



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E DE

COMPUTAÇÃO

MESTRADO ACADÊMICO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO

RHUAN DA SILVA NUNES

IMPACTO DAS ATIVIDADES DE REVISÕES ESPAÇADAS E DA GAMIFICAÇÃO DE

PROGRESSÃO NA RETENÇÃO E DESEMPENHO ACADÊMICO EM CÁLCULO

PARA ENGENHARIA

SOBRAL

2025

RHUAN DA SILVA NUNES

IMPACTO DAS ATIVIDADES DE REVISÕES ESPAÇADAS E DA GAMIFICAÇÃO DE
PROGRESSÃO NA RETENÇÃO E DESEMPENHO ACADÊMICO EM CÁLCULO PARA
ENGENHARIA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Engenharia Elétrica e de Computação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação do Centro de Engenharia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Elétrica e de Computação. Área de Concentração: Sistemas de Informação.

Orientador: Dr. José Cláudio do Nascimento.

SOBRAL

2025

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N928i Nunes, Rhuan da Silva.
Impacto das Atividades de Revisões Espaçadas e da Gamificação de Progressão na Retenção e Desempenho Acadêmico em Cálculo para Engenharia / Rhuan da Silva Nunes. – 2025.
104 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Sobral, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação, Sobral, 2025.
Orientação: Prof. Me. José Cláudio do Nascimento.

1. engenharia. 2. revisões espaçadas. 3. Ebbinghaus. 4. metodologias ativas. 5. gamificação. I. Título.
CDD 621.3

RHUAN DA SILVA NUNES

IMPACTO DAS ATIVIDADES DE REVISÕES ESPAÇADAS E DA GAMIFICAÇÃO DE
PROGRESSÃO NA RETENÇÃO E DESEMPENHO ACADÊMICO EM CÁLCULO PARA
ENGENHARIA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Engenharia Elétrica e de Computação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação do Centro de Engenharia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Elétrica e de Computação. Área de Concentração: Sistemas de Informação.

Aprovada em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Dr. José Cláudio do Nascimento (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Kleber César Alves de Souza (Membro Interno)
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Dra. Ana Cléa Gomes de Sousa (Membro Externo)
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Em primeiro lugar, dedico este trabalho aos autores da minha vida: Deus e minha mãe Nossa Senhora da Conceição, que me permitiram alcançar este mestrado em uma universidade federal. Dedico, ainda, à minha mãe, que, com muita luta e apesar de inúmeras humilhações, conseguiu investir na minha educação. Sem ela, eu não seria nada.

Dedico, também, à memória do meu avô Miguel Martins (*in memoriam*) e do meu tio Haroldo Rosa (*in memoriam*), que, por muitos anos, foram em minha vida uma figura paterna.

AGRADECIMENTOS

Início meus agradecimentos com as palavras da música do rapper BK: "Eu sou a continuação de um sonho, Da minha mãe, do meu pai, De todos que vieram antes de mim. Eu sou a continuação de um sonho, Da minha vó, do meu vô.". Essas palavras me lembram que este sonho e sua realização não são apenas meus, mas de todos que me antecederam, que contribuíram de alguma forma para que eu chegasse até aqui.

Agradeço a Jesus Cristo, que me deu forças para continuar lutando e buscando conhecimento. Agradeço também à intercessão de Nossa Senhora, que, junto ao seu Filho, me abençoou e guiou durante todo o meu percurso.

Agradeço à minha mãe, Ana Geisa da Silva Rosa, que sempre foi e continuará sendo o meu combustível diário. Em cada etapa da minha vida, foi ela quem me fortaleceu, quem enxugou minhas lágrimas nos dias difíceis e celebrou comigo cada pequena conquista. Mais do que minha mãe, ela é minha conselheira, minha base emocional e meu apoio financeiro. Ela acreditou em mim quando até eu duvidava, e se hoje estou aqui, é porque esse sonho não é apenas meu, é também dela. Um sonho que ela alimentou com amor, dedicação e sacrifício, e que agora tenho a honra de realizar. Nada disso seria possível sem você, mãe. Obrigado por tudo.

Estendo minha gratidão às mulheres incríveis que também me formaram com carinho e força: minha avó Dona Zilma, minha tia Cláudia, minha avó Dona Ica, minha Tia Hernilda e minha Tia e Madrinha Conceição. Desde a infância, elas, ao lado da minha mãe, me ofereceram suporte, cuidado e palavras de incentivo. Cada gesto, cada conselho e cada demonstração de afeto foram essenciais para que eu pudesse acreditar no meu potencial. Elas me mostraram o quanto sou capaz, que posso ir além, mesmo diante das dificuldades. Obrigado por serem mães em minha vida, por me guiarem com tanto amor e firmeza. Esta conquista também é de vocês.

Agradeço ao meu irmão, Rhyan Pablo. Apesar das brigas, dos estresses e das diferenças do dia a dia, sei, de verdade, que o nosso laço é forte, verdadeiro e inquebrável. Se hoje estou aqui, é porque, de alguma forma, ele fez parte desse caminho, seja pelas palavras, pelas atitudes, pelos empurrões invisíveis ou até pelo simples fato de existir ao meu lado. Muito do que sou hoje carrega a influência dele: para o bem, para o aprendizado, para a superação. Rhyan, obrigado por ser meu irmão, meu apoio e, muitas vezes, a minha motivação. Esta conquista também é sua.

Agradeço ao meu padrasto, Lucidio Silva, pelo suporte afetivo, conselhos e apoio

financeiro que foram fundamentais para que eu chegasse a mais este passo. Agradeço ao meu pai, Edneudo Nunes, pelos conselhos, afeto e pela orientação constante, essenciais para o profissional que venho me tornando. Estendo os agradecimentos a toda minha família pelo afeto, carinho e por sempre estarem ao meu lado.

Agradeço ao meu orientador, Dr. José Cláudio do Nascimento, que foi fundamental durante os dois anos de pesquisa. Sua paciência e dedicação foram fundamentais para que eu conseguisse atravessar os desafios do caminho. O que mais me marcou, no entanto, foi a confiança que ele sempre demonstrou em minhas ideias e a sua incrível humildade para ouvir minhas sugestões, algo que me incentivou a crescer e a aprimorar minhas próprias capacidades. Sou imensamente grato.

Agradeço à minha namorada, Aline Sena, por sua paciência, apoio, conselhos e por acreditar em mim. Seu amor e carinho me deram força para seguir com tranquilidade. Agradeço também à sua família por me oferecer tanto suporte e afeto.

Agradeço aos colegas e amigos de mestrado, que foram essenciais para tornar essa jornada mais leve e agradável. Em especial, agradeço ao Professor Mestre Acácio Salustiano, a quem aprendi muito sobre docência e com quem compartilhei momentos de debates sobre nossas pesquisas. Seus ensinamentos foram cruciais para o desenvolvimento deste estudo. Agradeço ao Professor Mestre Danillo Fernandes, pela sua humildade e boa vontade em me ajudar no início do mestrado. Seus ensinamentos foram combustível para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço à Kattiely Melo e ao Rogério Matos pelo auxílio, companheirismo e comprometimento durante as etapas deste estudo. Agradeço ainda aos demais colegas de mestrado, que, em meio às novidades da pós-graduação, tornaram os momentos mais leves: Alan, Adriano, Gean e demais colegas.

Agradeço aos meus amigos, que foram e continuam sendo essenciais para que eu chegasse até aqui. Lembro que, no começo, nem queria me inscrever para o programa, mas foi com o apoio e força do Humberto Van Ool e do Iago Magalhães que esse sonho se tornou possível. Agradeço também aos amigos César Augusto, Wilson Frota e Isaak Sousa, pela força, companheirismo e pelos momentos de descontração, que tornaram esse processo mais saudável e divertido.

Não poderia deixar de lembrar dos meus amigos de vida, Elder Marques, Sarah Araújo e Vilauba Silva, que caminham comigo desde os tempos da escola. A presença e o apoio de vocês alimentaram este sonho. Obrigada, meus irmãos de outra mãe, por cada palavra de

incentivo, cada riso compartilhado e cada silêncio cheio de compreensão nos momentos difíceis. Vocês fazem parte da minha história, como pilares invisíveis que sustentam não apenas minhas conquistas, mas também minha esperança em dias melhores. O carinho e a lealdade de vocês me mostram que, mesmo quando os meses passam sem nos encontrarmos, o afeto permanece intacto, como se estivéssemos lado a lado todos os dias. Isso só reforça que a verdadeira amizade é, sem dúvida, um dos maiores tesouros da vida.

Agradeço, ainda, aos meus amigos que fiz durante o percurso da graduação e mestrado, que me impulsionaram a alçar voos maiores: Yan Victor, Andryne Veras, Bruno Rodrigues, Pedro Yuri, Andrea Freitas, Karol Gomes, Sarah Frota, Thiago Calixto, Ana Jéssica, Vinícius, Francislane Teles, Jéssica Jorge, dentre tantos outros que se somaram.

Agradeço aos alunos de Cálculo 2 (semestres 2024.1, 2024.2 e 2025.1), que contribuíram durante a minha pesquisa, sendo os meus “ratinhos de laboratório” submetidos ao experimento que aqui apresento. Foi ainda durante o estágio de docência, que pude vivenciar ainda mais a prática docente e compreender que ser professor vai muito além de simplesmente dar aula. Obrigado, futuros engenheiros!

Agradeço às escolas onde leciono, o Colégio Ethos e o Colégio Farias Brito Sobralense, aos meus alunos e colegas de trabalho. Em especial, agradeço à Tia Régina Cunha e à Tia Waleria Medeiros, pelo suporte e orientação durante minha formação como professor. Seus ensinamentos foram fundamentais para o Tio Rhuan de hoje.

Agradeço à Universidade Federal do Ceará pelo suporte e auxílio no desenvolvimento deste estudo. Em especial, agradeço à Simone, da recepção da UFC, e ao Marcelo, da T.I., pelas conversas e trocas de informações, que me ajudaram a me encaixar em um lugar até então desconhecido e repleto de novidades para mim.

Agradeço também ao Instituto Federal do Ceará pela formação acadêmica e profissional que me possibilitou ingressar neste programa de mestrado. Agradeço, ainda, aos meus ex-professores do Instituto Federal do Ceará pelo suporte e pelos conselhos. Graças a eles, pude acreditar que seria capaz de ingressar em um programa de mestrado na Universidade Federal do Ceará: Aldinei Aragão, Fabiano Carneiro, Francilino Ribeiro, Aglailson Olivindo e Kleber César.

Aos membros da banca, Dra. Ana Cléa Gomes de Sousa e Dr. Kleber César Alves de Souza expresso minha imensa gratidão pelas valiosas contribuições e pelo tempo dedicado à avaliação deste trabalho.

Agradeço à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo apoio e suporte na realização desta pesquisa.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista. Meus mais sinceros agradecimentos.

"A Matemática é o alfabeto com o qual Deus
escreveu o Universo."
(Galileu Galilei)

RESUMO

Este estudo investigou o impacto das Atividades Revisões Espaçada (AREs) e da Gamificação de Progressão na retenção de aprendizado, no desempenho acadêmico e no engajamento de estudantes de Cálculo em cursos de Engenharia. A pesquisa envolveu experimentos controlados, aplicando AREs baseadas na teoria de Hermann Ebbinghaus, com o objetivo de otimizar a retenção do conhecimento, e explorou a Gamificação de Progressão para intensificar o engajamento dos alunos. Os experimentos foram realizados com estudantes de Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus Sobral. O primeiro experimento contou com duas análises comparativas. Na primeira análise, comparou-se um grupo controle com atividades espaçadas implícitas e um grupo experimental inserido em atividades de revisão programadas. Os resultados mostraram que o grupo que utilizou AREs explícitas obteve desempenho superior ao grupo controle, com médias de notas mais altas (4,97 contra 3,90) e uma taxa de aprovação 74% maior. Já a segunda análise comparou dois grupos submetidos às AREs, mas com um maior número de repetições para o grupo experimental. Nessa análise, o desempenho individual do grupo experimental se sobressaiu em relação ao grupo de controle, indicando que mais repetições promovem uma melhora no desempenho individual. O segundo experimento foi a aplicação da Gamificação de Progressão, onde a introdução de bonificações aumentou as médias de notas de 4,97 para 6,14 e a taxa de aprovação de 53,5% para 76,7%. A gamificação também proporcionou maior consistência nas notas. No entanto, a relação direta entre a bonificação e o aprendizado profundo exige mais investigação, pois a bonificação atuou mais como um incentivo comportamental. O estudo também identificou desafios, como carga de trabalho excessiva, ansiedade e desequilíbrio na divisão de tarefas nos grupos. A combinação das AREs com a gamificação foi indicada como uma abordagem promissora para superar esses desafios, promovendo um aprendizado mais envolvente e duradouro.

Palavras-chave: engenharia; revisões espaçadas; Ebbinghaus; metodologias ativas; gamificação.

ABSTRACT

This study investigated the impact of Spaced Review Activities (SRAs) and Progression Gamification on learning retention, academic performance, and engagement of students in Calculus courses in Engineering programs. The research involved controlled experiments, applying SRAs based on Hermann Ebbinghaus' theory, with the aim of optimizing knowledge retention, and explored Progression Gamification to intensify student engagement. The experiments were conducted with students from the Electrical Engineering and Computer Engineering programs at the Federal University of Ceará (UFC), Sobral Campus. The first experiment consisted of two comparative analyses. In the first analysis, a control group with implicit spaced activities was compared with an experimental group that was engaged in scheduled review activities. The results showed that the group using explicit SRAs performed better than the control group, with higher average grades (4.97 vs. 3.90) and a 74% higher pass rate. The second analysis compared two groups submitted to SRAs, but with a greater number of repetitions for the experimental group. In this analysis, the individual performance of the experimental group stood out compared to the control group, indicating that more repetitions promote an improvement in individual performance. The second experiment was the application of Progression Gamification, where the introduction of bonuses increased average grades from 4.97 to 6.14 and the pass rate from 53.5% to 76.7%. Gamification also provided greater consistency in the grades. However, the direct relationship between the bonus and deep learning requires further investigation, as the bonus acted more as a behavioral incentive. The study also identified challenges, such as excessive workload, anxiety, and imbalance in task division within groups. The combination of SRAs with gamification was identified as a promising approach to overcome these challenges, promoting a more engaging and lasting learning experience.

Keywords: engineering; spaced learning; Ebbinghaus; active learning methodologies; gamification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curva do Esquecimento de Ebbinghaus.	30
Figura 2 – Curva do Esquecimento de Ebbinghaus com Repetições Espaçadas.	32
Figura 3 – Comparação entre Grupo Controle (curva azul) e Experimental (curva verde).	54
Figura 4 – Comparação de Médias, Coeficiente de Variação e Desvio Padrão entre os Grupos Controle (barra azul) e Experimental (barra verde).	55
Figura 5 – Comparação entre Atividade Colaborativa (curva verde) e Atividades Individuais (curva amarela) - a) Controle e b) Experimental.	57
Figura 6 – Comparação entre grupos sem bônus (curva verde) e com bônus (curva vermelha).	71
Figura 7 – Comparação de Médias, Coeficiente de Variação e Desvio Padrão entre os grupos sem bônus (barra verde) e com bônus (barra vermelha).	73
Figura 8 – Gráfico de Correlação entre Média das Notas (eixo y) e os Pontos da Bonificação (eixo x).	74
Figura 9 – Grupo de Controle da Análise 1.	85
Figura 10 – Grupo de Controle da Análise 2.	85
Figura 11 – Grupo experimental: Atividades individuais.	86
Figura 12 – Grupo experimental: Atividades colaborativas.	86
Figura 13 – Grupo experimental: Atividades colaborativas sem smartphones.	87
Figura 14 – <i>Smartphones</i> dos estudantes.	87
Figura 15 – Página de login.	97
Figura 16 – Seleção da disciplina.	97
Figura 17 – Topo da página inicial da disciplina.	98
Figura 18 – Parte da trilha com as fases do jogo/disciplina.	99
Figura 19 – Fase 1 e 2.	99
Figura 20 – Fase 3 e 4.	100
Figura 21 – Fase 5 e 6.	100
Figura 22 – Fase 7 e 8.	100
Figura 23 – Fase 9 e 10.	100
Figura 24 – Fase 11 e 12.	101
Figura 25 – Fase 13 e 14.	101
Figura 26 – Bloco de Ranking.	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Grupos da Primeira Análise.	47
Tabela 2 – Grupos da Segunda Análise.	48
Tabela 3 – IAEA - Grupo Controle x Grupo Experimental.	54
Tabela 4 – Resultados acadêmicos para os grupos Controle e Experimental.	56
Tabela 5 – Média das Notas da Atividade Colaborativa e das Atividades Individuais - Grupos Controle e Experimental.	58
Tabela 6 – IAEA para Atividade Colaborativa e Individuais - Grupos Controle e Experi- mental.	58
Tabela 7 – IAEA e Médias dos grupos sem e com bônus.	72
Tabela 8 – Resultados para os grupos sem e com bônus.	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
ABT	Aprendizagem Baseada em Tecnologias
AC	Aprendizagem Colaborativa
AEI	Atividades Espaçadas Implícitas
ARE	Atividades de Revisões Espaçadas
CNE	Conselho Nacional de Educação
CV	Coeficiente de Variação
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
DP	Desvio Padrão
IAEA	Índice de Assimetria de Excelência Acadêmica
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados
MA	Metodologias Ativas
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
SAI	Sala de Aula Invertida
TDIC	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Objetivos	19
1.1.1	<i>Objetivos Gerais</i>	19
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	19
1.2	Contribuições científicas	19
1.2.1	<i>Atividades de Revisões Espaçadas (AREs) na Retenção de Aprendizagem .</i>	19
1.2.2	<i>Impacto da Gamificação de Progressão no Engajamento e Desempenho Acadêmico</i>	20
1.2.3	<i>Confiabilidade Metodológica e Inovação da Métrica de Análise</i>	20
1.3	Estrutura da Dissertação	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	Metodologias ativas	22
2.1.1	<i>Contexto histórico, definição e características.</i>	22
2.1.1.1	<i>Contexto histórico</i>	22
2.1.1.2	<i>Definição</i>	23
2.1.1.3	<i>Características</i>	23
2.1.2	<i>Metodologias ativas em cursos de engenharia</i>	25
2.1.3	<i>Metodologias ativas - Abordagens</i>	26
2.1.4	<i>Desafios das metodologias ativas</i>	28
2.2	Memória de Longo Prazo e Revisões Espaçadas	29
2.2.1	<i>Teoria de Ebbinghaus</i>	29
2.2.2	<i>Atividades de Revisões Espaçadas</i>	31
2.2.3	<i>Combate ao Esquecimento e Melhoria da Retenção a Curto e Longo Prazo</i>	32
2.2.4	<i>Contribuição para o Aprendizado de Cálculo Integral e Diferencial II em Cursos de Engenharia</i>	33
2.3	Gamificação na Educação	35
2.3.1	<i>Conceito e Fundamentos da Gamificação</i>	35
2.3.2	<i>Gamificação de Progressão</i>	37
2.3.3	<i>Gamificação: Estratégia para Superar Desafios</i>	38
2.3.4	<i>Gamificação: Ensino de Cálculo e Matemática na Engenharia</i>	39

