundamentada no “aprender fazendo”, demonstra eficácia ao integrar a experimentação com a reflexão teórica, promovendo não só a compreensão conceitual, mas também maior engajamento e motivação no processo de aprendizagem (Souza; Cabral; Queiroz, 2021).

1.1 Delimitação do problema de pesquisa

O ensino laboratorial enfrenta desafios complexos que impactam tanto discentes quanto docentes. Nos últimos anos, o perfil dos estudantes tem se modificado significativamente, caracterizando-se por expectativas mais dinâmicas, maior necessidade de contextualização e preferência por abordagens que integrem diferentes formas de representação e aplicação prática dos conteúdos. Entretanto, o contexto de ensino vigente nem sempre acompanha essa evolução, o que acentua dificuldades como a articulação entre teoria e prática, a desmotivação decorrente da percepção de baixa relevância dos conteúdos para suas futuras carreiras e questões de autoeficácia que comprometem o engajamento nas atividades experimentais (Liu, 2024).

As mudanças no perfil discente também repercutem diretamente no trabalho docente. Os professores são cada vez mais demandados a mediar processos de aprendizagem ativos e contextualizados, o que exige formação pedagógica adequada e domínio de metodologias inovadoras. Entretanto, muitos enfrentam limitações nessa formação, além da escassez de recursos didáticos contextualizados. Soma-se a isso a precariedade da infraestrutura laboratorial, frequentemente marcada por equipamentos inadequados e falta de insumos básicos, o que dificulta o desenvolvimento de práticas experimentais mais inovadoras (Santos; Santos, 2015; Oliveira; Bonito, 2023; Liu, 2024).

Em muitas instituições, as atividades práticas são reduzidas a “receitas”, mais próximas de manuais de instrução do que de investigações científicas autênticas (Oliveira; Bonito, 2023). Essa abordagem mecanicista, focada na reprodução de resultados predeterminados, falha em desenvolver habilidades essenciais como pensamento crítico, criatividade e autonomia intelectual (Gilbert, 2006). Como consequência, o ensino torna-se desvinculado da prática profissional e da pesquisa, resultando em baixo engajamento e aprendizagem superficial (Liu, 2024).

O problema é agravado pelo perfil diversificado dos alunos. Enquanto estudantes de Química têm sua formação prática comprometida, aqueles de outras áreas das Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM¹), para quem a disciplina é apenas introdutória e obrigatória, questionam sua relevância (Doolittle; Wojdak; Walters, 2023). A maior parte dos estudantes matriculados em Química Geral Experimental não tem como objetivo seguir carreiras específicas em Química (Bacharelado ou Licenciatura), mas sim áreas correlatas como Saúde, Engenharias e Ciências (Doolittle; Wojdak; Walters, 2023). Essa desconexão entre o conteúdo ministrado e as necessidades profissionais dos estudantes gera desinteresse e falta de esforço no aprendizado dos conteúdos.

Além disso, o ensino de Química Geral enfrenta desafios adicionais: a heterogeneidade nos conhecimentos prévios dificulta o nivelamento da turma; estudantes obrigados a cursar a disciplina com carga horária extensa demonstram frustração pela falta de conexão com suas necessidades práticas; e a dificuldade de adaptação ao ritmo universitário leva muitos a adotarem estratégias de estudo superficiais, como revisões concentradas apenas antes das avaliações. Esses fatores combinados elevam significativamente os índices de reaprovação e evasão na disciplina (Doolittle; Wojdak; Walters, 2023).

Diante desse cenário, é urgente repensar os objetivos do ensino de Química Geral Experimental no nível superior, priorizando o desenvolvimento de competências científicas e a aplicação do conhecimento em contextos profissionais diversos (Filatro; Cavalcanti, 2023). Assim, a Questão Central desta pesquisa é: **Como o ensino através da Gamificação, pode mitigar os desafios do ensino laboratorial, promovendo maior engajamento dos estudantes e uma melhor integração entre teoria e prática no contexto da disciplina de Química Geral Experimental?**

1.2 Justificativa da pesquisa: Por que (re)contextualizar o ensino de Química Experimental?

O ensino tradicional de Química Geral Experimental, baseado em métodos expositivos e protocolos rígidos, não atende plenamente às demandas atuais. Para que esse ensino responda às necessidades dos estudantes contemporâneos, pesquisas apontam a importância de substituir abordagens centradas apenas na memorização por estratégias que integrem teoria e prática, promovam a resolução de problemas, favoreçam a participação ativa e permitam

¹ STEM - Acrônimo em inglês para *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

uma compreensão mais profunda e contextualizada dos conceitos químicos (Agustian *et al.*, 2022; Filatro; Cavalcanti, 2023).

Modelos de metodologias investigativas e aplicadas no ensino de laboratório (Agustian *et al.*, 2022) têm demonstrado potencial para estimular a curiosidade científica, a criatividade e o engajamento dos estudantes (Nsabayezu *et al.*, 2022). Entretanto, tais potencialidades contrastam com a realidade dos modelos tradicionais, que pouco exploram as possibilidades do ambiente laboratorial. Essa defasagem torna-se ainda mais evidente diante do perfil das novas gerações, habituadas à interatividade e imersas em tecnologias digitais (Kapp, 2017; Prensky, 2012; Mattar, 2014; Filatro; Cavalcanti, 2023).

Para superar essas limitações, torna-se essencial adotar estratégias multifacetadas que combinem inovação pedagógica, capacitação docente e infraestrutura adequada. Entre as metodologias ativas de destaque estão: Aprendizagem Baseada em Contexto e em Inquérito (Sadi-Yilmaz; Yildirim; Ilhan, 2022), Estudos de Caso (Chee; Tan, 2012), Sala de Aula Invertida (Chee; Tan, 2012), Escape Room (Roy; Gasca; Winum, 2023) e Jogos Educacionais (Silva Junior *et al.*, 2025a; 2025b).

Nesse contexto, a Gamificação apresenta-se como alternativa promissora pela sua capacidade de ampliar a motivação e o envolvimento dos estudantes (Kapp, 2017; Deterding *et al.*, 2011; Silva Junior *et al.*, 2022). Ao incorporar componentes de jogos, como pontos, desafios, progresso e recompensas, transforma atividades laboratoriais em experiências imersivas, favorecendo a aplicação criativa e colaborativa do conhecimento (Hervás *et al.*, 2017; Silva Junior *et al.*, 2025c; 2025d).

Além disso, sua flexibilidade permite adaptação a diferentes estilos de aprendizagem, contemplando perfis diversos de estudantes e ampliando o potencial inclusivo das atividades laboratoriais, uma vez que oferece múltiplas formas de participação, engajamento e demonstração de compreensão (Dicheva *et al.*, 2015).

Essa abordagem alinha-se com as prioridades da educação contemporânea, que visa desenvolver competências como pensamento crítico, colaboração e resolução de problemas (Boe; Henriksen; Angell, 2018). A Gamificação contribui diretamente para esse fim ao estimular dimensões conceituais, procedimentais, atitudinais e sociais da aprendizagem, consolidando-se, portanto, como uma estratégia pedagógica adequada às demandas do século XXI (Filatro; Cavalcanti, 2023).

Assim, (re)contextualizar o ensino laboratorial de Química exige mais do que modernização de equipamentos: requer abordagens pedagógicas que transformem o laboratório em espaço de investigação ativa, com alunos atuando como pesquisadores em

desafios reais. A Gamificação, aliada às tecnologias educacionais e à formação docente, desponta como caminho viável para tornar o aprendizado mais dinâmico, significativo e alinhado às exigências contemporâneas.

1.3 Objetivo da pesquisa

A operacionalização desta investigação, baseou-se nas diretrizes de Coutinho (2015) para a elaboração das seguintes questões norteadoras:

1. Como a Gamificação aplicada ao laboratório de Química Geral impacta o desempenho acadêmico e o engajamento discente de forma longitudinal, medidos por meio de instrumentos quantitativos e qualitativos?
2. De que modo a implementação do *framework*² gamificado influencia a evolução de atitudes e comportamentos fundamentais em ambiente laboratorial?
3. Como os componentes de jogos podem ser articulados de forma eficaz aos objetivos pedagógicos da ementa da disciplina de Química Geral experimental?
4. Que contribuições metodológicas o design e a implementação oferecem para a replicabilidade da Gamificação em outros contextos?

Diante dessas questões, estabeleceram-se os seguintes objetivos.

1.3.1 Objetivo geral

Planejar, implementar e avaliar a eficácia da Gamificação como metodologia ativa para mitigar os desafios do ensino laboratorial tradicional, promovendo o engajamento discente e a integração entre teoria e prática na disciplina de Química Geral Experimental da Universidade Federal do Ceará.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Sistematizar um modelo metodológico robusto para o *design*, a implementação e a avaliação de estratégias gamificadas em laboratórios de ensino, detalhando as técnicas de coleta e análise de dados empregadas, de modo a fornecer um *framework* replicável

² Framework gamificado: Conjunto de diretrizes, ferramentas e elementos estruturados (como missões, sistemas de recompensa e *feedback* instantâneo) utilizado para projetar experiências interativas que motivam a ação e promovem a aprendizagem ou a mudança de comportamento.

e adaptável a outros contextos de ensino experimental.

- Correlacionar o conjunto de componentes de jogos (mecânicas, dinâmicas e conquistas) com o alcance dos objetivos pedagógicos definidos na ementa da disciplina de Química Geral experimental, consolidando a Gamificação como uma ferramenta pedagógica motivadora e intencional.
- Medir o impacto da Gamificação no desempenho acadêmico e no engajamento discente ao longo do semestre (2024.1), utilizando métricas quantitativas (notas, XP) e qualitativas (autorrelato e observação).
- Avaliar a evolução de comportamentos em laboratório, focando na segurança (uso de EPIs, normas) e organização, por meio da sistematização em fichas de observação.

1.4 Estado do Conhecimento: Gamificação no ensino laboratorial de Química Geral no Ensino Superior – uma análise de disciplinas integradas no primeiro semestre

Esta subseção apresenta o mapeamento da produção científica sobre estratégias inovadoras no ensino de Química, com foco na aplicação da Gamificação em ambientes laboratoriais. Para isso, realizou-se um levantamento bibliométrico (Donthu *et al.*, 2021) nas bases *Web of Science* (WOS) e *Education Resources Information Center* (ERIC), selecionadas por seu reconhecimento internacional e pela complementaridade de suas coberturas. Enquanto a WOS reúne estudos de alto impacto que evidenciam tendências tecnológicas e multidisciplinares, a ERIC aprofunda a literatura educacional especializada, permitindo articular dimensões pedagógicas e tecnológicas da Gamificação.

O uso combinado dessas bases mostrou-se adequado e suficiente para os objetivos da pesquisa, pois abrange tanto a evolução conceitual quanto as aplicações práticas no ensino de Química, sendo amplamente empregado em estudos bibliométricos. A estratégia de busca utilizou termos e descritores controlados, definidos a partir dos *Thesaurus* das bases, garantindo precisão e recuperação dos estudos mais relevantes. Sendo assim, a seleção priorizou periódicos indexados e eventos científicos, resultando na identificação de artigos e trabalhos apresentados em conferências, sem ocorrência de monografias, dissertações ou teses no recorte analisado.

Assim, a pesquisa é caracterizada como um Estado do Conhecimento, que se distingue do Estado da Arte por investigar exclusivamente a produção científica de uma área específica e temática delimitada. O Estado da Arte, por sua vez, envolve uma análise mais ampla, abrangendo diferentes campos do conhecimento (Morosini; Fernandes, 2014). Portanto,

optou-se pela pesquisa do tipo Estado do Conhecimento.

Os termos de pesquisa aplicados foram: (*gamification* OR *serious gaming* OR *serious games*) AND (“*laboratory chemical*” OR “*laboratory chemistry*”) AND (*undergraduate* OR “*higher education*”), abrangendo títulos, resumos, palavras-chave e descritores, com o uso do caractere (*) para capturar variações terminológicas e reduzir viés de reproduzibilidade (Donthu *et al.*, 2021).

Para agilizar a coleta e a análise dos documentos, foi realizada uma revisão bibliométrica (Donthu *et al.*, 2021). A busca inicial foi refinada em outubro de 2023 e subsequentemente atualizada em setembro de 2024, assegurando a inclusão das publicações mais recentes. A análise dos dados foi conduzida por meio do pacote de domínio público *Bibliometrix*³, utilizando as interfaces *RStudio*⁴ (ambiente de desenvolvimento integrado) e *Biblioshiny*⁵ (interface gráfica), o que garantiu o rigor metodológico na aplicação dos critérios da ciência da informação.

Essa abordagem sistematiza a literatura, identifica correntes teóricas e metodológicas, e mapeia comunidades acadêmicas, facilitando a utilização de resultados de estudos anteriores. A visualização dos dados, exemplificada pela nuvem de palavras (Figura 1), destaca as temáticas centrais e suas interconexões, evidenciando as palavras-chave mais frequentes.

Figura 1 – Nuvem de palavras-chave



Fonte: Elaborado através do software *Biblioshine*

³*Bibliometrix*: Pacote de código aberto para a linguagem R, desenvolvido especificamente para análise bibliométrica completa. Sua interface gráfica, *Biblio shiny*, permite a execução de análises robustas por meio de uma plataforma web, tornando o método acessível a pesquisadores sem formação avançada em programação. Disponível em: <https://www.bibliometrix.org/>. Acesso em set. 2024.

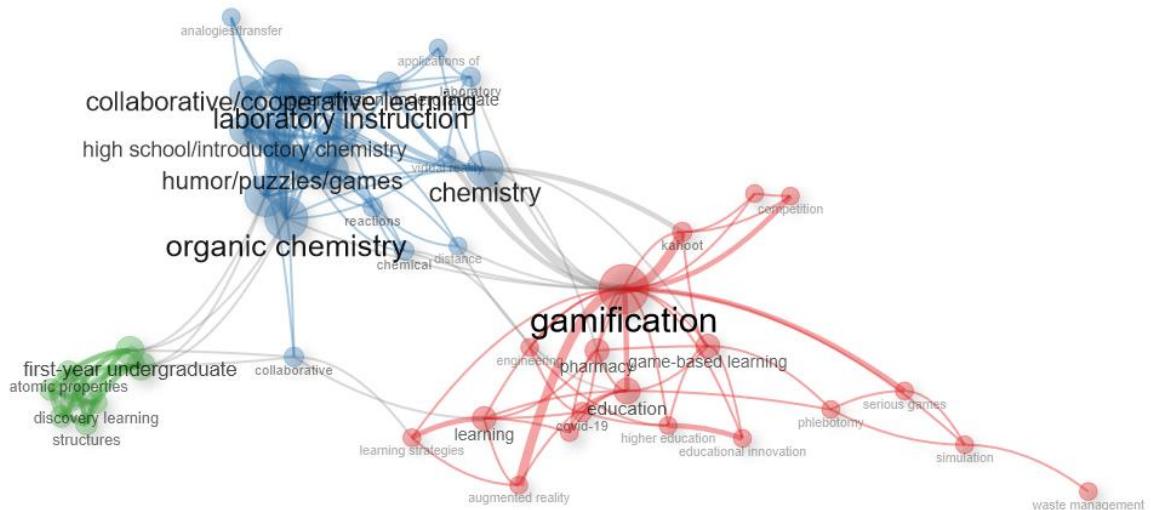
⁴ RStudio disponível em: <https://rstudio-education.github.io/hopr/startng.html>. Acesso em set. 2024.

⁵ Biblioshiny disponível em: <https://www.bibliometrix.org/home/index.php/layout/biblioshiny>. Acesso em set. 2024.

A nuvem de palavras (Figura 1) evidencia as temáticas centrais da literatura, com destaque para "gamification" como termo predominante, associado a "chemistry", "collaborative/cooperative learning", "laboratory instruction" e "computer-based learning,". Em contrapartida, termos como "first-year and second-year undergraduate", "internet/web-based learning", "organic chemistry" e "general chemistry" aparecem de forma menos expressiva, revelando lacunas e oportunidades para novas investigações sobre o ensino laboratorial de Química no ensino superior.

O mapa temático (Figura 2) evidencia a conexão e o agrupamento entre diferentes tópicos relacionados à pesquisa. Os termos estão organizados em *clusters* interconectados, representando áreas específicas e suas inter-relações. As cores indicam subtemas correlacionados, permitindo identificar com mais clareza as áreas centrais e as lacunas do campo, em complemento à análise da Figura 1.

Figura 2 – Diagrama de redes do mapa temático realizado em setembro/2024



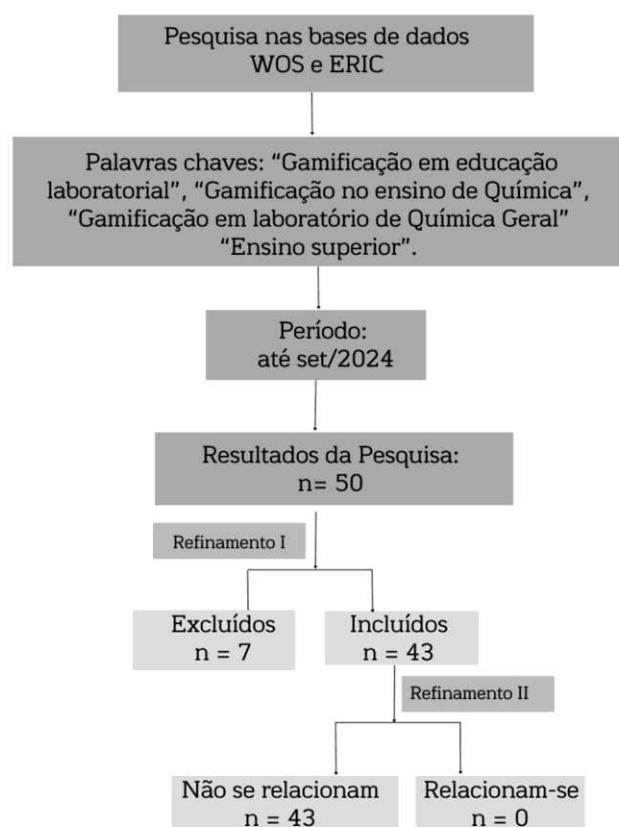
Fonte: Elaborado através do software *Biblioshine*

A análise do diagrama mostra que o *cluster* vermelho destaca a Gamificação como tema central, fortemente associado ao *game-based learning (GBL)* e à inovação educacional, indicando sua consolidação como abordagem interdisciplinar. O *cluster* azul, centrado em *Collaborative Learning* e *Laboratory Instruction*, evidencia que os laboratórios favorecem práticas colaborativas, mas que a aplicação da Gamificação nesse contexto ainda é pouco explorada. Já o *cluster* verde, com baixa densidade e posição periférica, concentra-se em *First-year Undergraduate* e *Organic Chemistry*, apontando áreas ainda incipientes, embora

com alguma ocorrência. Por fim, a ausência de Química Geral, Analítica e Físico-Química reforça a existência de oportunidades para futuras pesquisas.

Para investigar o papel da Gamificação no ensino de Química Geral em laboratório no ensino superior, optou-se pela aplicação do mesmo protocolo bibliométrico previamente detalhado, pois essa padronização metodológica garante maior comparabilidade dos achados, assegura a confiabilidade dos resultados obtidos e reforça a robustez da análise. Esse procedimento resultou na identificação de 50 documentos nas bases WOS e ERIC (Figura 3). Após o primeiro refinamento, 7 documentos foram excluídos, pois tratavam de Química pura, restando 43 artigos para análise. A limpeza da base de dados foi realizada no *software Excel*, com base em títulos, resumos e palavras-chave, conforme os critérios de rigor metodológico previamente adotados.

Figura 3 – Processo de identificação, triagem, exclusão e inclusão de critérios



Fonte: Autoria própria (2025).

Um segundo refinamento foi então aplicado, com critérios mais específicos, focando exclusivamente em estudos que relatassem a aplicação de Gamificação em práticas experimentais de Química Geral no ensino superior. Desse modo, todos os 43 artigos restantes foram analisados integralmente e, subsequentemente, excluídos. A principal justificativa para

essa exclusão em massa foi a falta de aderência aos critérios centrais da pesquisa: a maioria dos estudos abordava o uso de tecnologias imersivas (Realidade Aumentada, Virtual ou Mista) como fim em si mesmas, ou aplicava a Gamificação em contextos de ensino teórico ou em disciplinas laboratoriais de outras áreas da Química (como Orgânica ou Analítica), não encontrando nenhum estudo relacionado a Gamificação no laboratório de Química Geral.

Após a triagem, nenhum estudo atendeu integralmente aos critérios estabelecidos. Ainda assim, dois artigos foram selecionados para discussão, conforme apresentado no Quadro 1, por exemplificarem um equívoco recorrente na literatura: embora se autodeclarem como estudos de “Gamificação”, sua metodologia não incorpora elementos essenciais dessa abordagem, como pontos, medalhas, rankings, narrativas ou missões.

Quadro 1 – Descrição dos artigos em debate

Título	Curso aplicado	Conceitos de Química	Propósito do estudo	Autores
Game-Based Learning and Just-in-Time Teaching to Address Misconceptions and Improve Safety and Learning in Laboratory Activities	Engenharia Química	Segurança de laboratório e processos de eletroquímica.	avaliar o conhecimento dos alunos sobre as questões de segurança e conceitos teóricos e protocolos de exercícios de laboratório.	Llanos, et al., 2021
Applying a Quiz-Show Style Game To Facilitate Effective Chemistry Lexical Communication	Não indica, mas direciona para todos os cursos que exigem instrução de laboratório	Segurança e técnicas de laboratório	Revisar o conhecimento sobre instrumentos de laboratório, vidraria, aparelhos e técnicas	Koh, S. B. K; Fung, F. M, 2018

Fonte: Autoria própria (2025).

Em vez disso, ambos os estudos empregam metodologias mistas que combinam elementos pontuais de *Game-Based Learning* (GBL), como o uso de *serious games* ou simuladores, com outras estratégias pedagógicas, sem incorporar os princípios estruturais da Gamificação, tais como sistemas de recompensas, progressão por níveis, *feedback* contínuo, mecânicas de engajamento e regras destinadas a orientar o comportamento do jogador. Sua inclusão no quadro analítico, portanto, tem o objetivo de esclarecer a distinção conceitual entre as abordagens e demarcar com precisão as fronteiras do objeto de estudo desta pesquisa.

O corpo de literatura existente sobre Gamificação no ensino de Química Geral laboratorial, embora valioso, revela uma oportunidade significativa para pesquisa inovadora. Investigações anteriores frequentemente negligenciam distinções conceituais fundamentais, levando a uma taxonomia inconsistente onde atividades de *Game-Based Learning* (GBL) são

erroneamente categorizadas como Gamificação (Çeker e Özdamlı, 2017). Essa ambiguidade é evidente em estudos como o de Llanos *et al.* (2021), que, ao utilizar o *Kahoot!* E Koh e Fung (2018), que utilizaram charadas, sem as descrições dos seus componentes de jogos essenciais, operam na verdade dentro do paradigma do GBL.

Este trabalho posiciona-se para preencher essa lacuna conceitual e prática através de uma investigação original que avança em três frentes principais: (1) a proposição de um *framework* claro e aplicável que articula mecânicas e dinâmicas de jogo com objetivos de aprendizagem específicos em laboratórios físicos, um contexto notavelmente negligenciado (Kalogiannakis; Papadakis; Zourmpakis, 2021); (2) a implementação da análise longitudinal que permite avaliar a sustentabilidade do engajamento e do desempenho no decorrer das missões (Subhash e Cudney, 2018); e (3) a priorização de um *design* que transcende recompensas extrínsecas, focando em elementos narrativos e desafios cumulativos para fomentar uma motivação autêntica, evitando o risco da superficialidade (Mora *et al.*, 2017).

Como contribuição pioneira, propõe-se a Gamificação integral das atividades laboratoriais presenciais na disciplina de Química Geral da Universidade Federal do Ceará (UFC). Desenvolvida pelo Laboratório de Desenvolvimento de Soluções Educacionais (LDSE), a iniciativa destaca-se pela aplicação sistemática dos princípios de Gamificação em um curso experimental semestral, um avanço inédito no contexto da Química Geral laboratorial. Essa abordagem transforma atividades tradicionalmente mecanizadas em experiências dinâmicas e imersivas, configurando uma inovação pedagógica significativa.

Para assegurar o rigor e a validação dos achados desta pesquisa, seus principais resultados foram submetidos ao processo de revisão por pares. Como resultado desse esforço, o artigo “*Gamifying a General Chemistry Laboratory Course as a Strategy to Improve the Students’ Motivation*” foi aceito⁶ para publicação no *Journal of Chemical Education* (JCE), um dos periódicos mais conceituados na área, atestando a relevância e o contributo deste trabalho para o campo da educação em Química. A versão integral do manuscrito, disponível no Apêndice A, corrobora e detalha as afirmações aqui apresentadas.

Diante do exposto, esta dissertação está organizada da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica que embasa o estudo; o Capítulo 3 apresenta a metodologia do estudo realizado, detalhando suas fases: definição, desenho, implementação e avaliação; o Capítulo 4 discute os resultados e suas implicações; e, por fim, o Capítulo 5 sintetiza as conclusões, limitações e perspectivas para pesquisas futuras.

⁶ O artigo aceito está disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.5c00845>. Acessado e publicado em 25 de setembro de 2025.

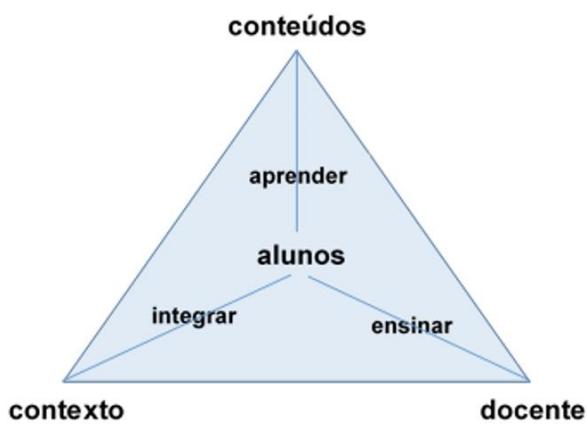
2 REFERENCIAL TEÓRICO

As metodologias ativas representam uma ruptura com os modelos pedagógicos tradicionais ao priorizar o protagonismo discente, a autonomia e a participação ativa na construção do conhecimento (Filatro; Cavalcanti, 2023). Nesse contexto, a Gamificação destaca-se por integrar componentes de jogos ao processo educacional, criando experiências imersivas que favorecem a aprendizagem significativa (Hervás *et al.*, 2017; Silva Junior *et al.*, 2025c). Essa abordagem parte da premissa de que a aprendizagem é mais eficaz quando os estudantes estão cognitivamente e emocionalmente engajados em atividades interativas, capazes de estimular tanto a assimilação quanto a retenção do conhecimento (Eugênio, 2020).

De acordo com Filatro e Cavalcanti (2023), o estudante deve ser reconhecido como agente central do processo de aprendizagem, assumindo papel ativo e responsável pela construção do saber. Essa visão valoriza a experiência prática e a interação social como pilares pedagógicos essenciais para potencializar a retenção e a aplicação do conhecimento.

O modelo apresentado na Figura 4 reafirma a importância das práticas educacionais não tradicionais para viabilizar essa mudança de paradigma, deslocando o foco do ensino para uma aprendizagem autônoma e significativa.

Figura 4 – Modelo de aprendizagem centrado no estudante



Fonte: Adaptado de Filatro e Cavalcanti, 2023.

Este modelo ilustra uma reestruturação pedagógica em que o estudante é posicionado como protagonista e o docente atua como mediador. A representação visual sintetiza a aplicação dos princípios teóricos, evidenciando mecanismos como missões contextualizadas, *feedback* contínuo e colaboração. Potencializados pela Gamificação, esses elementos operacionalizam a transição para uma aprendizagem mais autônoma, motivadora e efetiva,

especialmente em ambientes de laboratório. Assim, a figura funciona como um mapa conceitual que articula teoria e prática, demonstrando como as estratégias implementadas buscam aumentar tanto a motivação quanto a efetividade da aprendizagem.

Mais do que uma descrição conceitual, essas fundamentações orientam o *design* da Gamificação, sustentam sua implementação prática e embasam a avaliação por meio dos instrumentos de coleta e dos métodos de análise de dados adotados nesta pesquisa.

2.1 Marco e desenvolvimento histórico: fundamentos da Gamificação

Afinal, Gamificação é o mesmo que games? *Games* e Gamificação compartilham a mesma intencionalidade? Para ser considerada Gamificação, uma atividade precisa ser divertida e focada em entretenimento? Essas questões revelam um equívoco recorrente na literatura, onde termos como *Gamificação*, *games* e *aprendizagem baseada em jogos* (GBL) são tratados como sinônimos (Kapp, 2017; Burke, 2015; Çeker; Özdamli, 2017; Eugênio, 2020).

Um jogo é uma atividade voluntária, com regras específicas e que ocorre dentro dos limites de tempo e espaço. Nele existe um propósito em si mesmo, que não necessariamente precise se relacionar com a vida cotidiana. Seu caráter é livre e, ao mesmo tempo, rigoroso, pois os jogadores aceitaram participar e seguir um conjunto de regras impostas (Silva Junior *et al.*, 2025a; 2025b).

A Gamificação, por sua vez, consiste na aplicação de componentes de jogos em ambientes sérios, orientados a objetivos externos. Sua definição evoluiu ao longo do tempo. Conforme apresentado por Deterding *et al.* (2011), o termo “Gamification” foi inicialmente cunhado por Nick Pelling para descrever o uso de elementos de jogos em contextos não lúdicos. Posteriormente, Jane McGonigal contribuiu para a popularização do conceito ao apresentá-lo em sua palestra na *TED Talks*⁷ (McGonigal, 2011). A partir desse movimento, diferentes autores passaram a aprofundar o entendimento da Gamificação: Zichermann e Cunningham (2011) a caracterizam como uma lógica sistematizada inspirada nos jogos.

Em perspectivas mais recentes, Saraiva (2022) a comprehende como a construção de modelos e sistemas centrados nas pessoas, estruturados segundo a lógica dos games, definição mais abrangente e sistemática. Em seguida, Eugênio (2020) a caracteriza como uma

⁷ Disponível em:

<https://www.ted.com/talks/jane_mcgonigal_the_game_that_can_give_you_10_extra_years_of_life?language=ptbr&data=eyJjb2RpZ28iOiIzVEo1TEJaNU5KWFrKRFdHR1owWCIsInZhbG9yX2Rlc2NvbnRvIjoiMTIiLCJ0aXBvX2Rlc2NvbnRvIjoiUCIsImRhdGFfZXhwaXJhY2FvIjoiMjAyMi0wOC0xMyIsIm1nbSI6dHJ1ZX0%3D>

metodologia que utiliza elementos, pensamento e estética dos jogos para promover mudanças comportamentais, enfatizando seus propósitos educacionais e motivacionais. Por fim, Hervás *et al.* (2017) detalham essa abordagem ao descrever a aplicação de componentes específicos, como narrativas, tempo, recompensas, pontos, emblemas e tabelas de classificação, em contextos não relacionados a jogos.

Segundo Filatro e Cavalcanti (2023) gamificar consiste em incorporar de forma intencional mecânicas como regras, níveis progressivos, competição, cooperação, recompensas, *feedback*, narrativas, personalização de percursos e *rankings*, ao *design* de experiências de aprendizagem, com o propósito de torná-las mais envolventes e eficazes.

A Gamificação pode ser vista como uma das formas mais divertidas e complexas de engajamento, pois as atividades podem ser dinamizadas e imersivas. Entretanto, sua implementação exige planejamento e preparação por parte do aplicador, que deve estruturar cuidadosamente os componentes do jogo e monitorar o fluxo de participação para garantir a eficácia da estratégia (Silva Junior *et al.*, 2025c).

Atualmente, a Gamificação consolida-se como abordagem interdisciplinar capaz de promover engajamento em diferentes esferas, tais como educacional, empresarial, política, de saúde e de marketing, pela sua versatilidade e eficácia (Eugênio, 2020; Hervás *et al.*, 2017; Hassan; Hamari, 2020; Silva Junior *et al.*, 2025c; 2025d). Essa amplitude de aplicações revela seu potencial como estratégia de mediação capaz de mobilizar comportamentos, fortalecer vínculos e sustentar processos de aprendizagem e participação social.

No campo educacional, a Gamificação destaca-se pelo aumento da motivação e do desempenho acadêmico (Eugênio, 2020; Filatro; Cavalcanti, 2023; Silva Junior *et al.*, 2022; 2025c); no entretenimento, reduz frustrações e evita desengajamento (Ding; Antonucci; Venditti, 2025); na saúde, apoia telemedicina, educação em saúde e até tratamentos (de Vette *et al.*, 2015; Johnson *et al.*, 2018); no ambiente corporativo, eleva produtividade e satisfação (Dale, 2014); no marketing, aprofunda a relação produto–consumidor (Elwakeel *et al.*, 2025); e na governança, fomenta engajamento cívico e participação democrática (Hassan; Hamari, 2020).

Assim, o sucesso transversal da Gamificação decorre da capacidade de combinar participação e atratividade em prol de objetivos diversos (Kalogiannakis; Papadakis; Zourmpakis, 2021). Seja em contextos educacionais, sociais ou corporativos, a Gamificação revela-se catalisadora de transformações, ao mostrar como mecânicas lúdicas podem modificar comportamentos e promover aprendizagens significativas.

2.2 Modelo de Gamificação adotado na Educação: componentes de jogos e objetivos de aprendizagem

A Gamificação emerge no contexto educacional como uma estratégia versátil, cuja aplicação pode variar de implementações superficiais a reformulações profundas das atividades propostas (Filatro; Cavalcanti, 2023). Seu principal propósito transcende a mera diversificação de atividades, visando fomentar a autonomia e o engajamento discente. Nesse sentido, a autonomia, conforme definida por Ryan e Deci (2020), não se limita a uma habilidade operacional, mas constitui um processo de inserção crítica do indivíduo no mundo, impulsionando-o para uma formação permanente, em contraposição a um estado de treinamento técnico.

É precisamente na promoção dessa autonomia que a Gamificação encontra sua maior eficácia. Ao conceder ao estudante maior protagonismo sobre sua aprendizagem, por meio de escolhas, desafios adaptativos e *feedback* imediato, ela catalisa seu interesse intrínseco. Consequentemente, esse maior interesse se converte em um engajamento mais sustentado e significativo, transformando a experiência educativa de obrigatória em desejada (Silva Junior, *et al.*, 2022; 2025c).

O cerne da Gamificação reside na aplicação intencional dos componentes característicos de jogos, que transcendem a mera diversão e são metódicamente empregados para potencializar a aprendizagem (Hervás *et al.*, 2017; Silva Junior *et al.*, 2025c; 2025d). Esses componentes, detalhados no Quadro 2, atuam como alavancas para promover engajamento, orientar o progresso e fomentar a motivação intrínseca.

Quadro 2 – Componentes básicos dos jogos e sua principal função na Gamificação

Componente	Função
Pontos de Experiência (XP)	Quantificar e validar o desempenho e a conclusão de tarefas. Servem como <i>feedback</i> imediato.
Ranking	Promover a competição saudável e fornecer um <i>feedback</i> social comparativo.
Barra de Progressão	Visualizar o avanço em direção a um objetivo final, tornando o progresso tangível e motivador.
Missões/Desafios	Estruturar a aprendizagem em tarefas com objetivos claros, aumentando o engajamento e a sensação de propósito.
Medalhas/Troféus/distintivos/selos	Reconhecer e recompensar o domínio de habilidades,

(Recompensas físicas ou virtuais)	comportamentos positivos ou marcos específicos.
Desbloqueio de missões	Controlar o fluxo de complexidade e recompensar o progresso com novidades, mantendo a curiosidade e o ritmo.
Avatares	Permitir a expressão individual e a construção de identidade dentro do ambiente gamificado, aumentando o apego emocional
Feedback instantâneo	Informar o aluno sobre seu desempenho instantaneamente, permitindo correção de rota e reforço positivo.
Níveis	Segmentar a jornada em fases gerenciáveis, oferecendo metas de curto prazo e uma sensação clara de ascensão e domínio.
Narrativa/ <i>Storytelling</i>	Contextualizar as atividades em um enredo, dando propósito emocional e significado às tarefas, que deixam de ser arbitrárias.
Interação social (competição/cooperação)	Fomentar a colaboração, a discussão e o senso de comunidade, transformando a aprendizagem em uma experiência social e interdependente.
Aversão à perda	Motivar a ação e a manutenção do engajamento através do receio de perder benefícios, status ou progresso já conquistados, explorando o viés cognitivo humano de que a dor da perda é maior que o prazer do ganho equivalente.

Fonte: Adaptado de Hervás *et al.*, 2017.

Esses componentes são comumente organizados em três categorias fundamentais: mecânicas, dinâmicas e *enjoyments* (prazer/satisfação). Embora distintos, esses conceitos são profundamente interconectados e trabalham em conjunto para criar experiências prazerosas e engajadoras (Silva Junior *et al.*, 2025c).

As mecânicas representam os elementos estruturais que definem a implementação da Gamificação. Segundo Werbach e Hunter (2015), Iosup e Epema (2014) e Hervás *et al.* (2017), as dinâmicas caracterizam as ações dos participantes que, posteriormente, traduzirão os resultados tangíveis. Elas organizam as interações entre jogadores e sistema, influenciando diretamente o desempenho e o progresso, servindo assim como alicerce para a experiência gamificada (Eugênio, 2020; Hervás *et al.*, 2017).

Segundo a taxonomia proposta por Hervás *et al.* (2017), alinhada às teorias da mudança comportamental, as mecânicas de Gamificação podem ser definidas como elementos operacionais que traduzem princípios psicológicos em estímulos concretos, visando promover engajamento e facilitar a adoção de comportamentos-alvo.

No contexto educacional, esses comportamentos podem incluir a persistência na resolução de problemas complexos, a colaboração entre colegas, a autonomia na execução de tarefas, o cumprimento das normas de segurança, a autogestão do tempo, a busca por aprofundamento conceitual e a capacidade de autorregulação (Eugênio, 2020; Filatro; Cavalcanti, 2023). O Quadro 3 sintetiza essa relação, elucidando como cada mecanismo se articula com processos de influência comportamental.

Quadro 3 – Categorização das mecânicas, descrição e função principal

Mecânicas	Descrição e Função principal
Metas/Objetivos	Estabelecem as finalidades centrais da experiência, orientando a atuação do usuário com base em suas motivações e esforços para alcançá-las.
Status/Hierarquia/ Prestígio	Conjunto de atributos (como títulos, cargos ou avatares exclusivos) que conferem singularidade ao usuário, diferenciando-o dos demais participantes.
Imprevisibilidade	Elemento que introduz fatores casuais ou surpresas, gerando incerteza e mantendo o interesse e a curiosidade do usuário (sorte/azar).
Temporalidade	Exige que a interação e a participação do usuário ocorram em intervalos de tempo ou momentos específicos predefinidos.
Reforço/ <i>Feedback</i>	Traduz o desempenho e as ações do usuário em valores numéricos (como pontos ou medalhas), fornecendo uma medida clara e imediata de seu progresso.
Imersão/Envolvimento profundo	Estado mental de absorção completa na atividade, no qual o usuário fica em estado de presença, concentrado e investido no ambiente e na narrativa proposta.
Ciclos de engajamento	Traduz como espirais de motivação contínua, visando manter o participante em um processo contínuo de reengajamento dentro da experiência do jogo.
Customização progressiva	Capacidade oferecida ao usuário para alterar e personalizar componentes do sistema. A implementação escalonada dessas possibilidades atua como um impulsionador contínuo da motivação intrínseca, reforçando o vínculo do jogador com a experiência.