2.3.5	<i>Gamificação e Atividades de Revisões Espaçadas</i>	41
2.4	Engajamento Acadêmico	42
3	ATIVIDADES DE REVISÕES ESPAÇADAS	45
3.1	Introdução	45
3.2	Metodologia	46
3.2.1	<i>Metodologia: Atividades Espaçadas Implícitas vs Atividades de Revisões Espaçadas</i>	48
3.2.2	<i>Metodologia: Atividades de Revisões Espaçadas com 2 Repetições vs Atividades de Revisões Espaçadas com 4 Repetições</i>	49
3.2.3	<i>Plataforma Moodle</i>	51
3.2.4	<i>Índice de Assimetria de Excelência Acadêmica - IAEA</i>	51
3.2.5	<i>Lei Geral de Proteção de Dados</i>	52
3.3	Resultados	52
3.3.1	<i>Atividades de Revisões Espaçadas vs Atividades Espaçadas Implícitas</i> . . .	53
3.3.2	<i>Atividades de Revisões Espaçadas com 2 Repetições vs Atividades de Revisões Espaçadas com 4 Repetições</i>	56
3.4	Desafios	59
3.5	Conclusão	62
4	GAMIFICAÇÃO DE PROGRESSÃO	65
4.1	Introdução	65
4.2	Metodologia	67
4.2.1	<i>Gamificação</i>	67
4.2.1.1	<i>Aplicação</i>	67
4.2.1.2	<i>Temática do Jogo</i>	68
4.2.1.3	<i>Atividades de Colaboração</i>	69
4.2.1.4	<i>Regras</i>	69
4.2.1.5	<i>Configuração do Game no Moodle</i>	70
4.2.2	<i>Índice de Assimetria de Excelência Acadêmica - IAEA</i>	70
4.2.3	<i>Lei Geral de Proteção de Dados</i>	70
4.3	Resultados	71
4.3.1	<i>Impacto da bonificação na taxa de aprovação</i>	73
4.3.2	<i>Impacto da bonificação no aprendizado</i>	74

4.4	Conclusão	75
5	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICES	85
	APÊNDICE A – Experimento	85
	APÊNDICE B – Configurações do tema no Moodle	88
	APÊNDICE C – Questões Randomizadas e Parametrizadas - Moodle . . .	91
	APÊNDICE D – Regras da Gamificação de Progresso	93
	APÊNDICE E – Configuração da Disciplina com Gamificação de Progressão	94
	APÊNDICE F – Design e Imagens do Jogo/Disciplina: As Aventuras de	
	Oliver Heaviside no Cálculo II	97
	APÊNDICE G – Vídeos Informativos da Gamificação	102

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mercado de trabalho tem demandado cada vez mais engenheiros com níveis crescentes de formação acadêmica (especializações, mestrados e doutorados), bem como competências em liderança e resolução de problemas, evidenciando a necessidade de formações técnicas e teóricas eficientes, capazes de acompanhar as inovações tecnológicas e enfrentar desafios complexos (Froyd *et al.*, 2012; Freeman *et al.*, 2014; UNESCO, 2021; Salami e Alothman, 2022; Ibrahim e Abuddin, 2024; Asif, 2024). Em resposta a essa demanda, os currículos dos cursos de Engenharia passaram por revisões visando incluir competências práticas e atualizar conteúdos, mas ainda enfrentam altos índices de evasão em disciplinas-chave, como Cálculo, Álgebra e Física, devido às dificuldades de aprendizagem nessas áreas (Graham *et al.*, 2013; Filho *et al.*, 2022; Salustiano, 2025). Esses desafios na aprendizagem de disciplinas matemáticas em cursos de engenharia comprometem não apenas a progressão acadêmica dos estudantes, mas também a qualidade da mão de obra que ingressa no mercado de trabalho, evidenciando a urgência de adotar metodologias de ensino mais eficazes para assegurar a formação integral dos futuros engenheiros (Salustiano, 2025).

Embora não se restrinja às universidades, essa problemática se intensifica no contexto educacional brasileiro: o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) de 2018, organizado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), apontou que mais de dois terços dos estudantes brasileiros de até 15 anos ficam abaixo do nível “básico” em matemática (Brasil, 2020). Esse quadro revela que as deficiências iniciadas na educação básica podem acompanhar o aluno até o ingresso em cursos de engenharia, resultando em baixo rendimento e elevados índices de evasão no ensino superior (Saccaro *et al.*, 2019). Além disso, a complexidade do cálculo e às abstrações matemáticas alimentam a chamada “matofobia”, que trata-se do preconceito ou aversão a matemática, que reforça esse ciclo de dificuldades, cujas raízes residem na formação básica e se agravam ao longo da graduação (Papert, 1998).

Para combater essa problemática e tornar disciplinas complexas, como o Cálculo, mais dinâmicas e atraentes, surgem soluções inovadoras voltadas à redução dessas dificuldades, dentre elas existe a inserção de tecnologias educacionais (Moran, 2021; Bacich e Moran, 2021; Nunes *et al.*, 2023a; Mesquita *et al.*, 2024). Estas soluções são, inclusive, amparadas por órgãos nacionais, essas iniciativas estão incorporadas às Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para cursos de engenharia, definidas pelo Conselho Nacional de Educação (CNE), que estabelecem diretrizes obrigatórias para os programas curriculares (Brasil, 2019). Na revisão das DCNs em

2019, o Art. 6º, § 6º enfatiza: “Deve-se estimular o uso de metodologias para aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno” (Brasil, 2019). Nesse contexto, as Metodologias Ativas (MA) despontam pelo potencial de aprimorar o ensino, elevar a retenção e intensificar o engajamento dos estudantes (Magalhães, 2023; Salustiano, 2025). Hoje existem diversas abordagens que são frutos da aprendizagem ativa, desde atividades voltadas a reduzir o “esquecimento” (Ebbinghaus, 1885) até propostas que convertem conteúdo em jogos colaborativos (Fadel *et al.*, 2014).

Em resposta a esse cenário, desenvolvemos e aplicamos um estudo focado na utilização das MAs a fim de investigar de que modo elas podem reforçar a retenção, o desempenho acadêmico e o engajamento de estudantes em cursos de engenharia. Para tanto, realizamos experimentos controlados com as Atividades de Revisões Espaçadas (ARE)s, inspiradas nos estudos de Hermann Ebbinghaus, que investigava formas de reduzir o esquecimento e promover a retenção do conhecimento a longo prazo (Ebbinghaus, 1885). Em paralelo, conduzimos um segundo experimento baseado na Gamificação de Progressão, que incorpora mecânicas de jogos ao ambiente educacional para tornar o aprendizado mais envolvente e participativo (Fadel *et al.*, 2014).

Os resultados dos experimentos conduzidos no ensino de Cálculo Diferencial e Integral II evidenciam o impacto das diferentes abordagens educacionais no desempenho acadêmico dos estudantes. A implementação das AREs se mostrou eficaz, resultando em um desempenho superior no grupo experimental, com um aumento de aproximadamente 74% na taxa de aprovação em comparação ao grupo controle. No entanto, desafios relacionados ao engajamento dos estudantes, como carga de trabalho excessiva e resistência à mudança, foram observados. A gamificação, por sua vez, também teve um impacto positivo, aumentando as médias e a taxa de aprovação dos estudantes. No entanto, a relação entre bonificação e aprendizado efetivo requer mais análise, dado que houve dispersão nos dados da análise de correlação.

Esses resultados destacam a importância da integração das AREs no ensino de disciplinas complexas como o Cálculo e reforçam a relevância da inclusão de metodologias inovadoras, como a Gamificação de Progressão, para superar os obstáculos enfrentados pelos estudantes de engenharia, promovendo, assim, melhorias no desempenho, na retenção e no engajamento.

1.1 Objetivos

1.1.1 *Objetivos Gerais*

Verificar o impacto do aumento do número de repetições em AREs associadas as MAs na retenção do aprendizado e no desempenho acadêmico de estudantes de disciplinas como Cálculo e investigar como a Gamificação de Progressão, promove o aumento no engajamento dos estudantes quando associadas às AREs.

1.1.2 *Objetivos específicos*

- Conduzir um experimento controlado para verificar o impacto do aumento do número de repetições em AREs na aprendizagem e retenção do conhecimento.
- Investigar, por meio de duas análises, o efeito do aumento do número de repetições, comparando o grupo experimental com dois grupos de controle distintos: um grupo com atividades espaçadas implícitas e outro grupo com AREs.
- Analisar o impacto das AREs a longo prazo na retenção do conhecimento.
- Conduzir um experimento controlado para verificar o aumento no engajamento acadêmico a partir da introdução da Gamificação de Progressão.
- Verificar se a bonificação, um elemento da Gamificação de Progressão, contribui para a retenção do conhecimento em Cálculo.

1.2 Contribuições científicas

Neste estudo trouxemos contribuições científicas importantes para o campo do Ensino de Cálculo em cursos de Engenharia, avançando o conhecimento existente com base em dados empíricos e metodologias inovadoras. As principais contribuições são as seguintes:

1.2.1 *Atividades de Revisões Espaçadas (AREs) na Retenção de Aprendizagem*

O estudo validou de modo empírico a eficácia das Atividades de Revisões Espaçadas (AREs) na melhoria do desempenho acadêmico e da retenção do conhecimento em Cálculo 2, em contraste com as atividades espaçadas implícitas. Demonstrou-se que o grupo experimental, que utilizou AREs explícitas, obteve uma média de notas superior (4,97 contra 3,90 do grupo controle), e uma taxa de aprovação 74% maior (53,5% vs. 30,77%). Observamos, ainda, uma

menor dispersão nas notas do grupo experimental (coeficiente de variação de 65,06% vs. 77,54% do grupo controle), indicando um aprendizado mais homogêneo e consistente.

Nossa pesquisa comprovou também que o aumento no número de repetições nas AREs tem um efeito positivo e significativo na aprendizagem individual a longo prazo. Ao compararmos grupos submetidos a AREs com diferentes números de repetições, verificamos que um maior número de repetições resultou em um desempenho individual superior, superando, em certos contextos, o desempenho obtido em atividades colaborativas. Isso é fundamental para uma retenção mais duradoura e eficaz do conteúdo complexo do Cálculo, tendo como base a teoria da curva do esquecimento de Hermann Ebbinghaus.

1.2.2 Impacto da Gamificação de Progressão no Engajamento e Desempenho Acadêmico

A aplicação da Gamificação de Progressão, com a introdução de bonificações, demonstrou um impacto positivo expressivo no desempenho acadêmico geral dos estudantes. Os resultados indicaram um aumento nas médias de notas, de 4,97 para 6,14, e na taxa de aprovação, de 53,5% para 76,7%. Além disso, a gamificação proporcionou maior consistência nas notas, reduzindo o coeficiente de variação de 65,06% para 41,42%.

A análise do estudo sugere que a bonificação atuou primariamente como um incentivo comportamental, favorecendo a participação e o cumprimento de tarefas, embora a relação direta entre a bonificação e o aprendizado profundo exija investigação mais aprofundada devido à dispersão nos dados de correlação. Contudo, a gamificação é apresentada como uma abordagem promissora para superar desafios inerentes às MAs, como a baixa motivação, carga de trabalho excessiva, ansiedade e desequilíbrio na divisão de tarefas em grupo, promovendo um aprendizado mais envolvente e duradouro.

1.2.3 Confiabilidade Metodológica e Inovação da Métrica de Análise

Neste estudo introduzimos e validamos abordagens metodológicas inovadoras que aprimoram a confiabilidade da pesquisa em ambientes educacionais e a análise de desempenho:

- **Controle de Integridade Acadêmica:** O uso de questões parametrizadas e randomizadas na plataforma Moodle foi fundamental para garantir a integridade acadêmica nas atividades, preenchendo lacunas de estudos anteriores e assegurando maior fidedignidade nos dados de aprendizado dos estudantes.
- **Validação do Índice de Assimetria de Excelência Acadêmica (IAEA):** O estudo validou

o Índice de Assimetria de Excelência Acadêmica (IAEA) como uma métrica eficaz para analisar a distribuição do desempenho dos estudantes. Essa métrica permitiu quantificar com precisão características e padrões específicos nas notas, como a centralização e a dispersão, possibilitando uma observação mais aprofundada do impacto das intervenções educacionais e o reconhecimento de um desempenho mais equilibrado.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos, cada um desempenhando um papel fundamental na construção e desenvolvimento da pesquisa.

No Capítulo 2 apresentamos a fundamentação teórica, na qual são discutidos os principais conceitos que embasam esta pesquisa, com destaque para as MAs, a Teoria de Ebbinghaus e as Atividades de Revisões Espaçada (AREs), a Gamificação e o Engajamento Acadêmico. Esses conceitos fundamentam a aplicação das estratégias voltadas para a melhoria da retenção do conhecimento, desempenho acadêmico e engajamento em Cálculo.

No Capítulo 3, é descritos o processo que realizamos para a nossa primeira investigação, na qual detalhamos, com uma introdução, metodologia, resultados e conclusão, o impacto do aumento do número de repetições das AREs.

O Capítulo 4 descrevemos como a investigação sobre a Gamificação de Progressão contribuiu para a melhoria do engajamento, apresentando também uma introdução, metodologia, resultados e conclusão.

Por fim, o Capítulo 5 apresentamos as conclusões da pesquisa, discutindo suas contribuições para o ensino de Cálculo e o desenvolvimento de estratégias educacionais mais eficazes. Também apresentamos as limitações do estudo e sugestões para futuras investigações na área.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O processo de aprendizagem é influenciado por diversos fatores, incluindo as abordagens educacionais adotadas e os mecanismos que afetam a retenção da informação. Nos últimos anos, estratégias inovadoras têm ganhado destaque no ambiente educacional, visando tornar o aprendizado mais eficaz e alinhado às necessidades atuais. Entre essas estratégias, as MAs se destacam, especialmente a Gamificação, que visa promover o engajamento dos estudantes, juntamente com os princípios da Teoria de Ebbinghaus, que explicam os processos de retenção da memória e a redução do esquecimento. Nesse contexto, o Engajamento surge como uma ferramenta fundamental para potencializar a aprendizagem, promovendo melhores resultados. Este capítulo, portanto, explora como as MAs e as técnicas de revisão espaçada podem ser integradas para otimizar a aquisição e a consolidação do conhecimento, favorecendo uma aprendizagem mais profunda e duradoura.

2.1 Metodologias ativas

2.1.1 Contexto histórico, definição e características.

2.1.1.1 Contexto histórico

John Dewey destacou, no final do século XIX, o conceito de *learning by doing* (ou aprender fazendo) (Dewey, 1916). Para ele, conhecimento e aprendizado não devem ser recebidos de modo passivo, mas construídos a partir de experiências com as atividades (Dewey, 1916). Já em meados de 1910, a educadora italiana Maria Montessori adaptou esses princípios ao contexto infantil, criando ambientes preparados e materiais que estimulam a interação da criança com o meio, permitindo-lhe construir o conhecimento por meio da descoberta (Montessori, 1909).

Aproximadamente uma década depois de Montessori, o psicólogo suíço Jean Piaget ampliou essa perspectiva ao formular a teoria construtivista, na qual o indivíduo constrói estruturas mentais justamente por meio dessa interação com o ambiente (Piaget, 1966). Um exemplo seriam atividades práticas, como a manipulação de circuitos eletrônicos, que ilustram bem como esse processo de construção ativa do aprendizado ocorre (Piaget, 1966). Já no final do século XX, Charles C. Bonwell e James A. Eison consolidaram o termo *active learning* (ou aprendizagem ativa) em um relatório que sistematiza técnicas para engajar estudantes em tarefas que exigem

reflexão sobre o próprio processo de aprendizagem, com ênfase sobretudo no ensino superior, e ao passar dos anos também se chamaria de Metodologias Ativas (Bonwell e Eison, 1991).

2.1.1.2 Definição

Bonwell e Eison (1991) destacam que as MAs rompem com o modelo tradicional, que colocava o professor como único detentor do conhecimento. As metodologias ativas de ensino colocam o estudante no centro do processo, tornando-o protagonista na construção do próprio conhecimento (Berbel, 2011; Lôbo *et al.*, 2024). Nesse novo modelo, o papel do professor deixa de ser simplesmente transmissor de conteúdo para se tornar facilitador, mediador e orientador do processo educativo (Bacich e Moran, 2021).

2.1.1.3 Características

Em estudos recentes Cunha *et al.* (2022) e Lima e Pereira (2023) investigaram a partir de revisões com professores e estudantes quais características são fundamentais para que uma prática possa ser considerada uma metodologia ativa. Dentre os resultados, destacam-se, entre outros, os seguintes elementos fundamentais:

1. Protagonismo do estudante:

- O aluno deixa de ser um agente passivo e assume um papel ativo na construção do conhecimento (Cunha *et al.*, 2022);
- Estimula a autonomia, responsabilidade e autogestão da aprendizagem (Cunha *et al.*, 2022).

2. Aprendizagem significativa e contextualizada:

- Os conteúdos são conectados à realidade dos estudantes, favorecendo a aplicação prática do conhecimento (Cunha *et al.*, 2022);
- Promove a resolução de problemas reais e o desenvolvimento do pensamento crítico (Cunha *et al.*, 2022).

3. Ensino colaborativo:

- Valoriza o trabalho em grupo, a troca de experiências e o aprendizado entre pares (Cunha *et al.*, 2022);
- Estimula o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como empatia, cooperação e comunicação (Lima e Pereira, 2023).

4. **Mediação do professor:**

- O docente atua como facilitador, orientador ou mentor, e não como a única fonte de conhecimento (Cunha *et al.*, 2022);
- Estimula o pensamento reflexivo por meio de perguntas, desafios e feedbacks constantes (Lima e Pereira, 2023).

5. **Avaliação formativa e contínua:**

- A avaliação ocorre durante todo o processo de aprendizagem, com foco no desenvolvimento das competências (Cunha *et al.*, 2022; Lima e Pereira, 2023).

6. **Interdisciplinaridade e flexibilidade:**

- Os temas são frequentemente abordados de forma integrada entre diferentes áreas do conhecimento (Cunha *et al.*, 2022);
- O planejamento é adaptável às necessidades da turma e aos contextos específicos (Cunha *et al.*, 2022).

7. **Uso de tecnologias e recursos diversificados:**

- Ferramentas digitais e analógicas são usadas para potencializar o engajamento e a aprendizagem (Lima e Pereira, 2023);
- Permite maior interatividade, personalização e acesso a diferentes mídias (Lima e Pereira, 2023).