Fonte: Autoria própria (2025) com base em Hervás *et al.*, 2017.

Enquanto as mecânicas constituem a base estrutural da Gamificação através dos elementos tangíveis no sistema, as dinâmicas representam a camada experencial e comportamental que emerge dessa interação. De acordo com Werbach e Hunter (2015), Iosup

e Epema (2014) e Hervás *et al.* (2017), as dinâmicas são respostas humanas e sociais às mecânicas implementadas. Elas incorporam dimensões mais subjetivas e abrangentes da experiência, tais como interações sociais, padrões comportamentais e respostas emocionais, que explicam efetivamente como e por que os usuários se engajam com o sistema.

Este engajamento não é estático, as dinâmicas impulsionam uma evolução progressiva tanto do usuário quanto do ambiente gamificado. Mecanismos como a competição, a cooperação e a comparação social estimulam a participação ativa e direcionam as ações dos jogadores, criando um ciclo virtuoso de ações e reações. Este ciclo, por sua vez, gera um fluxo orgânico que mantém a atividade dinâmica e imprevisível (Werbach e Hunter, 2015; Iosup e Epema, 2014; Hervás *et al.*, 2017; Silva Junior *et al.*, 2025c; 2025d).

O resultado desse processo é duplamente vantajoso: ele não apenas sustenta o envolvimento contínuo, combatendo a monotonia, mas também assegura a relevância motivacional das atividades ao longo de toda a experiência. É através da ativação de dinâmicas inovadoras, como a busca por reputação, a satisfação da realização, o desejo de colecionismo e finalização, o apelo da fantasia e o instinto de posse e proteção, que a Gamificação transcende a mera distribuição de pontos e medalhas, transformando-se em uma experiência profundamente cativante e transformadora (Hervás *et al.*, 2017; Silva Junior *et al.*, 2025).

No que concerne aos *enjoyments*, estes representam os componentes qualitativos que conferem à experiência suas características de prazer, envolvimento e satisfação. Intrinsecamente conectados à motivação interna, transcendem a simples lógica de recompensas materiais: despertam sentimentos autênticos de realização, operam como validações simbólicas do progresso, reforçam comportamentos desejáveis e intensificam simultaneamente a motivação e o prazer dos participantes. Esses elementos atuam como catalisadores emocionais que transformam a experiência gamificada em uma vivência profundamente significativa e memorável (Hervás *et al.*, 2017; Silva Junior *et al.*, 2025c; 2025d).

Dessa forma, a utilização estratégica do conjunto dos componentes dá origem a distintas abordagens, que variam em complexidade e propósito. A classificação dessas práticas fundamenta-se em dois eixos principais: a profundidade de integração com a proposta pedagógica e a natureza da motivação que pretendem despertar. Diante disso, categorizam-se três modelos predominantes na esfera educacional: a Gamificação de Conteúdo, a Gamificação Estruturada e a Gamificação Combinada (Eugênio, 2020; Filatro; Cavalcanti, 2023).

A Gamificação de Conteúdo representa o nível mais profundo de integração, onde os elementos dos jogos são incorporados diretamente no material didático. Nesta abordagem, o conteúdo em si é transformado em uma experiência interpretativa, com narrativas imersivas, desafios contextualizados e mecânicas de jogo que modificam substancialmente a forma de apresentação do conhecimento. O aluno assume papéis ativos, participando de simulações e resolvendo problemas dentro de um contexto gamificado (Eugênio, 2020; Filatro; Cavalcanti, 2023). Essa estratégia é particularmente eficaz para desenvolver motivação intrínseca, pois cria uma conexão emocional entre o estudante e o objeto de aprendizagem. Teoricamente, essa abordagem se apoia na Teoria da Autodeterminação (Ryan; Deci, 2020), que enfatiza a importância da autonomia, competência e relacionamento para o engajamento sustentável.

Em contraste, a Gamificação Estruturada atua em um nível mais superficial, mantendo o conteúdo original intacto ao processo de aprendizagem. Essa abordagem é processual e sistemática, sendo frequentemente aplicada ao longo de períodos extensos como bimestres, semestres ou anos letivos. Seu foco principal está na motivação extrínseca, utilizando mecânicas como pontos, *rankings*, distintivos e níveis de progressão para incentivar a participação e a conclusão de atividades (Eugênio, 2020; Filatro; Cavalcanti, 2023). Fundamentada nos princípios comportamentalistas, essa forma de Gamificação é especialmente útil para estabelecer rotinas de estudo e promover a adesão a longos períodos (Skinner, 2000; Hwang *et al.*, 2015).

Quando essas duas abordagens são utilizadas, denomina-se Gamificação Combinada, que representa o estágio mais sofisticado de implementação. Neste modelo, a Gamificação Estruturada fornece a arquitetura geral de engajamento, mantendo os alunos motivados ao longo do tempo, enquanto a Gamificação de Conteúdo é aplicada em momentos estratégicos para aprofundar a aprendizagem em tópicos específicos. Essa combinação exige um planejamento cuidadoso, mas oferece o melhor dos dois mundos: a consistência da motivação extrínseca e a profundidade da motivação intrínseca (Eugênio, 2020; Ryan; Deci, 2020; Filatro; Cavalcanti, 2023).

A escolha entre essas abordagens deve considerar não apenas o contexto educacional, mas também os resultados desejados. Enquanto a Gamificação de Conteúdo é ideal para aprofundar conhecimentos complexos, a Gamificação Estruturada é mais eficaz para manter o engajamento em percursos longos. A combinação de ambas, quando bem implementada, pode transformar radicalmente a experiência de aprendizagem, integrando eficácia pedagógica e engajamento sustentável (Eugênio, 2020; Ryan; Deci, 2020; Filatro; Cavalcanti, 2023).

Os objetivos de aprendizagem devem ser considerados no planejamento da Gamificação, articulando-os com os quatro pilares da educação (aprender a fazer, a ser, a conhecer, a viver junto), os quais se relacionam com o desenvolvimento das habilidades conceituais, procedimentais, atitudinais e sociais (Zabala; Arnau, 2010), conforme descritas no Quadro 4.

Quadro 4 – Habilidades e fundamentos para Gamificação no ensino de Química Laboratorial

Categorias de Habilidades	Objetivos de Aprendizagem (O que o estudante será capaz de...)	Habilidades essenciais	Aplicação em pesquisas sobre Gamificação
Conceituais (Aprender a conhecer)	<ul style="list-style-type: none"> • Descrever os princípios teóricos que fundamentam o experimento; • Diferenciar e relacionar conceitos químicos • Prever resultados com base em teorias químicas. • Analisar dados para confirmar ou refutar hipóteses. • Interpretar fenômenos observados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação do conhecimento • Raciocínio lógico • Capacidade analítica • Pensamento crítico 	Teoria construtivista (Piaget, 1954) Teoria da Autodeterminação (Deci; Ryan, 2020)
Procedimentais (Aprender a fazer)	<ul style="list-style-type: none"> • Montar aparatos laboratoriais com precisão. • Executar técnicas de manipulação com destreza. • Coletar dados de forma sistemática. • Operar instrumentos de medição específicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proficiência técnica • Rigor metodológico • Precisão • Atenção aos detalhes 	Teoria por Descoberta (Bruner, 2006) Aprendizagem Experiencial (Kolb, 1984)
Atitudinais (Aprender a ser)	<ul style="list-style-type: none"> • Agir com responsabilidade pela própria segurança. • Demonstrar honestidade intelectual. • Assumir uma postura proativa e autônoma. • Manter a organização e a limpeza. • Avaliar criticamente o próprio desempenho e aprendizagem (metacognição). 	<ul style="list-style-type: none"> • Integridade • Autonomia • Perseverança • Ética profissional 	Teoria Social Cognitiva (Bandura, 2001) Teoria do Fluxo (Csikszentmihalyi, 1990) Teoria da Autoeficácia (Bandura, 2001)
Sociais (Aprender a conviver)	<ul style="list-style-type: none"> • Colaborar efetivamente para um objetivo comum. • Comunicar-se com clareza. • Assumir diferentes funções dentro de uma equipe. • Discutir resultados de forma construtiva. • Negociar e resolver conflitos de forma colaborativa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cooperação • Comunicação eficaz • Liderança situacional • Empatia 	Aprendizagem Social (Vygotsky, 1978) Aprendizagem Situada (Brown; Collins; Duguid, 1989)

Fonte: Autoria própria (2025).

Em síntese, a Gamificação eficaz surge do alinhamento estratégico entre os objetivos de aprendizagem e os princípios da psicologia, utilizando um conjunto de componentes de jogos para desenvolver de forma prática e mensurável as habilidades conceituais, procedimentais, atitudinais e sociais dos estudantes.

2.3 Sistematizando a base teórica da Gamificação

A Gamificação aplicada ao ensino é sustentada por um arcabouço teórico robusto, que explica os efeitos de suas mecânicas, dinâmicas e recompensas sobre a motivação, a cognição e o engajamento dos estudantes. Essas teorias permitem compreender como fatores externos (mecânicas de jogos) interagem com fatores internos (motivação, emoção e cognição), sustentando a experiência gamificada e favorecendo o engajamento e a autonomia do estudante, o que contribui para aprendizagens mais eficazes.

Nesse contexto, a integração dos componentes tempo, pontos, distintivos, *feedback*, *rankings* e progressão por níveis é validada por correntes da Psicologia Cognitiva, Social e Comportamental, bem como pela área da Interação Humano-Computador (Kalogiannakis; Papadakis; Zourmpakis, 2021; Bakan; Bakan, 2018; Hassan; Hamari, 2020).

2.3.1 Teoria Construtivista

A teoria construtivista de Piaget (1954) postula que o conhecimento é construído ativamente pelo sujeito à medida que interage com o meio. Essa construção ocorre ao longo de estágios do desenvolvimento cognitivo, sensório-motor (do nascimento aos 2 anos), pré-operatório (dos 2 anos aos 7 anos), operatório concreto (dos 7 anos aos 12 anos) e operatório formal (dos 12 anos à idade adulta), os quais influenciam a maneira como o indivíduo interpreta, organiza e transforma informações. No ensino superior, predominam características do estágio operatório formal, no qual o estudante é capaz de formular hipóteses, estabelecer relações abstratas e resolver problemas de forma lógica, mobilizando habilidades de raciocínio de ordem superior (Caldeira; Carvalho, 2021)

A Gamificação, quando bem estruturada, dialoga diretamente com essas competências ao propor desafios que mobilizam raciocínio hipotético-dedutivo, tomada de decisão e resolução de problemas (Kapp, 2017). No processo de construção do conhecimento, Piaget destaca a equilíbrio como o mecanismo que leva o sujeito a restabelecer equilíbrio cognitivo diante de situações novas ou conflitantes (Caldeira; Carvalho, 2021).

As missões gamificadas funcionam justamente como situações-problema que geram desequilíbrios cognitivos e demandam a reorganização de esquemas mentais. O *feedback* instantâneo — expresso por acertos, erros e pela dinâmica de ganhos e perdas de XP e *coins* — sustenta os processos de assimilação e acomodação ao permitir que o estudante confronte suas ações, identifique incoerências e ajuste suas estratégias. Esse ciclo contínuo de

desequilíbrio e reequilíbrio torna a estrutura gamificada alinhada ao próprio processo de desenvolvimento cognitivo descrito por Piaget (Caldeira; Carvalho, 2021).

Outro conceito central é a abstração reflexionante, pela qual o estudante constrói novos significados ao refletir sobre suas próprias ações e procedimentos (Caldeira; Carvalho, 2021). No contexto gamificado, essa abstração emerge quando o estudante analisa seus erros, identifica padrões de desempenho e desenvolve consciência das estratégias necessárias para avançar entre as missões. Esse processo favorece a tomada de consciência, isto é, a explicitação dos próprios mecanismos de pensamento, permitindo ao aluno compreender não apenas o “quê”, mas o “como” e o “porquê” de aprender (Do Marie *et al.*, 2023).

As missões progressivas organizadas com base na Jornada do Herói (Campbell, 2005) se articulam a esse processo, pois estruturam a aprendizagem como uma trajetória de superação crescente, na qual o estudante é convocado a enfrentar desafios, receber apoio de mentores e reconstruir conhecimentos em diferentes estágios. Tal narrativa reforça a lógica construtivista ao posicionar o estudante como protagonista, estimulando engajamento, autorregulação e evolução conceitual. Nesse sentido, o componente “tempo”, associado ao cumprimento das tarefas, atua como mecanismo adicional de regulação cognitiva, incentivando o planejamento, o monitoramento do próprio desempenho e o equilíbrio entre desafio e execução (Li; Tsai, 2013; Hallinger; Wang, 2020).

2.3.2 Teoria da Aprendizagem Social e Comportamental

A aprendizagem social de Bandura (2001) enfatiza a importância da autoeficácia e da modelagem social para o engajamento. Esse fundamento é evidente nas mecânicas de classificação e reconhecimento pessoal e público, nas quais o desempenho dos estudantes é visível a todos e serve como referência para o grupo. Tais mecanismos reforçam comportamentos positivos, uma vez que a observação do sucesso dos pares motiva a tentativa de alcançar resultados semelhantes (Bozkurt; Darak, 2018; Abraham *et al.*, 2020; Hallinger; Wang, 2020).

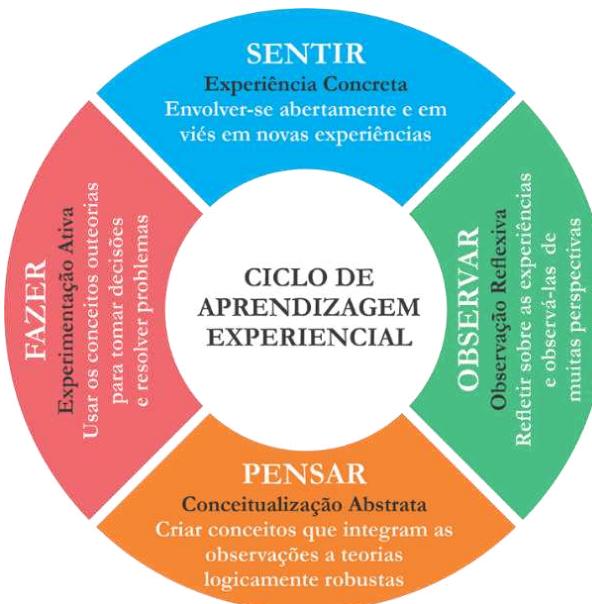
Do ponto de vista vygotskiano (1978), o trabalho em grupo e a comparação de resultados nas missões inserem-se na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), pois os estudantes aprendem em atividades colaborativas ou mediante a orientação do mediador. A combinação de competição saudável e cooperação estimula a troca de conhecimentos, o pedido de auxílio e o desenvolvimento conjunto de habilidades, favorecendo a internalização de conceitos complexos e o fortalecimento de competências cognitivas e socioemocionais de

forma contextualizada e significativa (Bozkurt; Darak, 2018).

2.3.3 Aprendizagem Experiencial

O ciclo da aprendizagem experiencial de Kolb (1984) encontra aplicação direta na estrutura gamificada (Figura 5). Cada missão constitui uma experiência concreta, seguida por momentos de reflexão (*feedback* imediato e reformulação das respostas), conceitualização (integração das experiências com os conceitos teóricos de Química) e experimentação ativa (aplicação em novas missões).

Figura 5 – Teoria da Aprendizagem Experiencial



Fonte: Silva Junior et al. (2025a) com base na teoria de Kolb (1984).

As recompensas, como distintivos por precisão ou segurança, não se limitam ao aspecto motivacional: elas sinalizam a passagem bem-sucedida por uma etapa do ciclo experiencial, favorecendo a consciência do próprio aprendizado. Esse processo garante que o estudante se perceba em constante evolução, consolidando a aprendizagem prática (Bakan; Bakan, 2018; Silva Junior et al., 2025c; 2025d).

2.3.4 Aprendizagem por Descoberta e Aprendizagem Situada

A proposta de Bruner (2006) para a aprendizagem por descoberta é materializada por meio de missões investigativas e simulações de contextos reais em laboratório. Ela instiga a exploração ativa de conceitos, ao mesmo tempo que mecanismos de colaboração inserem essa

descoberta em um contexto social significativo. Tais atividades demandam exploração ativa e favorecem a formulação de hipóteses pelos estudantes, que constroem conhecimento a partir da interação com materiais e situações-problema (Hervás *et al.*, 2017; Silva Junior *et al.*, 2025c; 2025d).

Convergindo com a aprendizagem situada de Brown, Collins e Duguid (1989), as missões gamificadas não se restringem a exercícios abstratos, mas são contextualizadas em práticas laboratoriais autênticas. A presença de tempo limitado e de recompensas vinculadas a procedimentos de segurança e precisão experimental reforça a natureza situada da aprendizagem, pois os estudantes desenvolvem competências em um ambiente que simula o cotidiano profissional da Química (Silva Junior *et al.*, 2025c; 2025d).

2.3.5 Teoria da Autodeterminação

A Teoria da Autodeterminação (TAD), proposta por Ryan e Deci (2020), fundamenta os elementos que promovem a motivação autônoma. No contexto da Gamificação, Werbach e Hunter (2015) e Deterding *et al.* (2011) destacam que componentes como avatares, níveis, metas claras e feedback estruturado apoiam diretamente as necessidades psicológicas básicas. Os avatares e a progressão por níveis reforçam a competência, ao permitir acompanhar o próprio desenvolvimento; as recompensas simbólicas e interações colaborativas fortalecem o relacionamento, ampliando o senso de pertencimento; e a possibilidade de escolher estratégias, caminhos e formas de execução das missões fomenta a autonomia, reduzindo a dependência de recompensas externas e favorecendo o engajamento autônomo. (Dichev e Dicheva, 2017; Hervás *et al.*, 2017).

Nesse contexto, a motivação intrínseca, agir por interesse e satisfação, emerge quando essas necessidades são atendidas, conduzindo a um engajamento genuíno e duradouro, enquanto a motivação extrínseca, baseada em incentivos externos, mostra-se menos eficaz para a internalização e transferência do conhecimento (Ryan e Deci, 2020).

Para promover uma motivação autodeterminada (Bakan; Bakan, 2018; Dichev; Dicheva, 2017), é essencial satisfazer três necessidades psicológicas básicas: autonomia (controle sobre as próprias escolhas), competência (crença na própria capacidade) e relacionamento (pertencimento social), conforme detalhado no Quadro 5.

Quadro 5 – TAD alinhada à Gamificação para o ensino de prática laboratorial

Necessidades psicológicas básicas para a TAD	Objetivos pedagógicos na Gamificação	Componentes dos jogos aplicáveis
Autonomia	Proporcionar ao aluno senso de controle, escolha e liderança na condução do seu aprendizado.	Missões/Desafios imersivos; Customização dos avatares; Temporalidade; Metas pessoais; Desbloqueio de nível ou conteúdo.
Competência	Proporcionar clareza sobre o progresso, <i>feedback</i> , desafios otimizados e recompensas para gerar senso de domínio.	<i>Feedback</i> instantâneo; Reforço positivo; Desafios graduais; Sistema progressivo; Reconhecimento de conquistas – Gráficos/placar/premiações.
Relacionamento	Fomentar a colaboração, a competição saudável e o senso de comunidade e pertencimento.	Interação social; Status e prestígio; Competição/cooperação; Resultados e premiações; Compartilhamento dos estados de vitória.

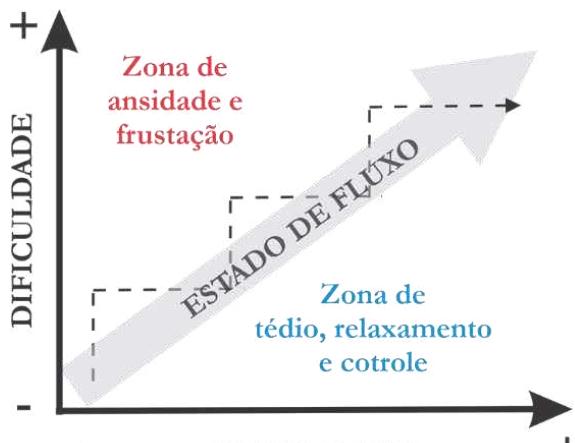
Fonte: Adaptado de Ryan e Deci (2020); Werbach e Hunter (2015) e Deterding *et al.* (2011)

Dessa forma, fica evidente que o valor da Gamificação vai muito além de um sistema de premiações. Seu poder emerge do alinhamento intencional de seus componentes com os pilares da Autonomia, Competência e Relacionamento da TAD. Essa sinergia gera um ambiente de aprendizagem motivador e rico, onde o aluno desenvolve um senso de propriedade sobre seu conhecimento, sente-se capaz de dominar habilidades complexas e vê significado na colaboração. Este é o caminho para catalisar um engajamento mais profundo, significativo e autodeterminado com a ciência (Segura-Robles *et al.*, 2020).

2.3.6 Teoria do Fluxo

A Teoria do Fluxo, proposta por Csikszentmihalyi (1990), descreve um estado psicológico de imersão profunda que ocorre quando o desafio de uma atividade está equilibrado com as habilidades do indivíduo. Nesse estado, o sujeito experimenta elevada concentração, sensação de controle, perda da autoconsciência e percepção alterada do tempo, elementos que contribuem para o aumento da satisfação e do desempenho (Bakan; Bakan, 2018; Kalogiannakis; Papadakis; Zourmpakis, 2021). Como representado na Figura 6, o fluxo emerge quando desafios excessivos não produzem ansiedade e tarefas simples não resultam em tédio, mas quando ambos se encontram em um ponto ótimo de equilíbrio.

Figura 6 – Teoria do Fluxo



Fonte: Silva Junior *et al.* (2025a), adaptado de Csikszentmihalyi (1990).

Além da relação entre desafio e habilidade, Csikszentmihalyi (1990) identifica nove dimensões fundamentais que sustentam a experiência de fluxo: metas claras, *feedback* imediato, concentração intensa na tarefa, fusão entre ação e consciência, perda da autoconsciência, percepção distorcida do tempo, senso de controle, equilíbrio desafio-habilidade e experiência autotélica, caracterizada pelo prazer intrínseco em realizar a atividade. Quando esses elementos convergem, a atividade torna-se envolvente, significativa e autorreforçadora (Bassi *et al.*, 2018).

No contexto da Gamificação das aulas de laboratório, essas dimensões são operacionalizadas de forma explícita. As metas claras são definidas pelos cartões de missão, que indicam objetivos, regras e critérios de desempenho. O *feedback* imediato ocorre por meio da devolutiva de acertos, erros e do sistema de ganhos e perdas de XP e *coins*, permitindo que o estudante ajuste suas estratégias em tempo real. O equilíbrio entre desafio e habilidade é garantido pela progressão de missões, que aumentam gradualmente em complexidade, mantendo o estudante em zona de engajamento. A concentração na tarefa é favorecida por atividades práticas que exigem foco, precisão e tomada de decisão (Hassan; Hamari, 2020).

Outras dimensões também se manifestam: a fusão entre ação e consciência ocorre quando o estudante se envolve plenamente nas etapas do procedimento experimental; a percepção alterada do tempo é observada em relatos de imersão nas atividades; e o senso de controle emerge do domínio progressivo das técnicas e da visualização do progresso por níveis. Por fim, a natureza autotélica das missões é reforçada pelo prazer associado ao avanço, ao cumprimento das metas e à superação de desafios (Kalogiannakis; Papadakis; Zourmpakis, 2021).

2.4 Gamificação no ensino de práticas laboratoriais: vantagens, contradições e lacunas

A literatura recente aponta que a Gamificação, quando orientada por objetivos pedagógicos claros, tem potencial para enriquecer o ensino de práticas laboratoriais, superando limitações de metodologias centradas na mera execução de protocolos. Ao incorporar narrativas, desafios e missões, a estratégia confere propósito às atividades, favorece o engajamento dos estudantes e estimula a aprendizagem ativa e a motivação intrínseca (Fleischmann; Ariel, 2016; Zeybek; Saygi, 2023).

Entre os benefícios reportados, destaca-se a integração entre teoria e prática, que torna os experimentos mais contextualizados e colaborativos (Drace, 2013). Além disso, a Gamificação promove *feedback* e retentativas sem penalização definitiva, valorizando o erro como parte do processo formativo (Fleischmann; Ariel, 2016). Esse aspecto é particularmente relevante em laboratórios físicos, nos quais falhas fazem parte do processo do método científico. Outro ganho importante é o desenvolvimento de habilidades socioemocionais e atitudinais, reforçando a autonomia e a responsabilidade dos estudantes no espaço experimental.

Apesar do potencial reconhecido, a literatura aponta resultados divergentes quanto à efetividade da Gamificação. Embora revisões sistemáticas evidenciem ganhos em engajamento e motivação, nem sempre esses avanços se traduzem em melhorias conceituais duradouras ou em maior retenção (Kalogiannakis; Papadakis; Zourmpakis, 2021; Subhash; Cudney, 2018). Além disso, o impacto pode variar de acordo com o perfil discente e com a forma como os componentes dos jogos são implementados. Ainda assim, tais limitações não invalidam a relevância da Gamificação, mas antes reforçam a necessidade de um desenho pedagógico cuidadoso, que considere tanto a diversidade dos estudantes quanto as exigências de segurança no laboratório (Zeybek; Saygi, 2023).

Em síntese (Quadro 6), Gamificação representa uma metodologia imersiva que pode apoiar as demandas do ensino laboratorial contemporâneo, com benefícios em dimensões motivacionais, cognitivas e comportamentais. Contudo, para que seu potencial seja plenamente explorado, é imprescindível avançar em modelos de *design* pedagógico aplicados diretamente a laboratórios físicos, capazes de articular narrativas, *feedback* formativo e objetivos de aprendizagem claros. Tais modelos devem ser acompanhados por instrumentos avaliativos multidimensionais que permitam mensurar não apenas a motivação, mas sobretudo o desenvolvimento efetivo de competências científicas significativas.

Quadro 6 – Vantagens e desafios da Gamificação em Laboratórios de ensino

Vantagens	Desafios e Limitações	Referências
Aumento do engajamento e motivação	Engajamento superficial, risco em focar apenas em recompensas extrínsecas	Drace (2013); Fleischmann; Ariel (2016); Zeybek; Saygı (2023)
<i>Feedback</i> instantâneo e possibilidade de retentativas seguras, progressão visível.	Pode não funcionar para todos os perfis de alunos, evidências inconsistentes sobre aprendizagem conceitual e retenção ao longo prazo.	Fleischmann; Ariel (2016); Kalogiannakis; Papadakis; Zourmpakis (2021).
Ambiente seguro para errar e experimentar sem prejuízo material.	Dificuldade em transpor motivação para competências técnicas manuais.	Drace (2013); Fleischmann; Ariel (2016).
Integração teoria-prática por meio das narrativas e missões.	Possível superficialidade se mal desenhado e nem todos os perfis discentes respondem positivamente ao conjunto de componentes da Gamificação.	Drace (2013); Kalogiannakis; Papadakis; Zourmpakis (2021).
Desenvolvimento de habilidades colaborativas e senso de comunidade.	Exige alto investimento de planejamento e criatividade docente.	Zeybek; Saygı (2023)

Fonte: Autoria própria (2025)

Embora a literatura apresente avanços significativos sobre Gamificação no ensino laboratorial, observa-se que a maioria das implementações reportadas ocorre em ambientes digitais ou simulados, como plataformas online ou laboratórios virtuais. Esse cenário evidencia uma lacuna crítica: a escassez de estudos aplicados diretamente em laboratórios físicos reais, onde a manipulação de materiais, a gestão de riscos e o cumprimento das normas de segurança impõem desafios adicionais. Explorar a Gamificação nesse contexto é essencial para compreender seu impacto efetivo na formação de competências técnicas, cognitivas e atitudinais próprias da prática científica presencial.

2.5 Síntese e implicações metodológicas do aporte teórico

A revisão realizada neste capítulo evidencia que a Gamificação se apoia em um arcabouço teórico integrado, cujas contribuições convergem para a organização de experiências de aprendizagem ativas, motivadoras e progressivas. Em conjunto, essas teorias fundamentam as decisões metodológicas apresentadas no Capítulo 3, especialmente a estruturação do *framework* gamificado, organizado em três fases: desenho, implementação e

avaliação.

Do ponto de vista cognitivo, o Construtivismo de Piaget fundamenta a proposição de desafios graduais capazes de provocar desequilíbrio cognitivo e reorganização de esquemas, justificando a progressão e a complexidade das missões. A Aprendizagem Experiencial de Kolb complementa essa perspectiva ao estruturar cada missão no ciclo de vivência, reflexão, conceitualização e reexperimentação, operacionalizado pela entrega das fichas de reagentes no início das missões e, ao final de cada etapa, dos desafios resolvidos, dos cálculos e dos registros das observações experimentais.

No plano motivacional, a Teoria da Autodeterminação (TAD) orienta a seleção de mecânicas voltadas ao desenvolvimento da autonomia, da competência e do relacionamento, reduzindo a dependência exclusiva de recompensas extrínsecas. Em paralelo, a Teoria do Fluxo explicita como metas claras, desafios graduais, *feedback* contínuo e sensação de controle favorecem a imersão, orientando a organização da implementação ao longo do semestre e a distribuição progressiva das missões.

Sob a perspectiva social e comportamental, os princípios da Teoria Social Cognitiva, da Aprendizagem Situada e da Aprendizagem por Descoberta explicam a importância da cooperação, da modelagem positiva e das tarefas contextualizadas. Esses referenciais sustentam decisões metodológicas como a definição de posturas positivas e negativas, os momentos de resolução colaborativa e o uso de avatares como marcadores identitários de progresso.

A síntese dessas bases evidencia que o *design* gamificado não se limita a pontos, distintivos ou recompensas, mas constitui um *framework* pedagógico intencional, no qual cada mecanismo cumpre uma função cognitiva, motivacional e/ou social. Esse alinhamento prepara o leitor para compreender, no Capítulo 3, como as teorias orientaram o desenho, a implementação e a avaliação das missões. O Quadro 7 apresenta uma visão sintética de suas contribuições e limitações.

Quadro 7 – Articulação teórica do *framework* metodológico

Base teórica	Contribuições para o <i>design</i> gamificado	Limitações
Construtivismo (Piaget, 1954)	Fundamenta a progressão de desafios, o desequilíbrio cognitivo e a reorganização de esquemas mentais por meio de missões graduais.	Exige adaptação contínua ao nível cognitivo dos estudantes para evitar frustração ou desinteresse.
Aprendizagem Experiencial (Kolb, 1984)	Estrutura as missões no ciclo vivência–reflexão–conceitualização–reexperimentação, sustentando o uso de <i>feedback</i> imediato.	A etapa reflexiva pode não ocorrer de forma espontânea sem mediação docente intencional.
Teoria da Autodeterminação (Ryan; Deci, 2020)	Orienta o uso de mecânicas que promovem autonomia, competência e relacionamento, fortalecendo a motivação autônoma.	Risco de dependência de recompensas extrínsecas se houver desequilíbrio no sistema motivacional.
Teoria do Fluxo (Csikszentmihalyi, 1990)	Fundamenta a organização de metas claras, desafios graduais, <i>feedback</i> contínuo e sensação de controle, favorecendo a imersão nas missões.	O ambiente real do laboratório pode introduzir variáveis que rompem o estado de fluxo, por exemplo, imprevistos operacionais.
Teoria Social Cognitiva (Vygotsky, 1978)	Sustenta a cooperação, a aprendizagem por modelagem e a comparação social positiva nas atividades em grupo.	Comparações negativas e competição excessiva podem prejudicar o engajamento, se mal mediadas.
Aprendizagem Situada e por Descoberta (Brown; Collins; Duguid, 1989; Bruner, 2006)	Justifica a centralidade de tarefas contextualizadas e do protagonismo do estudante em situações autênticas de aprendizagem.	Depende de infraestrutura adequada e planejamento rigoroso.

Fonte: Elaborada pela autora

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os materiais e métodos utilizados para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa. Descrevem-se a caracterização do tipo e do delineamento da pesquisa, as etapas de *design* e implementação da Gamificação, bem como os instrumentos de coleta e os procedimentos de análise dos dados empregados na avaliação.

Assim, trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, pois busca resolver um problema concreto do ensino de Química em laboratório por meio da proposição e avaliação de uma intervenção pedagógica. Quanto ao nível de investigação, caracteriza-se como exploratória e descritiva: exploratória por investigar uma temática ainda pouco consolidada no contexto do ensino superior em Química Geral Experimental, e descritiva por detalhar os efeitos da intervenção em termos de desempenho, engajamento e percepção dos estudantes (Magalhães Junior; Batista, 2023).

O delineamento metodológico é quase experimental, uma vez que a intervenção foi aplicada a turmas previamente constituídas, sem randomização dos participantes, característica típica de pesquisas educacionais em contexto real. A pesquisa adota abordagem quali-quantitativa e caráter longitudinal, permitindo acompanhar a evolução dos estudantes ao longo de todo o semestre letivo (Magalhães Junior; Batista, 2023; Malinakova, 2025).

Os dados quantitativos foram coletados por meio de formulário digital com escala Likert e tratados estatisticamente por média aritmética, desvio padrão, análise do UES-Br e análise de desempenho acadêmico. Paralelamente, a dimensão qualitativa compreendeu fichas de observação, autorrelatos dos estudantes e análise SWOT, possibilitando a interpretação das percepções, vivências e aspectos subjetivos do processo formativo.

Participaram desta pesquisa estudantes dos cursos de Farmácia e Engenharia de Alimentos, matriculados na disciplina de Química Geral Experimental no semestre 2024.1, bem como quatro docentes responsáveis pelas turmas envolvidas.

Considerando que um dos principais desafios da Gamificação está na manutenção da motivação ao longo do processo educativo (Mattar, 2014), e a partir da experiência acumulada pelo grupo de pesquisa LDSE, o *design* da proposta gamificada foi elaborado de forma colaborativa pela pesquisadora, pelos orientadores e integrantes do LDSE, com apoio técnico de graduandos do curso de Mídias Digitais na construção dos materiais gráficos e informacionais.

A implementação da proposta foi realizada pelas docentes das turmas, enquanto a pesquisadora acompanhou sistematicamente a participação dos estudantes, os

comportamentos em aula e a entrega dos desafios. A análise dos dados, apresentada no Capítulo 4, foi conduzida de forma colaborativa entre a pesquisadora, os orientadores e as docentes, com o objetivo de reduzir vieses interpretativos e fortalecer a validade analítica.

Diante desse panorama metodológico, as próximas seções apresentam o cenário institucional e pedagógico da pesquisa (Seção 3.1), o *framework* de Gamificação adotado (Seção 3.2), a fase de *design* (Seção 3.2.1), os procedimentos de implementação nas aulas práticas (Seção 3.2.2) e os instrumentos e métodos de análise dos dados (Seção 3.2.3), que fundamentam a interpretação dos resultados discutidos no Capítulo 4.

3.1 Panorama geral do roteiro de práticas de Química Geral experimental tradicional

As disciplinas de Química Geral Laboratorial (CE0801) e Química Geral e Inorgânica Laboratorial (CE0850) são obrigatórias, ofertadas pelo Departamento de Química Orgânica e Inorgânica (DQOI), e ministradas no primeiro semestre, para diversos cursos na Universidade Federal do Ceará. Tradicionalmente, adota-se uma abordagem prática reprodutiva, composta por sete experimentos predefinidos com duas horas de atividades laboratoriais, complementadas por dezoito horas dedicadas à discussão e avaliação dos conceitos teóricos envolvidos, totalizando uma carga horária de trinta e duas horas.

No modelo tradicional de ensino da disciplina, os alunos realizam experimentos em grupos de dois ou três, seguindo protocolos preestabelecidos, quase como uma “receita”. A avaliação inclui provas teóricas individuais e a elaboração de relatórios descritivos. Apesar de ser uma metodologia consolidada e amplamente adotada na referida instituição, os professores apontam que essa abordagem tem limitações significativas, como a falta de engajamento dos alunos, a baixa motivação intrínseca para a aprendizagem e a pouca autonomia desenvolvida no laboratório.

Este modelo é aplicado sobre um roteiro de práticas unificado para as disciplinas CE0801 e CE0850 (Apêndice B1), cujos conteúdos específicos abordados em cada experimento estão detalhados no Quadro 8.

Quadro 8 – Conteúdos abordados na disciplina de Práticas Experimentais em Química

Prática Experimental	Abordagem dos Conteúdos
1. Medidas em Química: Massa e Volume	Análise de precisão, exatidão, reconhecimento de nome e utilização das vidrarias.
2. Sistema e Reações Químicas	Evidências de reações químicas (formação de precipitados, mudança de cor, liberação de gás).
3. Estequiométria: Reagente Limitante	Composição percentual da mistura e determinação do reagente limitante através de cálculos estequiométricos.
4. Propriedades Periódicas	Caracterização de metais e ametais em testes de solubilidade, dedução de reatividade e testes de presença de cations e ânions em solução.
5. Preparação e Padronização de Soluções	Preparação e padronização de soluções.
6. Cinética Química e Equilíbrio Químico	Fatores que afetam as reações químicas: dependência da velocidade e princípio de Le Chatelier.
7. Processo de Transferência de Elétrons	Processo de transferência de elétrons, funcionamento da célula galvânica, processo de hidrólise e de corrosão e formação de ligas metálicas.

Fonte: Manual de Prática Experimental de Química (2023).

O manual em questão, além de descrever os procedimentos experimentais, inclui recomendações básicas sobre segurança laboratorial e prevenção de acidentes. No entanto, tal abordagem é superficial, limitando-se à exibição de pictogramas sem explicações ou exemplos práticos que elucidem seu significado. Como resultado, a compreensão dos alunos fica comprometida, uma vez que a maioria não busca fontes adicionais para interpretar os símbolos apresentados, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Pictogramas de segurança



Fonte: Manual de Prática Experimental de Química (2023).

Outra observação relevante refere-se à apresentação dos procedimentos experimentais no manual, que combina ilustrações, fórmulas e textos descritivos para detalhar, de forma sequencial, as etapas de cada experimento. Embora eficiente para orientar os alunos, essa abordagem pode incentivar a reprodução automática, limitando a reflexão crítica, a compreensão aprofundada e o desenvolvimento de habilidades analíticas e autonomia durante as práticas laboratoriais, como evidenciado na Figura 8.

Figura 8 – Ilustração de um procedimento experimental

Preparação de soluções de NaOH

PARTE A – NaOH 1,0 mol L⁻¹

1. Calcule a massa necessária para preparar 25 mL de NaOH 1,0 mol L⁻¹ Concentração (C) em quantidade de matéria (mol L⁻¹)

$$C = \frac{n(mol)}{V(L)} \quad \therefore n = \frac{m(g)}{MM(g/mol)}$$

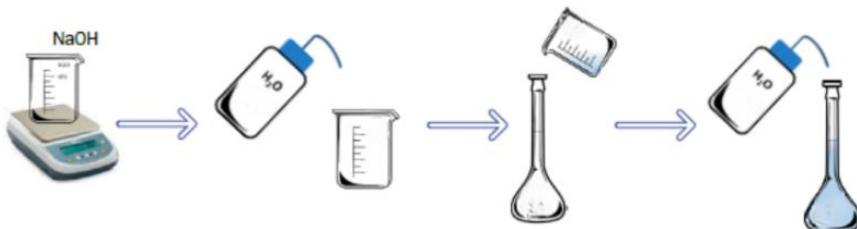
2. Pese a massa de NaOH determinada acima (use um bêquer)

Massa = _____ g de NaOH

3. Adicione um pouco de água (< 20 mL) e dissolva no NaOH.

4. Transfira todo o NaOH dissolvido para um balão volumétrico de 25 mL.

5. Complete o balão com água até a marcação de 25 mL



Fonte: Manual de Prática Experimental de Química (2023).

Após a execução dos experimentos, os alunos devem cumprir atividades de pós-laboratório. Essas tarefas envolvem a resolução de questões pertinentes às práticas realizadas com entrega dentro do prazo estipulado pelo professor. A avaliação prática, que geralmente corresponde a 30% da nota final da disciplina, considera a frequência, a execução das atividades laboratoriais e a entrega dessas tarefas. Adicionalmente, a critério do professor, pode ser aplicada uma avaliação padronizada sobre os experimentos realizados.

O sistema de avaliação adota uma escala de 0 a 10, com ponderação definida pelo docente. Para aprovação na disciplina, exige-se média final igual ou superior a 7,0. Resultados inferiores a 4,0 acarretam reprovação automática, enquanto médias entre 4,0 e 6,9 permitem ao aluno realizar uma prova final. Nesse exame, é necessário obter, no mínimo, 4,0 pontos, e que a soma da nota original com a da prova final seja igual ou superior a 10,0.

Dessa forma, a avaliação prática no modelo tradicional é predominantemente focada em aspectos cognitivos e na reprodução de conteúdo, desconsiderando elementos

comportamentais e o desenvolvimento de habilidades práticas ou reflexivas. Essa lacuna demonstra a necessidade de se repensar o sistema avaliativo, de modo a incorporar dimensões igualmente importantes para a formação integral dos estudantes, tais como colaboração, autonomia, pensamento crítico e engajamento.

3.2 Processo de Gamificação das atividades laboratoriais

O planejamento da Gamificação foi estruturado em três etapas principais: *design*, implementação e avaliação, integrando recursos de mídia digital, como aplicativos e QR codes, ao conjunto de componentes dos jogos. Essa organização teve como objetivo potencializar as práticas laboratoriais e promover a atenção, o engajamento e a continuidade do interesse dos estudantes ao longo do processo de aprendizagem.

Na etapa de design, foram definidos os aspectos estruturantes da proposta, como os componentes de jogos, a construção do *framework* pedagógico, a definição do público-alvo, o período de aplicação e as práticas laboratoriais convertidas em missões. Na etapa de implementação, destacou-se a apresentação da metodologia por parte das docentes da disciplina sobre o modelo da Gamificação aos estudantes (Apêndice B2), seguida da execução das estratégias planejadas em sala e no laboratório. De forma concomitante, realizou-se a coleta de dados para avaliação posterior. Por fim, na etapa de avaliação, os dados obtidos foram analisados com o objetivo de compreender o impacto da Gamificação no engajamento, na participação e na mudança de comportamento dos estudantes ao longo do semestre letivo de 2024.1.

A Jornada do Herói foi adotada como estrutura narrativa orientadora do design gamificado, organizando as missões de forma progressiva ao longo do semestre nas fases de iniciação, progressão e consolidação. Nessa estrutura, os estudantes assumiram o papel de protagonistas, enfrentando desafios de complexidade crescente. Essa organização garantiu coerência entre objetivos, desafios e recompensas, orientou a função dos elementos de jogos e a lógica de avanço, além de evitar a fragmentação das atividades ao longo da implementação.

3.2.1. Fase de design

Para superar as limitações do método tradicional, utilizado nas aulas experimentais da referida universidade, a disciplina foi reformulada por meio da Gamificação Estruturada (Silva Junior *et al.*, 2022, 2025c; Eugênio, 2020). Essa abordagem manteve o conteúdo

curricular original, mas transformou as atividades em uma experiência mais interativa e motivadora por meio de uma narrativa imersiva.

Inspirada nos quatro elementos da natureza – terra, água, fogo e ar – e estruturada conforme a narrativa de “Jornada do Herói” de Campbell (2005), que, em analogia com a Gamificação, foi inspirada para engajar os estudantes por meio de contextos significativos. Dessa forma, cada desafio proposto esteve diretamente vinculado ao desenvolvimento de competências específicas, promovendo não apenas a curiosidade, mas também a progressão consciente dos alunos no percurso de aprendizagem, conforme ilustrado no Quadro 9.

Quadro 9 – Títulos das práticas experimentais tradicionais e das missões gamificadas

Práticas Experimentais Tradicionais	Missões gamificadas com narrativa
1. Segurança do laboratório	M1. Será que estamos seguros
	M2. Jogo Top Lab Game
2. Medidas em Química: massa e volume	M3. Química visual
	M4. Um pouco disso, um pouco daquilo
3. Sistema e reações químicas	M5. Dança das moléculas
4. Estequiometria: reagente limitante	M6. Matemática da Química
5. Propriedades periódicas	M7. História dos elementos
6. Preparação e padronização de soluções	M8. Análise Química quantitativa
7. Cinética química e equilíbrio químico	M9. Estudo do meio e das condições químicas
8. Processo de transferência de elétrons	M10. Quantificação fenomenológica

Fonte: Autoria própria (2025).

Um conjunto de mecânicas (Hervás *et al.*, 2017) foi implementado nas missões e relacionadas às dinâmicas (Silva Junior *et al.*, 2025c; 2025d) que os alunos deveriam realizar para aumentar o engajamento, conectando a conclusão bem-sucedida dessas dinâmicas a um sistema de recompensas (Quadro 10).

- XP (Pontos de Experiência): Representam o progresso do aluno no curso por meio de pontos que são somados ou perdidos de acordo com as atitudes positivas e/ou negativas demonstradas durante as missões.
- Moedas Virtuais: Funcionam como um sistema de recompensa acadêmica, obtidas por meio do desempenho em atividades e utilizadas para adquirir bens físicos.
- Distintivos: Concedidos por conquistas específicas, com critérios de premiação vinculados ao desempenho do aluno em cada missão (Figura 9).

Quadro 10 – Mecânicas, dinâmicas e recompensas na Gamificação da disciplina de laboratório de Química Geral.

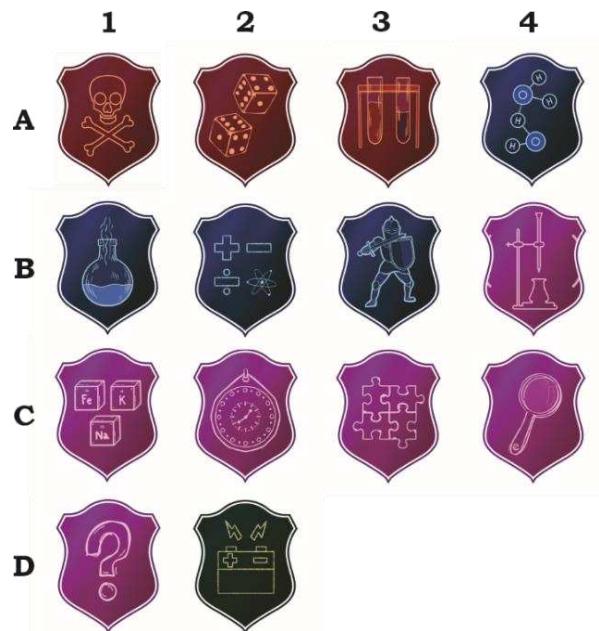
Missão	Mecânicas	Dinâmicas	Recompensas		
			XP	Coins	Distintivo
1-10	Tempo	Concluir a missão dentro do tempo.	200	20	não
	Desafio	Levar o roteiro de práticas para o laboratório.	200	20	não
	Desafio	Chegar no horário da aula.	200	20	não
	Reconhecimento Pessoal	Recompensa para o melhor desempenho da missão.	-	-	A1-D2
	Ranking e Feedback	Publicar as respostas dos desafios e a classificação no final de cada missão	-	-	-
	Avatar e Níveis	Subir de nível e evoluir seu avatar sempre que acumular 2.900 XP.	-	-	-
5-10	Desafio	Levar as fichas segurança dos reagentes utilizados durante a missão.	600	60	não
1	Desafio	Responder um questionário sobre segurança de reagentes.	10 ^a	1 ^a	A1 ^b
2	Competição e Interação social	Jogar o Top Lab Game e ganhar a partida.	1600	160	A2 ^b
		Jogar o Top Lab Game e ficar em segundo lugar.	1400	140	não
2	Competição e Interação social	Jogar o Top Lab Game e ficar em terceiro lugar.	1200	120	não
3	Desafio	Identificar 13 utensílios de laboratório sobre a bancada e relacionar cada um com seus nomes e funções.	100 ^a	10 ^a	A3 ^b
4	Desafio	Listar a exatidão e a precisão dos resultados obtidos nas 4 análises realizadas.	200 ^a	20 ^a	A4 ^b
5	Desafio	Associar os reagentes e produtos envolvidos nas sete reações químicas realizadas em laboratório.	100 ^a	10 ^a	B1 ^b
		Classificar 7 evidências de reação.	100 ^a	10 ^a	B1 ^b
		Identificar e classificar a amostra desconhecida.	600	60	B1 ^b
6	Desafio	Identificar o reagente limitante.	1000	100	B2 ^b
		Descrever a equação química.	600	60	B2 ^b
		Apresentar os cálculos das concentrações para as amostras analisadas.	1000	100	B2 ^b
6	Competição e Interação social	Encontrar a solução do <i>Boss Battle</i>	1600	160	B3 ^b
7	Desafio	Caracterizar as 4 amostras observadas	100 ^a	10 ^a	B4 ^b
		Identificar a fórmula química da amostra X	700	70	B4 ^b
		Identificar o tipo de sal descrito no procedimento.	700	70	B4 ^b

8	Desafio	Calcular a concentração de NaOH no experimento.	800	80	C1 ^b
		Escreva a lei da velocidade.	800	80	C1 ^b
	Ranking e Feedback	Responder uma palavra cruzada.	700	70	C1 ^b
9	Ranking e Feedback	Responder ao caça-palavras.	700	70	C2 ^b
	Desafio	Identificar os fatores que afetam a velocidade.	500	50	C2 ^b
	Desafio e Elemento Surpresa	Responder aos enigmas propostos nas missões 7, 8 e 9.	2500	250	C3 ^b -D1 ^b
10	Desafio	Caracterizar a pilha de Daniell.	700	70	D2 ^b
		Identificar os gases observados nos eletrodos.	300	30	D2 ^b
		Explique o processo de corrosão e proteção catódica	400	40	D2 ^b
1-10	Aversão	Distrair seu colega.	-200	-20	não
		Não usar equipamento de proteção individual no laboratório.	-200	-20	não
		Quebrar ou danificar equipamentos ou vidrarias no laboratório.	-200	-20	não
		Usar smartphones durante a missão.	-200	-20	não
		Faltar as duas últimas missões.	-2000	-200	não

^a por número de acertos; ^b Figura 9

Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 9 – Conjunto de distintivos da Gamificação, com sua codificação específica (linhas/letras e colunas/números) detalhada no Quadro 10.



Fonte: Autoria própria (2025).

Os valores de XP e *coins* apresentados no Quadro 10 foram definidos por consenso entre os membros do grupo de pesquisa LDSE e as docentes, considerando: (i) a complexidade cognitiva e procedural das tarefas; (ii) o tempo estimado de execução; (iii) a importância pedagógica dos objetivos educacionais envolvidos; e (iv) a experiência prévia do grupo de pesquisa em projetos com jogos educacionais e Gamificação.

3.2.1.1 Descrição das mecânicas e dinâmicas incluídas na Gamificação do laboratório de Química Geral

a) Tempo

No modelo de laboratório convencional utilizado em nossa universidade, cada aula de laboratório normalmente tinha duas horas de duração, mas os alunos frequentemente excediam esse limite, perdendo o foco com conversas paralelas. Com essa nova abordagem metodológica, implementamos um limite de tempo para motivar os alunos a se concentrarem mais efetivamente nos desafios e a trabalharem com eficiência. Assim, os alunos que concluíssem todas as atividades propostas dentro deste tempo recebiam um bônus de 200 XP e 20 moedas como recompensa.

b) Pontos de Experiência (XP) e moedas virtuais (*coins*)

As missões implementaram um sistema de pontos cumulativos que recompensava os alunos com base no nível de dificuldade, relevância pedagógica e esforço exigido em cada desafio. Os XP e moedas alocados eram proporcionais ao tempo investido, à complexidade do conteúdo e às habilidades necessárias, garantindo uma relação desafio-recompensa equilibrada. Ao completar todas as 10 missões, os alunos acumulavam um total de 29.000 XP e 2.900 moedas. Essa recompensa total era constituída pela soma dos 2.900 XP e 290 moedas obtidos em cada missão.

c) Distintivos

Os distintivos são elementos-chave nesse processo, uma vez que representam conquistas tangíveis e simbólicas capazes de motivar o engajamento. Ao serem concedidos como recompensa por metas alcançadas, eles incentivam uma competição saudável, o reconhecimento do esforço individual e a progressão visível na aprendizagem. Em termos práticos, os alunos ganhavam um distintivo (Figura 9) ao completar cada missão e um distintivo especial ao vencer a Luta contra o Chefe, “boss battle”, que será detalhado adiante, destacando-se no *ranking* de cada etapa.

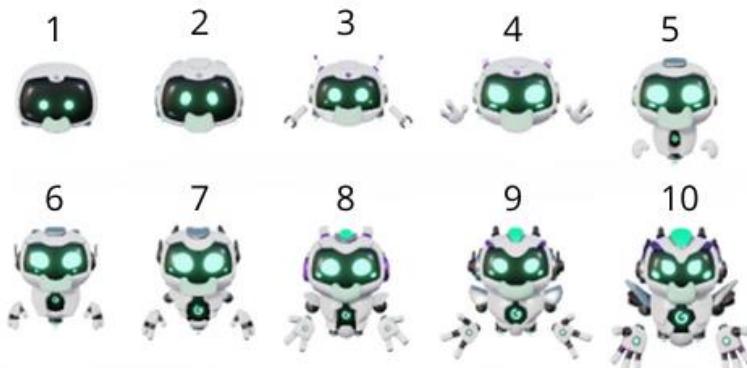
d) *Ranking e feedback instantâneo*

Após cada missão, os instrutores registravam as pontuações dos alunos usando fichas de observação (Apêndice B3). Esses resultados eram posteriormente enviados para o aplicativo *Gamefik*⁸, o que permitia o acompanhamento em tempo real da classificação e do progresso no sistema de pontuação. Após o término de cada missão, as atividades eram corrigidas, e as respostas comentadas eram enviadas ao grupo de WhatsApp.

e) Avatar e nível

Os níveis constituem um sistema de progressão que estabelece que os alunos avançassem um nível a cada 2.900 XPs conquistados até atingirem o nível máximo (nível 10), correspondendo a um total acumulado de 29.000 XPs. Os alunos monitoravam a evolução de seus avatares (Figura 10) à medida que progrediam na plataforma *Gamefik*, constituindo assim um elemento motivacional.

Figura 10 – Evolução dos avatares ao subir de nível



Fonte: *Gamefik*, 2025.

f) Aversão

O sistema de penalidades baseado em pontos foi desenvolvido como uma estratégia pedagógica para aumentar a responsabilidade dos alunos durante as missões. Uma dedução de 200 XP e 20 moedas seria aplicada por comportamentos inadequados no laboratório, como o uso indevido de equipamentos de proteção individual (EPI), manuseio inseguro de materiais, uso de dispositivos móveis durante as atividades ou conversas perturbadoras que afetem o trabalho dos colegas.

Uma penalidade mais substancial foi implementada para resolver o problema comum de evasão nas aulas finais do semestre. Essas deduções foram estabelecidas em 2.000 XP e

⁸ *Gamefik* Platforma. Disponível em: <https://gamefik.com/> (acesso em: maio, 2025).

200 moedas por ausência nas duas últimas missões. Essa estratégia teve como objetivo (1) manter o engajamento consistente durante a conclusão da missão, (2) garantir a assimilação completa do conteúdo e (3) preservar a equidade dos participantes.

3.2.1.2 Descrição das missões

Os valores variados de XP atribuídos a cada missão foram determinados com base em seu grau de dificuldade. Dessa forma, o sistema de pontuação foi projetado para refletir não apenas a complexidade da tarefa, mas também seu valor pedagógico e o esforço cognitivo exigido, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 – Contexto das missões e pontuações

Missão	Conteúdos	XP
M1	Será que estamos seguros?	1200
M2	Jogo Top Lab Game	2000
M3	Química visual	1900
M4	Um pouco disso, um pouco daquilo	2200
M5	Dança das moléculas	3200
M6	Matemática da Química	3800
M7	História dos Elementos	3700
M8	Análise Química quantitativa	2700
M9	Estudo do meio e das condições Químicas	5700
M10	Quantificação fenomenológica	2600
Total		29000

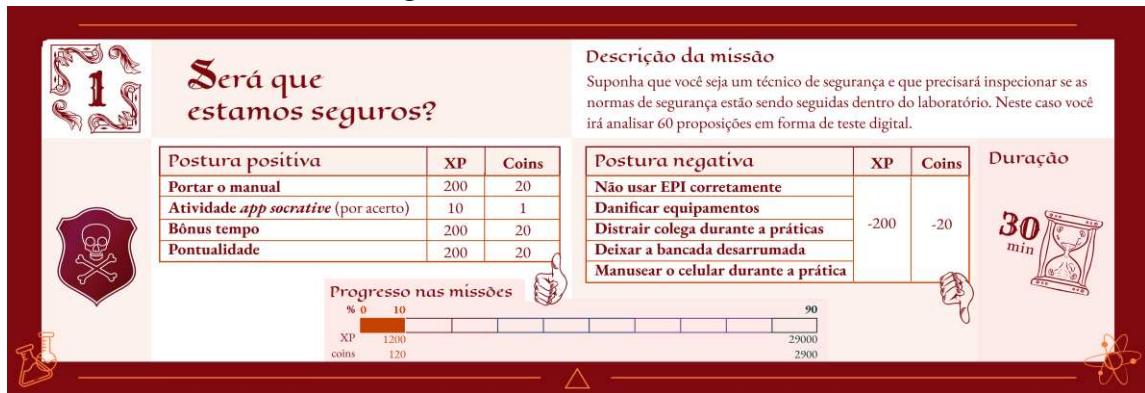
Fonte: Autoria própria (2025).

O manual gamificado (Apêndice B4) foi reformulado a partir dos experimentos práticos do roteiro tradicional, transformando cada aula de laboratório em uma missão. Cada missão podia incluir mais de um procedimento prático e era precedida por um cartão informativo, apresentado aos alunos antes do início da atividade experimental.

Com o intuito de elucidar a aplicação da metodologia, cada um desses cartões é detalhado a seguir. A descrição sequencial de cada missão expõe os critérios de postura (positivos e negativos) e descreve o conjunto de componentes da Gamificação, garantindo a transparência dos objetivos e recompensas.

Missão 1

Figura 11 – Cartão da Missão 1

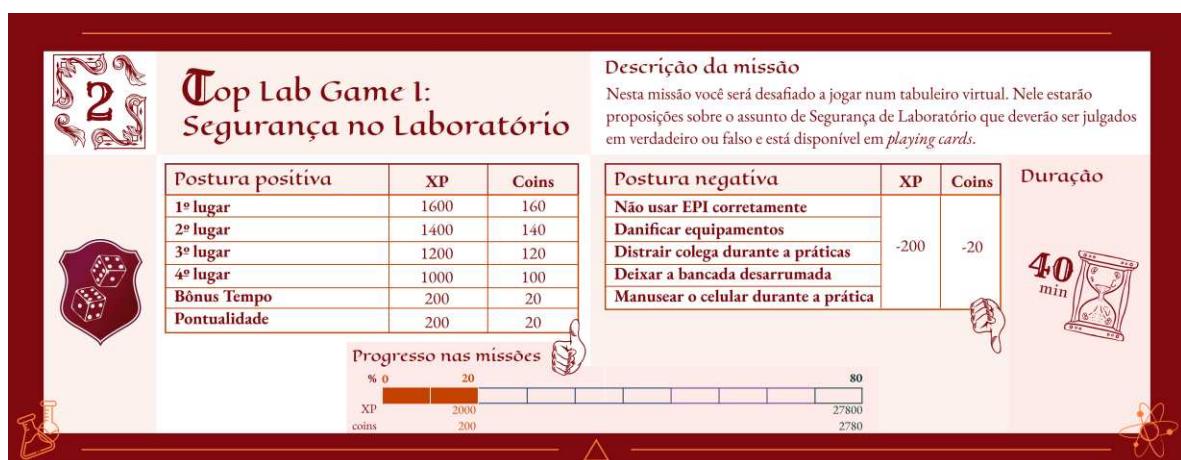


Fonte: Autoria propria (2025).

Na Missão 1, desafiamos os estudantes a responderem 60 questões (Apêndice C) sobre segurança em laboratório, abrangendo normas gerais, manuseio de materiais, pictogramas e procedimentos em emergências, temas muitas vezes negligenciados nas aulas práticas. Cada resposta correta valia 100 XP e 10 moedas. Além disso, o aluno com mais acertos no menor tempo recebia um distintivo por desempenho excepcional, combinando revisão de conceitos com motivação competitiva. O desafio foi implementado com o auxílio do software *Socrative*⁹, que permite a elaboração de quizzes e o envio automático de resultados, agilizando o *feedback*.

Missão 2

Figura 12 – Cartão da Missão 2



Fonte: Autoria propria (2025).

Na Missão 2 desafiamos os estudantes através do jogo *Top Lab Game* (Silva Junior et al., 2024, Figura 13), desenvolvido na plataforma *PlayingCards*¹⁰, combina competição e

⁹ *Socrative*. Disponível em: www.socrative.com (acesso em: maio, 2025).

¹⁰ *Playing cards* Disponível em: <https://playingcards.io> (acesso em: maio, 2025).

interação social para promover o trabalho em equipe enquanto revisa conceitos de segurança laboratorial. Nele, grupos de até quatro alunos avançam no tabuleiro respondendo perguntas sobre três eixos principais: (1) uso correto de vidrarias, (2) armazenamento de reagentes e (3) procedimentos em acidentes. O sistema de pontuação recompensa o desempenho com base na velocidade e precisão das respostas: o primeiro lugar recebe um distintivo especial, 1600 XP e 160 moedas; o segundo, 1400 XP e 140 moedas; o terceiro, 1200 XP e 120 moedas; e o quarto, 1000 XP e 100 moedas, mantendo sempre uma diferença fixa de 200 XP e 20 moedas entre as colocações.

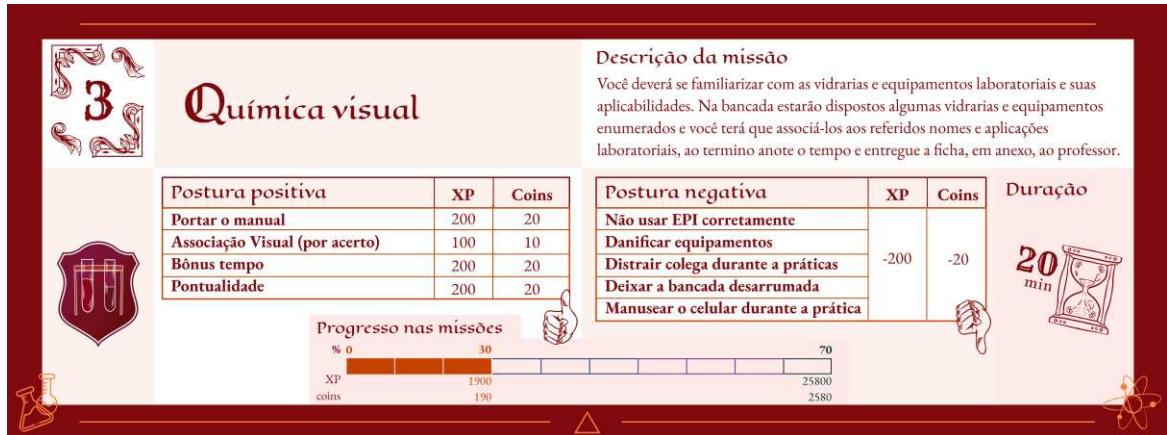
Figura 13 – Acesso ao jogo *Top Lab Game*



Fonte: Autoria propria (2025).

Missão 3

Figura 14 – Cartão da Missão 3



Fonte: Autoria propria (2025).

Na Missão 3 desafiamos os estudantes a associar as vidrarias e equipamentos representados no manual aos itens dispostos fisicamente na bancada do laboratório. Para isso, cada grupo recebeu uma folha impressa (Apêndice D) com o nome, a função e o uso de cada item, a qual deveria ser correlacionada corretamente com os materiais presentes na bancada (Figura 15). Cada associação correta valia 100 XP e 10 moedas, sendo possível acumular até 1.300 XP e 130 moedas pela conclusão total das 13 associações. O objetivo da missão era familiarizar os alunos com os equipamentos de laboratório e suas aplicações práticas.

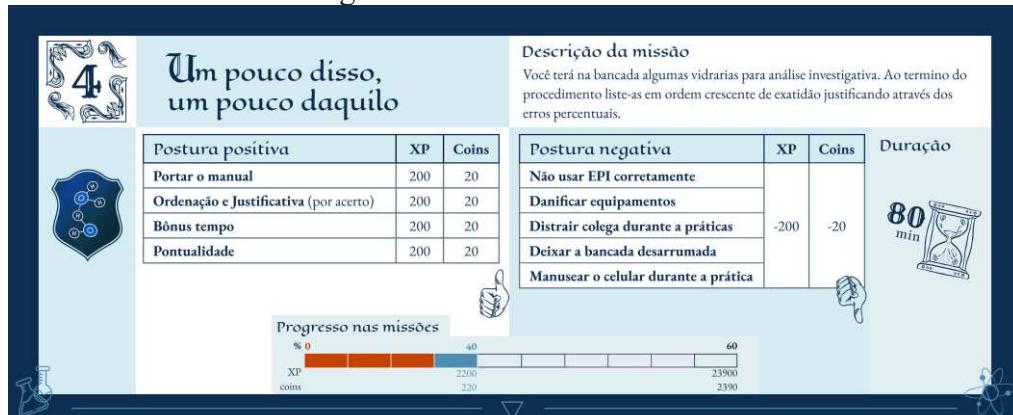
Figura 15 – Vídrarias e utensílios para identificação na bancada do laboratório



Fonte: Autoria propria (2025).

Missão 4

Figura 16 – Cartão da Missão 4

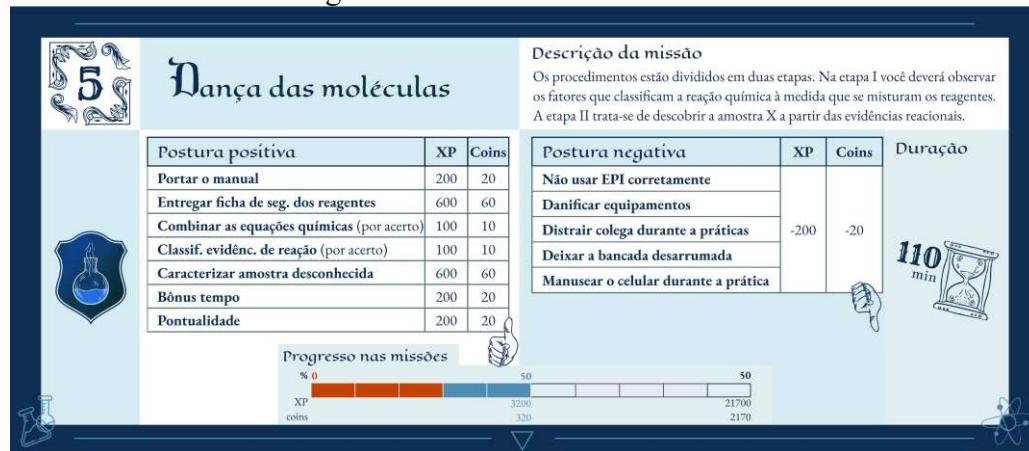


Fonte: Autoria propria (2025).

Na Missão 4 desafiamos os estudantes por meio da mecânica de desafio, propondo uma análise investigativa que exigia a listagem, em ordem crescente de precisão, dos instrumentos utilizados após a execução do procedimento experimental. Nessa atividade, os alunos mediram massa e volume usando diferentes vídrarias (béquer, proveta graduada, balão volumétrico e erlenmeyer), calcularam os erros absolutos e relativos e avaliaram a precisão e a exatidão de cada vídraria. Cada análise correta rendeu 200 XP e 20 moedas, com uma pontuação máxima de 800 XP e 80 coins para a conclusão de todas as opções.

Missão 5

Figura 17 – Cartão da Missão 5



Fonte: Autoria propria (2025).

Na Missão 5, desafiámos os estudantes através da mecânica de desafio, que consistia em atividades progressivas que incluíam a produção das Fichas de Dados de Segurança de Reagentes (FISPQ, Figura 18) com as informações sobre as propriedades físicas e químicas, a toxicidade dos reagentes, bem como os riscos, a prevenção de acidentes e os equipamentos de segurança utilizados nas missões 5 a 10, entregues no início de cada aula. Os principais objetivos da missão 5 eram (1) preparar os alunos sobre as propriedades dos reagentes, (2) alertá-los sobre possíveis efeitos adversos e procedimentos de emergência, e (3) desenvolver a sua autonomia no manuseio seguro de produtos químicos. Cada ficha de segurança entregue rendia 600 XP e 60 moedas aos estudantes.

Figure 18 – Modelo de ficha de segurança dos reagentes



Fonte: Autoria propria (2025).

Ainda na Missão 5, uma segunda dinâmica (Apêndice E1) foi implementada usando a plataforma *Wordwall*¹¹, a qual apresentava um jogo (Figura 19) de correspondência entre misturas de reagentes e os produtos químicos correspondentes. Esta dinâmica avaliou a compreensão dos alunos sobre as sete reações químicas abordadas na Missão 5. Cada

¹¹ Wordwall. Disponível em: <https://wordwall.net/pt> (acesso em: maio, 2025).

combinação correta rendia 100 XP e 10 moedas aos estudantes, com uma pontuação máxima possível de 700 XP e 70 moedas.

Figura 19 – Acesso ao jogo de associação

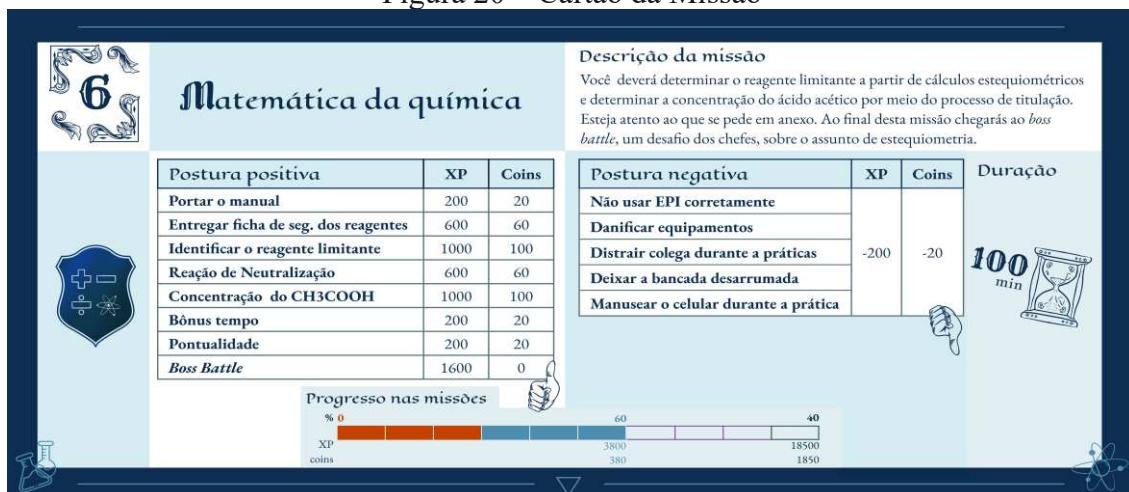


Fonte: Autoria propria (2025).

Por fim, na etapa seguinte, os alunos investigaram uma amostra desconhecida adicionando ácido e base sequencialmente, comparando os resultados com padrões conhecidos. A identificação correta rendeu 600 XP e 60 moedas aos estudantes.

Missão 6

Figura 20 – Cartão da Missão



Fonte: Autoria propria (2025).

Na Missão 6 desafiamos os estudantes através da mecânica desafio com uma dinâmica que visava consolidar o aprendizado em estequimetria. Os alunos realizaram uma titulação de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) com ácido acético (CH_3COOH) em cinco frascos (Figura 21) contendo diferentes volumes da solução (7 mL, 30 mL, 50 mL, 70 mL e 95 mL). Por meio de cálculos estequiométricos, eles determinaram o reagente limitante e o reagente em excesso em cada amostra. Esta dinâmica rendia até 1.000 XP e 100 moedas aos estudantes.

Figura 21 – Análise de amostras



Fonte: Autoria propria (2025).

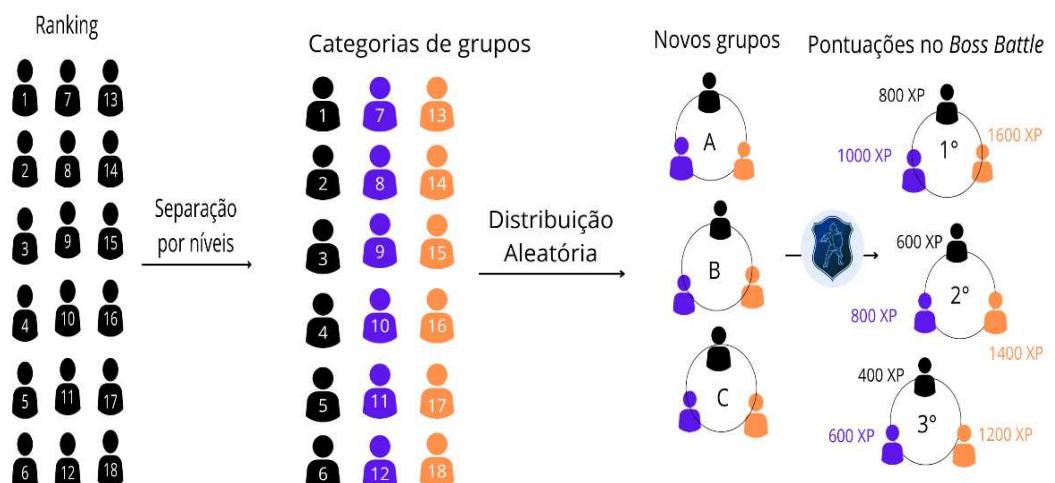
Em seguida, os alunos demonstraram a reação de neutralização entre NaHCO_3 e CH_3COOH , explicando as etapas do processo e suas implicações químicas. Essa dinâmica prática rendia 600 XP e 60 moedas aos estudantes. Por fim, calcularam a concentração exata de ácido acético no vinagre analisado, utilizando os dados obtidos experimentalmente, o que rendia 1000 XP e 100 moedas quando a resposta era apresentada de forma correta.

Boss Battle – Luta contra o Chefe

Essa dinâmica foi criada para motivar alunos com baixo desempenho na classificação, permitindo que eles melhorassem suas pontuações e avançassem para o próximo nível, atuando em uma dinâmica com outros colegas de desempenho superior.

A formação dos grupos de alunos para a Batalha contra o Chefe seguiu a seguinte abordagem estratégica: os alunos com as maiores pontuações até a Missão 5 foram designados como líderes de grupo e, posteriormente, escolheram suas equipes. Cada equipe deveria ser composta por um aluno de alto desempenho (o líder), um aluno de desempenho intermediário e um aluno de desempenho inferior (Figura 22). É importante destacar que os alunos foram informados pelos professores sobre os critérios utilizados para a composição dos grupos.

Figura 22 – Disposição dos estudantes no *Boss Battle*



Fonte: Autoria propria (2025).

Conforme observa-se na Figura 22, os alunos foram divididos em três categorias por cor: preto (avançado), azul (intermediário) e laranja (crítico). Foi adotado um sistema de pontuação diferenciado, com o objetivo de reduzir as disparidades, manter o engajamento e facilitar a recuperação acadêmica de estudantes em dificuldade. A estratégia de conceder um bônus de 200 XP aos alunos do nível crítico resultou em melhorias significativas para esse grupo.

Os alunos do grupo laranja recebiam recompensas maiores, enquanto os do grupo azul recebiam recompensas menores, conforme mostrado na descrição das pontuações na Figura 22. No entanto, mesmo com essa estratégia de equilíbrio, ainda se observavam disparidades nas pontuações de XP entre os estudantes de diferentes grupos, que variavam conforme a ordem de entrega do desafio e a posição do grupo no ranqueamento.

A atividade foi aplicada ao final da aula de laboratório, dando aos alunos 15 minutos para analisar as pistas e formular a resposta final. Os alunos tiveram que descrever corretamente a fórmula química do reagente e sua nomenclatura oficial. O desafio proposto foi:

“Preste bastante atenção às pistas e descubra o enigma:

Dica 1: Este composto é um ácido fraco que, em solução aquosa, apresenta um equilíbrio dinâmico entre suas formas ionizada e não ionizada;

Dica 2: Pode ser identificado pela mudança de cor ao reagir com indicadores, indicando a presença de íons hidrogênio;

Dica 3: É solúvel em água e pode formar soluções que liberam dióxido de carbono ao reagir com carbonatos;

Dica 4: Possui ponto de fusão abaixo de 17°C, tornando-se líquido à temperatura ambiente;

Dica 5: Pode participar de uma titulação para determinar a concentração de uma solução ácida ou básica que está sendo investigada;

Dica 6: Em sua forma pura, pode ser corrosivo e deve ser manuseado com cuidado, utilizando equipamentos de proteção individual (EPI);

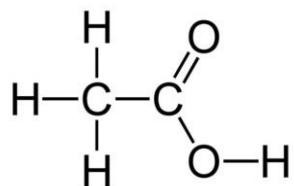
Dica 7: A reação com um metal ativo pode resultar na formação de um sal e na liberação de gás hidrogênio;

Dica 8: Este ácido é conhecido por sua utilização na produção de diversos compostos químicos, destacando-se nas indústrias química e têxtil, e sua função como agente acidificante.

Para evitar o risco de alunos dos últimos semestres tentarem usar o conhecimento e as experiências de alunos anteriores para maximizar seu desempenho nessa dinâmica,

recomendamos que os instrutores modifiquem completamente a Luta contra o Chefe a cada semestre.

Figura 23 – Solução do *Boss Battle*: Ácido Acético



Fonte: Autoria propria (2025).

Missão 7

Figura 24 – Cartão da Missão 7

História dos elementos			Descrição da missão	
	Postura positiva	XP	Coins	
	Portar o manual	200	20	
	Entregar ficha de seg. dos reagentes	600	60	
	Caract. amostras quadro I (por acerto)	100	10	
	Caract. observações etapa II	100	10	
	Ident. amostra X e sua fórmula química	700	70	
	Identificar o sal	700	70	
	Bônus tempo	200	20	
	Pontualidade	200	20	
	Progresso nas missões	 % 0 70 30 XP coins 3700 14500		
	Postura negativa	XP	Coins	Duração
	Não usar EPI corretamente	-200		
	Danifar equipamentos		-20	
	Distrair colega durante a práticas			
	Deixar a bancada desarrumada			
	Manusear o celular durante a prática			

Fonte: Autoria propria (2025).