A existência desses requisitos visa desenvolver nos estudantes habilidades cada vez mais necessárias no mercado de trabalho, por meio de experiências reais ou simuladas de aprendizagem, e caracteriza-se pela promoção de diversas competências (Berbel, 2011; Bacich e Moran, 2021). Esses requisitos promovem as seguintes habilidades e características:

- **Pensamento Crítico:** Peterson *et al.* (2018) destacam que as MAs promovem a chamada: *capacidade crítica* no desenvolvimento dos estudantes, evidenciando que essas metodologias contribuem para a troca de conhecimentos entre colegas e professores, ampliando, assim, o conhecimento de forma crítica. Os estudos e relatos de Berbel (2011), Teixeira *et al.* (2024) e Lôbo *et al.* (2024) corroboram essa afirmação, ressaltando a criticidade desenvolvida na aplicação das MAs.
- **Resolução de Problemas:** Berbel (2011) e Bacich e Moran (2021) ressaltam que os estudantes, quando frequentemente envolvidos em atividades que exigem a resolução de problemas, estão, nesse processo, construindo conhecimento. Conforme destacado e comprovado nos estudos de Magalhães *et al.* (2024) e Nunes *et al.* (2023a), que ressaltam

que essas atividades contribuem para a construção da aprendizagem.

- **Criatividade:** Segundo Berbel (2011) e Bacich e Moran (2021) as MAs estimulam à criatividade, incentivando os estudantes a pensarem de forma inovadora durante todo o processo de aprendizagem.
- **Colaboração:** Os estudos de Magalhães (2023), Lôbo *et al.* (2024) e Teixeira *et al.* (2024) destacam que as MAs favorecem o trabalho em equipe e a troca de conhecimentos entre pares, melhorando a comunicação e a interação no ambiente de aprendizagem.
- **Autonomia:** Freire (1970) destacou, em seus estudos, a importância de os estudantes terem maior autonomia na construção do próprio aprendizado, permitindo-lhes assumir um papel mais ativo e responsável. Ao aplicar as MAs, observa-se, portanto, a promoção da autonomia no processo de aprendizagem (Berbel, 2011; Bacich e Moran, 2021).

Moran (2021) destaca que a importância dessas metodologias para o aprendizado está no fato de que elas envolvem o estudante de maneira ativa na construção de seu próprio conhecimento. Nesse processo, o conhecimento não é apenas transmitido, mas construído e reelaborado pelo estudante com base nas suas necessidades e desafios (Berbel, 2011; Bacich e Moran, 2021). Isso garante que o aprendizado se conecte diretamente com a estrutura cognitiva do estudante, transformando o significado lógico do conteúdo em significado psicológico (Bacich e Moran, 2021). A aprendizagem significativa envolve uma atualização constante dos esquemas de conhecimento do estudante, que compara e integra as novas informações ao que já sabia, resultando em um aprendizado mais profundo e duradouro, conforme destacado por Berbel (2011), Bacich e Moran (2021).

2.1.2 Metodologias ativas em cursos de engenharia

No contexto dos cursos de engenharia, e em especial nas disciplinas de cálculo, como Cálculo Diferencial e Integral II, as MAs têm grande importância. O ensino de cálculo, tradicionalmente desafiador, apresenta taxas elevadas de reprovação nas universidades, em parte devido à complexidade dos conceitos e à preparação insuficiente dos estudantes no ensino médio (Magalhães, 2023). Abordagens tradicionais, muitas vezes, falham em conectar os conceitos de cálculo com sua aplicação prática, tornando o aprendizado distante da realidade do estudante. Isso exige uma reflexão sobre as práticas educacionais utilizadas e a busca por soluções inovadoras que promovam o engajamento dos estudantes (Magalhães, 2023).

Os estudos de Magalhães *et al.* (2024) e Salustiano (2025) destacam que o uso de

plataformas como o Moodle, combinadas com MAs, pode resultar em uma melhoria significativa no desempenho dos estudantes. Os autores realizaram experimentos em disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia e demonstraram que o uso de MAs no ensino dessa disciplina gerou um aumento na taxa de aproveitamento dos estudantes.

Embora a implementação de MAs apresentem desafios, como a resistência de alguns estudantes e professores a mudanças, Berbel (2011), Bacich e Moran (2021), Magalhães *et al.* (2024) e Teixeira *et al.* (2024) em seus estudos e relatos destacam que os resultados sugerem que a combinação de tecnologia e MAs é eficaz para engajar os estudantes e melhorar seu desempenho, superando as barreiras tradicionais do ensino.

2.1.3 Metodologias ativas - Abordagens

As MAs reúnem diferentes técnicas de ensino que colocam o aluno no centro do aprendizado, estimulando sua participação e autonomia na construção do conhecimento (Bacich e Moran, 2021). Dentre essas práticas, destacam-se:

- **Aprendizagem Colaborativa (AC):**
 - Mazur (2014), precursor da Aprendizagem Colaborativa (AC), destaca que essa abordagem baseia-se na organização dos estudantes em grupos para discutir, compartilhar informações e cooperar na resolução de tarefas ou problemas. Os estudos de Magalhães *et al.* (2024) e Salustiano (2025) corroboram as ideias do autor e precursor dessa metodologia;
 - Segundo Mazur (2014) essa abordagem promove uma comunicação mais fluida, permitindo que os estudantes se apoiem mutuamente na compreensão de conceitos. Validado ainda em estudos no contexto brasileiro pelo autor Bacich e Moran (2021);
 - A colaboração vai além da simples divisão de tarefas, buscando uma construção conjunta do conhecimento (Bacich e Moran, 2021).
- **Sala de Aula Invertida (SAI):**
 - Bergmann e Sams (2012), precursores desta abordagem, ressaltam que a metodologia é caracterizada pela inversão de papéis entre a sala de aula e o estudo em casa. Ou seja, o aprendizado que tradicionalmente ocorre em sala de aula passa a ser realizado em casa, utilizando meios tecnológicos (como vídeos, e-books e PDFs) ou métodos tradicionais (por meio de livros e materiais de estudo), enquanto as atividades que normalmente seriam feitas como tarefa de casa passam a ser desenvolvidas em sala de

aula. Os estudos de Collado-Valero *et al.* (2021) destacam esse processo de inversão de papéis e ressaltam o potencial educativo dessa abordagem.

- Collado-Valero *et al.* (2021) ressaltam que o tempo presencial é dedicado a atividades práticas, resolução de dúvidas, discussões e projetos, com o professor atuando como mediador e orientador.
- Essa flexibilidade permite ensino personalizado, possibilitando que o professor identifique as dificuldades dos estudantes a partir das atividades online (Bacich e Moran, 2021).

- **Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP):**

- A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), geralmente aplicada em cursos da área da saúde, foi desenvolvida pelo médico Howard Barrows (Barrows, 1986). A proposta apresentada por (Barrows, 1986) buscava impulsionar o aprendizado por meio da apresentação de problemas ou situações reais, que demandavam investigação e busca por soluções, no contexto da medicina. No entanto, a abordagem obteve tanto sucesso que, atualmente, diversos estudos em diferentes áreas a utilizam como referência, dentre eles: Berbel (2011), Sousa *et al.* (2022), Nunes *et al.* (2023a), Lôbo *et al.* (2024) e Mesquita *et al.* (2024).
- Segundo Bacich e Moran (2021), a ABP promove nos estudantes o desenvolvimento do pensamento crítico, da reflexão e de habilidades práticas, conforme também destacado nos estudos de Magalhães (2023), Nunes *et al.* (2023b) e Lôbo *et al.* (2024).

- **Aprendizagem Baseada em Tecnologia (ABT):**

- Papert (1998), considerado o pai das tecnologias educacionais, destacava que a aprendizagem e o pensamento poderiam ser ampliados a partir da interação com computadores, que à época já representavam uma inovação tecnológica. Além disso, Papert integrava as ideias construcionistas de Piaget (1966) com as tecnologias que viriam a ser chamadas de Tecnologias Educacionais. A integração desses aparatos tecnológicos potencializa as MAs, oferecendo novas formas de colaboração e acesso ao conhecimento (Bacich e Moran, 2021). Estudos como os de Nunes *et al.* (2023a), Mesquita *et al.* (2024) e Salustiano (2025) destacam a capacidade de promover avanços a partir da união da Aprendizagem Baseada em Tecnologias (ABT) em contextos educacionais.

- As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), como o Moodle, YouTube, Kahoot e outras ferramentas, permitem um aprendizado mais interativo e personalizado, conforme destacado por Magalhães *et al.* (2024) e Salustiano (2025).

2.1.4 Desafios das metodologias ativas

As MAs vêm ganhando relevância crescente no campo educacional, especialmente impulsionadas pela expansão das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) (Bacich e Moran, 2021). Contudo, sua implementação ainda enfrenta diversos desafios de ordem estrutural, pedagógica e tecnológica, entre os quais se destacam:

- **Resistência e Desconforto dos Professores:** Muitos professores, habituados ao ensino tradicional, sentem-se desconfortáveis com o uso das TDIC pelos estudantes em sala de aula, percebendo-as como fontes de distração (Bacich e Moran, 2021). Nos estudos de Fadel *et al.* (2014) e Vera e Fernandez (2023), os autores enfatizam uma lacuna na formação docente para a adequação a essa nova realidade e para o alinhamento das tecnologias com os métodos instrucionais e os objetivos de aprendizagem.
- **Engajamento e Motivação dos Estudantes:** Bacich e Moran (2021) ressalta que a falta de interesse e motivação dos estudantes em aulas tradicionais é um problema persistente. Em cursos de engenharia, a dificuldade em assimilar conceitos de Cálculo pode levar à desmotivação e comprometer a formação de profissionais qualificados, resultando em altas taxas de evasão e reprovação, conforme ressaltado nos estudos práticos de Manzananas e Domínguez (2022) e Salustiano (2025).
- **Adequação Curricular e Personalização:** A rigidez do sistema educacional e a dificuldade em adaptar os conteúdos curriculares aos interesses e ao nível de conhecimento de cada estudante são grandes barreiras (Bacich e Moran, 2021). A personalização do ensino exige um diagnóstico preciso das “rachaduras de aprendizagem” dos estudantes, o que é um desafio subjetivo e complexo para os professores (Bacich e Moran, 2021).
- **Escala e Recursos:** A implementação de MAs em larga escala, especialmente em salas com grande número de estudantes, é difícil (Bacich e Moran, 2021). Além disso, questões de infraestrutura mínima nas escolas e a remuneração dos docentes são fatores que limitam a inovação (Fadel *et al.*, 2014).
- **Mudança de Papel do Professor:** O professor precisa transitar de transmissor de informação para mediador, consultor e facilitador do conhecimento, o que demanda uma

reinvenção de suas práticas de ensino (Salustiano, 2025).

- **Expectativas Irrealistas:** Quando mal aplicada, as MAs podem criar expectativas excessivas sobre o processo de aprendizagem, convertendo o ensino em um simples entretenimento sem gerar resultados concretos (Fadel *et al.*, 2014).
- **Superficialidade do Aprendizado:** A mera inclusão de tecnologias sem uma reflexão educacional adequada pode levar a aprendizados superficiais e ao desenvolvimento insuficiente de habilidades (Moran, 2021).

No entanto, as MAs, embora promissoras para um aprendizado mais engajador e significativo, exigem uma transformação profunda na postura de professores e instituições, superando barreiras de planejamento, recursos, formação e a própria cultura educacional

2.2 Memória de Longo Prazo e Revisões Espaçadas

2.2.1 Teoria de Ebbinghaus

O psicólogo alemão Hermann Ebbinghaus, em 1885, realizou estudos científicos para compreender os mecanismos de memória e retenção (Ebbinghaus, 1885). Esses estudos, até os dias atuais, continuam a ser amplamente utilizados em pesquisas científicas, especialmente em investigações que buscam promover uma maior retenção do aprendizado (Salustiano, 2025).

Os conceitos teóricos de Ebbinghaus são aplicados para melhorar os índices de retenção no processo educacional (Ebbinghaus, 1885). Ebbinghaus foi o primeiro a investigar de maneira sistemática a memória humana, utilizando sílabas sem sentido para evitar que conhecimentos prévios influenciassem os resultados e, dessa forma, focar puramente nos mecanismos de retenção (Ebbinghaus, 1885). A partir de seus experimentos, Ebbinghaus formulou a “*curva do esquecimento*”, uma representação gráfica que demonstra como a retenção de informações diminui exponencialmente ao longo do tempo, caso não haja esforços contínuos para revisar essas informações (Ebbinghaus, 1885).

Para representar a Curva do Esquecimento, Ebbinghaus formulou uma equação capaz de estimar os pontos que descrevem a perda de retenção após a aquisição inicial do conhecimento (Ebbinghaus, 1885). A Equação 2.1 detalha essa formulação:

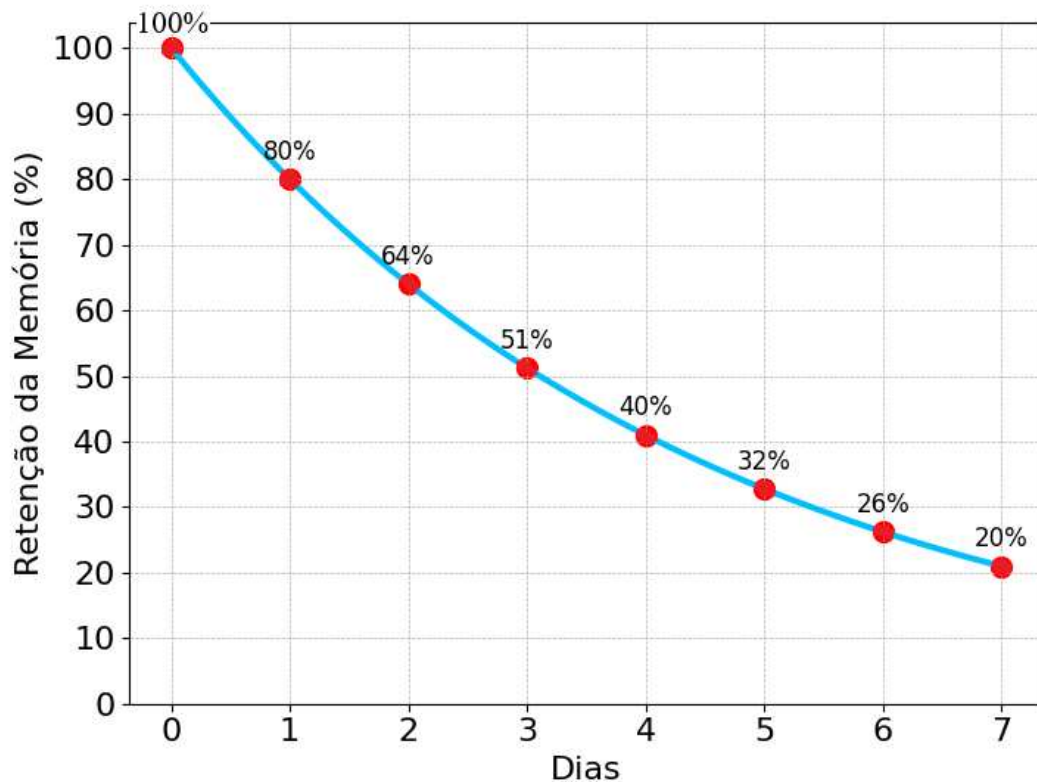
$$R(t) = R_0 e^{-\lambda t} \quad (2.1)$$

Onde:

- $R(t)$ é a quantidade de informação retida no tempo t ;
- R_0 é a retenção inicial (normalmente $R_0 = 1$);
- λ é a constante de esquecimento;
- t é o tempo transcorrido desde o primeiro contato com o conteúdo;
- e é a base do logaritmo natural.

Essa função representa uma queda acentuada da retenção nos primeiros dias após o primeiro contato com o conteúdo, seguida por uma estabilização gradual ao longo do tempo. A Figura 1 apresenta uma adaptação da Curva do Esquecimento de Ebbinghaus, utilizando a Equação 2.1 para traçar os pontos.

Figura 1 – Curva do Esquecimento de Ebbinghaus.



Fonte: Adaptado de Ebbinghaus (1885).

Como podemos observar na Figura 1, o conhecimento no primeiro dia está em 100%, mas, à medida que os dias passam, ocorre um declínio, indicando o esquecimento dos conteúdos abordados (Ebbinghaus, 1885). Ebbinghaus, portanto, demonstrou que a perda de retenção ocorre já nas primeiras 24 horas após o aprendizado inicial, com a retenção caindo de 100% para aproximadamente 80% (Ebbinghaus, 1885). Esses dados foram replicados em estudos mais recentes, confirmando sua validade (Duran *et al.*, 2024; Salustiano, 2025). No entanto,

Ebbinghaus também observou que a prática de revisões periódicas poderia reverter esse declínio, promovendo uma melhor retenção ao longo do tempo (Ebbinghaus, 1885).

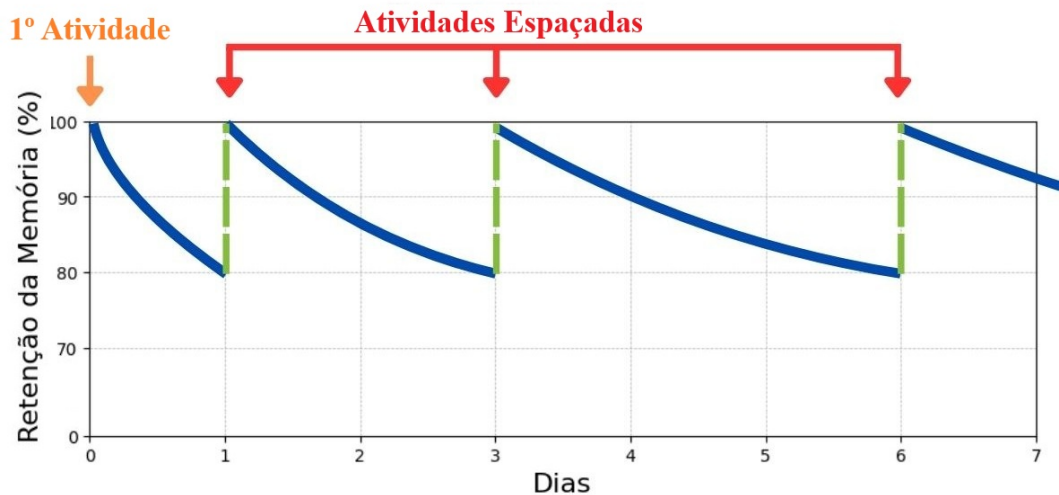
2.2.2 Atividades de Revisões Espaçadas

As Atividades de Revisões Espaçada (AREs), também conhecidas como Aprendizagem Espaçada (*spaced learning* ou *spaced repetition*), é uma metodologia de aprendizado que aplica os princípios da curva do esquecimento de Ebbinghaus, o estudo de Salustiano (2025) é um dos estudos atuais que destacam a aplicação das AREs. Segundo Bailera *et al.* (2022) objetivo principal das Atividades Espaçadas é reduzir a perda de informações e fortalecer a memória de longo prazo por meio de revisões periódicas em intervalos estratégicos. Em vez de estudar o conteúdo de forma intensa e pontual, como ocorre antes das provas (Bailera *et al.*, 2022), a Aprendizagem Espaçada propõe que o material seja revisado de forma gradual (Rensaa e Henriksen, 2025), com intervalos progressivamente mais longos (Samala *et al.*, 2023; Johnsen *et al.*, 2025).

As AREs utiliza ferramentas de MAs, que exigem que o estudante responda a perguntas ou estímulos, como *flashcards* e sistemas automatizados de questionários (Bailera *et al.*, 2022). Em contextos de Engenharia, a ferramenta Anki é um exemplo de software que aplica algoritmos para ajustar os intervalos de revisão, com base na dificuldade do estudante em recordar as respostas, o que aumenta a probabilidade de acerto e facilita a consolidação do conhecimento na memória de longo prazo (Bailera *et al.*, 2022).

Salustiano (2025) detalhou em seu estudo uma adaptação da curva de Ebbinghaus, incorporando o conceito de revisões espaçadas, conforme ilustrado na Figura 2. O gráfico apresentado na Figura 2 é uma adaptação amplamente utilizada por empresas e plataformas educacionais, como o Anki e o aplicativo Duolingo, que aplicam essa estratégia no processo de aprendizagem e utilizada para representar como ocorre o esquecimento ao serem adotadas revisões espaçadas. O gráfico representa o processo de esquecimento ao longo do tempo e como ele pode ser atenuado por revisões periódicas.

Figura 2 – Curva do Esquecimento de Ebbinghaus com Repetições Espaçadas.



Fonte: Adaptado de Ebbinghaus (1885).

Ao analisarmos a Figura 2, observamos que a aplicação de atividades espaçadas ao longo do tempo contribui para a redução progressiva da taxa de esquecimento. Após a realização da primeira atividade, a retenção da memória apresenta uma queda acentuada. No entanto, a cada nova revisão, há uma recuperação significativa da retenção, acompanhada por uma desaceleração cada vez mais evidente na curva de esquecimento. Esse padrão demonstra que a repetição espaçada favorece a consolidação do conteúdo na memória de longo prazo, tornando o processo de aprendizagem mais eficiente.

Esse comportamento também foi destacado no estudo de Salustiano (2025), que analisou a aplicação de estratégias de espaçamento em disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia. Os resultados corroboram os estudos de Ebbinghaus (1885), reforçando que a revisão espaçada de conteúdos em intervalos programados potencializa a retenção e o desempenho acadêmico ao longo do tempo.

2.2.3 Combate ao Esquecimento e Melhoria da Retenção a Curto e Longo Prazo

As estratégias de revisões espaçadas têm como objetivo principal combater os efeitos da curva do esquecimento e promover a retenção de aprendizagem ao longo do tempo (Hyland *et al.*, 2024). Essas técnicas são fundamentadas na ideia de que, ao revisar o conteúdo de forma espaçada, o cérebro consegue consolidar as informações de maneira mais eficaz, minimizando o esquecimento (Bailera *et al.*, 2022). Além disso, a prática de espaçar as revisões permite que as informações sejam recuperadas de forma mais ativa, o que fortalece as conexões neurais relacionadas ao aprendizado (Samala *et al.*, 2023). Entre as principais maneiras pelas

quais a adoção de estratégias de revisões espaçadas contribui para a melhoria do processo de aprendizagem e para a retenção do conhecimento, destacamos:

- **Intervenções Pontuais:** Uma primeira revisão realizada cerca de 24 horas após o contato inicial com o conteúdo pode elevar a retenção de volta para 100% e, desacelerar a taxa de esquecimento subsequente (Ebbinghaus, 1885).
 - Uma segunda revisão após 72 horas reativa a memória, mantendo níveis mais elevados de retenção, com uma taxa de esquecimento ainda mais lenta (Ebbinghaus, 1885).
 - Após uma terceira revisão, idealmente no sexto dia, a retenção da memória pode permanecer acima de 90% (Ebbinghaus, 1885).
 - Com revisões espaçadas contínuas, é possível manter a retenção acima de 80% por até 30 dias, facilitando a consolidação do conhecimento na memória de longo prazo, conforme os estudos de Bailera *et al.* (2022), Hyland *et al.* (2024), Johnsen *et al.* (2025) e Salustiano (2025).
- **Otimização do Esforço Cognitivo:** Rensaa e Henriksen (2025) destacam que a aprendizagem espaçada é uma forma de “*prática distribuída*”, que visa aumentar a retenção de conhecimento matemático a longo prazo sem exigir um aumento no número total de tarefas resolvidas, mas sim a distribuição dessas tarefas ao longo do tempo. Essa abordagem é mais eficaz do que o estudo massivo, onde os estudantes concentram todo o tempo de estudo em uma única sessão (Johnsen *et al.*, 2025).
- **Melhora da Qualidade do Pensamento:** Ao incentivar a recuperação da informação em intervalos espaçados, as AREs aprimoram a qualidade do pensamento que os estudantes dedicam ao conteúdo, o que é fundamental para melhorar a retenção da memória (Bailera *et al.*, 2022; Samala *et al.*, 2023).

2.2.4 Contribuição para o Aprendizado de Cálculo Integral e Diferencial II em Cursos de Engenharia

A aplicação das ARE no ensino de Cálculo Integral e Diferencial II em cursos de Engenharia é fundamental em decorrência da complexidade dos conceitos abordados, como derivadas e integrais (Salustiano, 2025). A teoria cognitiva da memória aponta que a retenção de conteúdos complexos é aprimorada por métodos que incentivam a recuperação ativa e a revisão distribuída (Johnsen *et al.*, 2025). As AREs permitem que os estudantes revisitem de modo periódico o conteúdo, consolidando a memória de longo prazo e atenuando a curva

do esquecimento (Salustiano, 2025). Essa prática facilita a construção de uma base sólida de conhecimento matemático, essencial para a aplicação dos conceitos em contextos avançados de Engenharia, promovendo a retenção e otimizando a aprendizagem (Bailera *et al.*, 2022). Destacamos a seguir como a inserção das ARE contribui para o aprendizado de Cálculo:

- **Redução da Evasão e Melhoria do Desempenho:** A alta taxa de evasão e as dificuldades na assimilação de conceitos complexos de Cálculo representam um obstáculo significativo na formação de engenheiros qualificados (Salustiano, 2025). A combinação de atividades espaçadas com MAs tem demonstrado um impacto positivo na retenção de conhecimento e no desempenho acadêmico em Cálculo (Salustiano, 2025). O estudo experimental de Salustiano (2025) revelou que um grupo que realizou revisões espaçadas obteve uma taxa de aprovação de 57,38%, significativamente superior aos 30,77% do grupo controle, representando um aumento de 86,60% na taxa de aprovação, além de um aprendizado mais homogêneo.
- **Integração com MAs:** MAs, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e a Aprendizagem Colaborativa (AC), já promovem a revisão contínua e a aplicação do conteúdo, o que se alinha naturalmente com a revisão espaçada (Duran *et al.*, 2024). A integração explícita das AREs com essas metodologias é fundamental para otimizar a retenção e tornar o aprendizado mais eficaz. Essa integração é importante porque os estudantes de engenharia muitas vezes não priorizam a matemática como sua principal disciplina, mas sim como uma ferramenta para suas matérias específicas do curso, ou para aplicação prática (Salustiano, 2025).
- **Consolidação de Conceitos Essenciais:** As AREs podem ajudar a consolidar conceitos e procedimentos fundamentais para a engenharia desde as primeiras disciplinas até as disciplinas finais, que são em grande maioria práticas (Bailera *et al.*, 2022). No contexto do Cálculo, onde os conceitos são sequenciais e complexos, a revisão espaçada garante que o conhecimento seja retido a longo prazo, facilitando a aplicação em disciplinas futuras (Salustiano, 2025).
- **Fomento da Autonomia e Regulação:** As AREs podem incentivar a autonomia do estudante, permitindo-lhes gerenciar seu próprio ritmo de estudo e decidir quando e quais tarefas realizar, o que é fundamental para a auto-regulação da aprendizagem (Suyo-Vega *et al.*, 2023). Isso é relevante para os “nativos digitais”, que preferem conteúdos concisos e flexíveis e buscam informações de forma imediata (Cruz *et al.*, 2022).

- **Aplicação em Diferentes Formatos:** As AREs podem ser implementadas através de diversos formatos, incluindo vídeos curtos (microlearning), questionários e simulações, atendendo a diferentes estilos de aprendizagem e ao perfil do estudante moderno (Suyo-Vega *et al.*, 2023). A capacidade de acessar o conteúdo a qualquer momento e de qualquer dispositivo aumenta a conveniência e o engajamento (Cruz *et al.*, 2022).

Portanto, a aplicação de estratégias de revisão espaçada, fundamentadas na Teoria de Ebbinghaus e integradas às MAs, oferece uma abordagem promissora para melhorar a retenção de conhecimento e o desempenho acadêmico em Cálculo para estudantes de Engenharia, contribuindo para a formação de profissionais mais qualificados e engajados. Esse processo pode ser ainda mais potencializado pela gamificação, uma metodologia que utiliza elementos de jogos no contexto educacional para aumentar o engajamento, motivação e a aprendizagem ativa dos estudantes.

2.3 Gamificação na Educação

2.3.1 Conceito e Fundamentos da Gamificação

O termo Gamificação (ou *Gamification*) foi popularizado pela autora Jane McGonigal (Fadel *et al.*, 2014)) e detalhado em sua própria obra (McGonigal, 2017). Ele refere-se à aplicação de elementos e mecânicas de jogos, como pontuação, recompensas e feedback, em contextos não lúdicos, como a educação, com o objetivo de promover o engajamento e a motivação dos estudantes. Ao transformar o processo de aprendizagem em uma experiência interativa, a gamificação visa aumentar a participação ativa dos estudantes, incentivando a resolução de problemas e o aprendizado colaborativo. Embora o termo “gamificação” tenha ganhado força a partir de 2010, as práticas de usar elementos de jogo para fins motivacionais, como o uso de “estrelinhas” para reconhecer o trabalho infantil ou a progressão de dificuldade em ditados, existem há muito tempo (Fadel *et al.*, 2014). A gamificação é, portanto, um conceito em constante desenvolvimento, aplicado não apenas à educação, mas também a áreas como o ambiente corporativo e o marketing, com o objetivo de resolver problemas, aumentar a motivação e promover o engajamento do público-alvo (Fadel *et al.*, 2014).

É importante diferenciar a gamificação de jogos sérios ou do próprio ato de jogar, pois ela não se refere necessariamente à criação de um jogo completo, mas à utilização de estratégias, métodos e princípios do design de jogos aplicados a situações do mundo real (Fadel *et al.*, 2014).

Onde o foco não é apenas o entretenimento, mas sim emular os benefícios alcançados com o ato de jogar, como o prazer e o desenvolvimento de habilidades de pensamento e cognição (Fadel *et al.*, 2014).

Os fundamentos da gamificação baseiam-se em quatro elementos típicos dos jogos: metas, regras, sistemas de feedback e participação voluntária (Fadel *et al.*, 2014). Além desses, outros elementos e mecânicas são normalmente empregados:

- **Metas:** Proporcionam um propósito claro, foco e resultados mensuráveis, motivando o indivíduo a persistir na atividade (Fadel *et al.*, 2014).
- **Regras:** Estruturam o comportamento e a interação, ajustando o nível de complexidade e liberando a criatividade e o pensamento estratégico. Podem ser operacionais, de fundamentação, de comportamento ou instrucionais (Fadel *et al.*, 2014).
- **Sistemas de Feedback:** Oferecem respostas contínuas sobre o desempenho do indivíduo, permitindo o acompanhamento do progresso e a correção de erros (Busarello, 2016).
- **Participação Voluntária:** Assegura que o engajamento na atividade seja intrínseco e prazeroso (Busarello, 2016).
- **Elementos Estruturais e Motivacionais:** Incluem pontos, níveis, placares, divisas (emblemas), recompensas, narrativa, visualização de personagens e a solução de problemas (Busarello, 2016).

A gamificação tem como objetivo despertar a motivação interna, que é o desejo do indivíduo de se envolver em atividades por interesse, desafio ou prazer (Fadel *et al.*, 2014). Embora recompensas externas (como prêmios ou status) sejam usadas, o objetivo é que a própria experiência seja recompensadora, sem que a remuneração torne a tarefa maçante (McGonigal, 2017). A combinação eficaz de motivações internas e externas é vista como um impulsionador do engajamento (Fadel *et al.*, 2014).

A gamificação, portanto, visa criação de ambientes que motivem as pessoas a investirem sua cognição, tempo e energia, tornando neste caso o aprendizado e a resolução de problemas mais eficientes e agradáveis ao replicar a essência envolvente e mecânica dos jogos (Fadel *et al.*, 2014).

2.3.2 Gamificação de Progressão

A Gamificação de Progressão é uma vertente da gamificação que foca em estruturar atividades ou desafios em ambientes de aprendizado ou trabalho de maneira que o participante perceba uma evolução contínua em sua jornada (Robledo-Rella *et al.*, 2022). Essa abordagem utiliza elementos e mecânicas de jogos, como progressão por níveis, conquistas e recompensas, para motivar os indivíduos a atingirem novos marcos e se aprofundarem no conteúdo ou nas tarefas propostas (Robledo-Rella *et al.*, 2022).

Nesse modelo, os participantes geralmente começam em um nível inicial e, conforme completam tarefas ou alcançam objetivos, avançam para níveis mais altos (Fadel *et al.*, 2014). A progressão é acompanhada por recompensas, como pontos, medalhas, badges (emblemas) ou a liberação de novos desafios (Fadel *et al.*, 2014). Esse processo cria uma sensação de crescimento e realização, incentivando os participantes a continuarem envolvidos e empenhados por mais tempo nas atividades (McGonigal, 2017).

A gamificação de progressão é comumente aplicada em ambientes educacionais, oferecendo aos estudantes a chance de “subir de nível” à medida que avançam no conteúdo (Busarello, 2016). Ela também pode ser observada em plataformas de aprendizado online, como Moodle, Khan Academy e Duolingo (Fadel *et al.*, 2014; Busarello, 2016; Manzananas e Domínguez, 2022), onde os cursos são estruturados como uma sequência de desafios e recompensas, incentivando os estudantes a progredirem conforme dominam novos tópicos e habilidades (Robledo-Rella *et al.*, 2022).

A abordagem é eficaz porque promove uma sensação de êxito gradual, recompensando a persistência e o esforço contínuo dos participantes (Fadel *et al.*, 2014; Busarello, 2016; McGonigal, 2017). Além disso, ela permite que os participantes acompanhem visualmente seu progresso, reforçando a motivação interna, pois os indivíduos podem observar o quanto já conquistaram e o que ainda falta para atingir o próximo nível ou meta (Fadel *et al.*, 2014; Busarello, 2016; McGonigal, 2017). Na prática, essa vertente é consegua promover a aprendizagem autônoma, estimular a competitividade saudável e melhorar a retenção de conhecimento, uma vez que os participantes se envolvem ativamente no processo (Fadel *et al.*, 2014; Busarello, 2016; McGonigal, 2017).

2.3.3 Gamificação: Estratégia para Superar Desafios

A gamificação, conforme destacado, surge como uma abordagem promissora para a superação dos desafios presentes em contextos de MAs, potencializando o engajamento, a motivação interna e a retenção do conhecimento pelos estudantes (Fadel *et al.*, 2014; Busarello, 2016; Salustiano, 2025). Ela busca criar um ambiente de aprendizagem singular, tornando o processo mais divertido e agradável, o que aumenta o comprometimento e a atenção dos estudantes (Busarello, 2016). A seguir, destacamos como a gamificação pode ser aplicada para superar desafios educacionais de diversas formas:

- **Estímulo à Motivação e Engajamento:** A gamificação é capaz de induzir motivação em atividades rotineiras e tediosas. Ao integrar elementos de jogo, ela engaja os estudantes emocional e cognitivamente (Fadel *et al.*, 2014). O uso de estratégias gamificadas em diferentes momentos da aula (motivação, desenvolvimento ou prática) permitem que os estudantes se envolvam mais profundamente com o tema, compreendam os objetivos e verifiquem seus aprendizados (Vera e Fernandez, 2023).
- **Melhora do Desempenho e Retenção:** Em Fadel *et al.* (2014), os autores indicam que a gamificação pode melhorar o desempenho acadêmico, com aumento das taxas de aprovação e redução da dispersão das notas. Destacam ainda que essa abordagem contribui para o desenvolvimento de competências práticas e para a retenção do conhecimento em longo prazo (Fadel *et al.*, 2014).
- **Criação de Ambientes de Baixo Risco:** Permite que os estudantes experimentem e cometam erros sem consequências graves, o que estimula a experimentação e a repetição de tarefas, promovendo a aprendizagem (Fadel *et al.*, 2014; Busarello, 2016).
- **Progressão e Desafio Otimizados:** Ao dividir tarefas complexas em missões menores, a gamificação facilita a construção gradual do conhecimento (Zabala-Vargas *et al.*, 2022). A progressão de níveis e o aumento gradual da dificuldade mantêm o desafio alinhado às habilidades do estudante, promovendo o engajamento. (Fadel *et al.*, 2014; Busarello, 2016).
- **Personalização do Aprendizado:** Oferece a possibilidade de caminhos de aprendizagem distintos e não-lineares, permitindo que os professores ajustem as atividades conforme os níveis dos estudantes (Moran, 2021).
- **Feedback Contínuo:** Sistemas de feedback claros e imediatos são cruciais para que os

estudantes entendam seu progresso e se mantenham motivados (Moran, 2021).

- **Valorização da Colaboração e Competição:** Promove o trabalho em grupo, o pensamento crítico e o aprendizado entre pares (Bacich e Moran, 2021). A competição saudável pode ser um desafio adicional que impulsiona o engajamento (Robledo-Rella *et al.*, 2022).
- **Utilização de Ferramentas Digitais:** A gamificação se integra bem com as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), abrindo novas possibilidades para experiências de ensino e aprendizagem (Magalhães *et al.*, 2024). Plataformas como Moodle podem ser usadas para hospedar atividades gamificadas e fornecer materiais online (Magalhães *et al.*, 2024).

Exemplos práticos de aplicação incluem a escola “*Quest to Learn*”, que integra o design de jogos em todo o currículo (McGonigal, 2017), e plataformas de aprendizado de idiomas como o Duolingo, que utiliza pontos, rankings e progressão (Fadel *et al.*, 2014). A gamificação também tem sido aplicada em educação corporativa para o desenvolvimento de habilidades e engajamento de colaboradores (Fadel *et al.*, 2014).

2.3.4 Gamificação: Ensino de Cálculo e Matemática na Engenharia

O ensino de Cálculo e Matemática em cursos de Engenharia frequentemente enfrenta desafios significativos, como elevadas taxas de evasão e reprovação, que podem estar associadas à dificuldade dos estudantes em assimilar conceitos complexos e à retenção de conhecimento a longo prazo (Zabala-Vargas *et al.*, 2019; Rincon-Flores *et al.*, 2020). Além disso, a abordagem tradicional e descontextualizada, onde o estudante é um ouvinte passivo, e a falta de estratégias inovadoras que estimulem a motivação intrínseca e extrínseca, contribuem para a desmotivação dos estudantes (Fadel *et al.*, 2014; Rincon-Flores *et al.*, 2020; Vera e Fernandez, 2023).