Na Missão 7 desafiamos os estudantes com uma dinâmica estruturada em quatro etapas práticas para a análise de elementos químicos:

1. Identificação do Caráter Metálico - Os alunos examinaram cinco amostras, observando propriedades físicas como cor, brilho, maleabilidade e condutividade elétrica. Cada caracterização correta valia 100 XP e 10 moedas.
2. Análise de Reatividade - Na segunda etapa, eles avaliavam a solubilidade dos elementos representativos. Essa atividade rendeu 600 XP e 60 moedas.
3. Teste de Grupo Específico - Na terceira etapa, eles identificavam uma amostra desconhecida. Primeiramente, eles trabalharam com metais alcalino-terrosos, observando a formação de precipitado e a liberação de gás ao adicionar ácido clorídrico (HCl). Em seguida, eles analisaram halogênios testando suas reações com hidróxido de amônio. Com base nos resultados dos testes, os alunos determinaram a fórmula química da amostra desconhecida.

Essa etapa completa de análise e identificação rendia até 700 XP e 70 moedas pelo total de acertos.

4. Identificação de Sal - O desafio final envolveu a diferenciação entre cátions Ca^{2+} e Ba^{2+} por meio de observações experimentais de solubilidade, obtendo 700 XP e 70 moedas.

A mecânica elemento surpresa foi implementada por meio de um quebra-cabeça químico (Figura 25) que exigia dos estudantes a correspondência dos números atômicos e das massas molares das substâncias utilizadas nos procedimentos anteriores. A partir das pistas fornecidas, eles decifraram um código de 4 dígitos para completar a tarefa.

Figura 25 – Pista do Enigma I



Fonte: Autoria propria (2025).

Solução do Enigma I:

Chave I: MgCl_2 (2995)

Missão 8

Figura 26 – Cartão da Missão 8

Postura positiva	XP	Coins
Portar o manual	200	20
Entregar ficha de seg. dos reagentes	600	60
Calcular concentr. real de NaOH	800	80
Responder a cruzadinha	700	70
Bônus tempo	200	20
Pontualidade	200	20

Postura negativa	XP	Coins
Não usar EPI corretamente	-200	-20
Danificar equipamentos	-200	-20
Distrair colega durante a práticas	-200	-20
Deixar a bancada desarrumada	-200	-20
Manusear o celular durante a prática	-200	-20

Descrição da missão
Nesta Missão você deverá preparar e padronizar soluções e em seguida relacionar as diferentes unidades de medidas para expressar a concentração. Também deverá buscar entre as paredes do laboratório a 2^a Charada Mestre, trocar pelo adesivo e colar em local específico em anexo da Missão 9. A pontuação dependerá da assiduidade do estudante impreterivelmente. Ao final deverá realizar uma atividade complementar, cujo QR Code receberá com o professor.

Duração
110 min

Fonte: Autoria propria (2025).

Na Missão 8 desafiámos os estudantes através da mecânica desafio, que foi associada à dinâmica de investigação e análise, na qual os alunos preparam uma solução de NaOH 1,0 mol/L e a padronizaram para 0,1 mol/L, determinando sua concentração real da solução e

comparando-a com valores de referência da literatura. Essa atividade prática permitiu o estudo do fator de diluição e de diferentes unidades de concentração (mol/L e g/L) garantindo ao aluno uma recompensa de 800 XP e 80 moedas. Como complemento, as mecânicas de classificação e *feedback* foram inseridas por meio de uma dinâmica de palavras cruzadas (700 XP e 70 moedas, Figura 27), que teve como objetivo fixar os conceitos teórico-práticos relacionados ao preparo e padronização de soluções, incluindo terminologia específica e resultados experimentais obtidos (Apêndice E2).

Figura 27 – Acesso às palavras cruzadas



Fonte: Autoria propria (2025).

Nesta Missão, foi ainda implementada uma dinâmica baseada na mecânica de elementos surpresa. Na etapa final da Missão 8, os alunos decifraram um código de 7 dígitos (Figura 28) baseando-se nos números atômicos e massas molares dos reagentes experimentais.

Figura 28 – Pista do enigma II



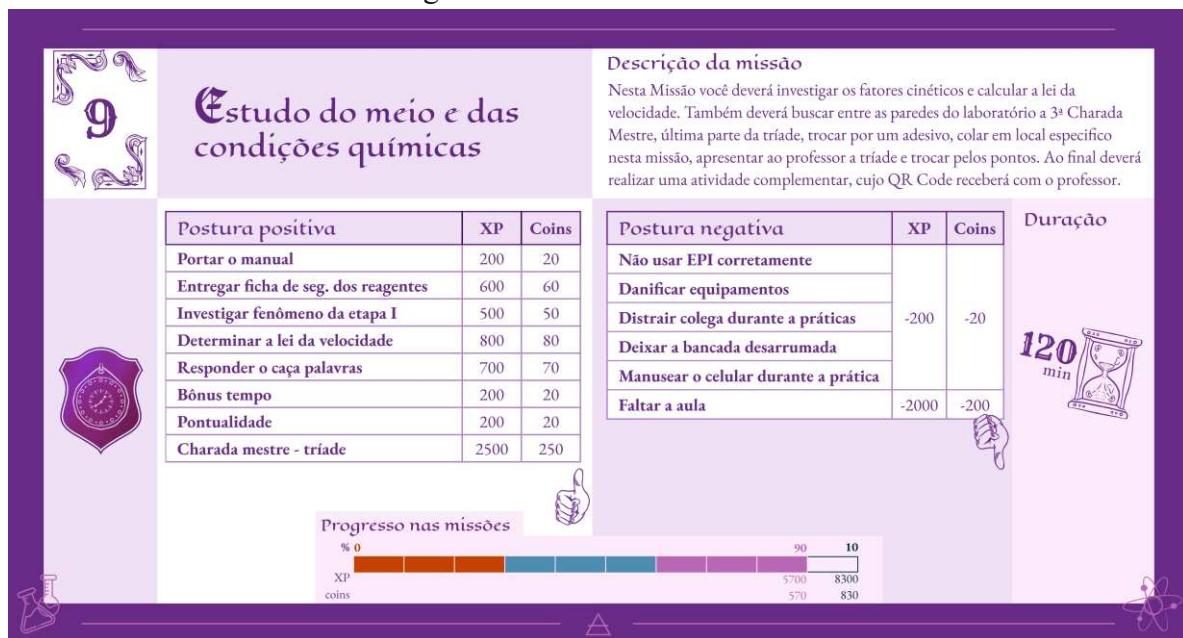
Fonte: Autoria propria (2025).

Solução do Enigma II:

Chave II: C, H, O, K (1211619)

Missão 9

Figura 29 – Cartão da Missão 9



Fonte: Autoria propria (2025).

Na Missão 9 desafiamos os estudantes por meio de dinâmicas que combinaram as mecânicas de classificação, *feedback*, desafio e elementos surpresa, organizados em etapas sequenciais. Na Etapa I (500 XP e 50 moedas), os alunos investigaram fatores que influenciam a velocidade das reações químicas, analisando o comportamento de metais (Zn, Mg, Al) em soluções de HCl sob variações de temperatura (banho de gelo vs. temperatura ambiente) e concentração (1 mol.L⁻¹ vs. 2 mol.L⁻¹).

Na Etapa II (800 XP e 80 moedas), eles determinaram a lei da velocidade da reação analisando a influência da concentração dos reagentes, registrando os tempos de reação e calculando as velocidades correspondentes. Como complemento (Etapa III, 700 XP e 70 moedas), um jogo de caça-palavras (Figura 30, Apêndice E3) reforçou os conceitos de cinética química com termos-chave da missão.

Figura 30 – Acesso ao caça-palavras



Fonte: Autoria propria (2025).

O desafio final (Enigma III, Figura 31) exigia a interpretação de códigos visuais (Baalbaki, 2014) representados por figuras, integrando os conceitos aprendidos nas missões anteriores. Após decifrá-los, os alunos avançavam para a Etapa IV (2500 XP e 250 moedas), entregando os três códigos-chave obtidos nas Missões 7, 8 e 9, completando assim a tríade de enigmas.

Figura 31 – Pista do enigma III



Fonte: Autoria propria (2025).

Solução do enigma III:

Chave III: Cd, Ni, Li (48283)

Missão 10

Figura 32 – Cartão da Missão 10



Fonte: Autoria propria (2025).

Na Missão 10, desafiámos os estudantes por meio de uma mecânica de desafio associada à observação de fenômenos de transferência de elétrons, abordando processos eletroquímicos.

Na Parte 1: Célula de Daniell (700 XP e 70 moedas), os alunos reproduziam o experimento clássico, medindo a voltagem e comparando-a com valores teóricos da literatura. Quando surgiam discrepâncias, eles analisavam e discutiam as possíveis fontes de erro experimental, consolidando sua compreensão dos princípios eletroquímicos.

Avançando para a Parte 2: Eletrólise (300 XP e 30 moedas), os alunos observavam a

liberação de gases nos eletrodos, identificando corretamente o ânodo e o cátodo do sistema. Esta etapa reforçou sua compreensão das reações de oxirredução em condições não espontâneas.

Finalmente, na Parte 3: Proteção Catódica (400 XP e 40 moedas), eles aplicavam os conceitos aprendidos para investigar a proteção do ferro contra a corrosão. Eles analisavam o papel do zinco (Zn) e do cobre (Cu) como metais de sacrifício, explicando como a diferença nos potenciais padrão influencia a eficiência do método.

Resumidamente, as pontuações nas missões foram distribuídas de acordo com a complexidade exigida nas missões. As duas primeiras (M1-M2), os alunos recebiam pontuações menores (4,1% e 6,9% do total de pontos disponíveis, respectivamente), com o objetivo de proporcionar uma fase de adaptação. Essa abordagem permitiu que os participantes se familiarizassem gradualmente com as mecânicas e o sistema de recompensas antes de enfrentarem desafios mais complexos, contribuindo para a redução de possíveis barreiras de entrada.

As Missões (M3-M4) foram realizadas no mesmo dia e correspondiam a 14,2% da pontuação total disponível. Esse avanço no nível de desafio demandou maior dedicação dos estudantes, mantendo o ritmo de progressão na narrativa e preparando-os para tarefas mais exigentes. A partir da missão 5, os participantes enfrentaram atividades que requeriam habilidades avançadas, como a produção de fichas de segurança dos reagentes, evidenciando o aumento gradativo da dificuldade.

A Missão 9 destacou-se como a etapa mais desafiadora, concentrando 19,7% da pontuação total disponível. Além de sua complexidade, ela integrou a conclusão de uma tríade de enigmas das missões 7, 8 e 9, exigindo que os estudantes apresentassem três distintivos correspondentes para contabilizar os pontos. Esse formato promoveu um alto nível de engajamento e culminou no ápice da experiência gamificada.

Os pontos acumulados refletiam tanto o progresso no jogo quanto o desempenho acadêmico dos participantes. Além de XP, os estudantes recebiam moedas virtuais (*coins*) ao concluírem missões, que podiam ser usadas na loja virtual (Figura 33) para adquirir produtos físicos. O sistema também aplicava penalizações educativas, como a subtração de pontos e *coins* por descumprimento de regras de segurança, entre outras infrações, promovendo responsabilidade e disciplina.

Figura 33 – Itens da loja virtual
CARTEIRA DE BRINDES



Fonte: Autoria própria (2025)

No laboratório gamificado, a avaliação do desempenho dos estudantes foi baseada na pontuação de experiência (XP) acumulada ao longo do semestre, a qual foi convertida diretamente em nota final da disciplina. A Tabela 2 apresenta a escala de conversão de XP em nota, utilizada na disciplina de Química Geral Experimental. Essa escala foi definida de forma empírica, sem tratamento estatístico prévio, com distribuição linear dos intervalos, variando de 0 XP (nota 0,0) até 29.000 XP (nota 10,0).

Tabela 2 – Conversão de pontos acumulados (XP) em nota na disciplina

XP	Nota final	XP	Nota final
0	0.0	15950	5.5
1450	0.5	17400	6.0
2900	1.0	18850	6.5
4350	1.5	20300	7.0
5800	2.0	21750	7.5
7250	2.5	23200	8.0
8700	3.0	24650	8.5
10150	3.5	26100	9.0
11600	4.0	27550	9.5
13050	4.5	29000	10.0
14500	5.0		

Fonte: Autoria própria (2025).

Esse sistema estabelece uma relação direta, transparente e cumulativa entre a participação nas missões, o desempenho nas atividades e a nota final obtida no laboratório, permitindo que os estudantes acompanhem continuamente sua própria progressão acadêmica ao longo do semestre.

3.2.2 Fase da Implementação

A Gamificação foi implementada em cinco turmas (duas do curso de Engenharia de Alimentos e três do curso de Farmácia) com 91 alunos do primeiro ano de graduação durante o primeiro semestre de 2024.1 (Tabela 3).

Tabela 3 – Número de estudantes por curso nas aulas gamificadas (2024.1).

Curso	Turmas	Número de estudantes
Engenharia de Alimentos	A	20
Engenharia de Alimentos	B	16
Farmácia	A	19
Farmácia	B	17
Farmácia	C	19
Total		91

Fonte: Autoria própria (2025).

a) Antes da primeira missão

No primeiro dia da disciplina, os professores apresentaram a disciplina, as orientações gerais e a Gamificação a ser implementada nas aulas de laboratório aos alunos. Todos os detalhes, regras, sistema de recompensas e estrutura da missão envolvida na Gamificação foram explicados, facilitando a adaptação dos alunos à nova metodologia e aumentando o engajamento inicial. Inicialmente, todos os alunos concordaram em participar.

Em seguida, todos os alunos assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice F), garantindo a confidencialidade dos dados e o uso das informações exclusivamente para fins científicos e educacionais, de acordo com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais – LGPD (BRASIL, 2018).

b) Durante as missões

Para participar das missões, os alunos deveriam chegar ao laboratório no horário, com tolerância máxima de 10 minutos de atraso, trajando jaleco branco, calça comprida, calçado fechado e óculos de segurança. Além disso, deveriam trazer um manual de procedimentos (Apêndice B4).

Durante as missões, os alunos tinham total liberdade para realizá-las e podiam esclarecer quaisquer dúvidas com o professor a qualquer momento.

As quatro docentes, com perfis de ensino metodológicos equivalentes, gamificaram suas aulas e monitoraram as ações dos alunos, anotando todas as suas atitudes positivas e

negativas para premiá-los após a conclusão da missão.

c) Após as missões

Após a conclusão de cada missão, a pesquisadora inseriu os ganhos de XP e as moedas virtuais ganhos (ou perdidos) pelos alunos por suas atitudes positivas (ou negativas) na plataforma *Gamefik*, que foi disponibilizado pela empresa desenvolvedora, gratuitamente, ao nosso grupo de pesquisa, sem qualquer vínculo financeiro.

Após a liberação dos pontos na plataforma, os alunos podiam visualizar suas pontuações e classificação geral por meio do aplicativo *Gamefik*, que fornecia *feedback* instantâneo, uma mecânica essencial para manter o engajamento, com todas as informações sendo disponibilizadas imediatamente após a conclusão de cada atividade prática (Figura 34).

Figura 34 – Telas do aplicativo Gamefik: a) Tela principal b) Ranking c) Feedback



Fonte: *Gamefik*, 2025.

Inicialmente os estudantes foram cadastrados no aplicativo e acessaram através de um QR *code*. Na tela inicial (Figura 34a), os estudantes podiam visualizar sua pontuação acumulada, o nível e *ranking* atual, bem como a evolução do avatar. O registro das atitudes positivas e negativas foi realizado pela pesquisadora, que detalhava as missões concluídas e as pontuações atribuídas no *ranking* geral da turma (Figura 34b), tornando o monitoramento mais dinâmico e transparente.

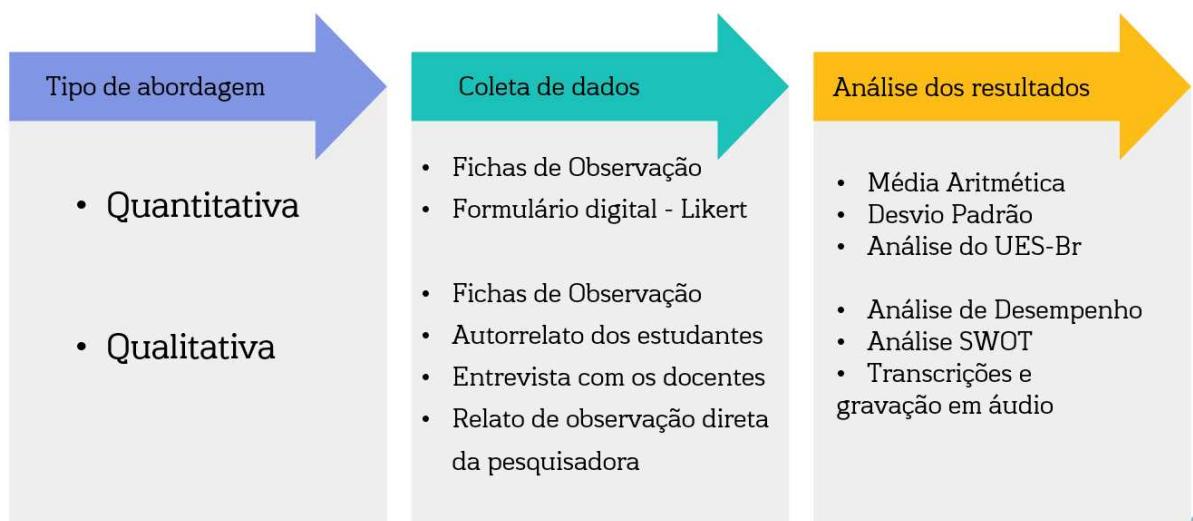
Assim que as pontuações e as moedas eram creditadas no perfil do estudante, um feedback via notificação era enviado instantaneamente (Figura 34c). O estudante poderia, então, utilizar as moedas (coins) para realizar compras na loja virtual, trocando-as por bens físicos.

3.2.3 Fase da Avaliação da Gamificação: Apresentação das técnicas de coleta e análise de dados

Nesta seção apresenta-se o delineamento geral da metodologia de avaliação, estruturado de modo a assegurar a coerência entre os objetivos da pesquisa, os procedimentos de coleta e as estratégias de análise dos dados. Conforme destacam Magalhães Junior e Batista (2023), a abordagem metodológica e os instrumentos devem estar alinhados às características do estudo e ao campo científico em que se inserem, garantindo consistência e rigor ao processo investigativo.

A partir desses pressupostos, as especificidades da pesquisa orientaram a seleção e a articulação dos métodos adotados. A Figura 35 sintetiza o percurso metodológico da avaliação, evidenciando a integração entre as abordagens, os instrumentos de coleta e as estratégias de análise aplicadas ao longo do estudo longitudinal.

Figura 35 – Percurso metodológico da avaliação da Gamificação



Fonte: Autoria própria (2025).

De forma intencional, a avaliação foi organizada em três eixos complementares: (i) o acompanhamento procedural e atitudinal, por meio de fichas de observação; (ii) o desempenho acadêmico, analisado a partir do sistema de pontuação por XP e de medidas estatísticas descritivas; e (iii) o engajamento dos estudantes, investigado por instrumentos validados, como a Escala de Engajamento do Usuário – versão brasileira (UES-Br), questionários em escala Likert e autorrelatos, com apoio da análise SWOT. De forma complementar, foram realizadas entrevistas com as docentes e observação direta da pesquisadora, ampliando a compreensão das percepções, das experiências e da dinâmica das aulas.

Assim, a metodologia de avaliação adotada possibilita uma análise integrada e abrangente da contribuição da Gamificação para o engajamento discente e para a articulação entre teoria e prática na disciplina de Química Geral Experimental. A convergência entre dados quantitativos e qualitativos configura um processo de triangulação, fortalecendo a validade dos resultados e a confiabilidade das interpretações, cujos procedimentos serão detalhados nas próximas subseções.

3.2.3.1 Observação estruturada: Fichas de observação

A observação estruturada consiste em uma técnica que possibilita o acompanhamento sistemático dos comportamentos dos participantes em diferentes contextos, a partir de critérios previamente definidos. Ao orientar o registro de ações específicas, essa técnica reduz a subjetividade do observador e amplia a consistência e a validade dos dados obtidos. Além de favorecer a coleta minuciosa de informações, a observação estruturada permite uma análise aprofundada das interações, das dinâmicas de grupo e dos comportamentos ao longo do processo formativo, configurando-se como instrumento pertinente para a investigação de fenômenos educacionais complexos (Fontana; Rosa, 2021).

Essa técnica articula-se diretamente com os referenciais teóricos que fundamentam esta pesquisa. À luz da Teoria da Autodeterminação (TAD), possibilita identificar manifestações de autonomia, competência e relacionamento a partir das respostas dos estudantes aos reforços positivos e negativos. Sob a perspectiva da Teoria Social Cognitiva (Bandura, 2001), permite captar processos de modelagem, cooperação e influência social entre os pares.

Já em relação à Teoria do Fluxo (Csikszentmihalyi, 1990), favorece a identificação de indicadores comportamentais de imersão, foco e engajamento nas atividades. Dessa forma, a observação estruturada contribui para a validação empírica dos principais mecanismos ativados pela Gamificação, fortalecendo a interpretação dos dados à luz das teorias discutidas.

Para cada missão, foram elaboradas fichas de observação (Apêndice B3) que possibilitaram à pesquisadora e às professoras monitorar a frequência, o desempenho e o engajamento dos estudantes durante as missões. Essas fichas registraram tanto as atitudes positivas quanto as negativas, conforme ilustrado no modelo da Missão 1 na Figura 36.

Figura 36 – Modelo da Ficha de Observação delineado para Missão 1

ALUNO	ATITUDES POSITIVAS			ATITUDES NEGATIVAS					TOTAL	RANK
	Portar o Manual 200 XP 20 coins	Atividade Socrática (por acerto) 10 XP 1 coin	Bônus Tempo 200 XP 20 coins	Pontualidade 200 XP 20 coins	Não usar EPI corretamente -200 XP -20 coins	Quebrar vidraria ou danificar equip. -200 XP -20 coins	Distrair colega nas práticas -200 XP -20 coins	Usar celular durante a prática -200 XP -20 coins		

Fonte: Autoria própria (2025).

3.2.3.2 Formulário digital

Os formulários são instrumentos utilizados para coletar um conjunto de dados que visa esclarecer e orientar a pesquisa. A presença do pesquisador durante a aplicação do formulário é desnecessária, pois os questionamentos são formulados de maneira intuitiva, facilitando a interpretação dos resultados. Esses instrumentos são eficazes para compreender determinados fenômenos, perfis dos participantes e as relações entre as variáveis intrínsecas a eles. Diversos estudos podem investigar e interpretar essas situações, descrevendo as características mais recorrentes e relevantes (Fontana; Rosa, 2021).

Neste estudo, foram utilizados dois formulários eletrônicos através do *Google Forms*, que foram aplicados ao final da disciplina e respondidos de forma anônima pelos estudantes. O primeiro formulário foi estruturado em quatro seções e teve como base a Escala de Engajamento do Usuário (UES-Br), originalmente desenvolvida para a avaliação da interação humano-computador e adaptada para o contexto brasileiro por Miranda, Li e Darin (2021). Para esta pesquisa, a escala foi recontextualizada para o ensino de Química em laboratório, mantendo sua estrutura psicométrica, porém com adequações semânticas aos desafios experimentais. A versão original do instrumento encontra-se apresentada no Anexo I.

A escala foi aplicada no formato Likert de cinco pontos, variando de “discordo totalmente” a “concordo totalmente” (Wu; Leung, 2017), possibilitando a análise quantitativa do engajamento emocional e comportamental dos estudantes nas atividades laboratoriais. Foram avaliados aspectos como atenção, curiosidade, imersão, motivação e sensação de presença, que permitiram compreender a interação dos discentes com as ferramentas digitais e o nível de engajamento ao longo dos desafios.

O modelo UES, originalmente desenvolvido por O’Brien e Toms (2008) e adaptado para o português como UES-Br por Miranda, Li e Darin (2021), fundamenta-se na Teoria de

Resposta ao Item (TRI). Esta abordagem possibilita análises robustas da experiência dos estudantes, considerando tanto a variabilidade das respostas quanto a diversidade dos respondentes. Através de parâmetros que destacam a consistência das respostas e filtram dados aleatórios, a TRI confere maior confiabilidade à análise.

A estrutura multidimensional do UES-Br permite validar teoricamente constructos fundamentais da Gamificação. A dimensão de Atenção Focada (AF) relaciona-se diretamente com o estado de Flow (Csikszentmihalyi, 1990) e a Competência preconizada pela Teoria da Autodeterminação - TAD (Ryan; Deci, 2020). A Usabilidade Percebida (UP) identifica obstáculos à Competência, enquanto o Apelo Estético (AV) relaciona-se com os aspectos de Relacionamento e Autonomia da TAD. Por fim, a dimensão de Fatores de Recompensa (FR) avalia a eficácia de motivadores extrínsecos e intrínsecos na promoção de motivação autônoma, validando os fundamentos da TAD.

Conforme detalhado no Quadro 11, o instrumento organiza-se em quatro dimensões principais: atenção focada (AF - 7 afirmações), usabilidade percebida (UP - 8 afirmações), apelo visual (AV - 5 afirmações) e fatores de recompensa (FR - 10 afirmações), totalizando 30 afirmações. Esta estrutura multidimensional permitiu não apenas o cálculo de escores por dimensão, mas também comparações consistentes entre os resultados obtidos.

Quadro 11 – Afirmações do questionário UES-Br

Seção 1: Quanto a Atenção Focada – AF
AF.1) Eu me concentrei intensamente nessa experiência
AF.2) Fiquei tão envolvido(a) nessa experiência que perdi a noção do tempo.
AF.3) Esqueci das coisas ao meu redor quando estive envolvido(a) nas Missões do laboratório.
AF.4) Quando estive envolvido(a) nas Missões do laboratório, eu perdi a noção do mundo ao meu redor
AF.5) O tempo que passei envolvido(a) nas Missões do laboratório simplesmente voou.
AF.6) Fiquei absorvido(a) nessa experiência.
AF.7) Durante essa experiência, eu me deixei levar.
Seção 2: Quanto a Usabilidade Percebida – UP
UP.1) Fiquei frustrado(a) ao me envolver nas Missões do laboratório.
UP.2) Achei as experiências propostas nas Missões confusas de interpretar.
UP.3) Fiquei irritado(a) ao participar das experiências propostas nesta Missão.
UP.4) Fiquei desanimado(a) ao participar das experiências propostas nesta Missão.
UP.5) Foi muito cansativo participar desta experiência.
UP.6) Essa experiência exigiu muito de mim.
UP.7) Eu me senti no controle e impulsionado(a) durante esta experiência.
UP.8) Não consegui fazer algumas das coisas que eu precisava fazer enquanto estava envolvido(a) nesta experiência
Seção 3: Quanto ao Apelo Estético – AV
AV.1) Esta experiência no laboratório é atraente.
AV.2) O design educacional proposto nesta experiência é esteticamente agradável.
AV.3) Gostei dos elementos gráficos e das imagens propostos nas Missões durante esta experiência.
AV.4) As ferramentas educacionais propostas nesta experiência chamaram minha atenção visualmente.
AV.5) A seleção e distribuição dos elementos gráficos e interativos propostos na tela do smartphone durante esta experiência são visualmente agradáveis.
Seção 4: Quanto ao Sistema de Recompensas – FR

FR.1) Valeu a pena participar desta experiência.
FR.2) Acho que minha experiência foi um sucesso.
FR.3) Essa experiência não foi do jeito que eu esperava.
FR.4) Minha experiência foi gratificante.
FR.5) Eu recomendaria esta experiência gamificada para educadores, familiares e amigos.
FR.6) Continuei usando o mecanismo da Gamificação proposto nesta experiência por curiosidade e em outras áreas da minha vida.
FR.6.1) Se você indicou pontuação 4 ou 5 no item anterior, descreva em qual(quais) área(s) você aplica a Gamificação.
FR.7) A proposta desta experiência despertou minha curiosidade e fortaleceu minha participação.
FR.8) Fiquei muito atraído(a) por esta experiência.
FR.9) Eu me senti inserido(a) nessa experiência.
FR.10) Essa experiência foi divertida.
AR.1) Quais pontos fortes desta metodologia educacional?
AR.2) Quais pontos fracos desta metodologia educacional?
AR.3) Contribua com este trabalho deixando sua crítica e/ou sugestão.

Fonte: Adaptado de Miranda, Li e Darin (2021).

Complementando a escala multidimensional, três perguntas abertas (AR.1 – AR.3) foram incorporadas ao instrumento para capturar nuances qualitativas da experiência por meio do autorrelato dos estudantes. Essas questões visaram obter percepções espontâneas sobre pontos fortes, fracos e sugestões de melhoria da metodologia, permitindo uma análise rica e detalhada dos pontos e contrapontos vivenciados durante as missões gamificadas.

A análise dessas respostas foi conduzida à luz do Construtivismo (Piaget, 1954) e da Aprendizagem Experiencial (Kolb, 1984), investigando em que medida os desafios propostos geraram desequilíbrios cognitivos produtivos e se os mecanismos de *feedback* facilitaram os processos de assimilação e acomodação do conhecimento. Adicionalmente, as percepções colhidas, em conjunto com indicadores específicos da escala como "despertou minha curiosidade" (FR.7), permitiram avaliar a eficácia da Gamificação em fomentar a Aprendizagem por Descoberta (BRUNER, 2006), analisando sua capacidade de instigar a exploração ativa e a autonomia investigativa dos estudantes.

O segundo formulário empregou uma escala Likert de cinco pontos, variando de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”, com o objetivo central de avaliar a influência da metodologia gamificada no contexto do laboratório de Química Geral. Suas 11 afirmações, detalhadas no Quadro 12, exploraram dimensões fundamentais da intervenção, abrangendo desde sua percepção como inovação pedagógica e seu impacto no engajamento até a eficácia do sistema de recompensas e os efeitos da substituição de avaliações tradicionais.

Quadro 12 – Afirmações do questionário de avaliação da metodologia gamificada

S1) A Gamificação é uma metodologia de ensino inovadora.
S2) A Gamificação promoveu o engajamento dos estudantes.
S3) A ausência de exames tradicionais (provas) não interferiu na aprendizagem dos estudantes.
S4) A ausência de exames tradicionais (provas) contribuiu para reduzir o estresse e preocupações com a nota da disciplina.
S5) Mesmo sem exames tradicionais, os estudantes tiveram que estudar para garantir progresso na Gamificação.
S6) A substituição de exames tradicionais por acúmulo de pontos na Gamificação do laboratório, aliada as estratégias de jogos e desafios digitais, agradou os estudantes.
S7) Durante a Gamificação os estudantes desenvolvem uma motivação interna (desejo de participar por satisfação própria) desafiando e engajando-se nas missões.
S8) As recompensas e desafios da Gamificação impactaram positivamente o desempenho acadêmico dos estudantes.
S9) Os aspectos da Gamificação foram eficazes na promoção do aprendizado dos estudantes.
S10) O <i>feedback</i> recebido durante as missões Gamificadas foi útil para o aprendizado e sucesso acadêmico dos estudantes.
S11) As metas atribuídas para cada missão foram justas, considerando o grau de dificuldade atribuído a cada atividade.

Fonte: Autoria própria (2025), adaptada de Silva Junior *et al.*, 2025.

A estrutura do questionário foi delineada para validar empiricamente os constructos teóricos que alicerçaram a Gamificação. Seus itens avaliaram diretamente os três pilares da Teoria da Autodeterminação (TAD) - autonomia (S7), competência (S8, S9, S10) e relacionamento (S2, S6) - além de princípios da Aprendizagem Experiencial (S10 - *feedback*). A análise das respostas forneceu, assim, subsídios essenciais para compreender a percepção discente sobre a eficácia da Gamificação e seus efeitos no ambiente acadêmico.

3.2.3.3 *Observação docente: entrevista*

Como parte do processo de avaliação da proposta gamificada, foi realizada uma entrevista com as quatro docentes responsáveis pelas turmas, ao final de todo o período de implementação. A entrevista teve caráter qualitativo (Fontana; Rosa, 2021), sendo utilizada como instrumento de observação docente, com o objetivo de captar as percepções das professoras sobre a aplicabilidade da Gamificação, o comportamento dos estudantes, o engajamento nas atividades e os impactos da metodologia no desenvolvimento das aulas práticas.

As entrevistas foram conduzidas de forma semiestruturada, a partir de um roteiro previamente elaborado (Apêndice G), organizado em três blocos temáticos: (i) a experiência das docentes com o ensino de práticas laboratoriais em Química; (ii) o uso de metodologias ativas e da Gamificação no ensino; e (iii) as perspectivas futuras e possibilidades de melhoria

para mitigar os desafios do ensino. Esse formato permitiu tanto a comparabilidade das respostas quanto o aprofundamento de aspectos considerados relevantes pelas docentes. Os relatos obtidos contribuíram para a avaliação pedagógica da proposta, complementando os dados provenientes dos instrumentos aplicados aos estudantes.

Esse procedimento integra o processo de triangulação dos dados, ao articular a perspectiva docente às análises quantitativas e aos registros observacionais, fortalecendo a validade dos resultados e a compreensão ampliada dos efeitos da Gamificação no contexto do ensino laboratorial.

3.2.3.4 Relato de observação direta da pesquisadora

O relato de observação direta da pesquisadora constituiu um instrumento qualitativo de coleta de dados ao longo de todo o semestre, permitindo acompanhar as dinâmicas no laboratório de práticas, como as interações entre os estudantes, o engajamento nas missões e as respostas comportamentais à proposta gamificada. A observação foi realizada de forma sistemática e longitudinal, possibilitando identificar mudanças na participação, autonomia, cooperação, bem como dificuldades de compreensão e lacunas teóricas. Esses registros contextualizaram os dados quantitativos e os demais instrumentos qualitativos, integrando o processo de triangulação dos dados e fortalecendo a interpretação dos resultados.

3.2.3.5 Técnicas de análise dos dados

A escolha das técnicas de análise foi orientada pela necessidade de integrar abordagens quantitativas e qualitativas em um estudo de caráter longitudinal, de modo a possibilitar uma compreensão ampla e aprofundada dos dados coletados ao longo da implementação da Gamificação.

No âmbito quantitativo, os dados referentes ao desempenho acadêmico, engajamento e progressão por XP foram analisados por meio de estatística descritiva, com o cálculo de média aritmética e desvio padrão, além da construção de gráficos de barras. Esses procedimentos foram realizados no Microsoft Excel, permitindo a visualização clara, organizada e comparativa da evolução dos estudantes ao longo do tempo. Essa etapa corresponde à análise de desempenho, utilizada para acompanhar o progresso acadêmico e os efeitos da intervenção.

No âmbito qualitativo, os dados provenientes dos autorrelatos dos estudantes foram analisados por meio da Análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*),

ferramenta estratégica voltada à identificação de forças e fraquezas (aspectos internos) e oportunidades e ameaças (aspectos externos) no contexto da proposta gamificada (Gurl; Tat, 2017). Essa análise permitiu organizar de forma sistemática as percepções dos participantes acerca da vivência metodológica.

As entrevistas com as docentes, registradas por gravação em áudio e posteriormente transcritas, foram examinadas com foco na identificação de percepções, vivências e avaliações pedagógicas sobre a Gamificação no ensino laboratorial de Química Geral. Esses dados contribuíram para a compreensão do processo a partir da perspectiva docente, complementando as análises discentes e observacionais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir dos dados coletados e analisados conforme as técnicas previamente estabelecidas. Cada análise, tanto quantitativa quanto qualitativa, é interpretada à luz dos referenciais teóricos apresentados nos Capítulos 2 e 3, de modo a relacionar os achados com os modelos e conceitos aplicados. De forma geral, as observações, embora específicas, foram sistematizadas de maneira abrangente e aprofundada nas seções subsequentes.

A importância de posturas e comportamentos no laboratório foi evidenciada durante as Missões. Atitudes positivas, como pontualidade e cumprimento de prazos, foram incentivadas por meio de bônus de tempo, reforçando comportamentos essenciais para o sucesso acadêmico e a organização das atividades práticas, conforme Silva Junior *et al.* (2022, 2025c; 2025d).

Atitudes negativas, como a não utilização de EPIs, danos a vidrarias e equipamentos e a desorganização da bancada, foram penalizadas com finalidade pedagógica, visando promover atenção aos horários, redução de distrações e maior cuidado com os materiais durante as missões. Como resultado, observou-se um ambiente de aprendizagem mais organizado, concentrado e colaborativo, conforme registrado na Figura 37, após a implementação da Gamificação.

Figura 37 – Estudantes engajados em atividade prática no laboratório gamificado



Fonte: Autoria própria (2025).

Ao integrar os componentes da Gamificação (Quadro 10), o ensino laboratorial tornou-se mais dinâmico e alinhado aos objetivos pedagógicos da disciplina. Essa abordagem não só tornou o aprendizado mais envolvente, como também incentivou os estudantes a se apropriarem do conteúdo acadêmico enquanto desenvolviam habilidades como trabalho em equipe, tomada de decisão, raciocínio lógico e adaptação a situações inesperadas.

As turmas de Engenharia de Alimentos, semestre 2024.1, desempenharam um papel fundamental na aplicação inicial dessa metodologia, em uma etapa denominada “Gamificação 1.0”. Durante essa fase, foram identificados desafios que precisaram ser ajustados em tempo real para atender às demandas específicas dos alunos. Por exemplo, constatou-se que o tempo máximo estipulado para algumas missões era inadequado e que os estudantes eram cobrados pelo reconhecimento de equações químicas de forma escrita antes de terem adquirido esse conhecimento. Esses ajustes foram realizados imediatamente, garantindo maior alinhamento entre as atividades propostas e o estágio de aprendizado dos estudantes.

Posteriormente, as turmas de Farmácia, também do semestre 2024.1, participaram da mesma metodologia, agora com ajustes no tempo das missões e nas atividades propostas, em uma etapa chamada “Gamificação 2.0”. Essa segunda aplicação incorporou os aprendizados obtidos com as turmas anteriores, resultando em melhorias significativas na experiência de aprendizagem e no ajuste das exigências pedagógicas às necessidades e ao desenvolvimento dos alunos.

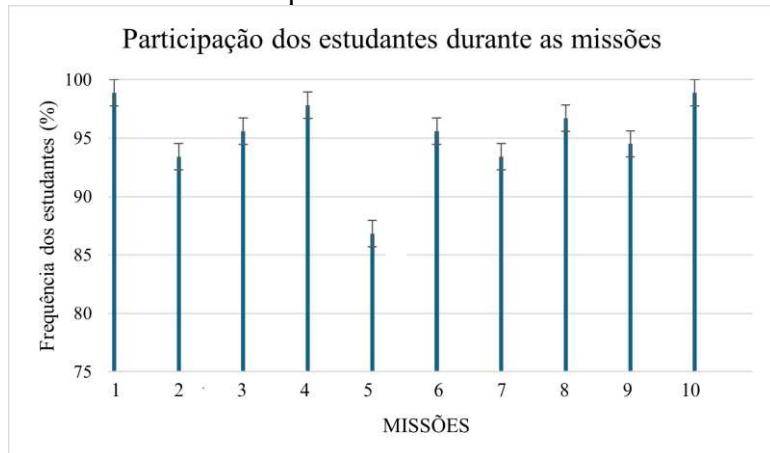
4.1 Frequência, engajamento e desempenho

Além da análise da assiduidade, foi igualmente importante considerar de que modo a presença dos estudantes se refletiu em suas atitudes durante as atividades. A frequência, por si só, não garante engajamento nem desempenho satisfatório; por isso, aspectos como postura, participação e envolvimento nas tarefas práticas foram observados de forma complementar. Nesse contexto, a subseção seguinte apresenta o impacto dessas atitudes nas missões, com base nos registros realizados por meio das fichas de observação.