Nesse contexto, a gamificação surge como uma estratégia educacional promissora, que busca utilizar elementos e mecânicas de jogos em contextos não lúdicos, como o ambiente educacional, com o objetivo de aumentar a motivação, o engajamento e o desenvolvimento cognitivo dos estudantes (Rincon-Flores *et al.*, 2020; Robledo-Rella *et al.*, 2022). O processo de gamificação envolve a criação de ambientes lúdicos e imersivos que permitem a experimentação sem consequências reais, oferecendo desafios emocionantes e recompensas pela dedicação (Fadel *et al.*, 2014).

Diversos estudos têm investigado a aplicação da gamificação no ensino de disciplinas relacionadas à Matemática, incluindo o Cálculo, especialmente em cursos de Engenharia:

- **Estratégias Didáticas Mediadas por Jogos:** Um estudo avaliou o efeito de estratégias didáticas mediadas por jogos no ensino de Matemática (Cálculo Diferencial) para estudantes de Engenharia do primeiro ano, demonstrando um impacto positivo na motivação dos estudantes (Zabala-Vargas *et al.*, 2019; Zabala-Vargas *et al.*, 2022). Ferramentas como o *Kahoot!* e *Online Crossword* foram utilizadas, e os resultados destacaram a importância de planejar atividades rigorosas, incorporar problemas do ambiente real do estudante e oferecer feedback imediato (Zabala-Vargas *et al.*, 2019). O uso de Kahoot! e plataformas de e-learning foi também identificado em uma revisão sistemática como contribuindo para a retenção de conceitos e o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas em Cálculo (Manzanas e Domínguez, 2022; Eyrikh *et al.*, 2022; Go *et al.*, 2024; Salustiano, 2025).
- **Recursos Didáticos:** A inclusão de jogos simples, combinados com Tecnologias da Informação e da Comunicação e dinâmicas de grupo, tem sido implementada em diversas disciplinas de Matemática (Álgebra, Cálculo, Estatística) em cursos de Engenharia. Essa metodologia demonstrou aumentar a motivação, a participação ativa e a percepção de utilidade dos jogos pelos estudantes, com 92% deles aprovando a inclusão de tais atividades em outras disciplinas (Manzanas e Domínguez, 2022; McIntosh *et al.*, 2023; Go *et al.*, 2024). Plataformas como o Moodle, com seus jogos programáveis e componentes aleatórios, foram priorizadas, além de ferramentas como *Quizizz* (Manzanas e Domínguez, 2022). A estratégia visa fomentar o autoaprendizado e as competências digitais dos estudantes.
- **Engajamento em Aulas de Cálculo com Telepresença:** A gamificação foi aplicada com sucesso em um curso de Cálculo mediado por telepresença e projeção holográfica. Utilizando uma mecânica de recompensas e uma narrativa de “superpoderes”, a estratégia engajou estudantes heterogêneos (de Engenharia e Negócios) que apresentavam resistência à Matemática. Os resultados incluíram aceitação positiva, melhora na frequência e nas notas (Rincon-Flores *et al.*, 2020; McIntosh *et al.*, 2023).
- **Desenvolvimento de Software Gamificado:** O software Gam-Mate foi desenvolvido especificamente para o ensino de Matemática Discreta em cursos de Engenharia, com o objetivo de fomentar a compreensão de conceitos, as habilidades de resolução de problemas e melhorar o desempenho acadêmico através de um ambiente de aprendizagem ativo e lúdico (Robledo-Rella *et al.*, 2022).

- **Plataformas de RPG na Educação:** A plataforma Classcraft, um jogo de RPG suportado por uma plataforma digital e aplicativo móvel, foi utilizada em um curso de Matemática para estudantes de Engenharia do primeiro ano. A experiência resultou em melhora na motivação e no desempenho acadêmico do grupo gamificado, além de promover o desenvolvimento das “Quatro C’s”: pensamento crítico, comunicação, colaboração e criatividade (Parody *et al.*, 2022).
- **Motivação e Desempenho Acadêmico:** Estudos mostraram que a gamificação em cursos de Matemática (Nivelamento e Matemática Básica Aplicada) para ingressantes de Engenharia teve um efeito positivo no aprendizado, motivando os estudantes e melhorando o desempenho acadêmico. A gamificação demonstrou ser eficaz ao envolver os estudantes desde a motivação inicial, permitindo participação ativa no desenvolvimento da aula e verificação dos aprendizados na prática, com feedback para reforço (Vera e Fernandez, 2023).
- **Integração com MAs:** A gamificação se alinha bem com MAs como a ABP, a Aprendizagem Baseada em Jogos (Gamificação) e a Sala de Aula Invertida (SAI), buscando potencializar o engajamento e a retenção do conhecimento (Busarello, 2016; Bacich e Moran, 2021; Moran, 2021; Salustiano, 2025). A essência da gamificação não reside apenas na tecnologia, mas na capacidade de criar um ambiente que promova a diversidade de caminhos de aprendizagem e sistemas de decisão e recompensa, elevando os níveis motivacionais.

Neste sentido, a aplicação da gamificação no ensino de Cálculo e Matemática para Engenharia tem se mostrado uma abordagem eficaz para combater a desmotivação, melhorar o desempenho acadêmico, aumentar as taxas de aprovação e a retenção do conhecimento, ao transformar o processo de aprendizagem em uma experiência mais envolvente, desafiadora e prazerosa (Rincon-Flores *et al.*, 2020; Zabala-Vargas *et al.*, 2022; Manzananas e Domínguez, 2022). No entanto, a literatura ainda aponta para a escassez de estudos empíricos abrangentes que correlacionem diretamente as MAs com atividades espaçadas no ensino de Cálculo, evidenciando uma área para futuras investigações (Fadel *et al.*, 2014; Salustiano, 2025).

2.3.5 Gamificação e Atividades de Revisões Espaçadas

A evasão em cursos de Engenharia, frequentemente associada à dificuldade na assimilação de conceitos de Cálculo, destaca a importância de metodologias educacionais inovadoras

(Salustiano, 2025). Nesse contexto, a integração de AREs com MAs e gamificação surge como uma abordagem promissora para melhorar a retenção do conhecimento e o desempenho acadêmico (Salustiano, 2025). A gamificação complementa as AREs e MAs ao:

- **Promover o Engajamento Contínuo:** MAs incentivam a revisão contínua e a recuperação ativa do conhecimento, alinhando-se com os princípios da aprendizagem espaçada (Salustiano, 2025). A gamificação, por sua vez, adiciona camadas de motivação e engajamento através de seus elementos, como desafios, recompensas e progressão (Fadel *et al.*, 2014; Busarello, 2016).
- **Reforçar o Aprendizado a Longo Prazo:** A combinação de atividades espaçadas com MAs e gamificação potencializa a retenção do conhecimento e torna o aprendizado mais eficaz (Salustiano, 2025). O impacto das estratégias de espaçamento na retenção de longo prazo fornece subsídios para refinar as práticas educacionais (Salustiano, 2025).
- **Gerar Resultados Empíricos:** A pesquisa realizada demonstra empiricamente que a inclusão de atividades de revisão estruturadas, quando combinadas com MAs e gamificação, pode melhorar significativamente o desempenho acadêmico (Salustiano, 2025). A análise do impacto dessas estratégias, considerando o contexto geográfico e socioeconômico, amplia a aplicabilidade dos achados e fornece dados valiosos para a implementação de metodologias adaptativas em diferentes realidades educacionais (Salustiano, 2025).

Portanto, a interação entre as AREs e a gamificação, dentro do escopo das MAs, oferece um caminho robusto para superar os desafios do ensino, especialmente em disciplinas complexas como o Cálculo. Essa abordagem não apenas melhora a retenção e o desempenho, mas também torna o processo de aprendizagem mais envolvente e adaptado às necessidades dos estudantes.

2.4 Engajamento Acadêmico

O engajamento acadêmico refere-se ao envolvimento ativo e emocional dos estudantes nas suas atividades educacionais, abrangendo interações com o conteúdo, professores e colegas. Este conceito inclui não só a participação nas aulas, mas também aspectos emocionais e cognitivos, como interesse, motivação e esforço (Carvalho *et al.*, 2024). O engajamento é essencial para o sucesso acadêmico, sendo diretamente relacionado ao desempenho escolar e à persistência nas atividades acadêmicas. Estudos mostram que ambientes que incentivam a

participação ativa e a conexão emocional com o conteúdo aumentam o engajamento dos estudantes, impactando positivamente seus resultados (Messineo *et al.*, 2007; Seidel e Tanner, 2013; Carvalho *et al.*, 2024). O engajamento acadêmico é composto por três tópicos principais:

- **Comportamental:** Relacionado à participação dos estudantes nas atividades de aprendizagem, como o envolvimento em sala de aula e a realização de tarefas (Carvalho *et al.*, 2024).
- **Cognitivo:** Refere-se às estratégias cognitivas e de autorregulação empregadas pelos estudantes, como a conexão de novas informações ao conhecimento prévio (Carvalho *et al.*, 2024).
- **Emocional:** Envolve as reações dos estudantes em relação a professores, colegas e ao processo de aprendizagem, incluindo sentimentos de pertencimento, interesse e motivação (Carvalho *et al.*, 2024).

O engajamento estudantil é amplamente reconhecido como um fator chave para o sucesso acadêmico, estando relacionado a um melhor desempenho, maior satisfação e menores taxas de evasão (Carvalho *et al.*, 2024).

As MAs estão diretamente associadas ao engajamento acadêmico, pois colocam o estudante no centro do processo de ensino-aprendizagem, contrastando com o modelo tradicional, que é centrado no professor (Peterson *et al.*, 2018; Carvalho *et al.*, 2024). Essas abordagens promovem a autonomia, o pensamento crítico, o raciocínio investigativo e o protagonismo do estudante (Peterson *et al.*, 2018). As MAs promovem o engajamento de várias maneiras:

- **Estímulo à participação:** A Aprendizagem Colaborativa, por exemplo, incentiva o estudo prévio e discussões em grupos, resultando em maior engajamento comportamental (Messineo *et al.*, 2007; Peterson *et al.*, 2018; Carvalho *et al.*, 2024).
- **Melhora do raciocínio e integração do conhecimento:** A Aprendizagem Colaborativa e a Aprendizagem Baseada em Jogos (Gamificação) contribuem para o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas e trabalho em equipe, promovendo engajamento cognitivo (Messineo *et al.*, 2007; Peterson *et al.*, 2018; Afonso *et al.*, 2024; Carvalho *et al.*, 2024).
- **Experiência positiva e motivação:** Os estudantes percebem as MAs como uma experiência mais envolvente e motivadora, o que reforça o engajamento emocional (Peterson *et al.*, 2018; Afonso *et al.*, 2024; Carvalho *et al.*, 2024).

Entretanto, a resistência a essas metodologias pode surgir em estudantes acostumados aos métodos tradicionais de ensino, devido à sobrecarga de estudo ou à falta de comprometimento em atividades em grupo (Peterson *et al.*, 2018; Owens *et al.*, 2020; Soriano-Pascual *et al.*, 2022; Carvalho *et al.*, 2024). Para superar essa dificuldade, é fundamental que os professores esclareçam as expectativas e forneçam o suporte necessário para facilitar a adaptação dos estudantes a essas novas abordagens (Seidel e Tanner, 2013; Owens *et al.*, 2020). Em resumo, as MAs são ferramentas eficazes para promover o engajamento acadêmico, tornando o estudante um participante ativo e reflexivo em seu próprio aprendizado.

3 ATIVIDADES DE REVISÕES ESPAÇADAS

3.1 Introdução

O ensino de disciplinas de alta complexidade conceitual, como o Cálculo Diferencial e Integral II, representa um desafio recorrente nos cursos de Engenharia, sobretudo no que diz respeito à retenção do conhecimento por parte dos estudantes (Magalhães, 2023; Salustiano, 2025). Nos últimos anos, têm-se intensificado os estudos que investigam abordagens metodológicas capazes de superar tais dificuldades, destacando-se, entre elas, as MAs de aprendizagem, que enfatizam a participação efetiva dos estudantes no processo educativo (Magalhães, 2023; Salustiano, 2025). Nesse contexto, as Atividades de Revisões Espaçadas (AREs), fundamentadas nos estudos clássicos da curva do esquecimento de Ebbinghaus (Ebbinghaus, 1885), têm se mostrado promissoras para promover a retenção a longo prazo por meio de revisões sistemáticas e estruturadas ao longo do tempo (Magalhães, 2023; Salustiano, 2025).

Apesar dos avanços promovidos por estudos anteriores, como o de Magalhães (2023), que demonstrou o potencial das MAs integradas a tecnologias educacionais, ainda persistem lacunas significativas (Salustiano, 2025). Dentre elas, destaca-se a ausência de revisões espaçadas estruturadas e a limitação no controle da integridade acadêmica durante a realização das atividades online. Já o estudo de Salustiano (2025), ao propor a inserção explícita de AREs em contextos de ensino ativo, obteve resultados positivos em termos de desempenho acadêmico. No entanto, o autor reconhece que a quantidade de repetições adotada foi insuficiente para avaliar a retenção de conhecimento a longo prazo, sugerindo a necessidade de investigações mais robustas quanto ao número ideal de repetições e sua influência no desempenho estudantil (Salustiano, 2025).

Diante dessas lacunas, este experimento tem como objetivo verificar o impacto do aumento do número de repetições em AREs associadas as MAs na retenção do aprendizado e no desempenho acadêmico de estudantes de disciplinas como Cálculo. Em particular, este experimento busca: (i) comparar a eficácia das AREs explícitas com atividades espaçadas implícitas, e (ii) avaliar os efeitos do número de repetições nas AREs sobre o desempenho acadêmico, distinguindo entre atividades colaborativas e individuais.

Para alcançar tais objetivos, conduzimos um experimento controlado com estudantes dos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação da Universidade Federal do Ceará (UFC), *Campus* Sobral. O experimento foi estruturado em duas análises: a primeira comparou

um grupo que realizou atividades espaçadas de forma implícita com outro submetido às AREs explícitas; a segunda investigou o efeito do número de repetições, mantendo as AREs em ambos os grupos, mas variando a quantidade de atividades individuais realizadas. A implementação metodológica envolveu o uso da plataforma Moodle, aplicação de atividades parametrizadas e randomizadas, e controle rigoroso de integridade acadêmica durante as avaliações.

As principais contribuições deste estudo incluem: (i) a demonstração empírica de que AREs explícitas promovem ganhos significativos em desempenho e retenção quando comparadas a atividades implícitas; (ii) a comprovação de que o aumento no número de repetições tem efeito positivo sobre a aprendizagem individual a longo prazo; e (iii) a validação do IAEA como métrica para análise da distribuição de desempenho entre os estudantes.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: na Seção 3.2, detalhamos a metodologia adotada, incluindo o delineamento experimental, os instrumentos de avaliação e os critérios de análise; na Seção 3.3, discutimos os resultados obtidos a partir das duas análises propostas; por fim, na Seção 3.5, são apresentadas as conclusões do estudo, bem como sugestões para trabalhos futuros.

3.2 Metodologia

Magalhães (2023) e Salustiano (2025) realizaram estudos investigando a eficácia de MAs para a retenção do conhecimento com estudantes de Cálculo Diferencial e Integral II. O estudo de Magalhães (2023) focou em investigar como a inserção de tecnologias educacionais em MAs contribui para o processo de aprendizagem de estudantes em disciplinas como o Cálculo II. Em sua pesquisa, o autor identificou algumas lacunas, incluindo a necessidade de aplicar atividades parametrizadas e randomizadas, pois observou que os estudantes sabotavam o experimento ao fraudar as atividades semanais, utilizando meios ilícitos, como a troca de respostas com os colegas. No entanto, em avaliações parciais (provas), o autor destacou que esse problema não ocorreu, devido ao maior controle exercido sobre essas avaliações. O autor também ressaltou a necessidade de aplicar atividades de revisões espaçadas de forma explícita, visando ampliar o rendimento e o processo de aprendizagem dos estudantes.

Em contraponto, Salustiano (2025) buscou preencher as lacunas presentes no estudo de Magalhães (2023), desenvolvendo um experimento controlado que investigou os efeitos das práticas de revisão espaçada de forma explícita inseridas em MAs. Para isso, aplicou o experimento na mesma disciplina e curso abordados por Magalhães (2023). Os resultados

obtidos por Salustiano (2025) destacaram a eficiência dessas práticas em promover a melhora na aprendizagem dos estudantes. No entanto, o autor também identificou lacunas em seu estudo. Dentre elas, ele sugere que o número de repetições espaçadas aplicadas foi insuficiente, propondo um aumento dessas repetições para verificar a retenção dos estudantes a longo prazo.

Diante disso, este estudo busca preencher as lacunas identificadas em ambos os estudos (Magalhães, 2023; Salustiano, 2025). Para isso, realizamos um experimento controlado com duas análises comparativas realizadas com estudantes dos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação da Universidade Federal do Ceará (UFC), *Campus Sobral*.

Na primeira análise realizada comparamos os efeitos das AREs entre um grupo controle, que realizou atividades espaçadas de forma implícita, e um grupo experimental, que realizou atividades de revisão explícitas, ou seja, atividades com revisões programadas. O objetivo foi verificar como as AREs explícitas contribuem para a aprendizagem. A Tabela 1 apresenta o número de estudantes em cada um dos grupos desta primeira análise.

Tabela 1 – Grupos da Primeira Análise.

Grupos	Participantes	Semestre	Horas/Aula (h/a)
Controle	52	2023.1	4 (h/a)
Experimental	43	2024.2	4 (h/a)

Fonte: Elaborado pelo autor.

A segunda análise também contou com um grupo de controle e um grupo experimental, sendo o grupo experimental o mesmo da primeira análise. O objetivo foi investigar o efeito das AREs, com duas diferenças em relação a primeira análise. A primeira diferença é que tanto o grupo de controle quanto o grupo experimental foram submetidos às AREs, ou seja, realizaram atividades de revisão explícitas. A segunda diferença é que houve um aumento no número de repetições para o grupo experimental. No grupo de controle, os estudantes realizaram uma atividade colaborativa e uma atividade individual, enquanto no grupo experimental, realizaram uma atividade colaborativa e três atividades individuais. Dessa forma, comparamos o impacto do número de repetições na retenção do aprendizado entre os dois grupos, que participaram, nesta análise, das AREs, verificando ainda como esse aumento no número de repetições contribui para a aprendizagem a longo prazo. A Tabela 2 apresenta o número de estudantes em cada um dos grupos desta segunda análise.

Tabela 2 – Grupos da Segunda Análise.

Grupos	Participantes	Semestre	Horas/Aula (h/a)
Controle	61	2023.2	4 (h/a)
Experimental	43	2024.2	4 (h/a)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com esses dados, foi possível realizar uma investigação precisa sobre o impacto das AREs na disciplina Cálculo 2 em cursos de engenharia. Os resultados permitem uma reflexão acerca da relação entre desempenho acadêmico e retenção do aprendizado.

3.2.1 Metodologia: Atividades Espaçadas Implícitas vs Atividades de Revisões Espaçadas

Na primeira análise do experimento realizamos uma comparação entre as Atividades Espaçadas Implícitas (AEI) e as Atividades de Revisões Espaçadas (AREs), com a finalidade de verificar se, ao tornar as atividades espaçadas explícitas, ocorre uma melhora na retenção da aprendizagem e no desempenho dos estudantes na disciplina de Cálculo. Neste sentido, o grupo de controle participou utilizando a metodologia AEI, enquanto o grupo experimental foi submetido às AREs.

Onde:

- AEI: São atividades distribuídas ao longo do tempo, sem uma estrutura explícita de repetição, permitindo que os estudantes revisem o conteúdo conforme seu próprio ritmo.
- AREs: São revisões programadas em intervalos específicos, seguindo modelos de retenção de memória, como a curva do esquecimento de Ebbinghaus (1885).

Dessa forma, os grupos participantes desta análise seguiram rotinas específicas para a aplicação junto aos estudantes. Para isso, consideramos utilizar o grupo de estudantes do estudo realizado por Magalhães (2023) como nosso grupo de controle, o qual seguiu as rotinas estabelecidas pelo autor. Nesse grupo, foram realizadas atividades colaborativas e individuais, com a aplicação implícita de atividades espaçadas, conforme a rotina estruturada apresentada abaixo:

- Registro na plataforma Moodle para acesso à disciplina;
- Na primeira aula da semana, os estudantes foram apresentados ao conteúdo, que já havia sido disponibilizado também no Moodle;
- Foram disponibilizados, todas as semanas, testes online em formato de questionários, aos quais os estudantes tinham sete dias para responder; os questionários tinham feedback

imediatos;

- Na segunda aula da semana, os estudantes participavam de atividades supervisionadas em sala;
- Simulado após quatro semanas para avaliação da retenção do aprendizado;
- Avaliação parcial subsequente ao simulado.

O grupo experimental também realizou atividades colaborativas e individuais, seguindo a mesma estrutura básica do grupo de controle, com adaptações importantes para intensificar a aplicação das AREs, as quais incluíram:

- Aplicação de testes 48 horas após a primeira exposição ao conteúdo, visando estimular a revisão precoce;
- Uso de atividades parametrizadas e randomizadas para individualizar o aprendizado;
- Realização de quatro simulados aplicados a cada 2 dias, após as quatro primeiras semanas de conteúdo;
- Aplicação presencial das atividades, com supervisão docente e monitoramento via Moodle;
- Recolhimento dos celulares, tablets e computadores dos estudantes durante as avaliações, sendo liberados apenas ao final, após o envio das respostas pela plataforma Moodle, sob supervisão constante dos professores.

O Apêndice A apresenta imagens deste experimento por meio de imagens capturadas durante a realização das atividades pelos estudantes, respeitando a proteção dos dados e da imagem dos estudantes.

3.2.2 Metodologia: Atividades de Revisões Espaçadas com 2 Repetições vs Atividades de Revisões Espaçadas com 4 Repetições

Na segunda análise consideramos novamente dois grupos: um grupo de controle e um grupo experimental. Ambos os grupos foram submetidos às AREs. Nosso objetivo foi verificar a retenção da aprendizagem a longo prazo. Para isso, comparamos dados obtidos a partir da aplicação de Atividades de Revisões Espaçadas (AREs) de forma colaborativa e individual, onde cada grupo teve intervalos de dias diferentes para a aplicação das atividades.

Os grupos participantes da segunda análise também seguiram rotinas específicas para sua aplicação. A rotina descrita abaixo foi aplicada a ambos os grupos deste estudo. Para este estudo, utilizamos como grupo de controle o grupo de estudantes que participaram do

experimento de Salustiano (2025), os quais seguiram a rotina elencada a seguir.

- Registro na plataforma Moodle para acesso aos materiais;
- Apresentação do conteúdo na primeira aula da semana;
- Testes online disponíveis por sete dias, com feedback imediato;
- Aplicação de testes 48 horas após a primeira exposição ao conteúdo, com o objetivo de estimular a revisão precoce;
- Utilização de atividades parametrizadas e randomizadas para individualizar o aprendizado;
- Aplicação presencial das atividades, com supervisão docente e monitoramento via Moodle;
- Recolhimento dos celulares, tablets e computadores dos estudantes durante as avaliações, que foram liberados somente ao final, após o envio das respostas pela plataforma Moodle, sob supervisão constante dos professores.

Apresentadas as semelhanças entre os grupos do experimento, passamos agora às diferenças entre eles, que consistem no aumento do número de repetições em cada um e na formação dos grupos para as atividades colaborativas, conforme a rotina descrita a seguir:

- Controle AREs: Durante quatro semanas, os estudantes realizaram, semanalmente, uma atividade colaborativa e uma individual, ambas relacionadas ao tema da semana. Ao final desse período, realizaram novamente uma atividade colaborativa, seguida da atividade individual dois dias depois. A prova foi aplicada quatro dias após a conclusão da última atividade individual. Os estudantes tiveram liberdade para a formação dos grupos que realizariam as atividades colaborativas. O grupo de controle seguiu a metodologia e utilizou o grupo de estudantes de Salustiano (2025).
- Experimental AREs: Durante as quatro semanas iniciais, os estudantes também realizaram, semanalmente, uma atividade colaborativa e uma individual, relacionadas ao tema da semana. Após esse período, realizaram uma nova atividade colaborativa e, dois dias depois, a primeira atividade individual. Sete dias após a atividade colaborativa, foi aplicada a segunda atividade individual e, nove dias depois, a terceira. A avaliação parcial foi realizada quatro dias após a última atividade individual. Para a formação dos grupos, foi inicialmente aplicado um teste de nivelamento, a fim de identificar o nível de conhecimento dos estudantes. Com base nos resultados obtidos, a turma foi dividida de forma a equilibrar os grupos. Após a primeira avaliação, uma nova formação de grupos foi realizada, considerando as notas da primeira prova.

O Apêndice A apresenta imagens deste experimento por meio de imagens capturadas durante a realização das atividades pelos estudantes, respeitando a proteção dos dados e da imagem dos estudantes.

3.2.3 *Plataforma Moodle*

Para a realização do experimento, foi utilizada a plataforma Moodle, onde os estudantes tinham acesso a vídeo-aulas, atividades em formato PDF, questionários, bibliografia e um acervo de suporte para a aprendizagem. O Moodle foi personalizado de modo a tornar a plataforma acessível e de fácil compreensão, visando engajar os estudantes. O Apêndice B destaca o passo a passo para a criação do curso/disciplina

Outro aspecto relevante é que a plataforma permite o controle das atividades e a personalização das questões conforme as necessidades específicas de cada situação, garantindo uniformidade na avaliação e no acompanhamento dos resultados. O Apêndice C destaca um passo a passo de como realizamos a configuração das questões randomizadas e parametrizadas.

3.2.4 *Índice de Assimetria de Excelência Acadêmica - IAEA*

Para analisar a distribuição das notas e compreender os dados, é essencial utilizar métricas avaliativas que examinem tais distribuições, permitindo avaliar a eficácia das práticas educacionais e identificar padrões no desempenho dos estudantes.

Em escalas de avaliação de 0 a 10, é comum observar o *efeito teto*, caracterizado pela concentração de estudantes com notas próximas ao limite máximo. De forma semelhante, pode ocorrer um agrupamento na extremidade inferior, conhecido como *limitação natural*, que provoca distorções e assimetrias nas distribuições das notas.

Além disso, quando atividades colaborativas são incluídas, o desempenho dos estudantes pode se tornar interdependente, levando à formação de *clusters* de notas semelhantes ou a *caudas gordas* na distribuição, indicando maior concentração em determinados intervalos.

Para avaliar a efetividade das práticas educacionais e compreender os padrões de desempenho dos estudantes, utilizamos a métrica IAEA, desenvolvida por Salustiano (2025). Essa métrica permite quantificar as características das distribuições de notas, identificando assimetrias e padrões específicos, o que possibilita uma observação mais precisa e aprofundada do impacto das intervenções educacionais.

A métrica é calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{IAEA} = -\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2\right)^{3/2}} \quad (3.1)$$

Onde:

- X_i são as notas individuais,
- $\bar{X}$ é a média da turma,
- n é o número total de estudantes, e
- O numerador mede a assimetria em torno da média, normalizado pelo desvio padrão elevado à terceira potência.

3.2.5 *Lei Geral de Proteção de Dados*

O desenvolvimento do experimento seguiu as normas de proteção de dados previstas na Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) do Brasil (Lei nº 13.709/2018) (Brasil, 2018), bem como as diretrizes éticas da instituição acadêmica. As informações coletadas foram mantidas em confidencialidade, utilizadas exclusivamente para propósitos científicos, sem divulgação de dados pessoais dos participantes. O manuseio dos dados seguiu os princípios da necessidade, adequação e segurança, assegurando a preservação da privacidade e o cumprimento das exigências legais e institucionais.

3.3 Resultados

Apresentamos os resultados das duas análises realizadas neste experimento, desenvolvidas com a aplicação de AREs no ensino-aprendizagem de Cálculo 2. Para avaliar a eficácia da intervenção, elaboramos e executamos uma análise que investigou o impacto das AREs em comparação com a AEI. A segunda análise buscou investigar o impacto das AREs em dois grupos submetidos a essas metodologias, sendo que o grupo experimental contou com mais repetições. A seguir, detalhamos cada um dos resultados das análises.

1. *Atividades de Revisões Espaçadas vs Atividades Espaçadas Implícitas:* Investigamos os efeitos das atividades espaçadas no ensino de Cálculo Diferencial e Integral 2. O grupo de controle foi composto por estudantes que deveriam concluir uma atividade semanal dentro de um prazo de sete dias, com total autonomia para gerenciar seu tempo de execução. Após quatro semanas de conteúdo, os estudantes realizavam a prova conforme (Magalhães,

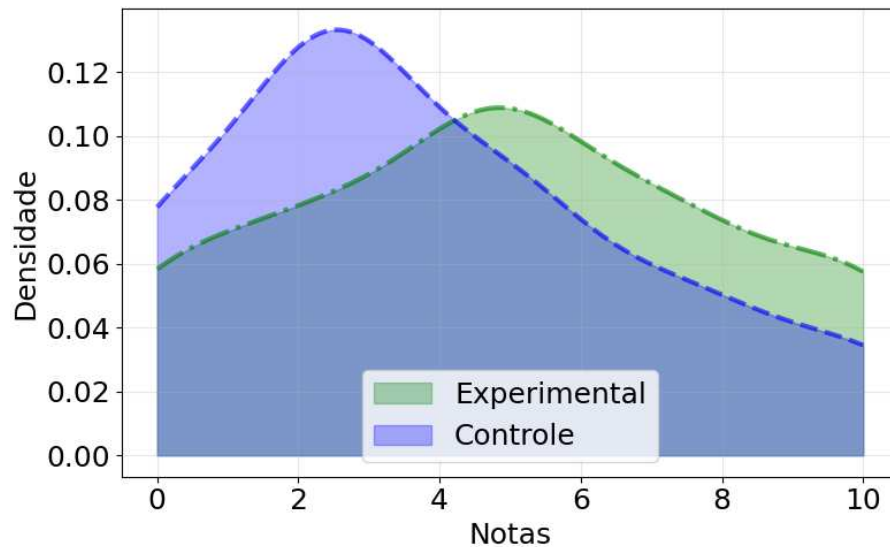
2023). O grupo experimental, por sua vez, realizava duas atividades semanais: uma de forma colaborativa e outra individual, com um intervalo de dois dias entre elas. Após quatro semanas de conteúdo, os estudantes foram submetidos a quatro atividades de revisão antes da prova, realizadas a cada dois dias letivos. Após a conclusão dessas atividades, os estudantes realizaram a prova.

2. *Atividades de Revisões Espaçadas com 2 Repetições vs Atividades de Revisão Espaçada com 4 Repetições*: Avaliamos o impacto do aumento das repetições das atividades espaçadas na retenção do conhecimento, comparando também o desempenho dos estudantes em atividades realizadas de forma colaborativa e individual ao longo do período letivo. No grupo de controle, os estudantes realizavam uma atividade colaborativa e uma individual conforme (Salustiano, 2025). Já no grupo experimental, os estudantes realizavam uma atividade colaborativa e três atividades individuais.

3.3.1 Atividades de Revisões Espaçadas vs Atividades Espaçadas Implícitas

Para verificar e comparar os efeitos das AREs no aprendizado dos estudantes no ensino de Cálculo Integral e Diferencial 2, realizamos uma primeira análise neste experimento controlado. Essa análise envolveu a comparação de dois grupos: um grupo controle e um grupo experimental. O grupo controle seguiu uma rotina com práticas espaçadas implícitas, enquanto o grupo experimental adotou uma rotina com atividades espaçadas de forma explícita, incluindo testes adicionais e atividades personalizadas antes das provas. A comparação dos resultados pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3 – Comparação entre Grupo Controle (curva azul) e Experimental (curva verde).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao verificar o gráfico e os dados, observamos que o grupo experimental obteve um desempenho superior ao grupo controle. O grupo controle apresentou um pico de notas à esquerda, refletindo as menores notas, enquanto o grupo experimental apresentou notas mais altas, o que sugere que as Atividades de Revisões Espaçadas tiveram um impacto positivo no aprendizado dos estudantes. Para complementar essa investigação, foi realizado o cálculo do IAEA de ambos os grupos, utilizando os mesmos dados apresentados no gráfico e na Tabela 3.

Tabela 3 – IAEA - Grupo Controle x Grupo Experimental.

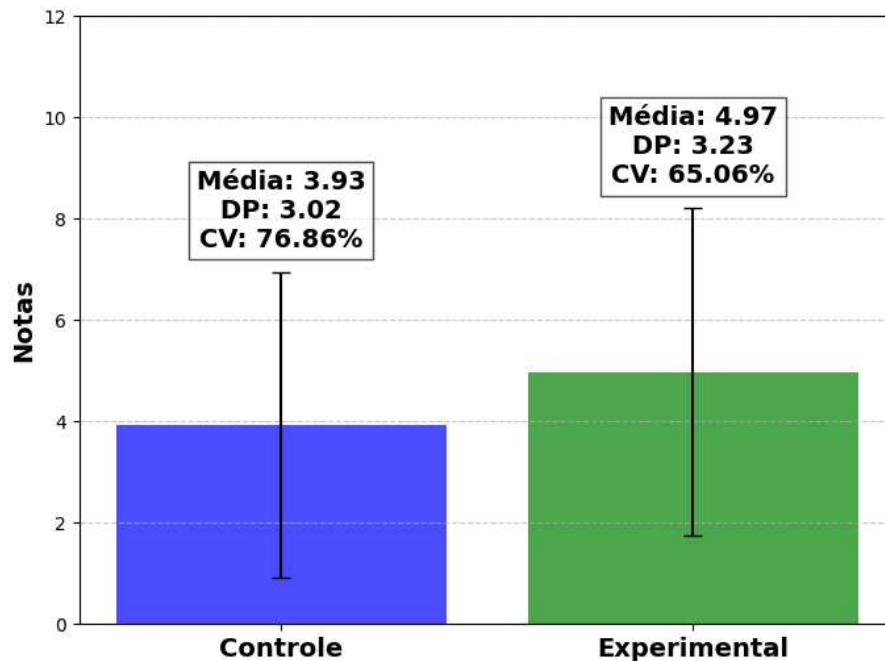
Grupo	IAEA
Controle	-0,538
Experimento	-0,039

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados apresentados revelam que o IAEA do grupo experimental foi de -0,039, enquanto no grupo controle foi de -0,538. Isso demonstra que o grupo experimental obteve um desempenho melhor, com uma melhoria de aproximadamente 92,75% no índice de assimetria. Embora ambos os grupos apresentem assimetria negativa, o grupo experimental apresentou uma assimetria mais próxima de zero, o que sugere uma distribuição de notas mais centralizada. A distribuição de notas centralizada indica que as notas estão mais concentradas em torno da média, sem grandes picos de notas para os extremos, refletindo um desempenho mais equilibrado, como ilustrado pela inclinação do gráfico na Figura 3. Complementando esse estudo, realizamos uma comparação mais aprofundada das médias, do Desvio Padrão (DP) e do Coeficiente de Variação

(CV) dos dois grupos. Os resultados estão ilustrados na Figura 4, fornecendo uma visão mais detalhada sobre as diferenças no desempenho dos grupos.

Figura 4 – Comparação de Médias, Coeficiente de Variação e Desvio Padrão entre os Grupos Controle (barra azul) e Experimental (barra verde).



Fonte: Elaborado pelo autor.

O grupo experimental se destaca em relação ao grupo controle, com uma média de 4,97, enquanto o grupo controle obteve uma média de 3,90. O desvio padrão do grupo experimental foi de 3,23, ligeiramente superior ao do grupo controle, que foi de 3,02. O CV do grupo experimental foi de 65,06%, enquanto o do grupo controle foi de 77,54%, o que indica maior dispersão nas notas do grupo controle e, conseqüentemente, um desempenho mais consistente do grupo experimental.

Esses resultados sugerem que, apesar de algumas variações nos dados, o grupo experimental apresentou uma melhoria na média em comparação com o grupo controle, o que destaca a eficácia das atividades espaçadas. No entanto, é importante observar que, embora tenha ocorrido uma melhoria na média, a maior dispersão nas notas do grupo experimental, refletida pelo coeficiente de variação mais elevado, ainda levanta questões sobre a motivação dos participantes e a implementação das atividades. Com base nesses dados, foi realizada uma nova investigação para verificar se as melhorias nas notas também refletiam em uma maior taxa de aprovação dos estudantes. Ao comparar os dados apresentados na Tabela 4, observamos que o grupo experimental, que foi submetido às Atividades de Revisões Espaçadas explícita, teve uma

taxa de aprovação superior à do grupo controle, o que reforça a eficácia dessa metodologia.

Tabela 4 – Resultados acadêmicos para os grupos Controle e Experimental.

Grupos	Matriculados	Reprovados	Aprovados	Aprovação (%)
Controle	52	36	16	30,77%
Experimental	43	20	23	53,50%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao verificar a Tabela 4, percebemos que o grupo experimental se destaca em relação ao grupo controle. Os resultados indicam que a taxa de aprovação do grupo experimental é significativamente maior. O grupo controle obteve uma taxa de aprovação de 30,77%, enquanto o grupo experimental alcançou 53,50%. Esses resultados indicam um aumento significativo no desempenho do grupo experimental, com um crescimento de aproximadamente 74% na taxa de aprovação em comparação ao grupo controle. Com esses dados, percebemos que a implementação de atividades espaçadas pode ser um fator positivo para o aprendizado. Entretanto, para compreender melhor o impacto dessas atividades, realizamos um novo experimento com o objetivo de comparar o efeito das AREs a longo prazo, entre atividades colaborativas e atividades individuais, explorando, assim, as variações no desempenho com base na quantidade de repetições das atividades.