4.1.1 Impacto das atitudes nas missões: acompanhamento via ficha de observação

A frequência regular dos estudantes ao laboratório desempenhou papel essencial para a consolidação das aprendizagens ao longo das missões. A Figura 38 apresenta o percentual de presença dos estudantes nas dez missões propostas, evidenciando índices elevados de frequência ao longo de todo o percurso gamificado.

Figura 38 – Percentual de frequência dos estudantes nas 10 missões (N=81)

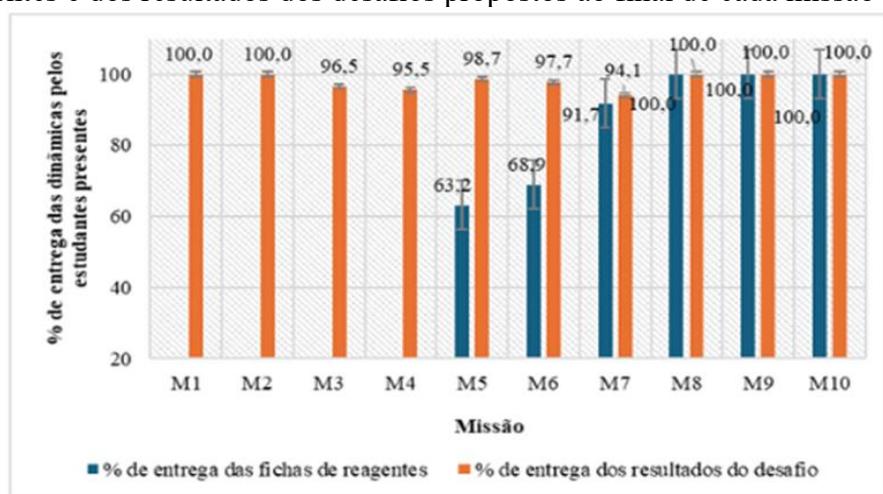


Fonte: Autoria própria (2025).

De modo geral, os estudantes mantiveram participação superior a 90% na maioria das missões, com destaque para as Missões 1 e 10, que atingiram percentuais próximos de 100%. A elevada adesão inicial relaciona-se à motivação despertada pela apresentação da metodologia, enquanto a manutenção da participação nas missões finais foi influenciada também pela penalidade de 2000 XP por ausência, que contribuiu para a regularidade da frequência.

Na avaliação das docentes, dois indicadores comportamentais de engajamento foram considerados centrais: (i) a entrega das fichas de segurança dos reagentes (M5 a M10) e (ii) a entrega dos desafios experimentais (M1 a M10), conforme apresentado na Figura 39. Ambos os indicadores demandaram preparo prévio, aplicação de conhecimentos teóricos e cumprimento rigoroso de prazos, configurando evidências objetivas de engajamento acadêmico.

Figura 39 – Percentual de estudantes que registraram atitudes positivas: entrega da ficha de reagentes e dos resultados dos desafios propostos ao final de cada missão (N=81)



Fonte: Autoria própria (2025).

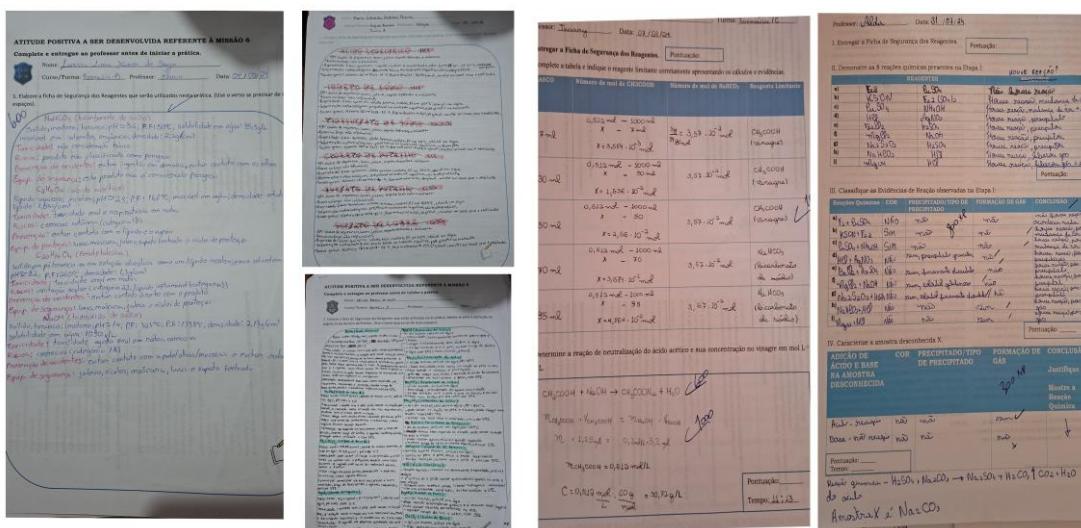
A entrega dos desafios experimentais manteve-se elevada ao longo de todo o percurso gamificado, com taxas de 100% nas Missões 1, 2, 8, 9 e 10, e percentuais igualmente altos nas demais etapas. Considerando o conjunto das missões, a taxa média de entrega foi de 98,25%, com desvio padrão de $\pm 2,09\%$, indicando alto nível de engajamento, participação contínua e persistência dos estudantes.

Em contraste, a entrega das fichas de segurança dos reagentes, exigida a partir da Missão 5, apresentou percentuais iniciais mais baixos (63,2% na M5 e 68,9% na M6), seguidos por crescimento expressivo (91,7% na M7) e estabilização em 100% nas Missões 8, 9 e 10. A média geral de entrega foi de 87,30%, com desvio padrão de $\pm 15,4\%$, evidenciando maior variabilidade inicial, associada às dificuldades na identificação dos reagentes, no preenchimento das propriedades físicas e químicas, na análise dos riscos, nos procedimentos em caso de acidentes e no uso adequado dos EPIs.

Sob a perspectiva da Teoria da Autodeterminação, esse crescimento progressivo reflete o fortalecimento da competência e da autonomia dos estudantes. À luz da Teoria do Fluxo, observa-se o ajuste gradual entre nível de desafio e habilidade, favorecendo a permanência no estado de engajamento. Já pelo Construtivismo e pela Aprendizagem Experiencial, as dificuldades iniciais atuaram como desequilíbrios cognitivos, superados por meio da repetição das tarefas, do *feedback* contínuo e da reexperimentação.

A Figura 40 apresenta exemplos das atividades entregues pelos estudantes ao longo das missões, contemplando tanto as fichas de segurança dos reagentes quanto os desafios experimentais realizados, funcionando como ilustração da organização dos registros, da preparação prévia, do cumprimento das etapas experimentais e do envolvimento discente.

Figura 40 – Fichas de segurança dos reagentes e desafios entregues pelos estudantes no decorrer das missões



Fonte: Autoria própria (2025).

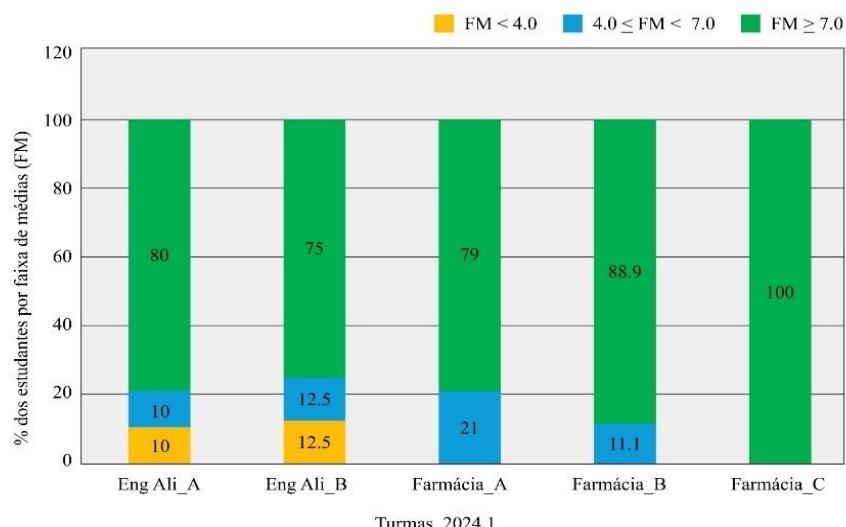
Além do engajamento, os dados longitudinais das Missões 1 a 10 (Apêndice H) evidenciaram evolução consistente no desempenho dos estudantes ($N = 81$). No início do percurso (M1–M3), o percentual médio de respostas completas foi de aproximadamente 7,9%, elevando-se para 95,1% nas missões finais (M8–M10), o que indica progressivo aprimoramento da aprendizagem e da qualidade das produções acadêmicas.

Verificou-se também maior fluidez na execução das práticas ao longo do semestre, caracterizando ganho de eficiência procedimental. Entretanto, em missões como M2, M7 e M9, houve aumento no tempo de execução, associado à falta de base teórica específica, o que impactou pontualmente a resolução dos desafios.

A análise revelou ainda redução expressiva dos erros. Nas missões iniciais, a taxa média de erros conceituais superou 92% (M1–M3), caindo para cerca de 29% nas missões intermediárias (M6–M7) e atingindo 0% na Missão 10. De modo semelhante, as dificuldades no preenchimento das fichas de segurança, observadas a partir da Missão 5, foram progressivamente superadas, com aumento da taxa de acerto de 30,9% (M6) para 100% (M8–M10), indicando avanço no domínio técnico, na precisão dos registros e na adequação às normas de segurança.

Diante dos resultados, o XP acumulado ao longo das dez missões foi convertido em nota final, conforme os critérios estabelecidos na Tabela 2. As médias foram agrupadas em três faixas: 0–3,9 (reprovação), 4,0–6,9 (necessidade de avaliação final) e 7,0–10,0 (aprovação direta). A Figura 41 apresenta a distribuição percentual dos estudantes por turma, segundo as faixas de médias finais.

Figura 41 – Percentual de estudantes por turma e por faixa de médias finais ($N=91$)



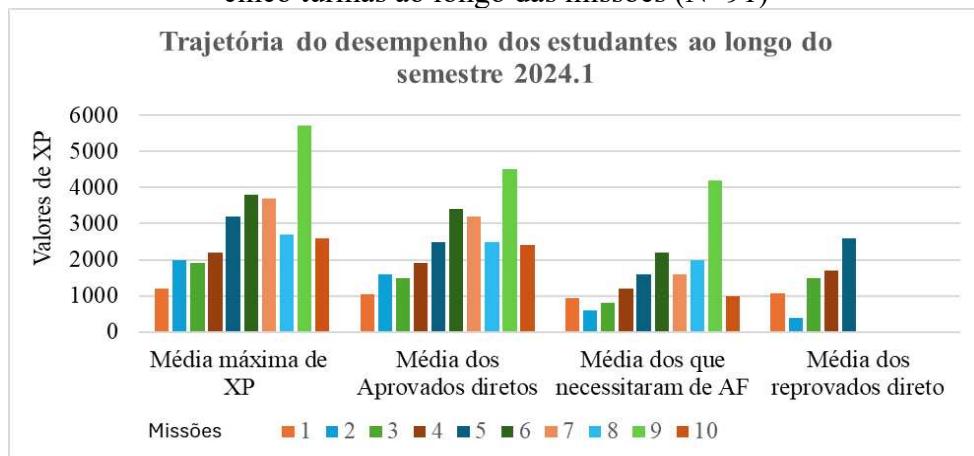
Fonte: Autoria própria (2025).

Dos 91 estudantes matriculados, 10 (11%) não atingiram a pontuação mínima (4,0) para realização do exame final. Esses casos configuram indicadores de desengajamento precoce, associados a situações de abandono, reprovação direta ou mudança de curso.

Ressalta-se que não foi realizada comparação com turmas de semestres anteriores não gamificadas, em razão de fatores institucionais, como o rodízio de docentes, a oferta da disciplina para cursos de graduação distintos, a variação no número de turmas e o fato de que o professor responsável pela teoria nem sempre é o mesmo que conduz as práticas laboratoriais. Esses elementos introduzem variáveis externas de difícil controle, configurando uma limitação do estudo para fins de comparação direta entre semestres.

Para além do desempenho final, o caráter longitudinal da pesquisa permitiu acompanhar, com maior profundidade, a trajetória de engajamento e desempenho dos estudantes ao longo das dez missões, por meio de medições repetidas. A Figura 42 apresenta a evolução da pontuação média acumulada (XP) por missão, das cinco turmas ao longo do semestre, evidenciando trajetórias distintas de progressão.

Figura 42 – Evolução da pontuação média acumulada (XP) por grupo de desempenho das cinco turmas ao longo das missões (N=91)



Fonte: Autoria própria (2025).

A análise das trajetórias evidenciou que o acompanhamento longitudinal do XP funcionou como um indicador preditivo de desempenho, permitindo identificar, já nas primeiras missões, estudantes em risco de desengajamento. Esse monitoramento favoreceu intervenções pedagógicas oportunas, reforçando a Gamificação como ferramenta não apenas motivacional, mas também de acompanhamento formativo e prevenção do insucesso acadêmico.

Parte dos casos de desengajamento inicial esteve relacionada a fragilidades na base teórica, dificuldades acadêmicas acumuladas e lacunas da formação no ensino médio, que

limitaram a permanência de alguns estudantes no processo. Além disso, alguns discentes demonstraram resistência à metodologia gamificada por exigir maior autonomia e esforço adicional — como o preparo das fichas e a resolução dos desafios — preferindo modelos tradicionais de menor complexidade operacional e caráter predominantemente reprodutivo.

Os resultados confirmam que a participação contínua é um preditor mais consistente de sucesso acadêmico do que a participação pontual (Zeybek; Saygi, 2023; Silva Junior *et al.*, 2025c; 2025d). A análise longitudinal revelou que sinais de desengajamento, em muitos casos, já eram perceptíveis nas primeiras missões, frequentemente associados a dificuldades conceituais persistentes, precedendo o abandono ou a reprovação formal.

A estrutura progressiva das missões, articulada aos componentes estratégicos da Gamificação, mostrou-se eficaz para sustentar a motivação da maioria dos estudantes, em consonância com Mora *et al.* (2017), Subhash e Cudney (2018) e Kalogiannakis, Papadakis e Zourmpakis (2021), que destacam o papel da Gamificação na superação de desafios cognitivos e no desenvolvimento de habilidades práticas.

A adoção de penalidades equilibradas, integradas à lógica de recompensas e progressão, funcionou como mecanismo de responsabilização e autorregulação, fortalecendo o comprometimento discente — aspecto também ressaltado por Kalogiannakis, Papadakis e Zourmpakis (2021) e Silva Junior *et al.* (2025c; 2025d).

O momento culminante do processo ocorreu na conversão das moedas virtuais (*coins*) acumuladas em recompensas tangíveis, resgatadas na loja virtual do aplicativo *Gamefik* (Figura 43). Esse momento, além de reconhecer o esforço dos estudantes, consolidou o ciclo motivacional ao estabelecer, de forma objetiva, a relação entre desempenho, progressão e recompensa, princípio fundamental da Gamificação.

Figura 43 – Estudante resgatando prêmio na loja virtual



Fonte: Autoria própria (2025).

Na próxima subseção, serão discutidos os resultados da escala de engajamento UES-Br, aprofundando a compreensão sobre os níveis de engajamento dos participantes ao longo das missões.

4.1.2 Resultados da análise da escala de engajamento do usuário (UES-Br)

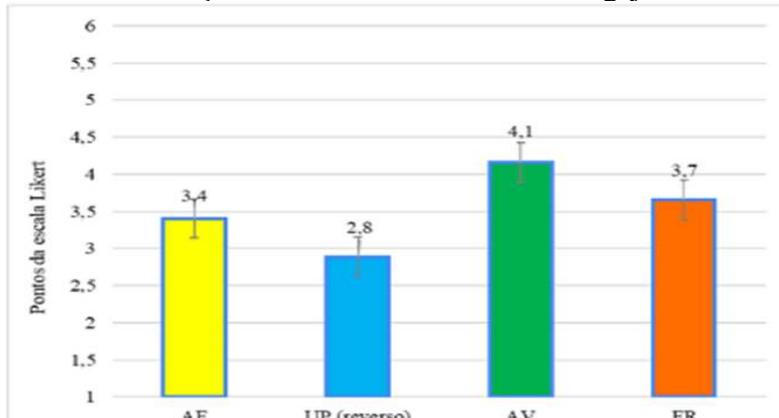
O uso de métodos formais e validados, para medir o engajamento, como a escala UES-Br (Miranda; Li; Darin, 2021), foi fundamental para investigar e compreender a experiência dos estudantes. Essa abordagem permitiu analisar se a experiência foi positiva, além de identificar possíveis emoções negativas, como descontentamento, tristeza ou cansaço, que poderiam surgir devido: (i) ao excesso de demandas; (ii) nível elevado nos desafios; (iii) à monotonia em determinadas missões.

As quatro primeiras seções deste formulário, avaliadas por meio da escala Likert, buscaram evidências sobre o engajamento dos estudantes. O parâmetro UP (Usabilidade Percebida), conforme modelo do UES original (O'Brien; Toms, 2008), apresentou pontuações invertidas, pois suas questões abordaram aspectos desafiadores ou dificuldades percebidas na experiência. Ou seja, uma pontuação alta indicava menor facilidade ou maior percepção de dificuldade, e uma pontuação baixa indicava maior usabilidade ou facilidade percebida pelos estudantes.

Os demais parâmetros incluíram: AF (Atenção Focada), que avaliou o nível de imersão dos participantes na atividade; AV (Apelo Visual), que analisou a atratividade estética durante as missões; e FR (Fator de Recompensa), que mediu a percepção de gratificação proporcionada pela experiência.

No total, foram avaliadas 30 afirmações (Quadro 10). O formulário foi respondido por 81 alunos, que compartilharam suas experiências. A Figura 44 exibe as pontuações médias obtidas nos quatro fatores avaliados, evidenciando os aspectos mais relevantes para o engajamento dos estudantes ao longo das atividades.

Figura 44 – Pontuações em média da Escala de Engajamento do Usuário (N=81)



Fonte: Autoria própria (2025).

Os resultados da Figura 44, indicaram níveis de engajamento estudantil moderados a altos. A pontuação média geral em todos os quatro fatores foi de 3,52 (em uma escala de 5 pontos), refletindo uma avaliação positiva dos estudantes em relação à abordagem gamificada. A distribuição percentual de todas as afirmações nos quatro parâmetros pode ser observada no Apêndice I.

A dimensão Atenção Focada (FA) obteve uma pontuação média de 3,40, sugerindo que os participantes mantiveram um equilíbrio adequado entre a imersão na atividade e a consciência situacional, um requisito crítico em ambientes laboratoriais. Entretanto, embora com baixo percentual de concordância, as respostas a afirmações específicas (AF.2: “*Eu perdi a noção do tempo durante essa experiência*” e AF.4: “*Eu não percebi o que acontecia ao meu redor durante as missões laboratoriais*”) revelaram que, apesar de eventuais estados de hiperfoco, a imersão provocada pela atividade não foi excessiva a ponto de superar a consciência situacional dos estudantes em relação às normas de segurança.

Esse resultado demonstra que a proposta gamificada foi eficaz de promover engajamento profundo sem sacrificar a atenção necessária ao contexto laboratorial, o que está em consonância com os estudos de Bakan e Bakan (2018) e Kallogianakis *et al.* (2021), além de reforçar o conceito de fluxo (Csikszentmihalyi, 1990) como um estado de equilíbrio entre desafio e habilidade, e da não dissociação completa do ambiente.

O fator Usabilidade Percebida (UP), que avalia estresse, demanda cognitiva, desmotivação e distrações ao longo das dez missões, apresentou média de 2,89 (escala de 5 pontos). Como os itens são formulados negativamente, escores abaixo de 3,0 indicam baixa frequência desses estados, sugerindo que, de modo geral, os estudantes não vivenciaram níveis elevados de desconforto ou desmotivação durante a experiência.

Entretanto, a análise detalhada revelou que 23% dos participantes relataram dificuldades pontuais, especialmente relacionadas a sensações de desânimo (UP.4: “*Eu me senti desencorajado ao participar das experiências propostas nesta Missão*”) e à percepção de elevada exigência da metodologia gamificada em comparação ao modelo tradicional (UP.6: “*Esta experiência demandou muito de mim*”). Esses dados indicam que, para uma parcela dos estudantes, a intensidade das demandas cognitivas e procedimentais gerou sobrecarga momentânea, evidenciando que a Gamificação, embora motivadora, não é isenta de tensões pedagógicas.

Ainda assim, tais dificuldades não comprometeram a conclusão das missões nem a permanência da maioria dos estudantes, sendo contrapostas por altos índices de controle percebido e motivação, como expresso na UP.7 (“Eu me senti no controle e motivado durante esta experiência”). Esse equilíbrio entre desafio e persistência confirma que o design gamificado sustentou o engajamento mesmo diante de obstáculos individuais, em consonância com os achados de Chau *et al.* (2018) que apontam a Gamificação como promotora de resiliência acadêmica e persistência em tarefas complexas.

A dimensão Apelo Visual (AV) apresentou a maior média entre os fatores avaliados (4,15), demonstrando a forte receptividade dos estudantes em relação aos aspectos visuais da proposta gamificada. As respostas às afirmações específicas, AV.2 “*O design educacional proposto nesta experiência é esteticamente agradável*” e AV.3 “*Eu gostei dos elementos gráficos e das imagens propostas nas Missões durante esta experiência*”, revelam que os estudantes atribuíram valor especial à qualidade gráfica dos elementos utilizados e à sua organização visual das atividades.

As afirmações coletadas corroboram os estudos de Bakan e Bakan (2018), Li e Tsai (2013) e Dichev e Dicheva (2017), uma convergência que favorece os preceitos teóricos da Autodeterminação, do Fluxo, do Reforço e da Cognitiva. Essa sintonia entre dados e teoria indica que o conjunto de componentes, inseridos na Gamificação, funcionou como facilitadores do engajamento contínuo, criando um ambiente instrucional mais atraente e imersivo.

O fator Recompensa (FR) demonstrou um engajamento moderadamente alto ($M=3,65$), com os estudantes afirmado que a experiência foi recompensadora e motivadora (FR.4, FR.7). Essas avaliações positivas foram reforçadas pelas afirmações que enfatizaram o valor percebido (FR.1: “*Valeu a pena participar desta experiência*”), sensação de inclusão (FR.9) e prazer (FR.10). Apesar de relatos esporádicos de cansaço e dependência de motivadores extrínsecos, identificados na dimensão de Usabilidade Percebida (UP), tais limitações não

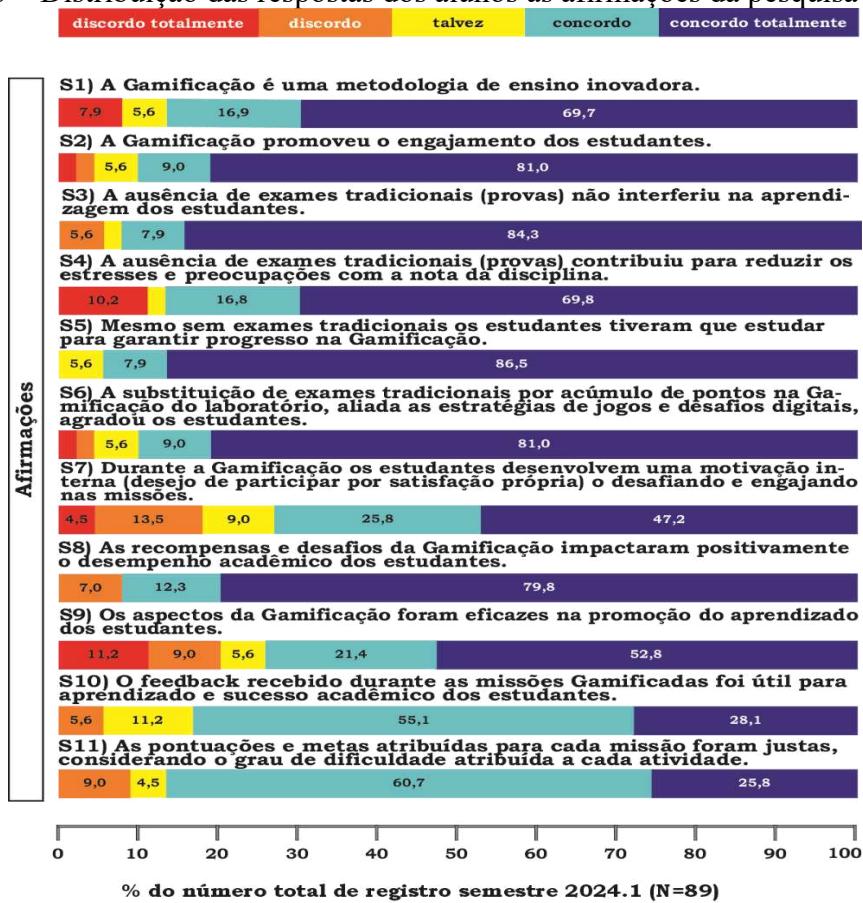
superaram a ampla aceitação inovadora da metodologia, mantendo-se pontuais ante a validação geral do método.

Esse alinhamento entre a percepção de recompensa e a persistência no engajamento, mesmo diante de afirmações de ocorrência esporádica de fadiga, corrobora as perspectivas de Bakan e Bakan (2018) e Ryan e Deci (2020) sobre a Teoria da Autodeterminação. Os autores afirmam que motivadores extrínsecos bem estruturados podem coexistir com, e até mesmo fomentar, a motivação intrínseca, desde que satisfeitas as necessidades psicológicas básicas de autonomia, competência e vínculo social. Dessa forma, os resultados validam a eficácia do modelo proposto, reforçando seu potencial como estratégia educacional engajadora e resiliente.

4.1.3 Avaliação da Gamificação – Percepção dos estudantes

A análise do nível de concordância (“concordo totalmente” e “concordo”) dos 81 participantes (Figura 45) evidenciou percepções majoritariamente positivas em relação à metodologia da Gamificação aplicada ao ensino de práticas experimentais. A distribuição detalhada das porcentagens pode ser vista no Apêndice J.

Figura 45 – Distribuição das respostas dos alunos às afirmações da pesquisa (N = 81).



Fonte: Autoria própria (2025).

Os dados obtidos por meio do formulário (Figura 45) aplicado aos 81 estudantes revelam uma percepção amplamente favorável à metodologia gamificada. Entre os respondentes, 86,5% consideraram a estratégia inovadora (S1) e 90% reconheceram seu impacto positivo no engajamento (S2). Trata-se, portanto, de indicadores baseados na percepção discente, o que é coerente com a natureza autoavaliativa da escala adotada. Esses achados dialogam com estudos de Eugênio (2020) e Silva Junior *et al.* (2022, 2025c; 2025d), que relatam que estudantes tendem a atribuir maior engajamento a metodologias ativas mediadas por elementos de Gamificação.

A substituição de avaliações tradicionais por dinâmicas gamificadas também foi bem recebida: 86,6% relataram menor estresse (S4) e 92,2% afirmaram que a metodologia não prejudicou sua aprendizagem (S3). Como não foram aplicados instrumentos pré-teste ou pós-teste, tais resultados devem ser interpretados como percepções autorreferidas dos estudantes, e não como medidas objetivas de desempenho. Ainda assim, são consistentes com literatura que aponta a Gamificação como alternativa percebida como menos aversiva (Abraham *et al.*, 2020; Hallinger; Wang, 2020).

A motivação intrínseca foi mencionada por 73% dos participantes (S7), enquanto 92,1% afirmaram perceber melhora em seu desempenho (S8–S9). Esses indicadores reforçam o papel do sistema de recompensas e do *feedback* imediato, frequentemente citados pelos estudantes nos campos abertos como componentes facilitadores da experiência. Além disso, 83,2% afirmaram que o monitoramento contínuo favoreceu a autorregulação (S10) e 86,5% avaliaram as metas como adequadas ao nível de dificuldade (S11), aspectos diretamente relacionados ao equilíbrio entre desafio e habilidade descrito por Bakan e Bakan (2018), Ryan e Deci (2020) e Fleischman e Ariel (2016).

No entanto, uma análise dos percentuais de discordância mostra valores relativamente mais altos para S4 (11,2%), S7 (18,0%) e S9 (20,2%). Embora não seja possível determinar as causas diretamente — dada a natureza perceptiva da escala e a ausência de avaliações comparativas — observações qualitativas realizadas durante as missões sugerem alguns fatores explicativos. Por exemplo, no caso de S4 (estresse), verificou-se que parte dos estudantes manifestou tensão decorrente das demandas cognitivas adicionais, do cumprimento rigoroso de prazos e do modelo de pontuação baseado em desempenho, ainda que esses desafios não tenham comprometido o engajamento geral.

4.1.4 Análise SWOT a partir da opinião dos alunos

Por meio do formulário eletrônico (AR.1, AR.2 e AR.3 – Quadro 11), os estudantes foram convidados a relatar pontos fortes e fracos percebidos na experiência gamificada. A partir desses autorrelatos, realizou-se uma categorização sistemática dos dados, segundo os procedimentos da análise SWOT (Gurl; Tat, 2017), com o objetivo de identificar temas recorrentes nos relatos positivos e negativos.

Dos 81 participantes, 72 (88,9%) apontaram aspectos positivos da metodologia, enquanto 62 (76,5%) indicaram aspectos negativos. Essas taxas de resposta evidenciam tanto o elevado engajamento discente quanto a disposição para a crítica construtiva, o que reforça a consistência e a validade dos dados coletados.

Com base na categorização das respostas, a análise foi organizada em quatro domínios — pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças — da Gamificação aplicada ao ensino de Química Geral Experimental, conforme sistematizado na Figura 46. Essa estrutura permitiu avaliar de forma integrada os benefícios, as limitações, as possibilidades de expansão e os riscos da proposta, subsidiando uma leitura crítica e responsável da experiência.

Figura 46 – Síntese da análise SWOT da Gamificação nas atividades laboratoriais

Strengths (Forças) <ul style="list-style-type: none"> • Aumento do engajamento discente. • Participação ativa nas missões. • Feedback instantâneo e contínuo. • Estímulo à autonomia no laboratório. • Promoção da cooperação entre os estudantes. • Integração entre teoria e prática. • Sistema de recompensa motivador. • Design instrucional estruturado. • Clareza nas regras e objetivos nas missões. 	Weaknesses (Fraquezas) <ul style="list-style-type: none"> • Alta complexidade nas missões 7 e 9. • Sobrecarga de atividade em curto intervalo. • Pressão temporal para execução experimental e entrega dos desafios. • Ausência de monitores em laboratório. • Estresse associado a pontuação. • Dependência de preparação prévia do aluno.
Opportunities (Oportunidades) <ul style="list-style-type: none"> • Expansão para outras disciplinas experimentais. • Aplicação em diferentes cursos. • Integração com ambientes virtuais de aprendizagem. • Uso pedagógico dos daps de desempenho (XP). • Formação docente em Metodologias ativas. • Articulação com projetos de extensão e monitoria. 	Threats (Ameaças) <ul style="list-style-type: none"> • Limitação na infraestrutura laboratorial. • Insuficiência de insumos e equipamentos. • Rotatividade de docentes. • Lacunas na formação básica dos estudantes. • Sobrecarga curricular. • Resistência institucional, docentes e estudantes à metodologias ativas.

Fonte: Autoria própria (2025)

As Missões 7 e 9 foram apontadas como as mais complexas, em função do elevado nível de exigência conceitual e procedural previsto na própria ementa da disciplina. Essa complexidade refletiu-se, inicialmente, em maior tempo médio de execução e em dificuldades específicas, como reações de dupla troca (M7) e cinética química (M9). Ainda assim, os dados quantitativos demonstram que essa maior demanda não comprometeu o desempenho global nem a permanência dos estudantes, uma vez que a taxa de entrega dos desafios permaneceu elevada ($M7 = 94,1\%$; $M9 = 100\%$) e o percentual de respostas completas evoluiu de 28,4% (M7) para 100% nas missões subsequentes (M8–M10), evidenciando adaptação progressiva às exigências.

As oportunidades e ameaças identificadas na análise SWOT já são amplamente descritas na literatura sobre Gamificação e metodologias ativas, especialmente no que se refere ao aumento da complexidade das tarefas, à intensificação das demandas cognitivas e ao risco de sobrecarga em momentos específicos do percurso. Esses aspectos, embora previstos teoricamente, também se manifestaram de forma concreta ao longo da implementação.

Entretanto, os dados empíricos indicam que tais ameaças não comprometeram os resultados gerais da proposta. Ao contrário, foram acompanhadas por elevados índices de engajamento, frequência, entrega de desafios e evolução no desempenho.

Sob a perspectiva da Teoria do Fluxo, essas oscilações caracterizam o ajuste dinâmico entre desafio e habilidade; pela Teoria da Autodeterminação, refletem o fortalecimento da autonomia e da competência; e, à luz do Construtivismo e da Aprendizagem Experiencial, configuram-se como desequilíbrios produtivos necessários ao avanço da aprendizagem.

Assim, mesmo sem eliminar totalmente as fragilidades — o que é esperado em contextos reais de ensino —, o equilíbrio entre suporte pedagógico, *feedback* contínuo e progressão das missões impediu que esses fatores se sobrepuxessem aos efeitos positivos da Gamificação.

Por fim, a análise SWOT valida a Gamificação como uma estratégia promissora para o ensino em laboratório e fornece subsídios para sua aplicação replicável e adaptável a diferentes realidades institucionais, em consonância com os princípios do *design* educacional centrado no estudante (Mora *et al.*, 2017; Filatro; Cavalcanti, 2023).

4.1.5 Síntese das percepções docentes sobre a Gamificação no ensino laboratorial

Esta seção apresenta a síntese das percepções das quatro docentes participantes da pesquisa, obtidas por meio de entrevistas semiestruturadas (Apêndice G), organizadas em três

blocos temáticos: (i) experiência com o ensino de Química e práticas laboratoriais; (ii) uso de metodologias ativas e da Gamificação; e (iii) perspectivas futuras e possibilidades de aprimoramento. As falas foram analisadas de forma interpretativa, buscando identificar convergências, contrastes e elementos explicativos em diálogo com os dados quantitativos e observacionais apresentados nas seções anteriores.

No que se refere à trajetória profissional, as docentes relataram ampla experiência no ensino superior, superior a dez anos, destacando que os desafios do laboratório permanecem recorrentes ao longo dos semestres, especialmente no que diz respeito às fragilidades da formação básica com as quais muitos estudantes ingressam na universidade — reflexo de um acesso mais amplo ao ensino superior que, contudo, não tem sido acompanhado, em igual medida, pela consolidação dos conhecimentos fundamentais. Soma-se a isso a ausência de preparo prévio, bem como dificuldades de organização, segurança e gestão do tempo nas atividades laboratoriais. Uma das docentes sintetiza esse cenário ao afirmar que “é muito comum os alunos chegarem ao laboratório sem a base mínima necessária, muitas vezes sem ter lido o roteiro, principalmente quando se trata de alunos do primeiro semestre dos cursos, o que compromete tanto a execução quanto a segurança” (Docente B).

O trabalho em equipe, embora estruturado de forma sistemática nas práticas tradicionais, foi descrito como frequentemente desigual, com concentração das atividades em alguns estudantes e postura passiva de outros, o que compromete a aprendizagem colaborativa. Como relatado por uma das docentes, “é bem comum um aluno assumir a execução da prática, enquanto os demais apenas acompanham” (Docente C). A ausência de leitura prévia dos roteiros agrava esse cenário, impactando o tempo de execução, a atenção aos procedimentos e aumentando a ocorrência de erros operacionais, o que frequentemente leva à repetição de etapas, ao desperdício de reagentes e à desorganização da bancada.

Diante de imprevistos, as docentes relataram ainda reações marcadas por insegurança e dependência excessiva do professor e do monitor, com casos de desistência parcial da atividade e busca direta por respostas com colegas. Também se destacaram diferenças de postura dentro de uma mesma turma quanto ao uso adequado de EPIs, ao manuseio de reagentes, ao cumprimento dos roteiros e ao descarte de resíduos, evidenciando a heterogeneidade de perfis e de níveis de responsabilidade.

Quanto à experiência com a Gamificação, nenhuma das docentes havia participado anteriormente de uma proposta estruturada nesse formato. A metodologia aplicada foi avaliada como inovadora e formativamente relevante. De modo geral, as docentes relataram aumento significativo do engajamento, da participação e do interesse dos estudantes nas

práticas. Uma das falas exemplifica essa percepção ao relatar que “*com a exigência da elaboração das fichas de segurança, feitas à mão e entregues antes da execução dos procedimentos, os alunos passaram a chegar mais preparados e mais envolvidos, pois queriam cumprir as missões*” (Docente A).

Entre os comportamentos mais observados durante as práticas gamificadas destacaram-se maior colaboração entre os pares, aumento da autonomia, maior organização e preparo prévio, além da redução da postura passiva. Mudanças significativas também foram relatadas na aprendizagem e na participação ativa. No plano cognitivo, as docentes perceberam melhora na interpretação de resultados e na articulação entre teoria e prática; no campo atitudinal, observaram maior responsabilidade, cumprimento de prazos e cuidado com os materiais; e, no domínio experimental, relataram maior precisão nos procedimentos e menor dependência direta da intervenção docente. Segundo uma das professoras, “*eles começaram a errar menos, a perguntar com mais propriedade e a executar com mais segurança*” (Docente D).

No que se refere aos efeitos da Gamificação sobre o raciocínio lógico-científico, a aprendizagem, a frequência e a resolução de problemas, as docentes relataram evolução progressiva ao longo das missões, especialmente entre os estudantes que mantiveram participação contínua. Também houve consenso de que a Gamificação favoreceu a inclusão e o engajamento de perfis diversos, embora algumas docentes tenham ressaltado que nem todos os estudantes se adaptam facilmente à exigência de maior autonomia e esforço contínuo.

Entre os principais benefícios observados, destacaram-se a motivação, o *feedback* imediato, a aprendizagem ativa e o fortalecimento da responsabilidade discente. Por outro lado, as docentes também apontaram limitações, como o aumento da carga de planejamento, a necessidade de maior apoio técnico no laboratório e a sobrecarga percebida em algumas missões mais complexas. Uma das falas ilustra essa tensão: “*A metodologia é excelente, mas exige muito tanto do professor quanto do aluno*” (Docente B).

Sobre as perspectivas futuras, todas as docentes consideraram viável a expansão da Gamificação para outras disciplinas de Química e áreas correlatas, especialmente aquelas com componente experimental. Entre as sugestões de melhoria destacaram-se o ajuste da distribuição dos desafios e das pontuações nas missões, o reconhecimento de que o número de monitores é um problema estrutural — frequentemente suprido por voluntários — e a relevância de maior integração entre teoria e prática, aproximando os estudantes da vivência profissional. As docentes também reconheceram que as metodologias gamificadas favorecem o desenvolvimento de habilidades críticas, criativas e socioemocionais, como persistência,

autonomia, cooperação e autorregulação.