3.3.2 Atividades de Revisões Espaçadas com 2 Repetições vs Atividades de Revisões Espaçadas com 4 Repetições

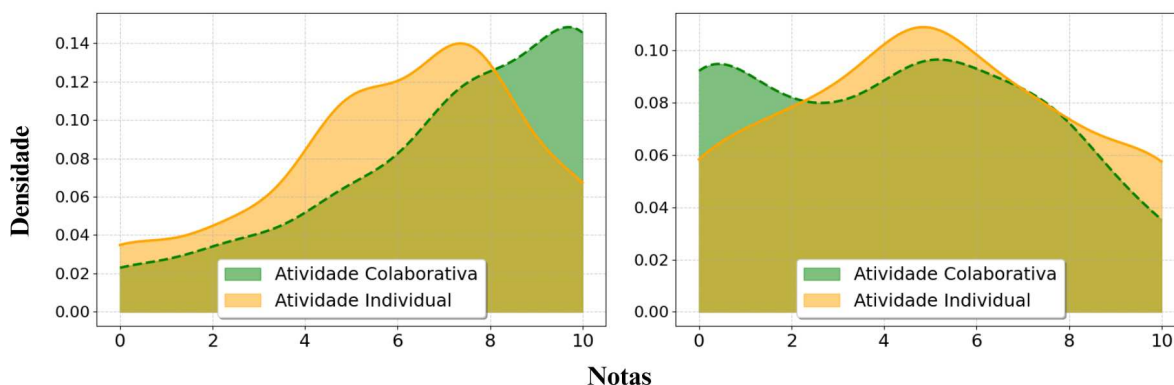
Para aprofundar a investigação sobre a eficácia das Atividades de Revisões Espaçadas no aprendizado a longo prazo, realizamos uma comparação entre atividades colaborativas e individuais. Essa segunda análise envolveu dois grupos: um de controle e o mesmo grupo experimental da primeira análise. A principal diferença entre eles foi a quantidade de repetições das atividades e a forma como essas atividades foram distribuídas, com uma alternância programada de dias, conforme descrito a seguir:

- Grupo de Controle AREs — Uma atividade colaborativa e uma atividade individual;
- Grupo Experimental AREs — Uma atividade colaborativa e três atividades individuais.

As repetições espaçadas começavam sempre com a atividade colaborativa, usada como referência para a investigação, seguida das atividades individuais, aplicadas de forma espaçada. O objetivo era observar como o desempenho nas atividades individuais superava o desempenho na atividade colaborativa.

As Figuras 5a e 5b mostram os gráficos comparativos das atividades realizadas nos dois grupos. Para assegurar a confiabilidade dos dados sobre o aprendizado dos estudantes, além dos testes, foram aplicadas questões parametrizadas e randomizadas.

Figura 5 – Comparação entre Atividade Colaborativa (curva verde) e Atividades Individuais (curva amarela) - a) Controle e b) Experimental.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao verificar o gráfico da Figura 5a, observamos que a atividade colaborativa do grupo controle apresentou um desempenho superior em comparação às atividades individuais. Isso é evidenciado pela inclinação mais à direita da curva que representa a atividade colaborativa, onde estão localizadas as maiores notas. Em contraste, a curva das atividades individuais, apesar de também ser inclinada para a direita, não apresenta notas tão altas quanto as observadas na atividade colaborativa. Portanto concluímos que o número de repetições adotada no grupo de controle não foi suficiente para melhorar o desempenho da atividade individual ao ponto dele superar a atividade o resultado da atividade colaborativa.

Já no gráfico da Figura 5b, que representa o grupo experimental, o desempenho nas atividades individuais foi superior ao da atividade colaborativa. Ao verificar as curvas, percebemos que a atividade colaborativa possui dois clusters de notas: um próximo a zero e outro próximo à nota 5. Por sua vez, as atividades individuais mostraram uma inclinação a direita maior do que a inclinação da atividade colaborativa. Portanto, podemos concluir que o número de repetições melhorou o desempenho individual acima do desempenho colaborativo. A Tabela 5 destaca uma comparação das médias das notas atividade colaborativa e das atividades individuais entre os grupos de controle e experimental.

Ao compararmos as médias das notas das Figuras 5a e 5b, apresentadas na Tabela 5, percebemos que o grupo de controle teve um desempenho geral superior. No entanto, esse

Tabela 5 – Média das Notas da Atividade Colaborativa e das Atividades Individuais - Grupos Controle e Experimental.

Grupo	Controle	Experimental
Atividade Colaborativa	7,20	4,10
Atividade Individual	6,00	4,97

Fonte: Elaborado pelo autor.

resultado pode ser influenciado por vários fatores que estavam mais presentes em um grupo do que no outro, o que torna a média um indicador inadequado para comparação. Por isso, optamos por usar a atividade colaborativa como referência e analisamos o que acontece após as repetições.

Observamos que o grupo experimental, embora com um desempenho inicial mais baixo, teve uma evolução maior ao longo das repetições. Isso é visível ao analisarmos a formação de um cluster de notas próximas a 0 na atividade colaborativa do grupo experimental, o que pode ser atribuído ao menor engajamento desse grupo.

Vale ressaltar, novamente, que o grupo experimental fez duas repetições a mais do que o grupo de controle, sugerindo, portanto, que esse aumento nas repetições pode ter contribuído para a melhoria do desempenho individual dos estudantes. Como resultado, a curva das atividades individuais no grupo experimental se deslocou mais para a direita do que a da atividade colaborativa. Em outras palavras, o desempenho nas atividades individuais, após as repetições, foi melhor do que na atividade colaborativa.

Para confirmar esses dados, realizamos o cálculo do IAEA para ambos os grupos. A Tabela 6 apresenta o IAEA para a atividade colaborativa e individuais nos dois grupos.

Tabela 6 – IAEA para Atividade Colaborativa e Individuais - Grupos Controle e Experimental.

Grupo	Controle	Experimental
Atividade Colaborativa	0,920	-0,151
Atividade Individual	0,500	-0,039

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados indicam que o aumento no número de repetições tem um impacto positivo no desenvolvimento individual dos estudantes, promovendo não apenas maior interdependência, mas também uma retenção mais eficaz do aprendizado. Isso evidencia que, quanto maior o número de repetições, mais significativo é o avanço na aprendizagem.

3.4 Desafios

Observamos, a partir dos resultados, que, apesar da aplicação das MAs, a qual, em geral, promove uma melhora no engajamento e participação (Guijarro-Romero *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2024; Pozuelo-Muñoz *et al.*, 2023), no nosso estudo, ao aplicar as AREs, não conseguimos observar um engajamento positivo.

Diante disso, surge uma questão para discussão: “As metodologias ativas de fato melhoram o engajamento?”. Em nosso estudo, os resultados indicam que há um baixo engajamento. Para investigar as causas desse baixo engajamento, utilizamos dados obtidos a partir da Avaliação Institucional da Universidade Federal do Ceará, realizada pela Universidade todos os semestres. Essa avaliação identificou cinco desafios relacionados ao engajamento dos estudantes, delineados com base nas avaliações realizadas tanto pelos alunos quanto pelos professores e tutores. Entre os desafios identificados, destacam-se os seguintes:

- **Carga de Trabalho Excessiva** — Na avaliação, os estudantes relataram queixas recorrentes sobre o aumento da carga de leituras, atividades extraclasse e projetos, especialmente quando essas demandas não são coordenadas entre as disciplinas, contribuindo para a sobrecarga acadêmica.
- **Ansiedade e Desconforto Social** — Alguns estudantes relataram desconforto com a exposição pública, a necessidade de falar em grupo ou de participar ativamente com os colegas, o que pode gerar ansiedade, principalmente entre os mais introvertidos.
- **Desequilíbrio entre Participantes** — Os estudantes se mostraram insatisfeitos com as atividades em grupo. Nessas situações, é comum que alguns assumam a maior parte do trabalho, enquanto outros permaneçam passivos. Essa distribuição desigual de tarefas gera insatisfação e uma sensação de injustiça.
- **Resistência à Mudança** — Estudantes acostumados com métodos de ensino passivos frequentemente se sentem inseguros ou desmotivados diante de um modelo de ensino mais participativo e exigente, o que pode dificultar a adaptação à nova abordagem educacional.
- **Redução de Esforço Cognitivo por meio de Ferramentas Tecnológicas** — O uso excessivo de ferramentas tecnológicas para realizar atividades dentro das MAs, como aplicativos que resolvem integrais automaticamente, geradores de texto baseados em inteligência artificial e sistemas de tutoria automatizados, pode diminuir o esforço cognitivo necessário para a aprendizagem, prejudicando, assim, o desenvolvimento de um entendimento mais

profundo do conteúdo.

Dentre os desafios mencionados, os mais complexos de resolver são a carga horária excessiva e a busca pela redução do esforço cognitivo com o auxílio de tecnologias. Há uma forte conexão entre ambos. O aumento da carga de trabalho leva os estudantes, até mesmo de forma colaborativa, a recorrerem às soluções rápidas e simplificadas oferecidas pelos aplicativos, em detrimento de um aprendizado mais profundo e consciente.

Portanto, é necessário buscar e aplicar soluções que visem equalizar esses desafios e tornar o processo de aprendizagem mais engajado, possibilitando a retenção do conhecimento e um desempenho acadêmico positivo. Para isso, destacam-se as seguintes soluções para a superação desses desafios:

- **Carga de Trabalho Excessiva:** Para resolver a sobrecarga de trabalho, sugere-se a coordenação entre os docentes para alinhar cronogramas e evitar a sobreposição de entregas, especialmente em turmas mistas. O planejamento integrado, com projetos interdisciplinares, pode também ser uma solução eficaz, mas depende da colaboração entre os professores. Além disso, a curadoria de materiais, priorizando conteúdos essenciais e utilizando vídeo aulas curtas no modelo de *microlearning*, como desenvolvido e destacado em Magalhães *et al.* (2024), pode otimizar o aprendizado. Finalmente, a estratégia de concentrar ao menos 50% das atividades em sala de aula, aplicando o conceito de sala de aula invertida, pode equilibrar a carga de trabalho entre estudo em classe e extra-classe.
- **Ansiedade e Desconforto Social:** Para combater a ansiedade e o desconforto social, propõe-se criar um ambiente seguro, com regras de respeito mútuo e escuta ativa. Além disso, deve haver flexibilidade na participação, permitindo contribuições escritas sem exposição pública. A divisão das turmas em pequenos grupos pode reduzir a exposição, e o desenvolvimento socioemocional, com momentos de escuta e dinâmicas, ajudará os estudantes a se prepararem para uma exposição gradual.
- **Desequilíbrio entre Participantes:** Para resolver o desequilíbrio entre os participantes, propõe-se atribuir papéis claros e rotativos dentro dos grupos, incluir avaliação por pares, solicitar autoavaliação dos estudantes sobre suas contribuições e dificuldades, e garantir mediação ativa do professor para monitorar e intervir quando necessário.
- **Resistência à Mudança:** A insegurança frente ao novo modelo de ensino pode ser abordada explicando os benefícios da MA, como o desenvolvimento da autonomia e resolução de problemas. A aplicação gradual da metodologia, com momentos híbridos

entre aula expositiva e ativa, pode facilitar a adaptação. Compartilhar experiências de sucesso e oferecer reconhecimento e reforço positivo aos estudantes também são estratégias importantes para reduzir a rejeição e fortalecer a confiança dos estudantes.

Outra problemática atual na aprendizagem de Cálculo é o uso excessivo de ferramentas tecnológicas. Embora recursos como aplicativos de resolução de integrais e sistemas baseados em inteligência artificial possam contribuir positivamente para o ensino, especialmente ao fornecer feedback aos estudantes, seu uso excessivo em atividades baseadas em MAs pode acarretar limitações educacionais significativas. Dentre essas limitações, destacam-se:

- **Redução do Processo Cognitivo do Aluno:** Quando a tecnologia é utilizada apenas para fornecer respostas prontas, o estudante pode deixar de se engajar no raciocínio necessário para a verdadeira compreensão do conteúdo.
- **Falsa Sensação de Aprendizado:** O uso de soluções automatizadas pode criar a impressão de que o estudante domina o tema, mesmo sem uma assimilação conceitual real.
- **Desigualdade de Acesso e Dependência Tecnológica:** Nem todos os estudantes têm acesso aos mesmos recursos tecnológicos ou habilidades digitais, o que pode ampliar as desigualdades no aprendizado.
- **Fraudes ou Mau Uso em Avaliações:** A utilização de respostas geradas automaticamente pode comprometer a integridade acadêmica, especialmente em atividades avaliativas.
- **Substituição do Diálogo Humano:** O uso excessivo de tecnologia pode enfraquecer a dimensão colaborativa e dialógica, que é central para a aprendizagem ativa.

Em contrapartida, existem soluções que visam reduzir o uso excessivo. Dentre elas:

- **Planejamento de Atividades Analíticas:** Propor tarefas que exijam interpretação, comparação de abordagens e argumentação, e não apenas a obtenção de resultados finais.
- **Incorporação da Metacognição:** Solicitar que os estudantes expliquem como chegaram às respostas, quais ferramentas usaram e quais critérios adotaram durante o processo.
- **Avaliação do Processo:** Valorizar não apenas o produto final, mas também as etapas intermediárias e as estratégias adotadas durante a execução da atividade.
- **Uso Consciente da Tecnologia:** Orientar os estudantes para que utilizem as ferramentas como apoio ao aprendizado, e não como substitutas do raciocínio.
- **Valorização da Interação:** Manter espaços de discussão, seja em sala de aula ou online, nos quais os estudantes possam debater ideias, compartilhar dificuldades e construir

conhecimento de forma colaborativa.

Em resumo, os resultados de nosso estudo indicam que, apesar do potencial das MAs para promover o engajamento, fatores como carga de trabalho excessiva, ansiedade social, desequilíbrio nas atividades em grupo e resistência à mudança dificultam a efetividade dessas metodologias. Além disso, o uso indiscriminado de tecnologias pode reduzir o esforço cognitivo necessário para um aprendizado profundo, gerando, em alguns casos, uma falsa sensação de domínio do conteúdo. Portanto, é fundamental adotar soluções que equilibrem a carga de trabalho, promovam um ambiente seguro e participativo, e incentivem o uso consciente das tecnologias, visando realmente fortalecer o engajamento e o aprendizado dos estudantes.

3.5 Conclusão

Este estudo teve como objetivo verificar o impacto do aumento do número de repetições em AREs associadas as MAs na retenção do aprendizado e no desempenho acadêmico de estudantes de disciplinas como Cálculo. Através de um experimento com duas análises distintas, conseguimos demonstrar de forma clara e consistente que a implementação dessas estratégias não apenas melhora o desempenho imediato dos estudantes, mas também contribui de modo significativo para a retenção do conhecimento.

Na primeira análise do experimento, relacionado às AREs, os resultados revelaram que os estudantes que participaram do grupo experimental, que seguiu uma rotina estruturada com Atividades de Revisões Espaçadas, apresentaram um desempenho superior em comparação com o grupo controle. As médias de notas mais altas, a redução na dispersão das notas (indicada pelo coeficiente de variação) e um índice de aprovação significativamente maior no grupo experimental (53,5%) reforçam a eficácia das AREs. Esses resultados demonstram que a aplicação explícita dessas atividades proporciona um aprendizado mais consistente e eficaz, especialmente em uma disciplina complexa como Cálculo 2.

Os dados revelaram que o grupo experimental apresentou uma média de notas mais alta (4,97) em comparação com o grupo controle (3,90). Essa diferença foi reforçada pelo IAEA, no qual a distribuição das notas no grupo experimental ficou centralizada, indicando um maior equilíbrio. O grupo experimental teve um IAEA de -0,039, enquanto o grupo de controle teve um IAEA de -0,538. A análise do CV também revelou que o grupo experimental teve uma menor dispersão nas notas (65,06%), em comparação com o grupo de controle (77,54%), sugerindo que as atividades espaçadas ajudaram a reduzir a variação no desempenho dos estudantes e

proporcionaram um aprendizado mais homogêneo.

Além disso, a taxa de aprovação do grupo experimental foi significativamente mais alta, alcançando 53,50%, em comparação com 30,77% no grupo controle. Esse aumento de aproximadamente 74% na taxa de aprovação reforça a eficácia das AREs no contexto de Cálculo 2, um conteúdo tradicionalmente desafiador para os estudantes.

Na segunda análise do experimento, comparando o aumento do número de repetições, utilizamos AREs para comparar o desempenho dos estudantes em atividades colaborativas e individuais. Observamos que, no grupo experimental, as atividades individuais, quando realizadas com mais repetições e espaçadas adequadamente, resultaram em um desempenho superior em relação às atividades colaborativas. Esse dado sugere que a repetição, associada ao espaçamento de tempo, é fundamental para uma retenção mais duradoura e eficaz do conteúdo, comprovando que a abordagem individualizada, dentro do contexto das AREs, favorece a aprendizagem de longo prazo.

Ao comparar as médias das notas dos grupos, o grupo de controle obteve uma média superior nas atividades colaborativas (7,2) em relação ao grupo experimental (4,1). No entanto, o grupo experimental se destacou nas atividades individuais, alcançando uma média de 4,97 quando comparado ao grupo de controle. Embora essa média seja numericamente inferior à do grupo de controle (6,0), ela ganha maior relevância quando analisamos o desempenho global de ambos os grupos. No grupo de controle, as atividades colaborativas tiveram um desempenho superior às atividades individuais. Já no grupo experimental, com o aumento do número de repetições, o desempenho nas atividades individuais superou o desempenho nas atividades colaborativas. Isso sugere que, apesar de um desempenho inicial inferior do grupo experimental, o maior número de repetições nas atividades individuais favoreceu uma maior retenção do aprendizado a longo prazo.

Esses dados indicam que a repetição espaçada nas atividades individuais do grupo experimental teve um impacto positivo no desempenho a longo prazo, ajudando a reduzir as discrepâncias no desempenho dos estudantes e a melhorar a retenção do conhecimento ao longo do tempo. O grupo experimental demonstrou uma melhora significativa, especialmente nas atividades de revisão individual, provando que, ao aumentar o número de repetições e espaçar as atividades, os estudantes consolidaram melhor o conhecimento e obtiveram um desempenho mais consistente.

Com base nos dados obtidos, podemos concluir que o impacto das AREs vai além

da simples melhoria nas médias e taxas de aprovação. Os resultados indicam que as AREs não apenas fortalecem a compreensão dos estudantes de conceitos complexos, mas também promovem uma maior consistência em seu desempenho, o que é fundamental para garantir uma formação sólida em áreas que exigem compreensão contínua, como a matemática. Acreditamos que essa metodologia oferece um caminho promissor para a formação de competências essenciais, contribuindo para a retenção de conhecimento a longo prazo e permitindo aos estudantes aplicar conceitos aprendidos em novas disciplinas. Portanto, as AREs se mostram como uma estratégia eficaz e valiosa, com grande potencial para ser aplicada em diversas áreas do conhecimento.