De forma integrada aos dados quantitativos, observacionais e à análise SWOT, as percepções docentes corroboram que a Gamificação promoveu mudanças concretas na dinâmica do laboratório, no comportamento discente e na articulação entre teoria e prática. Esses achados dialogam diretamente com o Construtivismo e a Aprendizagem Experiencial, ao evidenciarem aprendizagem ativa mediada por desafios, feedback e prática situada, bem como com a Teoria da Autodeterminação e a Teoria do Fluxo, ao revelarem aumento da autonomia, da competência e do engajamento sustentado. Apesar das limitações operacionais e do incremento das exigências pedagógicas, a proposta foi reconhecida como formativamente consistente, alinhada aos objetivos da disciplina e com potencial de replicação e aperfeiçoamento em outros contextos do ensino experimental.

4.1.6 Percepções enquanto pesquisadora: relato de observação direta

Na condição de pesquisadora, acompanhei a implementação das missões em todas as turmas de forma exclusivamente observacional, sem realizar intervenções pedagógicas, esclarecimento de dúvidas ou auxílio direto aos estudantes, com o objetivo de minimizar riscos de viés. As percepções aqui descritas foram fundamentadas nos registros das fichas de observação (Apêndice B3), nos produtos entregues pelos estudantes, nas discussões com as docentes e na análise por pares no grupo de pesquisa, garantindo respaldo metodológico às interpretações apresentadas.

Desde as primeiras missões, os registros das fichas de observação indicaram engajamento procedural consistente da maioria dos estudantes, especialmente no que se refere ao manuseio de vidrarias, à aferição de instrumentos e ao cuidado com os reagentes. Observou-se redução progressiva de quebras, desperdícios e erros operacionais ao longo das missões, o que corrobora os dados quantitativos de diminuição dos erros procedimentais e de segurança. Esses indicadores apontam que a Gamificação favoreceu, desde o início, a responsabilização discente e o aprimoramento das habilidades laboratoriais.

Quanto à receptividade da metodologia, os dados revelaram perfis distintos de adaptação. A maioria dos estudantes apresentou envolvimento progressivo e postura ativa frente às missões. Entretanto, um grupo minoritário (15 de 81 estudantes) demonstrou resistência à proposta, principalmente em função da pressão temporal associada às atividades. Desses, 12 reconheceram o valor didático da metodologia, ainda que relatassem desconforto com o ritmo; apenas três declararam não se identificar com estratégias baseadas em jogos.

Esse dado reforça que a resistência não se relaciona à rejeição ao aprendizado, mas à exigência cognitiva, procedural e organizacional imposta pela proposta.

A dimensão social da Gamificação também foi evidenciada nas observações. As fichas de acompanhamento revelaram comportamentos distintos diante das dinâmicas cooperativas e competitivas. Parte dos estudantes apresentou resistência ao trabalho em grupo, especialmente quando havia disparidade de ritmos entre os pares. Em contrapartida, outro grupo demonstrou forte adesão ao componente competitivo, utilizando-o como fator motivacional para aprimorar desempenho. Esse conjunto de dados evidencia que a Gamificação atuou, além do domínio cognitivo, como um dispositivo de manifestação das competências socioemocionais, como cooperação, liderança, autorregulação e persistência.

As missões também se mostraram um instrumento diagnóstico robusto das lacunas de formação básica. Na Missão 3, observou-se dificuldade expressiva na associação entre vidrarias, nomenclatura e utilidade, revelando pouca familiaridade prévia com equipamentos laboratoriais. Na Missão 5, muitos estudantes apresentaram dificuldades na identificação e comparação de precipitados, indicando fragilidades na compreensão das propriedades físicas e dos métodos de separação.

Na Missão 6, apenas 12 estudantes conseguiram escrever corretamente uma reação de neutralização, sendo recorrente a justificativa de ausência de contato prévio com esse conteúdo no ensino básico. Já na Missão 9, referente à cinética química, a maioria dos estudantes declarou nunca ter estudado o tema anteriormente, o que resultou em extração do tempo planejado, demandando reorganização da atividade e mediação pedagógica posterior.

Esses achados indicam que parte das dificuldades observadas não está diretamente relacionada à metodologia, mas às lacunas estruturais da formação prévia dos estudantes. Nesse cenário, a atuação do docente no ensino superior mostrou-se fundamental para mitigar tais deficiências por meio de retomadas conceituais pontuais, mediação pedagógica orientada, reorganização do tempo didático e proposição de atividades de nivelamento, posteriormente desenvolvidas nas aulas teóricas e de monitoria, uma vez que o ritmo da teoria nem sempre acompanha o das práticas laboratoriais.

Em síntese, as observações confirmam que a Gamificação cumpriu um triplo papel pedagógico: (i) motivador de boas práticas laboratoriais, (ii) instrumento diagnóstico sensível das lacunas conceituais, e (iii) espelho das competências socioemocionais dos estudantes. A experiência evidenciou que muitos ingressam no ensino superior com formação científica fragilizada, fruto de uma trajetória marcada por metodologias predominantemente tradicionais e pouco experimentais. Nesse cenário, a atuação docente qualificada mostra-se decisiva para

transformar essas limitações em oportunidades formativas.

Essas percepções subsidiam o redesenho de propostas futuras, indicando a necessidade de estratégias de nivelamento conceitual, flexibilização didática e diversificação de percursos (individuais e cooperativos), de modo que a Gamificação possa atuar plenamente como estratégia facilitadora da aprendizagem, da permanência e do sucesso acadêmico no ensino de Química Experimental.

4.1.7 Limitações metodológicas da pesquisa

Entre as principais limitações metodológicas deste estudo, destaca-se a ausência de aplicação de pré-teste e pós-teste, o que impossibilita mensurar, de forma estatisticamente controlada, o ganho de aprendizagem decorrente exclusivamente da intervenção gamificada. Também não foi possível comparar os resultados de frequência, evasão e desempenho com turmas de semestres anteriores, uma vez que o rodízio de docentes, a variação de cursos atendidos e a diferença na organização das turmas introduzem variáveis externas que inviabilizam uma comparação equitativa. Soma-se a isso a inexistência de um grupo controle, o que limita inferências causais mais robustas sobre os efeitos da Gamificação.

Do ponto de vista pedagógico e operacional, observaram-se limitações relacionadas à pressão temporal em missões de elevada exigência conceitual, à heterogeneidade no ritmo de aprendizagem e às lacunas conceituais oriundas da educação básica. Além disso, as aulas teóricas nem sempre acompanharam o ritmo das práticas laboratoriais, o que fez com que parte dos estudantes chegassem ao laboratório com base teórica fragilizada, impactando o tempo de execução, a segurança e a qualidade das respostas em algumas missões.

Por fim, o elevado número de participantes e a diversidade de perfis acadêmicos também representam uma limitação, ao mesmo tempo em que ampliam a representatividade do contexto educacional investigado. Como perspectiva de aprimoramento, recomenda-se a inserção de instrumentos diagnósticos iniciais, a flexibilização do tempo em missões críticas, a adoção de pré e pós-testes, a definição de margens de ganho mínimo de desempenho (por exemplo, progressão percentual obrigatória) e a implementação de trilhas diferenciadas de aprendizagem, especialmente para estudantes com maiores dificuldades conceituais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa, obtidos por meio da integração de dados quantitativos, qualitativos, observacionais e das análises UES-Br e SWOT, evidenciam que a Gamificação, quando estruturada de forma pedagógica e alinhada aos objetivos da disciplina, promove impactos positivos consistentes no ensino de Química Geral Experimental. Destacam-se, sobretudo, a promoção da colaboração entre pares, a vivência de uma competição majoritariamente percebida como saudável e motivadora, e a contextualização dos conteúdos às práticas acadêmicas e profissionais dos estudantes. Esses aspectos contribuíram para elevar o engajamento, a participação ativa e a responsabilização discente ao longo das missões.

A análise longitudinal permitiu acompanhar a trajetória de engajamento e desempenho ao longo de todo o semestre, indicando, de forma consistente, que a participação contínua se configura como um importante preditor de sucesso acadêmico. Nesse sentido, embora o estudo não tenha sido delineado como uma análise correlacional formal, os dados sugerem uma associação robusta entre permanência nas missões, progressão no XP e melhores resultados acadêmicos. Além disso, os instrumentos aplicados — em especial a escala UES-Br — indicaram níveis moderados a elevados de atenção, usabilidade, apelo visual e percepção de recompensa, validando a eficácia do *design* gamificado mesmo em missões de maior complexidade.

Do ponto de vista pedagógico, a Gamificação também se mostrou eficaz na promoção de comportamentos desejáveis no contexto laboratorial, como o uso adequado de EPIs, o cuidado com materiais e equipamentos, o cumprimento de prazos e a maior autonomia na execução dos procedimentos. A análise SWOT reforçou esse potencial formativo ao evidenciar, simultaneamente, os pontos fortes do *design* gamificado e os desafios associados à gestão da complexidade das tarefas, da pressão competitiva e da distribuição da carga de atividades.

Esta pesquisa contribui de forma relevante para a literatura ao: (i) demonstrar a viabilidade da aplicação da Gamificação em laboratórios de Química Geral, um campo ainda pouco explorado; (ii) apresentar um estudo longitudinal com acompanhamento contínuo de engajamento, desempenho e atitudes; (iii) descrever de maneira detalhada o *design*, a implementação e a avaliação da proposta, integrando múltiplos instrumentos e métodos em um processo de triangulação; e (iv) oferecer um modelo pedagógico replicável, articulado à ementa das disciplinas dos cursos de Farmácia e Engenharia de Alimentos, aplicado no semestre 2024.1.

Entretanto, é fundamental reconhecer as limitações do estudo. A ausência de pré-teste e pós-teste impossibilitou a mensuração direta do ganho de aprendizagem. Também não foi possível realizar comparações com turmas não gamificadas devido a fatores institucionais, como o rodízio de docentes, a diversidade de cursos atendidos, a variação no número de turmas e a dissociação entre professores da teoria e das práticas. Soma-se a isso a inexistência de um grupo controle e a heterogeneidade dos perfis dos estudantes, bem como o fato de as aulas teóricas não acompanharem, em todos os momentos, o ritmo das aulas práticas, o que fragilizou a base conceitual de parte dos discentes em determinadas missões.

Diante desses limites, recomenda-se que futuras implementações considerem: a aplicação de instrumentos diagnósticos iniciais (pré-teste), avaliações finais (pós-teste) e análises comparativas com grupos controle; a oferta de atividades de nivelamento conceitual no início do semestre; a distribuição ainda mais gradual da complexidade das missões; e a proposição de trilhas alternativas — individuais e colaborativas — capazes de atender estudantes com diferentes perfis de aprendizagem, especialmente aqueles menos responsivos à competição.

Por fim, reforça-se que a Gamificação não deve ser compreendida como uma solução universal, mas como uma estrutura pedagógica flexível, que exige planejamento, mediação docente qualificada e constante refinamento. Mesmo diante das limitações, os resultados desta pesquisa evidenciam o caráter promissor da Gamificação como estratégia inovadora para o ensino em laboratório, contribuindo de forma consistente para o fortalecimento das metodologias ativas, para a qualificação da formação em Química e para o avanço das práticas pedagógicas no Ensino Superior brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, Olufunmilola.; LEMAY, Sarah.; BITTNER, Sarah.; THAKUR, Tanvee.; STAFFORD, Haley.; BROWN, Randall. Investigating serious games that incorporate medication use for patients: systematic literature review. **Journal of Medical Internet Research Serious Games**, Madison, v. 8, n. 2, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32347811>. Acesso em: 13 mar. 2025.
- AGUSTIAN, Hendra Y. Considering the hexad of learning domains in the laboratory to address the overlooked aspects of chemistry education and fragmentary approach to assessment of student learning. **Chemistry Education Research and Practice**, Denmark, n. 23, p. 518-530, 2022. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/rp/d1rp00271f>. Acesso: 13 mar. 2025.
- AGUSTIAN, Hendra Y.; FINNE, Laura Teinholt .; JØRGENSEN, Jonas Tarp.; PEDERSEN, Maja Ingerslev.; CHRISTIANSEN, Frederik Voetmann.; GAMMELGAARD, Bente.; NIELSEN, Jan Alexis. Learning outcomes of university chemistry teaching in laboratories: a systematic review of empirical literature. **Review of Education**, Denmark, v. 10, n. 2, p. 1-41, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/rev3.3360>. Acesso em: 15 mar. 2025.
- BAALBAKI, Ângela Corrêa Ferreira. Quando o editorial é carta enigmática: uma análise discursiva do rébus. **Revista Laboratório de Estudos Urbanos do Núcleo de Desenvolvimento da Criatividade**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 97-111, 2014. Disponível em: https://labeurb.unicamp.br/rua/artigo/verpdf?publicacao_id=31. Acesso em: 27 abr. 2025.
- BAKAN, Uğur.; BAKAN, Ufuk. Game-based learning studies in education journals: a systematic review of recent trends. **Actualidades Pedagógicas**, [s. l.], n. 72, p. 119-145, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.19052/ap.5245>. Acesso em 17 mar. 2025.
- BANDURA, A. Social cognitive theory and clinical psychology. **International Encyclopedia of the Social e Behavioral Sciences**, California, p. 14250-14254, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/01340-1>. Acesso: 19 jun. 2025.
- BASSI, Marta.; DELLE FAVE, Antonelle.; STECA, Patrizia.; CAPRARO, Gian Vittorio. Adolescents' regulatory emotional self-efficacy beliefs and daily affect intensity. **Motivation and Emotion**, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 287-298, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11031-018-9669-3>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018**. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2018. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- BOE, Maria Vetleseter.; HENRIKSEN, Ellen. K.; ANGELL, Carl. Actual versus implied physics students: How students from traditional physics classrooms related to an innovative approach to quantum physics. **Science Education**, [s. l.], v. 102, n. 9, p. 649–667, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.21339>. Acesso em: 26 ago. 2025.
- BOZKURT, Aras.; DURAK, Gürhan. A systematic review of gamification research: in pursuit

of homo ludens. **International Journal of Game-Based Learning**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 15-33, 2018. DOI:10.4018/ijgbl.2018070102. Acesso em: 03 mar. 2025.

BROWN, John Seely.; COLLINS, Allan.; DUGUID, Paul. Situated cognition and the culture of learning. **Educational Researcher**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 32-42, 1989. Disponível em: <https://doi.org/10.3102/0013189x018001032>. Acesso em: 5 dez. 2024.

BRUNER Jerome. **Sobre a teoria da instrução**. 1. ed. São Paulo: PHORTE, 2006.

BURKE, Brian. **Gamificar:** como a gamificação motiva as pessoas a fazerem coisas extraordinárias. Tradução Sieben Gruppe. 1. Ed. São Paulo: DVS editora, 2015.

CALDEIRA, Tiago.; CARVALHO, Claudia. Rethinking Piaget formal operational stage using robotics for training. In: 2021 IEEE WORLD CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION, 5. ed, 2021, Guatemala. **Conference on Engineering Education (EDUNINE)**, Guatemala. p. 1-6. DOI: 10.1109/EDUNINE51952.2021.9429158. Acesso em: 5 dez.2024.

CAMPBELL, Joseph. **O Herói de Mil Faces**. 10. ed. São Paulo: Cultrix/pensamento, 2005.

CHAU, Michelle. M.; BURGERMASTER, Marissa.; MAMYKINA, Lena. The use of social media in nutrition interventions for adolescents and young adults—a systematic review. **International Journal of Medical Informatics**, [s. l.], v. 120, p. 77-91, 2018. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2018.10.001. Acesso em: 10 mai. 2025.

CHEE, Yam Sam.; TAN, Kim Chwee Daniel. Becoming chemists through game-based inquiry learning: the case of legends of alkhimia. **The Electronic Journal of e-Learning**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 185-198, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/263585444_Becoming_Chemists_through_Game-based_Inquiry_Learning_The_Case_of_Legends_of_Alkhimia. Acesso em: 14 jan. 2025.

COUTINHO, Clara. Pereira. **Metodologia de investigação em Ciências Sociais e Humanas**. 2. ed. Coimbra: Almedina, 2015.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. **Flow:** the psychology of optimal experience. 1. ed. Claremont: Harper & Row Publishers, 1990.

ÇEKER, Eser; ÖZDAMLI, Fezile. What “Gamification” is and what it’s not. **European Journal of Contemporary Education**, Cyprus, v. 6, n. 2, p. 221-228, 2017. DOI: 10.13187/ejced.2017.2.221. Acesso em: 27 jan. 2025.

DALE, Stephen. Gamification: making work fun, or making fun of work? **Business information Review**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 82-90, 2014. DOI:10.1177/0266382114538350. Acesso em: 18 jan. 2025.

DE VETTE Frederiek.; TABAK Monique.; WEERING Marit Dekker-Van.; VOLLENBROEK-HUTTEN Miriam. Engaging elderly people in telemedicine through gamification. **Journal of Medical Internet Research Serious Games**, [s. l.], v. 3, n. 2, 2015. DOI: 10.2196/games.4561. Acesso em: 10 jun. 2025.

DETERDING, Sebastian; DIXON, Dan; KHALED, Rilla; NACKE, Lennart. From game design elements to gamefulness: defining “gamification”. In: Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments (MindTrek '11). **Association for Computing Machinery Digital Library**, Tampere, Finland, p. 9-15, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>. Acesso em: 23 jan. 2025.

DICHEV, Christo.; DICHEVA, Darina. Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review. **International journal of educational technology in higher education**, [s. l.], v. 14, n. 9, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0042-5>. Acesso em: 24 fev. 2025.

DICHEVA, Darina; DICHEV, Christo; AGRE, Gennady; ANGELOVA, Galia. Gamification in education: a systematic mapping study. **Educational Technology e Society**, Winston-Salem, v. 18, n. 3, p. 75-88, 2015. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/36177791/ETS-Dicheva-Gamification-in-Education.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2024.

DING, Liang.; ANTONUCCI, Gianluca.; VENDITTI, Michelina. Unveiling user responses to AI-powered personalised recommendations: a qualitative study of consumer engagement dynamics on Douyin. **Qualitative Market Research: An International Journal**, [s. l.], v. 28 n. 2, p. 234–255, 2025. DOI: 10.1108/QMR-11-2023-0151. Acesso em: 13 dez. 2024.

DO, Marie.; SANFORD, Kimberly.; ROSEFF, Susan.; HOVAGUIMIAN, Alexandra.; BESCHE, Henrike.; FISCHER, Krisztina. Gamified versus non-gamified online educational modules for teaching clinical laboratory medicine to first-year medical students at a large allopathic medical school in the United States. **BioMed Central Medical Education**, [s. l.], v. 23, n. 959, 2023. DOI: 10.1186/s12909-023-04951-5. Acesso: 17 nov. 2025.

DOOLITTLE, Peter; WOJDAK, Krista; WALTERS, Amanda. Defining active learning: a restricted systematic review. **Teaching and Learning Inquiry**, [s. l.], v. 11, p. 1-24, 2023. DOI:10.20343/teachlearninqu.11.25. Acesso em: 15 out. 2024.

DONTHU, Naveen.; KUMAR, Satish.; MUKHERJEE, Debmalya.; PANDEY, Nitesh.; LIM, Weng Marc. How to conduct a bibliometric analysis: an overview and guidelines. **Journal of Business Research**, [s. l.], v. 133, n. 5, p. 285-296, 2021. DOI:10.1016/j.jbusres.2021.04.070. Acesso: 14 out. 2024.

DRACE, Kevin. Gamification of the laboratory experience to encourage student engagement. **Journal of Microbiology and Biology Education**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 273–274, 2013. DOI:10.1128/jmbe.v14i2.632. Acesso em: 17 jan. 2025.

ELWAKEEL, Neama.; NOURELDIN, Amr.; ABOUELDAHAB, Mohamed Sobhy.; ELHARIRY, Basma.; FAKHFAKH, Atef. Gamification in marketing: enhancing participation, interaction, and retention in saudi telecoms. **Journal of Management**, [s. l.], v. 2, p. 345-358, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.53935/jomw.v2024i4.931>. Acesso em: 15 jun. 2025.

EUGÊNIO, Tiago. **Aula em jogo:** descomplicando a gamificação para educadores. 1. ed. São Paulo, SP: Évora, 2020.

FILATRO, Andrea.; CAVALCANTI, Carolina Costa. **Metodologias Inov-Ativas:** na

educação presencial, a distância e corporativa. 2. ed. São Paulo: Saraiva Uni, 2023.

FLEISCHMAN, Katja.; ARIEL, Ellen. Gamification in science education: gamifying learning of microscopic processes in the laboratory. **Contemporary Educational Technology**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 138–159, 2016. DOI:10.30935/cedtech/6168. Acesso em: 17 nov. 2024.

FONTANA, Fabiane; ROSA, Maria Pereira. Observação, questionário, entrevista e grupo focal. In: MAGALHÃES JÚNIOR, Cláudio Aparecido Oliveira; BATISTA, Márcia Cristina. (Org.). **Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências**. 1. ed. Maringá, PR: Gráfica e Editora Massoni, 2021.

GILBOY, Mary Beth.; HEINERICHS, Scott.; PAZZAGLIA, Gina. Enhancing students engagement using the flipped classroom. **Journal of Nutrition Education and Behavior**, [s. l.], v. 47, n. 1, p. 109– 114, 2015. DOI: 10.1016/j.jneb.2014.08.008. Acesso em: 21 mar. 2025.

GILBERT, John. On the nature of “contexto” in chemical education. **International Journal of Science Education**, [s. l.], v. 28, p. 957–976, 2006. DOI:10.1080/09500690600702470. Acesso em: 25 out. 2024.

GREEN, Sara.; ANDERSEN, Hanne.; DANIELSEN, Kristian.; EMMECHE, Claus.; JOAS, Christian.; JOHANSEN, Mikkel Willum.; NAGAYOSHI, Caio.; WITTEVEEN, Joeri.; SØRENSEN, Henrik Kragh. Adapting practice-based philosophy of science to teaching of science students. **European Journal for Philosophy of Science**, [s. l.], v. 11, n. 75, p. 1-18, 2021. DOI:10.1007/s13194-021-00393-2. Acesso em: 19 jan. 2025.

GURL, Emet.; TAT, Merba. SWOT analysis: a theoretical review. **Journal of International Social Research**, [s. l.], v. 10, n. 51, p. 994-1006, 2017. DOI:10.17719/jisr.2017.1832. Acesso: 19 jan. 2025.

HALLINGER, Philip.; WANG, Ray. Analyzing the intellectual structure of research on simulation-based learning in management education, 1960–2019: A bibliometric review. **International Journal of Management in Education**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 1004-1018, 2020. DOI:10.1016/j.ijme.2020.100418. Acesso em: 23 out. 2025.

HASSAN, Lobna.; HAMARI, Juho. Gameful civic engagement: a review of the literature on gamification of e-participation. **Government Information Quarterly**, [s. l.], v. 37, n. 3, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101461>. Acesso: 14 fev. 2025.

HERVÁS, Ramón.; RUIZ-CARRASCO, David.; MONDÉJAR, Tania.; BRAVO, José. Gamification mechanics for behavioral change: a systematic review and proposed taxonomy. In: PervasiveHealth '17: Proceedings of the 11th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, **Association for Computing Machinery Digital Library**, Barcelona, Spain, p. 305-404, 2017. DOI:10.1145/3154862.3154939. Acesso em: 14 fev. 2025.

HOFSTEIN, Avi; MAMLOK-NAAMAN, Rachel. The laboratory in science education: the state of the art. **Chemistry Education Research and Practice**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 105-107, 2007. DOI:10.1039/B7RP90003A. Acesso em: 13 fev. 2025.

HWANG, Gow-Jen.; SUNG, Han-Yu.; HUNG, Chun-Ming.; HUANG, Iven.; TSAI, Chin-

Chung. Development of a personalized educational computer game based on students' learning styles. **Educational Technology Research and Development**, [s. l.], v. 60, n.4, p. 623-638, 2012. DOI:10.1007/s11423-012-9241-x. Acesso: 14 fev. 2025.

IOSUP, Alexandru.; EPEMA, Dick. An experience report on using gamification in technical higher education. In: SIGCSE '14: Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education. **Association for Computing Machinery Digital Library**, Atlanta Georgia USA, 2014. p. 27-32. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2538862.253889>. Acesso em: 14 fev. 2025.

JOHNSON, Esperanza.; HERVAS, Ramón.; GUTIÉRREZ LÓPEZ DE LA FRANCA, Carlos.; MONDÉJAR, Tania.; OCHOA, Sergio.; FAVELA, Jesús. Assessing empathy and managing emotions through interactions with an affective avatar. **Health Informatics Journal**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 182-193, 2018. DOI: 10.1177/1460458216661864. Acesso em: 27 mar. 2025.

KALOGIANNAKIS, M.; PAPADAKIS, S.; ZOURMPAKIS, A. I. Gamification in science education: a systematic review of the literature. **Education Sciences**, [s. l.], v. 11, n. 22, p. 1-36, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci11010022>. Acesso em: 27 mar. 2025.

KAPP, Karl. Gamification designs for instruction. In: REIGELUCH, Charles Morgan.; Beatty, Brian.; Myers, Rodney (org). **Instructional-Design Theories and Models (Volume IV): The Learner-Centered Paradigm of Education**: v. 4, New York, 2017. E-Book.

KOH, Sam Boon Kiat.; FUNG, Fun Man. Applying a Quiz-Show Style Game To Facilitate Effective Chemistry Lexical Communication. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], n. 95, v. 11, p. 1996-1999, 2018. DOI:10.1021/acs.jchemed.7b00857. Acesso em: 17 jun. 2025.

KOLB, David. **Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1984. E-Book.

LLANOS, Javier.; FERNÁNDEZ-MARCHANTE, Carmen.; GARCÍA-VARGAS, Jesús Manuel.; LACASA, Engracia.; DE LA OSA, Ar.; SÁNCHEZ-SILVA, Luz.; DE LUCAS-CONSUEGRA, Antonio.; GARCÍA, Maria Tereza.; BORREGUERO, Ana. Game-Based Learning and Just-in-Time teaching to address misconceptions and improve safety and learning in laboratory activities. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], v. 98, n. 10, p. 3118–3130, 2021. DOI: 10.1021/acs.jchemed.0c00878. Acesso em: 23 jan. 2025.

LI, Ming-Chaun.; TSAI, Chin-Chung. Game-based learning in science education: a review of relevant research. **Journal of Science Education and Technology**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 877-898, 2013. DOI:10.1007/s10956-013-9436-x. Acesso em: 23 jan. 2025.

LIU, Ping. Improving Student Motivation and Perception of Chemistry's Relevance by Learning about Semiconductors in a General Chemistry Course for Engineering Students. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], v. 101, n. 2, p. 411– 419, 2024. DOI:10.1021/acs.jchemed.3c00721. Acesso em 10 jul. 2025.

MAGALHÃES JUNIOR, Carlos Alberto de Oliveira; BATISTA, Michel Corci (Org.). **Metodologia da Pesquisa em Educação e Ensino de Ciências**. 2. ed. Maringá: Gráfica e Editora Atena, 2023.

MALINAKOVA, Helena. Longitudinal Study of Students' Study Approaches in Organic

Chemistry Classes: Using Structural Equation Modeling (SEM) to Detect a Response Shift in Data from the OCH-Adjusted M-ASSIST Instrument. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], v. 102, n. 1, p. 15–26, 2025. DOI:10.1021/acs.jchemed.4c00631. Acesso em 8 out. 2025.

MATTAR, João. **Design educacional**: educação a distância na prática. 1. ed. São Paulo: Artesanato Educacional, 2014.

MCGONIGAL, Jane. **Reality Is Broken**: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World. 1. ed. Penguin Books, 2011.

MIRANDA, David. Motta.; LI, Carmen.; DARIN, Ticianne. UES-Br: Translation and Cross-Cultural Adaptation of the User Engagement Scale for Brazilian Portuguese. In: Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction 5(CHI PLAY). **Association for Computing Machinery Digital Library**, Fortaleza, v. 5, n. 278, p. 1-22, 2021. DOI:10.1145/3474705. Acesso em: 12 nov. 2024.

MORA, Alberto.; RIERA, Daniel.; GONZÁLEZ, Carina Soledad.; ARNEDO-MORENO, Joan. Gamification: a systematic review of design frameworks. **Journal of Computing in Higher Education**, [s. l.], 29, p. 516-548, 2017. DOI:10.1007/s12528-017-9150-4. Acesso em: 6 ago. 2025.

MOROSINI, Maria Cristina; FERNANDES, Carlos Manuel Batista. **Estado do Conhecimento**: conceitos, finalidades e interlocuções. Educação Por Escrito, Porto Alegre, 2014.

NSABAYEZU, Ezechiel.; IYAMUREMYE, Aloys.; NAHIMANA, Jean. Pierre.; MUKIZA, Janvier.; KAMPIRE, Edwige.; NSENGIMANA, Theophile. The progress in the application of rubric materials in chemistry teaching and students' learning enhancement during 21st century: a systematic review. **Discover Education**, [s. l.], v. 1, n. 5, 2022. DOI:10.1007/s44217-022-00005-y. Acesso em: 23 jan. 2025.

O'BRIEN, Heather Lynn.; TOMS, Elaine. G. What is user engagement? A conceptual framework for defining user engagement with technology. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, Canada, v. 59, n. 6, p. 938-955, 2008. DOI: 10.1002/asi.20801. Acesso em: 8 jan. 2025.

OLIVEIRA, Hugo.; BONITO, Jorge. Practical work in science education: a systematic literature review. **Frontiers in Education**, Portugal, v. 8, n. 1, 2023. DOI:10.3389/feduc.2023.1151641. Acesso em: 8 jan. 2025.

RYAN, Richard.; DECI, Edward. Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: definitions, theory, practices, and future directions. **Contemporary Educational Psychology**, [s. l.], v. 61, abril. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>. Acesso em: 3 mar. 2025.

ROY, Béatrice.; GASCA, Stéphan.; WINUM, Jean-Yves. Chem'Sc@pe: um jogo de fuga digital para aprendizagem de química orgânica. **Journal of Chemical Education**, França, v. 100, n. 3, p. 1382–1391, 2023. DOI:10.1021/acs.jchemed.2c01105. Acesso em: 8 nov. 2025.

SADI-YILMAZ, Sibel.; YILDIRIM, Ali.; ILHAN, Nail. Effects of the context-based learning approach on the teaching of chemical changes unit. **Journal of Turkish Science Education**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 218-236, 2022. DOI:10.36681/tused.2022.119. Acesso em: 8 mar. 2025.

SANTOS, Ana Cristina Souza dos e SANTOS, Akiko. Hibridismo nas práticas inter\transdisciplinares: reducionismo ou articulação? In: BEHRENS, Marilda Aparecida; ENS, Romilda Teodora (orgs.). **Complexidade e transdisciplinaridade: novas perspectivas teóricas e práticas para a formação de professores**. Curitiba: Appris, 2015. E-Book.

SARAIVA, Fernando Bacelar. Frameworks de gamificação enquadrados numa visão sistémica: uma revisão. **Journal of Information Systems and Technology Management USP**, Portugal, v. 19, 2022. DOI:10.4301/S1807-1775202219012. Acesso em: 8 jan. 2025.

SEGURA-ROBLES, Adrián.; FUENTES-CABRERA, Arturo.; PARRA-GONZÁLEZ, María Elena.; LÓPEZ-BELMONTE, Jesus. Effects on personal factors through flipped learning and gamification as combined methodologies in secondary education. **Frontiers in Psychology**, Granada, Espanha, v.11, 2020. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.01103. Acesso em: 27 mar. 2025.

SILVA JUNIOR, José Nunes.; CASTRO, Guilherme de Lima.; MELO LEITE JUNIOR, Antonio José.; MONTEIRO, André Jalles.; ALEXANDRE, Francisco Serra Oliveira. Gamification of an entire introductory organic chemistry course: a strategy to enhance the students engagement. **Journal of Chemical Education**, Fortaleza, v. 99, n. 2, 678-687, 2022. DOI: 10.1021/acs.jchemed.1c00766. Acesso em: 27 mar. 2025.

SILVA JUNIOR, José Nunes; LEITE JUNIOR, Antônio José Melo.; TEOTÔNIO, Maria do Socorro Caldas.; JUCÁ, Renner Cesar Silveira.; ALEXANDRE, Francisco Serra Oliveira. **Jogos no ensino de Química no Brasil: promovendo a aprendizagem de forma divertida**. 1. ed. Fortaleza, Independently published, 2025a. E-Book.

SILVA JUNIOR., José Nunes.; JUCÁ, Renner Cesar Silveira.; TEOTÔNIO, Maria do Socorro Caldas.; LEITE JUNIOR., Antônio José Melo.; UCHOA, Daniel Esdras de Andrade.; ZAMPIERI, Dávila.; ALEXANDRE, Maria Clara de Oliveira. Modelagem e avaliação de um jogo educacional como estratégia para o ensino de segurança de laboratório em Química. **Química Nova na Escola**. Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 391-410, 2024. DOI: 10.21577/0104-8899.20160427. Acesso em: 27 mar. 2025.

SILVA JUNIOR, José Nunes.; TEOTÔNIO, Maria do Socorro Caldas.; JUCÁ, Renner Cesar Silveira.; CASTRO, Guilherme de Lima.; LEITE JUNIOR, Antonio José Melo. One century of education games in chemistry. **Journal of Chemical Education**, Fortaleza, v. 102, n. 4, p. 1492–1510, 2025b. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01238>. Acesso em: 24 jul. 2025.

SILVA JUNIOR, José Nunes.; TEOTÔNIO, Maria do Socorro Caldas.; LEITE, Antonio Jose Melo.; PINHEIRO, João Gabriel Benício Vasconcelos.; SILVA, Lucas Lima da. Gamification 2.0: gamifying an entire introductory organic chemistry course again. **Journal of Chemical Education**, Fortaleza, v. 102, n. 2, p. 679-687, 2025c. DOI: 10.1021/acs.jchemed.4c01183. Acesso em: 24 jul. 2025.

SILVA JUNIOR, José Nunes.; JUCÁ, Renner Cesar Silveira.; LEITE JUNIOR, Antonio José Melo.; ZAMPIERI, Dávila.; UCHOA, Daniel Esdras de Andrade.; MAGALHÃES, Janete Souza. Gamifying an organic chemistry laboratory course as a strategy to improve students' motivation. **Journal of Chemical Education**, Fortaleza, v. 102, n. 8, p. 3355-3365, 2025d. DOI:10.1021/acs.jchemed.5c00139. Acesso em: 25 jul. 2025.

SOUZA, Renata Faria de.; CABRAL, Patricia Fernanda de Oliveira.; QUEIROZ, Salete Linhares. Experimentação no ensino de Química: focos temáticos na dissertação e teses defendidas no Brasil no período de 2004 - 2013. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v.14, n.1, p. 127-222, 2021. DOI:10.5007/1982-5153.2021.e69952. Acesso em: 23 jul. 2025.

SUBHASH, Sujit.; CUDNEY, Elizabeth. Gamified learning in higher education: a systematic review of the literature. **Computers in Human Behavior**, [s. l.], v. 87, p. 192-206, 2018. DOI:10.1016/j.chb.2018.05.028. Acesso em: 8 nov. 2024.

TREAGUST, David.; DUIT, Reinders.; NIESWANDT, Martina. Sources of students difficulties in learning Chemistry. **Educación Química**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 228-235, 2000. DOI:10.22201/fq.18708404e.2000.2.66458. Acesso em: 23 jul. 2025.

VYGOTSKY, L. **Mind and society**: The development of higher mental processes. London: Harvard University Press, 1978.

WERBACH, Kevin; HUNTER, Dan. **The gamification toolkit: dynamics, mechanics, and components for the win**. Pennsylvania, University of Pennsylvania Press, 2015.

WU, Huiping; LEUNG, Shing On. Can Likert Scales be treated as interval scales? A simulation study. **Journal of Social Service Research**, [s. l.], v.43, n.4, p.527–532, 2017. DOI:10.1080/01488376.2017.1329775. Acesso em: 23 jul. 2025.

ZABALA, Antoni. ARNAU, Laia. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: Atmerd, 2010.

ZEYBEK, Nilüfer.; SAYGI, Elif. Gamification in education: why, where, when, and how? A systematic review. **Games and Culture**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 237–264, 2023. DOI:10.1177/15554120231158625. Acesso em: 23 jul. 2025.

ZICHERMANN, Gabe.; CUNNINGHAM, Christopher. **Gamification by design: implementing game mechanics in web and mobile apps**. 1. ed. Sebastopol, O'Reilly Media, 2011. E-Book.

APÊNDICE A – ARTIGO “GAMIFYING A GENERAL CHEMISTRY LABORATORY COURSE AS A STRATEGY TO IMPROVE THE STUDENTS’ MOTIVATION”

PUBLICADO NO JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION



Gamifying a General Chemistry Laboratory Course as a Strategy to Improve the Students' Motivation

José Nunes da Silva Júnior,* Maria do Socorro Caldas Teotônio, Maria Elenir Nobre Pinho Ribeiro, Jeanny da Silva Maciel, Alda Karine Medeiros Holanda, Francisca Gleyciara Cavalcante Pinheiro, Maria Clara de Oliveira Alexandre, David Salviano de Oliveira, and Antonio José Melo Leite Junior

ABSTRACT: This article describes the design, implementation, and evaluation of the gamification of laboratory activities in a General Chemistry course at the Federal University of Ceará in Brazil. In the gamified laboratory, seven experiments traditionally performed in the course were transformed into ten missions, incorporating game elements such as experience points (XP), virtual coins, and physical rewards to increase student engagement. Gamification was implemented in five classes—two from the Food Engineering program and three from the Pharmacy program—totaling 91 students. Participants evaluated it positively as an alternative to traditional teaching methodologies, in which students merely reproduce procedures in a laboratory. The results indicate that, when properly implemented with educational technologies and clearly defined pedagogical objectives, gamification can be a transformative tool for experimental teaching. It promotes active and collaborative learning while offering a replicable model that supports autonomy, competence, and social interaction in the learning process.

KEYWORDS: First-Year Undergraduate, General Chemistry Laboratory, Teaching, Gamification

■ INTRODUCTION

For many years, Chemistry teaching has faced the constant challenge of developing strategies that increase student engagement and promote cognitive skills through dynamic and immersive approaches, overcoming the complexity inherent to the discipline.¹⁻⁴ Therefore, it is essential to combine a solid scientific basis with contemporary educational technologies, emphasizing innovative methodologies that encourage systematic collaboration between teachers and students, as well as among students themselves, guided by well-defined objectives.¹⁻⁵

Recent research highlights the importance of integrating theory and practice in Chemistry teaching, both conceptual understanding and developing professional skills.^{2,3} These approaches, based on contemporary educational theories that explain learning processes and individual behaviors,⁷ incorporate technological resources to enhance pedagogical efficiency, improve professional training, and stimulate the creativity of future specialists.¹⁻⁶

In this context, laboratory teaching in Chemistry has become an indispensable element in higher education science curricula, as it allows the materialization of abstract concepts through experimentation. This teaching method uniquely combines theoretical knowledge with practical activities that simulate real situations, fulfilling a dual pedagogical function: demystifying complex phenomena and revealing their applications in students' daily lives.⁴⁻⁶ However, students have often shown

The diagram illustrates the interconnected nature of gamification elements:

- Gamification** is at the center, connected to **Chemistry**, **Generalization**, **Progress Bars**, **Aversion**, **Storytelling**, and **Motivation**.
- Chemistry** is connected to **generalization**, **progress bars**, **aversion**, **storytelling**, and **motivation**.
- Generalization** is connected to **generalization**, **progress bars**, **aversion**, **storytelling**, and **motivation**.
- Progress Bars** is connected to **generalization**, **progress bars**, **aversion**, **storytelling**, and **motivation**.
- Aversion** is connected to **generalization**, **progress bars**, **aversion**, **storytelling**, and **motivation**.
- Storytelling** is connected to **generalization**, **progress bars**, **aversion**, **storytelling**, and **motivation**.
- Motivation** is connected to **generalization**, **progress bars**, **aversion**, **storytelling**, and **motivation**.

a lack of motivation due to the difficulty in visualizing microscopic processes (dynamic events and interactions that occur at the molecular, atomic, or subatomic level), the lack of clarity about the objectives of the activities, and the predominance of methods based on memorization, which are known to be ineffective in awakening genuine interest or adequately contextualizing Chemistry.^{2,8,9}

Although experimentation allows for the manipulation and direct observation of phenomena,^{8,9} it faces significant practical limitations, such as inadequate infrastructure, irregular availability of inputs, operational risks, high maintenance costs, and time pressure imposed by compact curricula.¹⁰ These factors, combined with insufficient time for detailed preparation of laboratory activities, make it difficult to carry out sophisticated experiments and the consequent development of in-depth critical reflections by students.²⁻⁴

Given this scenario, it is essential to develop strategies that balance scientific rigor, operational safety, and pedagogical efficiency, while considering the material limitations of the equipment.

Received: June 23, 2025

Received: June 23, 2023
Revised: September 15, 2025

Accepted: September 16, 2025

Table 1. Mechanics, Dynamics, and Rewards in the Gamification of the General Chemistry Laboratory Course

Mission	Mechanics ^{22,26,32,33}	Dynamics ^{22,26,32,33}	Rewards			
			XP	Coins	Badges	
1–10	Time	To finish the mission within a specific time.	200	20	no	
	Challenge	To bring the laboratory's manual to the laboratory.	200	20	no	
	Challenge	Arrive at the scheduled time	200	20	no	
	Personal Recognition	Reward the student with the best performance in the mission			A1-D2	
	Ranking and Feedback	Publish the answers to the challenges and the classification at the end of each mission				
5–10	Avatar and Levels	Level up each time you accumulate 2,900 XP and evolve your avatar.				
	Challenge	Bring the safety data sheets for the reagents used during the mission.	600	60	no	
	Challenge	To take an exam on laboratory safety.	10 ^a	1 ^a	A1 ^b	
	2	Competition and Social Interaction	To play the Top Lab Game ¹⁹ and win the match.	1600	160	A2 ^b
	2	Competition and Social Interaction	To play the Top Lab Game ¹⁹ and finish in second place.	1400	140	no
3	Challenge	To play the Top Lab Game ¹⁹ and finish in third place.	1200	120	no	
	Challenge	Identify 13 glassware items on the table and relate each to its functions as described in the sheet.	100 ^a	10 ^a	A3 ^b	
	4	Challenge	List the accuracy and precision of the results obtained in the 4 analyses performed	200 ^a	20 ^a	A4 ^b
	5	Challenge	Associate the reagents and products involved in the seven chemical reactions carried out in the laboratory	100 ^a	10 ^a	B1 ^b
	6	Challenge	Classify 7 evidence of reaction	100 ^a	10 ^a	B1 ^b
6	Challenge	Identify and classify the unknown sample	600	60	B1 ^b	
	Challenge	Identify the limiting reagent	1000	100	B2 ^b	
	Challenge	Describe the chemical equation	600	60	B2 ^b	
	6	Competition and Social Interaction	Present the calculations of the concentrations for the analyzed samples.	1000	100	B2 ^b
	6	Competition and Social Interaction	Find the solution to the Boss Fight	1600	160	B3 ^b
7	Challenge	Characterize the 4 observed samples	100 ^a	10 ^a	B4 ^b	
	Challenge	Identify the chemical formula of sample X	700	70	B4 ^b	
	Challenge	Identify the type of salt described in the procedure	700	70	B4 ^b	
	8	Challenge	Calculate the actual NaOH concentration	800	80	C1 ^b
	8	Challenge	Write the speed law	800	80	C1 ^b
9	Ranking and Feedback	Answer a crossword	700	70	C1 ^b	
	9	Ranking and Feedback	Answer the word search	700	70	C2 ^b
	Challenge	Identify the factors that affect speed	500	50	C2 ^b	
	Challenge and Surprise	Present answers to the riddles proposed in missions 7, 8, and 9	2500	250	C3 ^b -D1 ^b	
	10	Challenge	Characterize the Daniell stack	700	70	D2 ^b
1–10	Aversion ²⁷	Identify the gases observed at the electrodes	300	30	D2 ^b	
	Aversion ²⁷	Explain the process of corrosion and cathodic protection	400	40	D2 ^b	
	Aversion ²⁷	Distract your colleague	-200	-20	no	
	Aversion ²⁷	Personal Protective Equipment: do not wear personal protective equipment in the lab.	-200	-20	no	
	Aversion ²⁷	Equipment and Glassware: breaking or damaging equipment or glassware in the lab.	-200	-20	no	
1–10	Aversion ²⁷	Smartphones: using smartphones during the mission.	-200	-20	no	
	Aversion ²⁷	Missing the last two missions	-2000	-200	no	

^aPer correct answer. ^bSee Figure 1

educational context.^{11,12} These strategies should foster conceptual understanding^{13–17} through theoretical-practical integration,¹⁸ provide training in laboratory techniques,¹⁹ promote the development of deductive and applicative skills,²⁰ and encourage transferable competencies such as teamwork, time management, and creative problem-solving.^{8,9,18–20}

Among these strategies, Gamification emerges as a particularly promising approach^{21–26} due to its versatility and proven pedagogical potential.^{21,22} Originally applied in areas such as marketing and management,²¹ this approach has been adapted with remarkable success to the educational context,^{22,23} mainly due to its intrinsic capacity to promote sustained motivation and engagement.^{21–26} By incorporating characteristic elements of games, such as mechanics, dynamics, and enjoyment, into learning environments, Gamification

combines advanced digital technologies with real-world situations, creating more dynamic and effective educational spaces.^{22,23}

Despite its potential in the educational field, the gamification of Chemistry laboratories presents particular challenges that deserve attention.²¹ Based on this, this study seeks to expand our group's previous investigations on gamification of chemistry in higher education,^{22,27} specifically analyzing its impact on student engagement and participation in laboratory settings.^{2,27–29}

To this end, we propose an innovative approach centered on creating an interactive system that, through thematic missions, encourages active participation in learning experimental practices.^{27–33} This approach maintains a clear distinction between incorporating game-like elements into nongame

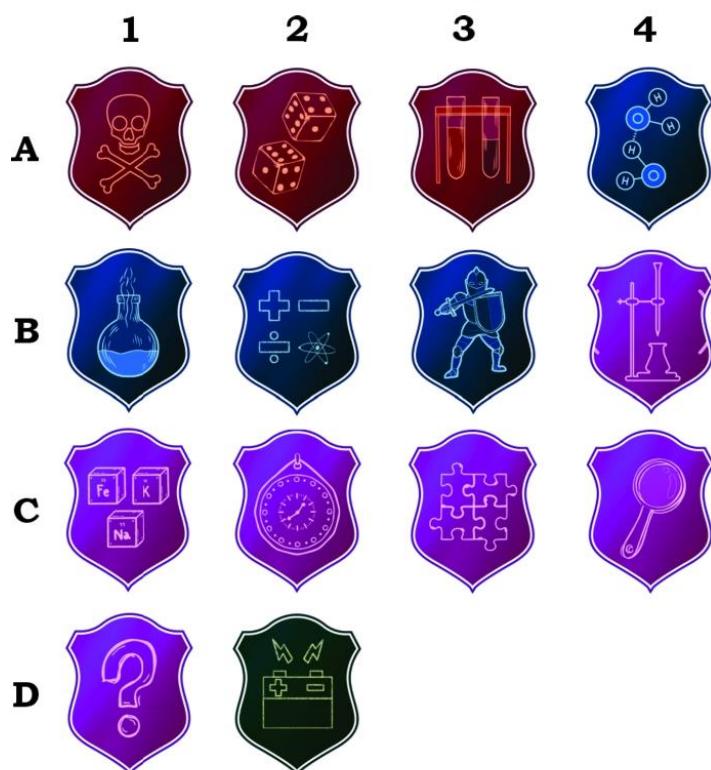


Figure 1. Badges used in the Gamification—numbers (columns) and letters (rows) are used to identify the specific badges mentioned in Table 1.

environments (gamification) and deploying complete game systems (game-based learning), while leveraging the motivational benefits of both paradigms.

Motivated by this scenario, we gamified an entire course of experimental practices in the General Chemistry Laboratory at the Federal University of Ceará in Brazil, transforming traditional laboratory teaching activities into missions aimed at increasing student engagement and motivation.

■ GAMIFICATION PROCESS

Design

The General Laboratory Chemistry course is taught in the first semester for several courses at the Federal University of Ceará in Brazil. Traditionally, a practical reproductive approach is adopted, consisting of seven predefined experiments with 2 h of laboratory activities, complemented by 18 h dedicated to discussing and evaluating the theoretical concepts involved, totaling a workload of 32 h.

In the traditional teaching model for the course, students perform experimental procedures in groups of two or three, following pre-established protocols (recipes) with methodological rigor. The evaluation system includes individual theoretical assessments and the preparation of descriptive scientific reports. Although institutionally well-established and in use since the 1960s, teachers report that this pedagogical approach has significant limitations in terms of student

engagement, intrinsic motivation for learning, and the development of experimental autonomy.

To overcome these limitations, the course was reformulated through structured gamification,^{22,26–28} which maintains the original curricular content but transforms the activities into a more interactive and motivating experience. Thus, the seven traditional experiments were redesigned into ten missions, each with clear objectives and progressive challenges, encouraging collaboration, creativity, and problem-solving.

Mechanics usually present in games²⁶ were implemented in the missions and related to dynamics that students should carry out to increase engagement, connecting successful completion of these dynamics with a reward system (Table 1).

- XP (Experience Points): These represent student progress in the course through points that are summed or lost according to the positive or negative attitudes demonstrated during the missions.
- Virtual Coins: These function as an academic reward system, obtained through activities performance, and used to acquire physical goods.
- Badges: Awarded for specific achievements, with award criteria linked to student performance in each mission (Figure 1).

Based on XP, the scoring system was designed to reflect not only the complexity of the tasks but also their pedagogical value and the cognitive effort required (Table 2). The total points for each mission are proportional to the difficulty of

Table 2. Scoring and Mission Contexts

Mission	Subject	XP
M1–2	Laboratory Safety	3200
M3	Identification of Glassware	1900
M4	Analytical precision and accuracy	2200
MS	Chemical Reactions	3200
M6	Stoichiometry	3800
M7	Periodic Properties	3700
M8	Preparation and Standardization of Solutions	2700
M9	Kinetics and Equilibrium	5700
M10	Electron Transfer Process	2600
Total		29000

completing the task, which is related to the average time needed to complete it, the depth of the content, and the skills required, ensuring a more precise alignment between reward and effort.

The total XP for each mission intentionally follows the learning curve, promoting the gradual integration of knowledge and encouraging students to overcome increasingly complex challenges.^{23,27,28} A detailed description of these dynamics is available in the Supporting Information.

Game mechanics were integrated into the dynamics throughout the missions to enhance engagement. For example, in mission M6, we implemented the “Boss Fight” strategy to help students with lower scores up to that point in the semester improve their performance. And, in missions M7 to M9, we incorporated three progressive puzzles that required integrated application of the knowledge acquired, creating an immersive and collaborative learning environment.

In missions M1 and M2, laboratory safety content was addressed through a Quiz (M1) and an original digital educational game²⁰ (M2). Missions M3 and M4 required students to visually and functionally recognize glassware, promoting practical learning in a fun and meaningful way. In missions M5 to M10, the activities began to demand more elaborate skills, such as creating reagent safety data sheets (SDS), which must be submitted before the start of the practical class.

Mission M9 required the collection of three badges earned in missions M7 through M9, requiring the integration of knowledge and skills developed throughout the course.

Each mission was summarized on a card presented to the students (Figure 2), highlighting positive and negative

attitudes and detailing the components of gamification, such as the scoring system, time, progression, and achievements, thereby ensuring transparency in the objectives and associated rewards.^{21,26–28} All cards and the manual with the experimental procedures were included in the manual and are available in the Supporting Information.

The traditional General Chemistry course uses a flexible assessment system consisting of three main components: class attendance, submission of postlaboratory reports, and theoretical-practical assessments, with specific formats determined by each instructor in their teaching plan. The final grade is calculated based on variable criteria, the weighting of which is determined by the teacher, always maintaining a scale of 0 to 10.

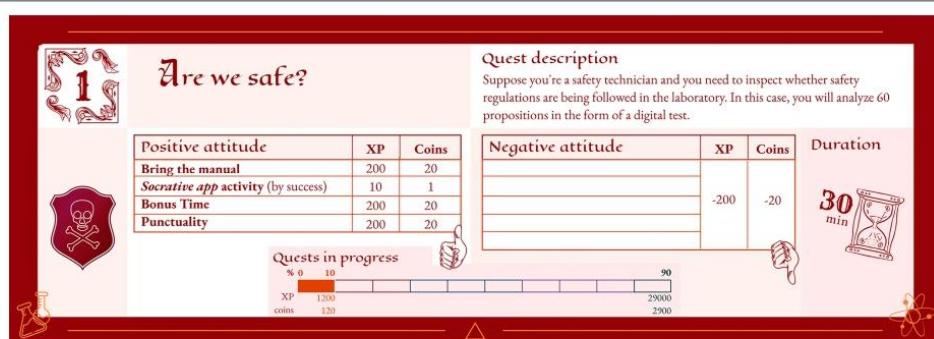
The student must have a final average of 7.0 or higher to pass. If the student obtains a grade below 4.0, they automatically fail. Those with an average between 4.0 and 6.9 must participate in a final exam, in which they must achieve at least 4.0 points, in addition to ensuring that the sum of the original grade and the final exam grade is equal to or higher than 10.0.

In the gamified laboratory, the student assessment system was entirely innovative, using the XP that students accumulated during the semester as the basis for converting it into the course grade.

Table 3 presents the conversion scale used in the General Chemistry laboratory, developed empirically without statistical

Table 3. Conversion of Accumulated Points (XP) into a Grade in the Subject

XP	Grade	XP	Grade
0	0.0	15950	5.5
1450	0.5	17400	6.0
2900	1.0	18850	6.5
4350	1.5	20300	7.0
5800	2.0	21750	7.5
7250	2.5	23200	8.0
8700	3.0	24650	8.5
10150	3.5	26100	9.0
11600	4.0	27550	9.5
13050	4.5	29000	10.0
14500	5.0		

**Figure 2.** Example of a card – Mission 1.

treatment. In this system, the XP intervals were distributed linearly from zero XP (grade 0.0) to a maximum of 29000 XP (grade 10.0).

This intentionally flexible approach allows educators to adjust the criteria according to the specific needs of each class or course, maintaining transparency in the relationship between performance in the missions and academic results. It should be noted that these findings represent preliminary results from a pilot phase. Subsequent iterations, in subsequent semesters, will enable refinement of the methodology and facilitate statistical validation of the proposed scoring system.

■ GAMIFICATION IMPLEMENTATION

Gamification was implemented in five classes (two from the Food Engineering course and three from the Pharmacy course) with 91 first-year undergraduate students during the first semester of 2024 (Table 4).

Table 4. Number of Students Per Course in the Gamified Classes (2024.1)

Course	Class	Number of Students
Food Engineering	A	20
Food Engineering	B	16
Pharmacy	A	19
Pharmacy	B	17
Pharmacy	C	19
Total		91

Before the First Mission

On the first day of the course, the teachers introduced the course, general directions, and methodology that would be implemented—Gamification—to the students. All the details, rules, reward system, and mission structure involved in Gamification were explained, making it easier for the students to adapt to the new methodology and increase their initial engagement. At first, all students agreed to participate.

Next, all students signed a Free and Informed Consent Term (see Supporting Information), ensuring confidentiality and compliance with the Brazilian General Data Protection Law (LGPD).³⁴ Institutional ethical oversight followed a validated procedure adopted at our university and by our LDSE research group. Additionally, the Undergraduate Chemistry Program Coordination of Federal University of Ceará, under the supervision of the Department of Organic and Inorganic Chemistry, reviewed and approved this project, which confirmed that all ethical principles regarding human participation in educational research were respected.

During the Missions

To participate in the missions, students were required to arrive at the lab on time, with a maximum tolerance of 10 min late, wearing a white coat, long pants, closed-toe shoes, and safety glasses. In addition, they had to bring a procedure manual.

All experiments described in this study were conducted in a standard undergraduate chemistry teaching laboratory under the supervision of trained instructors, considering high safety standards. Students were required to wear appropriate personal protective equipment (lab coat, safety glasses, gloves, and closed-toe shoes). The reported laboratory activities encountered no unexpected or unusually high safety risks.

Students had complete freedom to carry out the missions and could clarify any questions with the instructor at any time. The four instructors, with comparable teaching methodologies, gamified their classes and, together with the laboratory assistants, monitored students' actions, recording all positive and negative behaviors to assign rewards upon completion of each mission.

After the Missions

After completing each mission, teachers entered the XP and virtual coins earned (or lost) by students for their positive (or negative) attitudes into the Gamefik platform,³⁵ which the developer company made free of charge to our research group, without any financial ties.



Figure 3. Gamefik app's screens: (a) Main page; (b) Ranking display; (c) Online store interface.

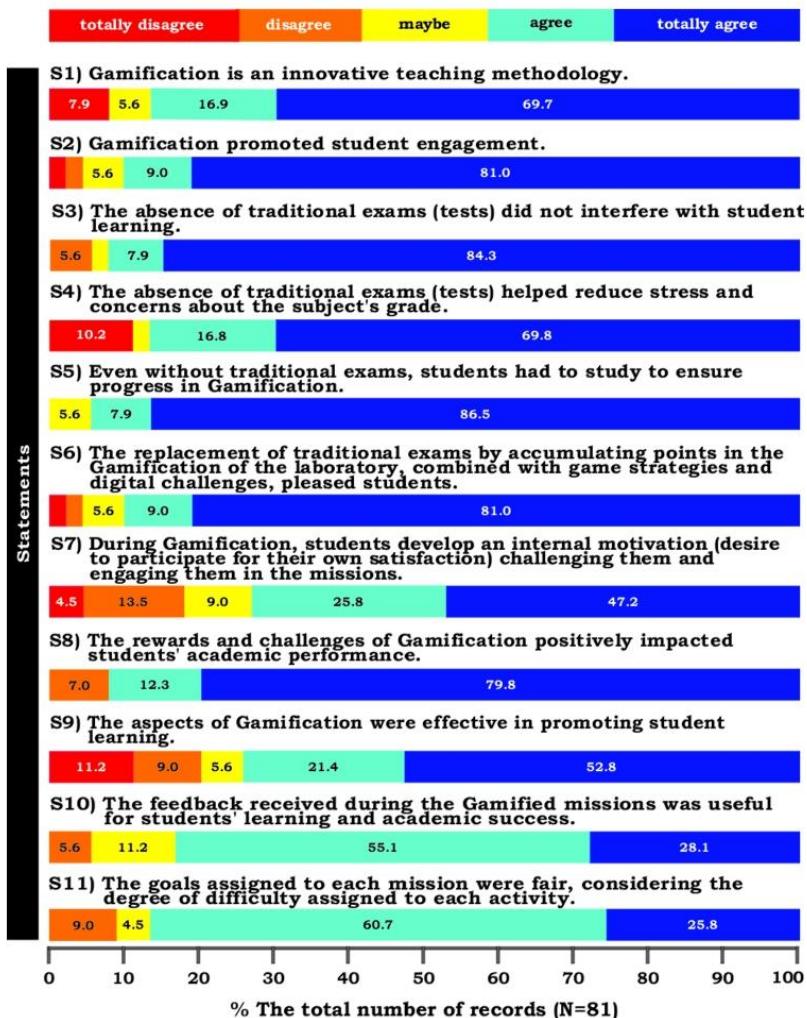


Figure 4. Distribution of students' responses to the survey statements ($N = 81$). The percentages represent students' responses on a five-point Likert-type scale that ranges from "totally disagree" to "totally agree".

After the professor released the points, students could view their scores and the overall ranking on the main screen of the Gamefil app (Figure 3a). This digital platform provided instant feedback and ranking information (Figure 3b), an essential mechanism for maintaining engagement, with all data made available immediately after each activity was completed. In addition, students could track their virtual coins and use them to purchase physical goods through the online store (Figure 3c).

GAMIFICATION EVALUATION

At the end of the semester, we invited all students of the gamified classes to evaluate the gamification through a mixed methodological approach (quantitative and qualitative).³⁶

Considering the quantitative approach, 81 of the 91 students responded to an electronic form composed of two parts. The first part, quantitative, contained 11 statements on a Likert

scale (Figure 4) about the students' perceptions regarding the methodology, based on models previously validated by our research group,^{22,27} and the second part contained 30 statements to measure the level of engagement adopting the Brazilian version of the User Engagement Scale (UES-Br).^{37,38}

In parallel with the collection of quantitative data, we implemented a qualitative analysis framework by using structured observation forms³⁹ to measure academic performance and engagement metrics. Student feedback was collected through open-ended questionnaires, asking participants to describe the advantages and disadvantages of the gamified methodology based on their personal experiences.

These responses were subjected to content analysis,⁴⁰ allowing for a rigorous categorization of student self-reports. Qualitative results were later organized through SWOT analysis,⁴¹ which complemented the performance metrics by revealing strengths, limitations, and opportunities for improvement perceived by students.

Quantitative Evaluation—Students' Perceptions

The influence of Gamification as a teaching methodology in the General Chemistry laboratory was also evaluated using a Likert scale (Table S1 in Supporting Information) composed of 11 statements (S1–S11), distributed into categories: pedagogical innovation (S1), impact on engagement (S2), replacement of traditional assessments (S3–S6), intrinsic motivation (S7), perception of the reward system (S8), and learning effectiveness (S9–S11). Figure 4 shows the level of agreement of the students with each statement.

The analysis of the level agreement ("totally agree" and "agree") from the 81 students (Figure 4) showed broad acceptance of the proposal: 86.5% of the students considered the methodology innovative (S1), and 90% recognized its positive impact on engagement, consistent with studies^{23–33} that highlight the potential of Gamification to stimulate active participation (S2).

The replacement of traditional exams with gamified dynamics was well received and was associated with stress reduction (86.6%, S4) without compromising learning outcomes (92.2%, S3), corroborating research^{22,27,28} that indicates the effectiveness of gamification as an alternative (S5–S6) to conventional assessments.

In addition, 73% of students stated that the proposal aroused intrinsic motivation (S7), and 92.1% reported that they felt an improvement in academic performance (S8–S9). The data highlights that the reward system and instant feedback are fundamental components of the experience, frequently cited in the structured observation forms as facilitators of this process. Continuous monitoring was indicated by 83.2% of participants as essential for the development of self-regulation (S10), and 86.5% considered the proposed goals adequate with the level of difficulty, reinforcing the importance of motivational balance (S11).^{30–33}

A comparative analysis of student disagreement levels across the 11 statements revealed marginally higher disagreement rates for statements S4 (11.2%), S7 (18.0%), and S9 (20.2%). While the precise reasons for this minority disagreement cannot be conclusively determined, observational data from mission-based activities offer potential insights.

Regarding perceived student stress (S4), residual stress was observed during missions, likely attributable to the performance-dependent grading structure.

Notably, 18% (S7) of students disagreed that gamification fostered intrinsic motivation. This finding is not interpreted as a limitation of the methodology, as the proportion aligns with baseline rates of intrinsically motivated learners across pedagogical approaches. In contrast, only 4.4% disputed gamification's efficacy in enhancing engagement, suggesting the framework successfully promoted extrinsic motivation that translated to increased participation.

The highest disagreement (20.2%, S9) concerned gamification's effectiveness in facilitating learning outcomes. This discrepancy may indicate ambiguous phrasing in the survey item, warranting revision in future assessments. The apparent contradiction with the 4.4% engagement disagreement rate merits particular attention in subsequent studies.

Quantitative Evaluation—User Engagement Escala

The User Engagement Scale adapted to the Brazilian context (UES-Br),^{37,38} uses a 5-point Likert scale⁴² and consists of 30 items divided into four categories: focused attention (7 items), perceived usability (8 items), visual appeal (5 items), and

reward factor (10 items) (Table S2). Each item is scored on a scale of 1 to 5, where 5 indicates 'strongly agree' and 1 indicates "strongly disagree", with intermediate values representing gradations in response intensity. At this stage, 81 students responded to the form, sharing their experiences. Figure 5 shows the average scores obtained in the four factors evaluated by the students.

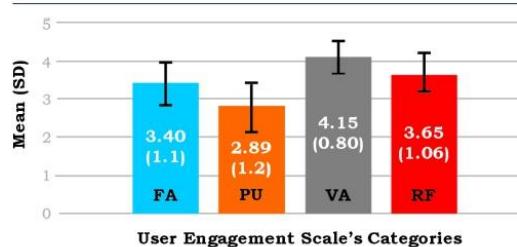


Figure 5. UES-Br results (mean and standard deviation) of categories—FA: focused attention, PU: perceived usability, VA: visual appeal, and RF: reward factor.

The results indicated moderate to high student engagement levels. The overall mean score across all four factors was 3.52 (on a 5-point scale), reflecting positive student evaluation of the gamified approach.

The Focused Attention (FA) dimension yielded an average score of 3.40, suggesting participants maintained an appropriate balance between task immersion and situational awareness, a critical requirement in laboratory settings. However, specific item responses (FA.2: "I lost track of time during this experience", and FA.4: "I became unaware of my surroundings during Laboratory Quests") revealed instances of excessive immersion during the missions, including safety aspects in the laboratory. While these findings confirm that the gamified environment successfully enhanced engagement, they also indicate potential safety considerations, as such hyperfocus states might reduce students' environmental vigilance during experimental procedures.

The Perceived Usability (PU) factor had an average score of 2.89 on a 5-point scale, with items evaluated in reverse order due to the negative nature of the statements in the UES-Br. This factor encompasses reports of difficulties such as stress, cognitive demands, disinterest, demotivation, and distraction during the 10 missions. The inversion of the score means that lower scores (below 3.0) correspond to a lower frequency of these problems, thus indicating greater student engagement. This interpretation is corroborated by responses such as PU.7 ("I felt in control and motivated during this experience"), which demonstrate active engagement.

Although some participants reported specific challenges in the structured observation forms—such as feelings of discouragement (PU.4: "I felt discouraged when participating in the experiences proposed in this Mission") and perception of high demand (PU.6: "This experience demanded a lot from me")—the overall analysis reveals that such specific difficulties did not prevent the successful completion of the missions, evidencing the resilience of the method in the face of individual obstacles.

The Aesthetic dimension (VA) presented the highest average among the factors evaluated (4.15/5.0), demonstrating the strong receptiveness of students regarding the visual

aspects of the gamified proposal. The responses to the specific items—"The educational design proposed in this experience is Aesthetically pleasing" (VA.2) and "I liked the graphic elements and images proposed in the Missions during this experience" (VA.3)—reveal that students attributed special value to the graphical quality of elements used and their visual organization of the activities. The reports indicate that these elements functioned as facilitators of continuous engagement, creating a more attractive and immersive instructional environment.^{13–17}

The Reward Factor (RF) demonstrated moderately high engagement ($M = 3.65/5.0$), with students predominantly describing the experience as rewarding and motivating (RF.4, RF.7). Positive evaluations were reinforced by items emphasizing perceived value (RF.1: 'It was worth participating in this experience'), inclusion (RF.9), and enjoyment (RF.10). While concurrent data (particularly from the structured observation forms) from the Perceived Usability (PU) dimension revealed sporadic reports of fatigue and dependency on extrinsic motivators, these limitations did not outweigh the overall innovative acceptance of the methodology.

Quantitative Evaluation—Professors' Perceptions

All four participating instructors observed relatively high student engagement across the 10 gamified lab missions, with participation rates exceeding 90% (see Supporting Information). Missions 1 and 10 achieved a remarkable 100% attendance, indicating initial curiosity about the new approach and sustained engagement through completion. The XP penalty system (deduction of 2,000 points for missing Missions 9 or 10) effectively maintained participation, a notable contrast to the traditional course format, where even academically successful students often drop out prematurely. Instructors emphasized this sustained engagement as a key advantage of the gamified structure.

Beyond tracking attendance, instructors also identified two significant behavioral indicators of engagement: (1) the consistent submission of reagent cards (Missions 5–10) and (2) the successful completion of experimental challenges (Missions 1–10), both of which demanded advanced technical preparation, practical application of theoretical knowledge, and strict adherence to deadlines. While introducing reagent cards in Mission 5 initially led to a temporary decline in submissions, attributed to the increased complexity, this requirement ultimately incentivized more thorough preparatory work among students, resulting in measurable improvements in overall class performance.

Of the 91 students enrolled (Figure 6), 10 (11%) did not achieve the score required to take the final exam. These cases may have involved dropping out of the course, directly failing, or changing classes. The performance data of students from traditional nongamified classes were not included for comparative analysis with the gamified cohort due to differing instructional methodologies and variations in faculty instruction, which precluded a direct and equitable comparison.

These findings collectively support the theoretical frameworks underpinning this study,^{13–17,21–33} particularly regarding autonomy, competence, and social connectedness as fundamental drivers of intrinsic motivation.

Qualitative Evaluation—SWOT Analysis from the Students' Opinions

We evaluated all positive and negative points pointed out by the undergraduate students who participated in the gamified

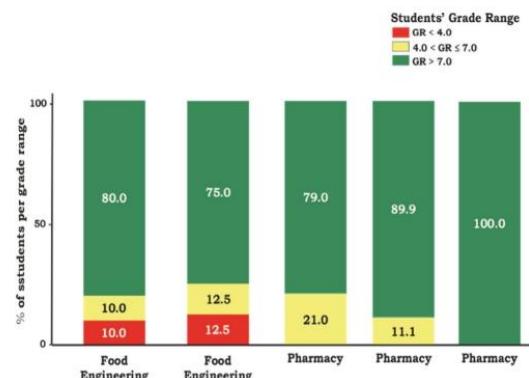


Figure 6. Percentage distribution of students by grade ranges in 2024.1 ($N = 91$).

laboratory and responded to the electronic form. Of the 81 participants, 72 (88.9%) indicated positive aspects of the methodology, while 62 (76.5%) indicated negative aspects. These response rates indicate both significant student engagement and their willingness to provide constructive criticism, validating the robustness of the data collected to evaluate the proposed educational methodology.

So, we conducted a SWOT analysis⁴² of all data obtained, highlighting the gamification's strengths, weaknesses, opportunities, and threats. Our goal was to systematize the evaluation of the gamified experience by linking it to gamification principles, in order to provide insights into its costs and benefits for experimental chemistry education. The findings for each category of the SWOT framework, followed by a discussion of their implications, are as follows.

Strengths. Positive aspects identified during the gamified missions.

- Healthy competition and a rewards system increase interest.
- Conversion of points into grades encourages participation.
- Gamification promotes collaboration and socialization among students.
- Instant feedback helps in continuous learning.
- Interactive methodology and departure from the traditional model make classes more engaging.
- Attractive design and detailed manual facilitate understanding.
- Gamification promoted practical consolidation of content and greater autonomy in the laboratory.

Weaknesses. Limitations or challenges encountered during implementation.

- Some missions were overly complex with excessive information.
- Overload of fast-paced activities.
- Disproportion between workload and available time.
- Competitive stress induced by the scoring system.
- Lack of laboratory assistants to adequately monitor students.

Opportunities. Potential pedagogical enhancements and competency development.

- Create adjustable difficulty levels for different missions.

- Review deadlines and challenge distribution to avoid overload.
- Train or select more laboratory assistants.
- Analyze student performance to adjust challenges according to their needs.
- Implement leadership rotation in teams.
- Develop a continuous assessment system capable of progressive measurement.

Threats. Risks that could undermine the methodology's effectiveness.

- Student demotivation and dropout.
- Increased learning inequality.
- Decrease in the quality of solutions.
- Conflicts between students.
- Imbalance in fair assessment.
- Students and teachers' resistance to adopting the system.

The SWOT analysis reveals that while the gamified approach demonstrates significant strengths — particularly in enhancing engagement, collaboration, and autonomous learning through its reward systems and interactive design — it can also present challenges, such as activity overload and competitive stress. These limitations, however, can be counterbalanced by actionable opportunities, including adjustable mission difficulty, optimized time management, and expanded laboratory support by more capacitated assistants.

Potential threats like student demotivation or assessment imbalances can be mitigated through refinements, such as leadership rotation and continuous performance monitoring. Notably, the framework's adaptability allows educators to tailor implementations to their specific contexts, ensuring that the methodology's benefits can be maximized while addressing its constraints. This SWOT analysis from the students' opinions validates gamification as a promising tool for laboratory education. Also, it provides a roadmap for its sustainable adoption, inviting further customization based on institutional needs and student feedback.

■ FINAL CONSIDERATIONS AND FUTURE WORK

The gamification of the General Chemistry laboratory proved to be an alternate and innovative pedagogical strategy that enhances student motivation beyond conventional teaching approaches. This transformation of the experimental learning environment, achieved through game mechanics, dynamics, and reward systems, led to greater student engagement compared to traditional protocol-based instruction.

Qualitative analysis of results from the evaluation process answered by students and professors revealed three fundamental strengths of this approach: (1) its ability to stimulate healthy and motivating competition without creating imbalance; (2) its effectiveness in promoting meaningful collaboration among peers; and (3) its ability to deliver content through creative and context-rich activities. These benefits were counterbalanced by notable challenges, especially the necessity for improved calibration of task complexity and for addressing stressors intrinsic to competitive dynamics.

Specifically, the SWOT analysis allowed us to more clearly identify the advantages of the gamified methodology, particularly its ability to promote engagement through innovative activity design. At the same time, it highlighted areas for improvement, such as the equitable distribution of workload and the management of stress related to competition for rewards. The results demonstrated that, when implemented

appropriately and adapted to the specific context, gamification has significant potential to positively transform experimental learning environments, overcoming the challenges identified.

For future implementations, we recommend three strategic lines of action: (1) refinement of the design of missions, with progressive adjustment of complexity and readjustment of deadlines; (2) expansion of the methodology to other experimental disciplines; and (3) expansion of the team of assistants and development of more efficient support systems for laboratory activities. Although the results derive from a specific institutional context, they demonstrate the transformative potential of gamification as an innovative educational strategy.

It is important to emphasize that this approach should not be interpreted as a ready-made or universal solution, but rather as a flexible framework that requires careful adaptations to different educational levels and learning contexts. Future research should explore its application in different academic settings, with particular attention to addressing potential limitations such as student demotivation and exacerbation of learning inequalities. The current study establishes the basis for such investigations, highlighting gamification as a viable and promising alternative to traditional laboratory teaching.

■ ASSOCIATED CONTENT

SI Supporting Information

The Supporting Information is available at <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.5c00845>.

Description of mechanics and dynamics assigned in gamification, description of the missions, reliability and security of student data, gamification evaluation, students' perceptions by survey statement ($N = 81$), students' perceptions by survey statement ($N = 81$), and consent term ([PDF](#))

■ AUTHOR INFORMATION

Corresponding Author

José Nunes da Silva Júnior — Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, 60451-970 Fortaleza, Ceará, Brasil;  orcid.org/0000-0002-6631-4382; Email: nunes.ufc@gmail.com

Authors

Maria do Socorro Caldas Teotônio — Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, 60451-970 Fortaleza, Ceará, Brasil

Maria Elenir Nobre Pinho Ribeiro — Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, 60451-970 Fortaleza, Ceará, Brasil;  orcid.org/0000-0001-6896-7179

Jeanny da Silva Maciel — Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, 60451-970 Fortaleza, Ceará, Brasil;  orcid.org/0000-0001-5916-1747

Alda Karine Medeiros Holanda — Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, 60451-970 Fortaleza, Ceará, Brasil

Francisca Gleyciara Cavalcante Pinheiro — Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, 60451-970 Fortaleza, Ceará, Brasil

Maria Clara de Oliveira Alexandre – UFC Virtual,
Universidade Federal do Ceará, 60440-454 Fortaleza, Ceará,
Brazil
David Salviano de Oliveira – UFC Virtual, Universidade
Federal do Ceará, 60440-454 Fortaleza, Ceará, Brazil
Antonio José Melo Leite Junior – UFC Virtual, Universidade
Federal do Ceará, 60440-454 Fortaleza, Ceará, Brazil;
✉ orcid.org/0000-0002-5061-1489

Complete contact information is available at:
<https://pubs.acs.org/10.1021/acs.jchemed.5c00845>

Funding

The Article Processing Charge for the publication of this research was funded by the Coordenacão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brazil (ROR identifier: 00x0ma614).

Notes

The authors declare no competing financial interest.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors sincerely acknowledge the Gamefik platform for technical support, the undergraduate students who participated in this study, and the laboratory assistants for their invaluable contributions to this research.

REFERENCES

- (1) Gaudêncio, J. S.; Silveira, R. M. F.; Pinheiro, N. A. M.; Miquelin, A. F. Learning Theories in Chemistry Teaching: A Literature Review Based on Articles from the Journal *Química Nova na Escola (QNEsc)*. *Quím. Nova Esc.* **2023**, *45* (2), 152–164.
- (2) Filatru, A.; Cavalcanti, C. C. *Metodologias Inov-Ativas: Na Educação Presencial, a Distância e Corporativa*, 2nd ed.; Saraiva Uni: 2023.
- (3) Salavatova, M. G.; Jorayeva, O. B. Interactive Methods and Their Possibilities in the Educational Process. *Nexus: J. Adv. Stud. Eng. Sci.* **2022**, *1* (5), 24–28.
- (4) Agustian, H. Y. Considering the Hexad of Learning Domains in the Laboratory to Address the Overlooked Aspects of Chemistry Education and Fragmentary Approach to Assessment of Student Learning. *Chem. Educ. Res. Pract.* **2022**, *23*, 518–530.
- (5) Bellei, C. Mejoramiento e Innovación Escolar: Cómo Cambiar Efectivamente la Enseñanza y el Aprendizaje? *Oficina Para América Latina y El Caribe Del IIEP UNESCO*, 2022.
- (6) Loja Loja, C. M.; Quito Suco, L. M. El Rol Docente y las Innovaciones Pedagógicas Como Elementos Para la Transformación Educativa. *Rev. Sci.* **2021**, *6* (20), 296–310.
- (7) Santos, W. P. L.; Schnetzer, R. P. *Educação em Química: Compromisso com a Cidadania*, 2nd ed.; Ed.a Unijui: 2002.
- (8) Seery, M. K. Establishing the Laboratory as the Place to Learn How to Do Chemistry. *J. Chem. Educ.* **2020**, *97* (6), 1511–1514.
- (9) Agustian, H. Y.; Finne, L. T.; Jørgensen, J. T.; Pedersen, M. I.; Christiansen, F. V.; Gammelgaard, B.; Nielsen, J. A. Learning Outcomes of University Chemistry Teaching in Laboratories: A Systematic Review of Empirical Literature. *Rev. Educ.* **2022**, *10* (2), No. e3360.
- (10) Mazon Vera, V. S.; Bastidas Gonzalez, K. A.; Jimbo Roman, F. M. Recursos Didácticos en el Aprendizaje Significativo en el Subnivel Medio. *RECIMUNDO* **2022**, *6* (4), 235–243.
- (11) Bene, R.; McNeilly, E. Getting Radical: Using Design Thinking to Foster Collaboration. *Pap. Postsecond. Learn. Teach.* **2020**, *4*, 50–57.
- (12) Delen, I.; Sen, S. Effect of Design-Based Learning on Achievement in K-12 Education: A Meta-Analysis. *J. Res. Sci. Teach.* **2023**, *60* (2), 330–356.
- (13) Ryan, R. M.; Deci, E. L. Intrinsic and Extrinsic Motivation from a Self-Determination Theory Perspective: Definitions, Theory, Practices, and Future Directions. *Contemp. Educ. Psychol.* **2020**, *61*, 101860.
- (14) Csikszentmihalyi, M. *Flow: The Psychology of Optimal Experience*; Harper & Row: 1990.
- (15) Vygotsky, L. *Mind and Society: The Development of Higher Mental Processes*; Harvard University Press: 1978.
- (16) Kolb, D. A. *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*; Prentice Hall: 1984.
- (17) Skinner, B. F. *Science and Human Behavior*; Free Press: 1965.
- (18) Hyde, J. A New Perspective on Chemistry Foundation Level Students' Laboratory Skill Development Using Reciprocal Peer-Teaching, Laboratory Simulations, and Practical Skills Portfolio (PSP) During COVID-19 and Post-Pandemic in 2024. *J. Chem. Educ.* **2025**, *102* (3), 984–1003.
- (19) Nunes da Silva Junior, J.; C. S. Juca, R.; S. C. Teotonio, M.; Jose Melo Leite Junior, A.; Esdras de Andrade Uchoa, D.; Zampieri, D.; Clara de O. Alexandre, M. Modelagem e Avaliação de um Jogo Educativo Como Estratégia Para o Ensino de Segurança de Laboratório em Química. *Quím. Nova Esc.* **2024**, *46* (4), 400–410.
- (20) Bancroft, S. F.; Jalaeian, M.; John, S. R. Systematic Review of Flipped Instruction in Undergraduate Chemistry Lectures (2007–2019): Facilitation, Independent Practice, Accountability, and Measure Type Matter. *J. Chem. Educ.* **2021**, *98* (7), 2143–2155.
- (21) Noorbahabani, F.; Salehi, F.; Jafar Zadeh, R. A Systematic Mapping Study on Gamification Applied to E-Marketing. *J. Res. Interact. Mark.* **2019**, *13* (3), 392–410.
- (22) da Silva Junior, J. N.; Teotônio, M. d. S. C.; Melo Leite Junior, A. J.; Vasconcelos Pinheiro, J. G. B.; da Silva, L. L. Gamification 2.0: Gamifying an entire introductory organic chemistry course again. *J. Chem. Educ.* **2025**, *102* (2), 679–687.
- (23) Kapp, K. M. *The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education*; Pfeiffer: 2012.
- (24) Deterding, S.; Dixon, D.; Khaled, R.; Nacke, L. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*; Association for Computing Machinery: 2011; pp 9–11.
- (25) Werbach, K.; Hunter, D. *The Gamification Toolkit: Dynamics, Mechanics, and Components for the Win*; University of Pennsylvania Press: 2015.
- (26) Hervás, R.; Ruiz-Carrasco, D.; Mondéjar, T.; Bravo, J. Gamification Mechanics for Behavioral Change: A Systematic Review and Proposed Taxonomy. In *Proceedings of the 11th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*; 2017.
- (27) Da Silva Júnior, J. N.; Castro, G. de L.; Melo Leite Junior, A. J.; Monteiro, A. J.; Alexandre, F. S. O. Gamification of an Entire Introductory Organic Chemistry Course: A Strategy to Enhance the Students' Engagement. *J. Chem. Educ.* **2022**, *99* (2), 678–687.
- (28) Eugenio, T. *Aula em Jogo: Descomplicando a Gamificação Para Educadores*; Évora, 2024.
- (29) Witter, G. P.; Zubala, A.; Arnaud, L. *Como Aprender e Ensinar Competências*; Artmed: 2010.
- (30) Kalogiannakis, M.; Papadakis, S.; Zourmpakis, A. I. Gamification and Teacher Training in Language and Education. *Educ. Sci.* **2021**, *11* (1), 22.
- (31) Prensky, M. *From Digital Natives to Digital Wisdom: Hopeful Essays for 21st Century Learning*; Corwin: 2012.
- (32) Sailer, M.; Hense, J. U.; Mayr, S. K.; Mandl, H. How Gamification Motivates: An Experimental Study of the Effects of Specific Game Design Elements on Psychological Need Satisfaction. *Comput. Hum. Behav.* **2017**, *69*, 371–380.
- (33) Koivisto, J.; Hamari, J. The Rise of Motivational Information Systems: A Review of Gamification Research. *Int. J. Inf. Manage.* **2019**, *45*, 191–210.

- (34) Brasil. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União 2018, Segão, 1, 59.
- (35) Gamefik Platform. <https://gamefik.com/> (accessed May 2025).
- (36) Magalhaes Junior, C. A. O.; Batista, M. C. Metodologia da Pesquisa em Educação e Ensino de Ciências; Gráfica e Ed.a Massoni: 2021.
- (37) Miranda, D. M.; Li, C.; Darin, T. UES-Br: Translation and Cross-Cultural Adaptation of the User Engagement Scale for Brazilian Portuguese. *Proc. ACM Hum. Comput. Interact.* 2021, 5, 1–22.
- (38) O'Brien, H. E.; Toms, E. G. What Is User Engagement? A Conceptual Framework for Defining User Engagement with Technology. *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.* 2008, 59 (6), 938–955.
- (39) Fontana, F.; Rosa, M. P. Observação, Questionário, Entrevista e Grupo Focal. In *Metodologia da Pesquisa em Educação e Ensino de Ciências*; Magalhães Júnior, C. A. O., Batista, M. C., Eds.; Gráfica e Ed.a Massoni: 2021; pp 45–78.
- (40) Bardin, L. Análise de Conteúdo. São Paulo: Edições, 70, 2016.
- (41) Gurel, E.; Tat, M. SWOT Analysis: A Theoretical Review. *Int. J. Soc. Res.* 2017, 10, 994–1006.
- (42) Wu, H.; Leung, S. O. Can Likert Scales Be Treated as Interval Scales? - A Simulation Study. *J. Soc. Serv. Res.* 2017, 43 (4), 527–532.



K

A division of the
American Chemical Society

<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00845>
J. Chem. Educ. XXXX, XXX, XXX–XXX

APÊNDICE B – ACESSO AOS MATERIAIS DE APOIO

B.1 ROTEIRO DE PRÁTICAS TRADICIONAL

https://drive.google.com/file/d/1w0YsZKTYff_ezzwk5tHJsLLThZ9Degenz/view?usp=sharing



QR code de acesso

B.2 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA AOS DICENTES

<https://drive.google.com/file/d/1rKgIQDi9CmsWbIxNb1BA1zCABOJdw18o/view?usp=sharing>



QR code de acesso

B.3 FICHAS DE OBSERVAÇÃO DO PESQUISADOR

<https://drive.google.com/drive/folders/1jh5oWcc0t32SnYCpqB8fpEsu5rgWfS-P?usp=sharing>



QR code de acesso

B.4 ROTEIRO DE PRÁTICAS GAMIFICADO

<https://drive.google.com/file/d/1w6Pwxg1k6G9zOXEj0hbJ1lZ3shsNEMMS/view?usp=sharing>



QR code de acesso

APÊNDICE C – TOP TESTE NO APP *SOCRATIVE*



QR code de acesso

SEGURANÇA DE LABORATÓRIO – MISSÃO 1 – Marque V para verdadeiro e F para falso. (10 pontos cada acerto)

PERGUNTA	V	F
1. A conscientização das responsabilidades, dos riscos, dos perigos e dos cuidados que devemos ter são os pilares centrais da segurança. O aluno deve adotar uma postura profissional preocupada com a sua segurança e das demais pessoas que trabalham no laboratório.	V	
2. A sua segurança e a de seus colegas no laboratório, são amplamente determinadas pelas suas práticas de trabalho. Sempre trabalhe seguramente, use seu bom senso, e se conforme com as regras de segurança.		F
3. Laboratórios químicos são potencialmente locais perigosos porque normalmente neles se encontram líquidos inflamáveis, vidrarias frágeis, substâncias químicas tóxicas e equipamentos que podem estar sob vácuo ou altas pressões, e acidentes no laboratório podem ter consequências sérias e trágicas.	V	
4. Avental de algodão com mangas longas deve ser utilizado para proteger a pele e a roupa, e seu uso é obrigatório somente quando manusear algum produto corrosivo.		F
5. Óculos de segurança devem ser usados na proteção de respingos e estilhaços. Quem faz uso de óculos com lentes corretivas está dispensado de usar os óculos de segurança.		F
6. O uso de luvas evita o contato das mãos com substâncias corrosivas, vidros quebrados e objetos quentes. As luvas de segurança, também, precisam ser usadas durante a lavagem das vidrarias após os experimentos.	V	
7. Este símbolo é usado para identificar substâncias e misturas inflamáveis, substâncias pirofóricos, ou seja, que inflamam espontaneamente em contato com o ar, substâncias e misturas que em contato com a água liberam gases	V	
 inflamáveis.		
8. Esse símbolo indica que as substâncias são mutagênicas, carcinogênicas, tóxicas à reprodução. Substâncias tóxicas por aspiração que não são fatais se ingerido ou penetradas nas vias respiratórias.		F
 penetradas nas vias respiratórias.		
9. No laboratório, é obrigatório o uso de calçados fechados, calça comprida, bata de mangas longas e óculos de segurança, pois tais EPIs protegerão olhos e pele mais do que uma camada de vestimenta.	V	
10. Este símbolo requer atenção aos cuidados com o meio ambiente e o descarte de resíduos que pode ser prejudicial.	V	
 resíduos que pode ser prejudicial.		
11. As substâncias químicas quando introduzidas de forma inadequada no ambiente podem ressurgir como poluentes no ar que respiramos, na água que bebemos e nos alimentos que ingerimos.	V	
12. A segurança química, que inclui a prevenção e o gerenciamento dos riscos químicos, é essencial para que esse crescimento seja benéfico e catastrófico para o homem e não para o ambiente.		F
13. Usar óculos de proteção sobre os óculos corretivos (de grau) não é recomendado pois tal equipamento não é projetado para essa finalidade.		F
14. Use protetor facial sempre que você for realizar algum procedimento que possua risco de explosão, tais como reações onde peróxidos são produzidos.	V	

15. Use máscara de proteção contra partículas sólidas finamente divididas. Com relação às máscaras contra gases, estas só devem ser utilizadas por pessoas que receberam treinamento para tal. Caso você não saiba como utilizá-las, peça instruções ao seu professor ou instrutor.	V	
16. Os procedimentos experimentais podem ser modificados pelos estudantes.	F	
17. Deve ser dada preferência na organização dos frascos de reagentes nas prateleiras mais altas para maiores baixas e em ordem alfabética.	F	
18. Utilize a capela de exaustão sempre que for trabalhar com líquidos ou reações que liberam gases tóxicos.	V	
19. Lave as mãos antes de iniciar os trabalhos e ao término deles, antes de sair do laboratório.	V	
20. É responsabilidade do professor e do instrutor conhecer as condições de saúde dos estudantes.	F	
21. Nunca fume no laboratório, já nas dependências não há perigo.	F	
22. No laboratório não há perigo de contaminação via oral, aérea e nem acidentes.	F	
23. A forma de limpeza da bancada é sempre passando um pano úmido ou molhado.	F	
24. Nunca coloque alimentos em geladeiras compartilhadas com produtos químicos.	V	
25. É responsabilidade do aluno informar suas condições de saúde, por exemplo alergia ao professor da disciplina.	V	
26. Nunca jogue papel, fósforos, fitas de medição de pH ou qualquer outro sólido em pias evite entupimentos.	V	
27. Ao iniciar um procedimento com utensílios eletrônicos verifique a voltagem e o sistema de tomadas, a fim de evitar curto.	V	
28. Ao terminar os procedimentos verifique se os aparelhos estão desligados, vidrarias lavadas e se a bancada está arrumada.	V	
29. É de responsabilidade do aluno conhecer as saídas do laboratório, as instalações dos extintores e cobertores de combate à incêndios, lava-olhos, chuveiro de segurança, estojo de primeiros socorros, somente.	F	
30. É importante verificar se os itens de segurança estão próximos do local de trabalho, em bom estado de uso e dentro do prazo de validade.	V	
31. Em caso de incêndio sua primeira atitude é sair correndo e chamando os colegas para liberarem a área e abandone tudo.	F	
32. Em caso de incêndio, se for possível extinga o fogo sem se arriscar, feche as torneiras que alimentam as chamas e remova os recipientes de solventes inflamáveis das áreas próximas para impedir que o fogo se espalhe.	V	
33. Em caso de incêndio no laboratório, seus companheiros podem ajudar a extinguir as chamas usando mantas ou cobertores, ou outro artefato similar que esteja imediatamente disponível, é importante que todos mantenham-se seguros.	V	
34. Vidrarias com pequenas imperfeições podem ser utilizadas, porém rachaduras, trincas, arestas cortantes que sejam grandes devem ser evitadas.	F	
35. Dedique particular atenção às condições dos balões de fundo redondo e dos condensadores. Os balões de fundo redondo são utilizados sob aquecimento, ocasiões em que a presença de trincas poderá resultar na quebra do balão e consequente perda do material ali acondicionado.	V	
36. Se você detectar imperfeições em sua vidraria, consulte seu professor ou instrutor imediatamente para efetuar a substituição. Vidrarias quebradas ou com arestas cortantes devem ser sempre substituídas.	V	
37. Não tente conectar tubos de vidro e termômetros em rolhas, sem antes lubrificá-los com vaselina e proteger as mãos com luvas apropriadas ou toalha de pano.	V	
38. As vidrarias inadequadas para o uso devem ser descartadas no lixo comum dentro do laboratório, não necessitando de descarte específico.	F	
39. Conheça as propriedades dos reagentes que você utilizará em seus experimentos, pois isso lhe ajudará a tomar as devidas precauções quando manuseá-las, minimizando os riscos de acidentes.	V	
40. Propriedades físicas e químicas, informações toxicológicas, perigosidades, dentre outras informações importantes são encontradas em fichas de segurança de materiais, as quais podem ser facilmente localizadas na Internet através de "sites" de busca digitando-se "Material Safety Data Sheet" ou simplesmente a sigla MSDS.	V	

41. Em caso de contato da pele com substâncias químicas, você deve lavar a área atingida com água e sabão, em alguns casos, use solventes orgânicos tais como etanol e acetona para enxaguar a área afetada, pois estes solventes podem aumentar a absorção das substâncias pela pele.		F
42. Nunca descarte líquidos inflamáveis e imiscíveis em água, em ralos e pias, pois tal procedimento, além de ser danoso ao meio ambiente, resultará no transporte deste solvente até um local onde este poderá sofrer ignição e ocasionar um incêndio.	V	
43. Evite inalar vapores de substâncias orgânicas e inorgânicas. Sempre trabalhe em uma capela com sistema de exaustão eficiente quando manusear substâncias nocivas voláteis, tais como: bromo, anidrido acético e solventes orgânicos de baixo ponto de ebulição.	V	
44. Em caso de derramamento de substâncias químicas, limpe imediatamente. Todavia, certifique-se de como fazê-lo, pois, cada reagente exige um procedimento particular.	V	
45. Experimentos que estão em andamento e por algum motivo devem ser deixados sozinhos, devem apresentar anotações indicando procedimentos a serem tomados em caso de acidente.	V	
46. Leia cuidadosamente o rótulo do frasco antes de utilizá-lo, habitue-se a lê-lo, mais uma vez, ao pegá-lo, e novamente antes de usá-lo.	V	
47. Ao utilizar uma substância sólida ou líquida dos frascos de reagentes, pegue-o de modo que sua mão proteja o rótulo e incline-o de modo que o fluxo escoe do lado oposto ao rótulo evitando que o escoamento danifique o rótulo de identificação.	V	
48. Não é aconselhável que rótulos parcialmente deteriorados por reagentes e/ou pelo tempo sejam substituídos por outros que contenham todas as informações que continham o rótulo original.		F
49. Muito cuidado com as tampas e os batoques dos frascos, não permita que eles sejam contaminados ou contaminem-se. Se necessário use o auxílio de vidros de relógio, placas de petri para depositá-los enquanto utiliza o frasco.	V	
50. Substâncias sensíveis à luz não podem ser acondicionadas em embalagens translúcidas e as bases devem ser acondicionadas em frascos plásticos.	V	
51. Não cheire diretamente frascos de nenhum produto químico. Quando houver necessidade de sentir o odor de alguma substância, arraste o ar sobre a substância com a mão na direção de seu nariz.	V	
52. A classe a que pertence um determinado reagente, às vezes, vem especificada no rótulo dele, portanto, verifique atentamente o rótulo de todos os novos reagentes que foram adquiridos.	V	
53. Alguns exemplos de estocagem inadequada são: produtos químicos estocados por nome ou ordem alfabética; dentro de capela; em prateleiras muito altas e/ou superlotadas; produtos químicos deixados nos laboratórios por longos períodos.	V	
54. As soluções podem ser transportadas em recipientes abertos de um local para outro e não há necessidade de estar atento.		F
55. Os reagentes podem ser agrupados em 8 classes diferentes de compatibilidade. Essas classes não tratam do rótulo nem da estocagem.		F
56. Certifique-se da concentração e da data de preparação de uma solução antes de usá-la. Algumas soluções têm suas concentrações alteradas com o passar do tempo.	V	
57. É ideal que se use o mesmo equipamento volumétrico para medir simultaneamente soluções diferentes. Este procedimento contamina as soluções e as torna impróprias para o uso.		F
58. Volumes de soluções padronizadas, tiradas dos recipientes de origem e não utilizados, devem ser descartados e nunca serem retornados ao recipiente de origem.	V	
59. Sempre que for diluir um ácido, sempre adicione o ácido sobre a água; nunca faça o inverso.	V	
60. Para utilizar o Bico de Bunsen: abra o registro do bloqueador da linha de alimentação, geralmente localizado na bancada (tubulação amarela). Em seguida, providencie uma chama piloto (fósforo ou isqueiro) e aproxime-a do bico de gás, por fim abra lentamente a válvula de regulagem de altura de chama na base do bico até que o bico de gás acenda e regule a chama.	V	

APÊNDICE D – DESAFIO QUÍMICA VISUAL





Identificação e Aplicabilidade dos Utensílios de Laboratório

Nome da vidraria	Aplicabilidade
Béquer	Apropriado para reações, dissolução de substâncias, precipitações e aquecimento de líquidos.
Erlemeyer	Usado para medições precisas de massas em segmentos que requerem total precisão de análises experimentais
Balão de fundo chato	Mede e transfere volumes de líquido. Não oferece grande precisão.
Bureta	Utilizados na produção de meios de cultura para análise microbiológica e química.
Pipeta Volumétrica	Neles são aquecidos líquidos e realizadas reações com liberação de gases.
Pipeta Graduada	Empregado para reações em pequena escala com poucos reagentes.
Tubos de Ensaio	Medidas fixas e exatas de volumes de líquidos.
Proveta	Serve para medir volumes, principalmente em análises titulométricas.
Funil	Utilizada para medir pequenos volumes. Mede volumes variáveis. Não pode ser aquecida.
Placa de Petri	É utilizado para filtração simples.
Balão Volumétrico	Usada para medir e transferir volume de líquidos. Não pode ser aquecida.
Balança Analítica	Servem para elevar a temperatura de amostras sem a utilização de chamas
Chapa Aquecedora	Usado em titulação, aquecimento de líquido, dissolução de substâncias e realização de reações.

Fonte: Autoria própria (2025).

APÊNDICE E – DINÂMICAS EXTRAS NO APP WORDWALL

E.1 Associação de reagentes e produtos – Missão 5

Perguntas	Respostas
$\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow$	$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
$\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$	$\text{BaSO}_4 + 2 \text{ HCl}$
$\text{MgCl}_2 + 2 \text{ NaOH} \rightarrow$	$2 \text{ NaCl} + \text{Mg(OH)}_2$
$6 \text{ KSCN} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow$	$2 \text{ Fe}(\text{SCN})_3 + 3 \text{ K}_2\text{SO}_4$
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6 \text{ CuSO}_4 \rightarrow$	$3 \text{ Cu}_2\text{SO}_4 + 2 \text{ Fe}(\text{SO}_4)_3$
$\text{Mg (s)} + \text{HCl} \rightarrow$	$\text{MgCl}_2 + \text{H}_2$
$\text{CuSO}_4 + 2 \text{ NH}_4\text{OH} \rightarrow$	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
$3 \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$	$4\text{S} + 3 \text{ Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
$\text{HCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow$	$\text{AgCl} + \text{HNO}_3$

E.2 Cruzadinha - Missão 8

Perguntas	Respostas
1. Técnica utilizada para determinar a quantidade de matéria em uma amostra	1. TITULACAO
2. Solução na qual a concentração é conhecida e confiável	2. SOLUCAOPADRAO
3. Reagente com alto grau de pureza e é referência na titulação	3. PADRAOPRIMARIO
4. É útil para determinar o ponto final da titulação	5. INDICADORDEPH
5. É composto por um sistema homogêneo e formado por soluto e solvente	9. SOLUCAO
6. Quando o número de mols de H^+ é igual ao número de OH^- na solução é atingido chama-se	10. PONTODEEQUIVALENCIA
7. Expressa em diferentes unidades e relaciona a quantidade de uma substância em um volume definido de solução	13. CONCENTRACAO
8. Tipo de análise que busca quantificar os dados	16. QUANTITATIVO
9. Tipo de análise que busca tratar o analito por meio da cor, solubilidade, propriedades, testes padronizados.	17. QUALITATIVO
10. Processo físico utilizado na parte II do procedimento	20. DISSOLUCAO

E.3 Caça palavras - Missão 9

Perguntas	Respostas
1. Seu aumento acelera a colisão das partículas	1. TEMPERATURA
2. Estuda a velocidade das reações	2. CINETICAQUIMICA
3. Nem todas as colisões são	3. EFETIVAS
4. Sinônimo de conjunto de etapas sucessivas da reação	4. MECANISMOREACIONAL
5. Etapa que define a velocidade	5. LENTA
6. O I_2 é reduzido a na presença de sulfito	6. IODETO
7. Qual a coloração do complexo I_2 - amido?	7. AZUL
8. O peroxidissulfato de potássio pode ser substituído por água oxigenada volume 10?	8. SIM
9. Não é consumido na reação e atua no aumento da velocidade reacional	9. CATALISADOR
10. Tipo de reação que é conhecida como relógio de Iodo	10. REACAODELANDOLT

APÊNDICE F – MODELO DO TCLE ASSINADO PELOS ESTUDANTES

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Este termo direciona-se aos docentes da disciplina de Química Geral Experimental, que visa conhecer a opinião destes profissionais em relação ao comportamento e interesse dos estudantes quanto a frequência, participação e interesse nas práticas de laboratório, atenção às normas de segurança, descarte adequado dos reagentes e utensílios e a forma avaliativa dos estudantes matriculados na referida disciplina.

Você está sendo convidado a participar como voluntário/a do projeto de pesquisa “**Gamificação das Atividades Laboratoriais da Disciplina Química Geral na Universidade Federal do Ceará**” sob responsabilidade da pesquisadora Maria do Socorro Caldas Teotônio e sob orientação do Prof. Dr. José Nunes da Silva Junior como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Química (UFC).

Leia cuidadosamente o que segue e me pergunte sobre qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecida/o sobre as informações a seguir e ciente da finalidade deste estudo, assine ao final deste documento.

DECLARO TER SIDO ESCLARECIDO/A SOBRE OS SEGUINTE PONTOS

1. O trabalho tem por finalidade acompanhar e avaliar os discentes nas práticas de laboratório das disciplinas de QUÍMICA GERAL e QUÍMICA GERAL E INORGÂNICA através da aplicação de um conjunto de técnicas do design de jogos, que chamamos de Gamificação, durante o semestre de 2024.1;
2. Também objetiva-se analisar as percepções, comportamentos e cultura científica dos participantes durante esse experimento metodológico;
3. Os riscos da pesquisa são mínimos, contudo, é possível o/a participante sentir algum desconforto, a saber:
 - i) tomar o tempo da/o participante ao responder ao questionário;
 - ii) considerar riscos relacionados à divulgação de imagem,
 - iii) responder a questões sensíveis, tais como frustração de expectativa acadêmica.
4. Medidas, providências e cautela da pesquisadora frente aos riscos mínimos são:
 - i) Minimizar desconfortos, para não responder questões constrangedoras;
 - ii) Assegurar a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo o sigilo e o anonimato.
5. Preveem-se como benefícios da realização desta pesquisa a contribuição e a promoção para o desenvolvimento de competências e aprimoramento de habilidades, como o estímulo do raciocínio, criatividade, formação de espírito crítico, bem como o domínio técnico dos conteúdos. Aumentando, assertivamente, a taxa de assiduidade na disciplina de práticas laboratoriais;
6. O/a participante terá garantido o sigilo, assegurando assim privacidade, e terá acesso ao registro de consentimento sempre que solicitado e todas as informações e explicações adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que queira saber antes, durante e depois da participação;
7. O/a participante não terá nenhuma despesa ao participar deste experimento, exceto a impressão do Roteiro de Práticas;
8. Ao final das aulas práticas os alunos responderão os questionários, a fim de contribuir com o levantamento de dados para esta pesquisa;
9. Os dados coletados serão utilizados, única e exclusivamente, para fins desta pesquisa, e os resultados poderão ser publicados para fins de contribuir com a sociedade científica;
10. Os dados da pesquisa serão mantidos em arquivo, físico ou digital, sob guarda e responsabilidade da pesquisadora, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa.

Nestes termos, agradecemos a sua participação.

Mestranda: Maria Do Socorro Caldas Teotonio

Prof. Dr. José Nunes da Silva Junior

e-mail: mariacaldas@alu.ufc.br

Contato (WApp): (83) 998554273

Este projeto acima indicado se ampara na LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados – Lei nº 13.709/18), nos termos do Art. 7º, inciso I, expresso, de forma livre e inequívoca. Disponível em: <LGPD - www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm>.

APÊNDICE G – MODELO DA ENTREVISTA REALIZADA COM AS DOCENTES

BLOCO 1 – Experiência com Ensino de Química e Práticas de Laboratório

1. Há quantos anos você leciona disciplinas experimentais no Ensino Superior? Como descreve sua trajetória nessa área?
2. Quais são os principais desafios que você enfrenta no ensino de Química em laboratório no contexto atual do Ensino Superior?
3. Os estudantes costumam trabalhar em duplas ou trios. Como você avalia o trabalho em equipe nas práticas tradicionais? Há divisão equilibrada de tarefas ou sobrecarga de algum integrante?
4. Os estudantes demonstram preparo teórico prévio antes das aulas práticas? É possível perceber se realizam a leitura do manual antecipadamente?
5. De que forma o preparo prévio — ou sua ausência — impacta o andamento, o tempo de execução e a segurança das práticas laboratoriais?
6. Como os estudantes normalmente reagem a imprevistos e problemas técnicos em aulas práticas não gamificadas?
7. Você percebe diferenças de postura entre os estudantes de uma mesma turma quanto:
 - a) ao uso do manual,
 - b) ao cumprimento do roteiro,
 - c) ao manuseio de vidrarias e reagentes,
 - d) ao uso de EPIs
 - e) e ao descarte de resíduos?

BLOCO 2 – Uso de Metodologias ativas e Gamificação no Ensino

1. Você já havia participado anteriormente de alguma experiência de laboratório gamificado? Como avalia a proposta aplicada neste semestre?
2. De que forma a Gamificação influenciou o engajamento, o interesse e a participação dos estudantes nas práticas laboratoriais?
3. Quais comportamentos foram mais frequentes durante as práticas gamificadas (colaboração, autonomia, interesse, desatenção, preparo prévio)? Como esses comportamentos se manifestaram?
4. Você poderia relatar algum exemplo de mudança significativa observada em estudantes, no âmbito:
 - a) cognitivo,
 - b) atitudinal,
 - c) ou experimental?
5. Como você avalia os efeitos da Gamificação sobre:
 - a) o raciocínio lógico-científico,
 - b) a aprendizagem dos conteúdos,
 - c) a frequência,
 - d) e a resolução de problemas ao longo do semestre?
6. Na sua percepção, a Gamificação favoreceu a inclusão, a interação e o engajamento de perfis diversos dos estudantes?

7. Quais são os principais benefícios observados no uso de jogos educacionais e da Gamificação no ensino de Química?
8. Quais dificuldades, limitações ou desafios você identifica na aplicação da Gamificação em disciplinas laboratoriais de Química?

BLOCO 3 – Perspectivas Futuras e Possibilidades de Melhoria

1. Você considera viável a aplicação da Gamificação em outras disciplinas de Química ou áreas correlatas? Como avalia esse potencial de expansão?
2. Quais mudanças, ajustes ou inovações você sugeriria para aprimorar a integração da Gamificação nas disciplinas laboratoriais?
3. Na sua percepção, de que forma as metodologias gamificadas contribuem para o desenvolvimento de habilidades críticas, criativas e socioemocionais dos estudantes?

APÊNDICE H – DADOS DO ESTUDO LONGITUDINAL

Missão	% Erros Conceituais	% Erros Procedimentais	% Erros de Segurança	% Respostas Completas	% de acerto nas Fichas de reagentes	Tempo Médio de Execução (min)
M1	96,3%	-	-	3,7%	-	25 min
M2	91,3%	-	-	8,7%	-	45 min
M3	88,8%	-	3,7%	11,2%	-	15 min
M4	76,5%	93,8%	0%	23,5%	-	90 min
M5	48,2%	86,4%	0%	51,8%	-	100 min
M6	44,5%	18,5%	0%	37%	30,9%	110 min
M7	71,6%	0%	0%	28,4%	95%	90 min
M8	0%	0%	0%	100%	100%	100 min
M9	14,8%	0%	0%	85,2%	100%	130 min
M10	0%	0%	0%	100%	100%	70 min

APÊNDICE I – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS AFIRMAÇÕES: UES-Br

Statements	CT	C	T	D	DT
FA.1) Concentrei-me intensamente nesta experiência.	17.3	51.8	30.9	0.0	0.0
FA.2) Fiquei tão envolvido nesta experiência que perdi a noção do tempo.	18.6	23.4	29.6	14.8	13.6
FA.3) Esqueci-me das coisas ao meu redor enquanto participava das Missões de Laboratório.	8.7	18.5	40.7	23.4	8.7
FA.4) Quando participava das Missões de Laboratório, perdia a noção do mundo ao meu redor.	11.1	18.5	30.9	29.6	9.9
FA.5) O tempo que passei envolvido nas Missões de Laboratório simplesmente voou.	40.7	37.0	21.0	1.3	0.0
FA.6) Fiquei absorto nesta experiência.	16.0	30.9	27.1	24.7	1.3
FA.7) Durante esta experiência, deixei-me levar.	22.2	37.0	30.9	7.4	2.5
PU.1) Fiquei frustrado quando me envolvi nas Missões de Laboratório.	11.5	13.6	27.2	29.6	18.5
PU.2) Achei os experimentos propostos nas Missões confusos de interpretar.	8.6	22.6	26.0	29.6	13.6
PU.3) Fiquei irritado ao participar dos experimentos propostos nesta Missão.	18.5	17.3	28.4	18.5	17.3
PU.4) Senti-me desanimado ao participar das experiências propostas nesta Missão.	18.5	23.5	12.3	24.7	21.0
PU.5) Foi muito cansativo participar desta experiência.	11.1	30.9	22.2	24.7	11.1
PU.6) Esta experiência exigiu muito de mim.	13.6	38.3	21.0	24.7	2.4
PU.7) Senti-me no controle e motivado durante esta experiência.	17.3	34.6	35.8	12.3	0.0
PU.8) Não consegui fazer algumas das coisas que precisava fazer enquanto estava envolvido nesta experiência.	5.0	12.3	11.1	33.3	38.3
AE.1) Esta experiência de laboratório é envolvente.	40.7	44.5	14.8	0.0	0.0
AE.2) O design educacional proposto nesta experiência é esteticamente agradável.	55.6	29.6	14.8	0.0	0.0
AE.3) Gostei dos elementos gráficos e imagens propostos nas Missões durante esta experiência.	44.5	44.5	7.3	3.7	0.0
AE.4) As ferramentas educacionais propostas nesta experiência chamaram minha atenção visualmente.	42.0	38.3	18.4	18.3	1.3
AE.5) A seleção e a distribuição dos elementos gráficos e interativos propostos na tela do smartphone durante esta experiência são visualmente agradáveis.	32.1	44.5	18.5	4.9	0.0
RW.1) Valeu a pena participar desta experiência.	34.6	27.2	24.7	8.6	4.9
RW.2) Acho que minha experiência foi um sucesso.	9.9	37.0	27.2	22.2	3.7
RW.3) Esta experiência não foi o que eu esperava.	13.6	16.0	17.3	34.6	18.5
RW.4) Minha experiência foi gratificante.	19.8	54.3	22.2	8.3	0.0
RW.5) Eu recomendaria esta experiência gamificada para educadores, familiares e amigos.	29.6	38.3	22.2	9.9	0.0
RW.6) Continuei a utilizar o mecanismo de Gamificação proposto nesta experiência por curiosidade e em outras áreas da minha vida.	18.5	22.2	23.5	19.8	16.0
RW.7) A proposta desta experiência despertou a minha curiosidade e fortaleceu a minha participação.	27.2	46.9	24.6	1.3	0.0
RW.8) Senti-me muito atraído por esta experiência.	27.2	43.2	24.7	4.9	0.0
RW.9) Senti-me incluído nesta experiência.	34.6	42.0	21.0	2.4	0.0
RW.10) Esta experiência foi divertida.	39.5	34.5	14.8	9.9	1.3

*DT = discordo totalmente D = discordo T = talvez C = concordo CT = concordo totalmente.

APÊNDICE J – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES SOBRE A INFLUÊNCIA DA METODOLOGIA

Declarações	CT	C	T	D	DT
S1) A gamificação é uma metodologia de ensino inovadora.	69.7	16.8	5.6	0.0	7.9
S2) A gamificação promoveu o engajamento dos alunos.	81.0	9.0	5.6	2.2	2.2
S3) A ausência de provas tradicionais não interferiu na aprendizagem dos alunos.	84.3	7.9	2.2	5.6	0.0
S4) A ausência de provas tradicionais ajudou a reduzir o estresse e as preocupações com a nota da disciplina.	69.8	16.8	2.2	0.0	11.2
S5) Mesmo sem as provas tradicionais, os alunos tiveram que estudar para garantir o progresso na gamificação.	86.5	7.9	5.6	0.0	0.0
S6) A substituição das provas tradicionais pelo acúmulo de pontos na gamificação do laboratório, aliada a estratégias de jogo e desafios digitais, agradou os alunos.	81.0	9.0	5.6	2.2	2.2
S7) Durante a gamificação, os alunos desenvolvem uma motivação interna (desejo de participar para sua própria satisfação), desafiando-os e engajando-os em missões.	47.2	25.8	9.0	13.5	4.5
S8) As recompensas e os desafios da gamificação impactaram positivamente o desempenho acadêmico dos alunos.	79.8	12.3	0.0	7.9	0.0
S9) Os aspectos da gamificação foram eficazes na promoção da aprendizagem dos alunos.	52.8	21.4	5.6	9.0	11.2
S10) O <i>feedback</i> recebido durante as missões gamificadas foi útil para a aprendizagem e o sucesso acadêmico dos alunos.	28.1	55.1	11.2	5.6	0.0
S10) O <i>feedback</i> recebido durante as missões gamificadas foi útil para a aprendizagem e o sucesso acadêmico dos alunos.	25.8	60.7	4.5	9.0	0.0
S11) As notas e metas atribuídas para cada missão foram justas, considerando o grau de dificuldade atribuído a cada atividade	47.2	25.8	9.0	13.5	4.5

*DT = discordo totalmente D = discordo T = talvez C = concordo CT = concordo totalmente.

ANEXO I – ESCALA DE ENGAJAMENTO DO USUÁRIO TRADUZIDA (UES-Br)

A Portuguese translation of the User Engagement Scale

278:19

A UES-BR

Table 8. The UES and its validated translation for Portuguese, the UES-Br

Item	UES	UES-Br
FA.1	I lost myself in this experience.	Eu me concentrei intensamente nessa experiência.
FA.2	I was so involved in this experience that I lost track of time	Fiquei tão envolvido nessa experiência que perdi a noção do tempo.
FA.3	I blocked out things around me when I was using Application X .	Esqueci das coisas ao meu redor quando estava usando a Aplicação X .
FA.4	When I was using Application X , I lost track of the world around me.	Quando eu estava usando a Aplicação X , eu perdi a noção do mundo ao meu redor.
FA.5	The time I spent using Application X just slipped away.	O tempo que passei usando a Aplicação X simplesmente voou.
FA.6	I was absorbed in this experience.	Fiquei absorvido nessa experiência.
FA.7	During this experience I let myself go.	Durante essa experiência, eu me deixei levar.
PU.1	I felt frustrated while using this Application X .	Fiquei frustrado ao usar a Aplicação X .
PU.2	I found this Application X confusing to use.	Achei a Aplicação X confusa de usar.
PU.3	I felt annoyed while using Application X .	Fiquei irritado ao usar a Aplicação X .
PU.4	I felt discouraged while using this Application X .	Fiquei desanimado ao usar a Aplicação X .
PU.5	Using this Application X was taxing	Foi muito cansativo usar a Aplicação X .
PU.6	This experience was demanding.	Essa experiência exigiu muito de mim.
PU.7	I felt in control while using this Application X .	Eu me senti no controle ao usar a Aplicação X .
PU.8	I could not do some of the things I needed to do while using Application X .	Não consegui fazer algumas das coisas que eu precisava fazer enquanto estava usando a Aplicação X .
AE.1	This Application X was attractive	A Aplicação X é atraente.
AE.2	This Application X was aesthetically appealing	A Aplicação X é esteticamente agradável.
AE.3	I liked the graphics and images of Application X .	Gostei dos elementos gráficos e das imagens da Aplicação X .
AE.4	Application X appealed to my visual senses.	A Aplicação X chamou minha atenção visualmente.
AE.5	The screen layout of Application X was visually pleasing.	A distribuição dos elementos na tela da Aplicação X é visualmente agradável.
RW.1	Using Application X was worthwhile.	Valeu a pena usar a Aplicação X .
RW.2	I consider my experience a success.	Acho que minha experiência foi um sucesso.
RW.3	This experience did not work out the way I had planned.	Essa experiência não foi do jeito que eu esperava.
RW.4	My experience was rewarding.	Minha experiência foi gratificante.
RW.5	I would recommend Application X to my family and friends	Eu recomendaria a Aplicação X para familiares e amigos.
RW.6	I continued to use Application X out of curiosity.	Continuei usando a Aplicação X por curiosidade.
RW.7	The content of Application X incited my curiosity.	O conteúdo da Aplicação X despertou minha curiosidade .
RW.8	I was really drawn into this experience.	Fiquei muito atraído por essa experiência.
RW.9	I felt involved in this experience.	Eu me senti inserido nessa experiência.
RW.10	This experience was fun.	Essa experiência foi divertida.