Contudo, como em qualquer estudo experimental, algumas limitações devem ser consideradas. A motivação dos estudantes e a adaptação dos métodos de ensino podem influenciar diretamente os resultados obtidos. Nesse sentido, é fundamental que futuras pesquisas investiguem esses fatores e explorem a aplicação das AREs em diferentes contextos educacionais. Além disso, as MAs, apesar de seus benefícios, apresentam desafios. Uma dessas dificuldades é que as AREs podem gerar sobrecarga em alguns estudantes, o que leva a comportamentos não colaborativos e desencorajadores, afetando negativamente o ambiente de aprendizagem. Esse comportamento pode se espalhar, principalmente nas atividades colaborativas, criando um ciclo de desmotivação. Em situações mais graves, alguns estudantes podem recorrer a soluções inadequadas, como o uso de aplicativos para resolver questionários de forma desonesta. Nesse contexto, as AREs podem acabar agravando esses problemas. Para minimizar essas dificuldades, faz-se necessária a inclusão de novas abordagens que visem promover o engajamento e a colaboração positiva entre os estudantes. Uma dessas abordagens é a Gamificação (ou Aprendizagem Baseada em Games), metodologia ativa que busca engajar os estudantes a partir do uso da mecânica dos games. Sua junção com as AREs pode aumentar o engajamento dos estudantes.

Em resumo, este estudo sugere que a introdução de Atividades de Revisões Espaçadas promove resultados positivos tanto no desempenho imediato quanto na retenção do conhecimento a longo prazo, tornando-se uma ferramenta valiosa para otimizar o ensino de disciplinas desafiadoras. O sucesso observado nas duas análises deste experimento indicam que estratégias de revisão bem estruturadas podem ser uma chave para melhorar a eficácia do ensino e proporcionar uma aprendizagem mais profunda e duradoura, que não apenas ajuda a superar os desafios acadêmicos, mas também prepara os estudantes para o mercado de trabalho.

4 GAMIFICAÇÃO DE PROGRESSÃO

4.1 Introdução

A MA surge como uma abordagem eficaz no ensino de diversas disciplinas, incluindo o Cálculo II (Guijarro-Romero *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2024; Pozuelo-Muñoz *et al.*, 2023). No entanto, um dos principais desafios dessa abordagem é o engajamento contínuo dos estudantes, especialmente em disciplinas que exigem alto nível de abstração e persistência cognitiva, como o Cálculo II. Embora a MA, por meio de Atividades de Revisão Espaçada (AREs), seja eficaz na retenção do conhecimento (Salustiano, 2025), ela nem sempre resulta em um aumento no engajamento dos estudantes, que frequentemente relatam dificuldades em manter a motivação durante o processo de aprendizagem.

A análise do nosso experimento realizado com as AREs e da Avaliação Institucional revelou diversos desafios no engajamento dos estudantes ao aplicar MAs, especialmente no uso das AREs. Entre os principais obstáculos, destacam-se a carga de trabalho excessiva, a ansiedade e o desconforto social, o desequilíbrio na divisão das tarefas em grupos, e a resistência à mudança por parte dos estudantes (Magalhães *et al.*, 2024; Salustiano, 2025). O uso indiscriminado de ferramentas tecnológicas, embora útil, também tem sido problemático, pois reduz o esforço cognitivo necessário para um aprendizado mais profundo e contribui para a falsa sensação de domínio do conteúdo. Esses fatores geram uma série de dificuldades que comprometem o engajamento e a efetividade do aprendizado (Fadel *et al.*, 2014). A partir disso, surge a necessidade de estratégias para equilibrar a carga de trabalho, reduzir a ansiedade, promover a participação equitativa e orientar o uso consciente das tecnologias, buscando assim tornar o processo de aprendizagem mais significativo e eficaz.

Portanto, torna-se necessário investigar novas metodologias capazes de potencializar o engajamento dos estudantes e aprimorar seu desempenho acadêmico. Uma dessas abordagens é a Gamificação de Progressão (Toda *et al.*, 2023), aplicada neste estudo com o objetivo de observar seus efeitos sobre o engajamento dos estudantes da disciplina de Cálculo II.

A gamificação, conceito oriundo do universo dos jogos, consiste na aplicação de elementos típicos desse contexto (como pontos, níveis, e recompensas) em ambientes educativos (McGonigal, 2017; Fadel *et al.*, 2014; Busarello, 2016). Quando utilizada de forma estratégica, a gamificação de progressão busca não apenas envolver os estudantes, mas também favorecer uma aprendizagem mais ativa e contínua (Fadel *et al.*, 2014; Busarello, 2016; Moran, 2021).

Visando equacionar as problemáticas relacionadas ao baixo engajamento em disciplinas como Cálculo II, conduzimos um experimento com estudantes dos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Computação da Universidade Federal do Ceará, Campus Sobral. O experimento teve como foco avaliar os impactos da Gamificação de Progressão no engajamento dos estudantes nas atividades de Cálculo II. A investigação buscou verificar se a Gamificação de Progressão, enquanto MA, pode aumentar o engajamento dos estudantes nas atividades de Cálculo Diferencial e Integral II?

Para conduzir a investigação, utilizamos a plataforma Moodle como ambiente virtual, onde foi implementado um design amigável e integrador para a gamificação da disciplina de Cálculo II. Foram incorporados *plugins*, *softwares* e questionários que aplicaram mecânicas de jogos, incluindo bonificação, fases, *ranking*, trabalho em equipe e competição, com o objetivo de promover o engajamento dos estudantes e facilitar a conquista da aprovação. A implementação dessa estratégia de gamificação de progressão buscou minimizar efeitos negativos previamente identificados, transformando o estudo da disciplina em uma jornada estruturada, na qual os alunos avançam por etapas e conquistam recompensas ao superar desafios. Dessa forma, a metodologia visa ampliar a motivação e o envolvimento, favorecendo um processo de aprendizagem dinâmico, contínuo e que potencializa a retenção do conhecimento.

As principais contribuições identificadas na investigação dos efeitos da gamificação de progressão na disciplina de Cálculo II incluem: (i) a demonstração de que a bonificação gamificada promove um aumento significativo na média das notas e na taxa de aprovação, evidenciando seu potencial para aprimorar o desempenho acadêmico; (ii) a constatação de que essa estratégia reduz a variabilidade entre os resultados dos estudantes, favorecendo maior consistência e equidade no aprendizado; (iii) a identificação do papel da bonificação como mecanismo de estímulo comportamental, que incentiva a participação e o cumprimento das tarefas, embora seu impacto no aprofundamento do conhecimento conceitual ainda demande investigação mais aprofundada; (iv) a reflexão sobre as limitações do uso exclusivo das notas como indicador de aprendizado; e (v) a proposição de direcionamentos para futuras pesquisas que combinem métricas independentes e métodos qualitativos, visando uma compreensão mais ampla dos efeitos da gamificação no ensino superior.

Este capítulo está estruturado da seguinte maneira: na Seção 4.2, descrevemos detalhadamente a metodologia utilizada, abrangendo o planejamento experimental, os instrumentos de coleta de dados e os critérios de avaliação; na Seção 4.3, apresentamos a discussão dos

resultados com base no experimento realizado; por fim, na Seção 4.4, expomos as conclusões do estudo e indicamos propostas para pesquisas futuras.

4.2 Metodologia

Com o objetivo de superar os obstáculos presentes no ensino de Cálculo 2 e mencionados nas seções anteriores, decidimos aplicar a Gamificação de Progressão na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral 2, utilizando elementos típicos dos jogos para aumentar o engajamento dos estudantes. Para analisar a efetividade dessa abordagem, foi conduzido um experimento com estudantes dos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Computação da Universidade Federal do Ceará – *Campus* Sobral. O estudo envolveu 43 estudantes matriculados na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral 2 no semestre 2024.2, com carga horária semanal de 4 horas/aula, com foco em mensurar o impacto da gamificação na retenção do aprendizado e no desempenho acadêmico dos estudantes.

4.2.1 Gamificação

4.2.1.1 Aplicação

Para a implementação da Gamificação na disciplina de Cálculo 2, utilizamos a plataforma Moodle, mesmo ambiente virtual de aprendizagem de código aberto adotado por Magalhães (2023) e Salustiano (2025) para a gestão de conteúdo e atividades online. Estruturamos a disciplina no formato de trilhas de aprendizagem, organizando os conteúdos em etapas sequenciais, que denominamos Fases, de forma semelhante a um jogo. Isso permitiu que os estudantes avançassem progressivamente, à medida que concluíam cada fase, criando uma experiência de aprendizado dinâmica, com progressão contínua e orientada.

A gamificação envolveu a aplicação de elementos típicos de jogos, como pontos, níveis e rankings, para aumentar o engajamento e a motivação dos estudantes ao longo da disciplina. Para isso, utilizamos *plugins*, que são extensões de *software* que adicionam funcionalidades específicas ao Moodle, permitindo a implementação dos recursos típicos dos jogos.

A seguir, apresentamos os passos adotados para o desenvolvimento desta etapa de configuração do Moodle, que foi fundamental para a implementação do experimento.

1. Inicialmente, definimos os objetivos de aprendizagem e os conteúdos a serem abordados.

A partir disso, organizamos a disciplina em módulos sequenciais e configuramos o acesso

a cada etapa para ser liberado somente após a conclusão da etapa anterior, caracterizando a estrutura por trilhas de aprendizagem.

2. No ambiente Moodle, criamos a disciplina e selecionamos como formato de curso, o formato por trilhas. Inserimos os materiais básicos e as descrições para cada módulo, garantindo a coerência da progressão.
3. Inserimos diversos tipos de atividades, como videoaulas, questionários, materiais de apoio e bibliografia, com pontuação atribuída a cada uma delas. A pontuação, atribuída automaticamente (como nos questionários) ou manualmente (como nas tarefas), passou a compor o sistema de pontos do aluno dentro da disciplina, aumentando automaticamente sua posição no ranking.
4. Inserimos o bloco de ranking na página principal do curso, configurado para atualização automática e exibição em local de destaque. O ranking mostrou a posição dos estudantes de acordo com os pontos acumulados e os níveis alcançados, mas apenas o próprio aluno podia visualizar sua pontuação e colocação no ranking, respeitando, assim, a proteção de dados individuais.
5. Por fim, realizamos testes para validar o funcionamento correto da disciplina junto ao Moodle. Ajustes foram feitos nos pesos das atividades e na dinâmica de progressão para otimizar a experiência dos estudantes.
6. Os estudantes utilizavam a plataforma durante as aulas, iniciando e concluindo as atividades em sala de aula. Após o término das tarefas, os resultados eram enviados para correção na plataforma. Somente após o processo de correção, as atividades eram validadas, e os estudantes recebiam a bonificação correspondente, o que permitia seu avanço no ranking.

4.2.1.2 *Temática do Jogo*

Escolhemos o nome “*As Aventuras de Oliver Heaviside no Cálculo II*” como o tema central para a gamificação do curso de Cálculo II, visando criar uma ambiente imersivo e envolvente. Associamos o aprendizado dos conceitos complexos de cálculo a uma narrativa de aventura, tendo como personagem principal Oliver Heaviside, matemático e engenheiro conhecido por suas contribuições à teoria da eletricidade e ao cálculo de circuitos elétricos. Essa escolha reflete a importância do cálculo na resolução de problemas do mundo real, estimulando os estudantes a explorarem temas desafiadores de maneira mais dinâmica e engajada.

4.2.1.3 Atividades de Colaboração

Além da gamificação, adotada como MA de aprendizagem, também incorporamos a aprendizagem colaborativa, com o objetivo de promover o conhecimento por meio da cooperação entre os estudantes da disciplina.

Com base nessa abordagem, as equipes foram formadas com até quatro estudantes, nas quais o trabalho colaborativo desempenhou um papel essencial na realização das atividades propostas. Incentivamos a interação entre os integrantes para que, em grupo, buscassem soluções para os desafios apresentados e avançassem nas etapas da disciplina. A troca de experiências e o trabalho em equipe possibilitaram o compartilhamento de habilidades e conhecimentos, enriquecendo o processo de aprendizagem.

Para a formação inicial das equipes, aplicamos um teste de nivelamento na segunda aula do semestre. Esse teste continha questões de Cálculo 1, visando avaliar o conhecimento prévio dos estudantes com base na disciplina anterior. Os resultados serviram de base para a distribuição equilibrada dos alunos nos grupos, de modo a garantir maior heterogeneidade e potencial de colaboração. Após a aplicação da primeira prova da disciplina, realizamos uma nova reorganização dos grupos, agora levando em consideração o desempenho obtido nessa avaliação.

Adicionalmente, dentro de cada equipe, atribuímos papéis de liderança, permitindo que estudantes com melhor desempenho auxiliassem os colegas que apresentavam maiores dificuldades. Essa dinâmica favoreceu uma rica troca de conhecimentos, considerando que os próprios estudantes tendem a utilizar uma linguagem mais acessível entre si, o que pode facilitar a compreensão dos conteúdos e fortalecer o aprendizado coletivo.

4.2.1.4 Regras

Por ser uma disciplina estruturada como um jogo, estabelecemos algumas regras para garantir que os estudantes competissem de maneira justa, sem fraudes entre os colegas ou contra a dinâmica da disciplina. Assim, foram definidas as regras, que deveriam ser seguidas tanto presencialmente quanto no ambiente virtual Moodle. As regras aplicadas estão detalhadas no Apêndice D.

4.2.1.5 Configuração do Game no Moodle

Para ajustar o design e o formato da disciplina, inicialmente definimos o estilo da aplicação como sendo baseado em um jogo, escolhendo a temática, o modelo de colaboração entre os estudantes e as regras do jogo, conforme descrito nas subseções anteriores. Com essa definição, partimos para a configuração do jogo na plataforma Moodle. Criamos as imagens dos personagens utilizados no jogo e produzimos vídeos explicativos que detalham o funcionamento da disciplina gamificada.

O Apêndice E contém a estrutura das etapas utilizadas para a configuração da disciplina na plataforma Moodle. O Apêndice F apresenta uma cronologia visual com imagens criadas para cada fase do jogo/disciplina, incluindo a imagem inicial de login, a página do Moodle para seleção do curso, a trilha de fases, o ranking, a barra de progresso e outras imagens relacionadas à configuração do Moodle como jogo. O Apêndice G reúne os links para os vídeos informativos, que foram roteirizados, produzidos e disponibilizados para os estudantes por meio do Moodle e do YouTube.

4.2.2 Índice de Assimetria de Excelência Acadêmica - IAEA

Utilizamos o Índice de Assimetria de Excelência Acadêmica (IAEA), que trata-se da Equação 3.1 para avaliar a efetividade da gamificação e compreender os padrões de desempenho dos estudantes (Salustiano, 2025).

4.2.3 Lei Geral de Proteção de Dados

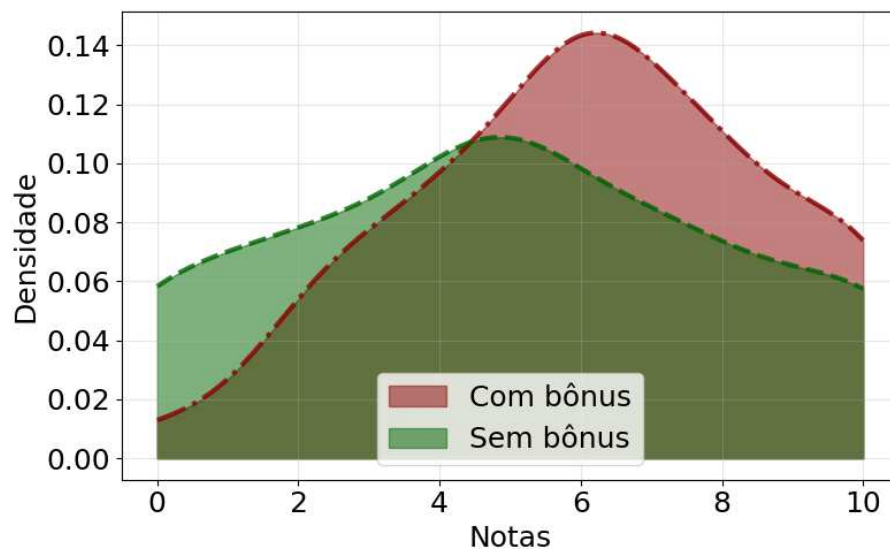
Para este experimento, seguimos novamente as normas de proteção de dados estabelecidas pela LGPD do Brasil (Lei nº 13.709/2018) (Brasil, 2018), além de cumprir as diretrizes éticas da instituição acadêmica. Os dados pessoais dos estudantes serão armazenados de forma segura na plataforma Moodle, com acesso restrito a administradores e professores. Todos os dados utilizados para a análise de desempenho serão anonimizados, conforme as diretrizes da LGPD.

4.3 Resultados

Este estudo investigou os efeitos da gamificação na retenção do aprendizado e no desempenho acadêmico dos estudantes na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral II por meio de um experimento controlado. Foram analisados dois conjuntos de dados distintos: no primeiro conjunto, contabilizaram-se as bonificações dos estudantes por seu engajamento na disciplina, levando em conta atividades realizadas, frequência e contribuição (colaboração) aos colegas. No segundo conjunto de dados, removemos as notas que foram consequência das bonificações, avaliando exclusivamente a nota final obtida, sem a aplicação de qualquer bonificação. Por fim, estudamos a correlação desses dois conjuntos para inferir o quanto a bonificação induz à melhoria nas notas obtidas exclusivamente pelo aprendizado do conteúdo pelos estudantes.

Inicialmente, comparamos o desempenho dos estudantes em ambos os conjuntos de notas, buscando identificar as médias e investigar o formato das distribuições de notas dos estudantes. Para isso, a Figura 6 destaca o gráfico com esse comparativo, onde podemos observar que:

Figura 6 – Comparação entre grupos sem bônus (curva verde) e com bônus (curva vermelha).



Fonte: Elaborado pelo autor.

- A curva de cor vermelha representa as notas dos estudantes com bônus, enquanto a curva de cor verde mostra as notas sem bonificação. Os resultados indicam que, sem bonificação, as notas se distribuem de forma quase simétrica em torno da média, que foi 4,97, refletindo um desempenho modesto e sem atingir a média exigida pela universidade, que é 7.
- Por outro lado, com a introdução da bonificação, observa-se um deslocamento da curva

para a direita, aumentando a média da turma para 6,14. Isso indica que a bonificação contribuiu para que os estudantes se aproximassem da nota exigida para a aprovação.

Portanto, neste experimento, mostramos que a bonificação melhora o desempenho das notas. Esse é um resultado esperado pelos estudantes; por essa razão, essa é uma estratégia comumente adotada pelos professores para engajar os estudantes nas atividades. No entanto, as notas finais, contabilizando a gamificação, não podem ser usadas como evidência do sucesso da metodologia. Por essa razão, decidimos separar os dados para realizar uma avaliação que de fato avalie o impacto das bonificações no desempenho dos estudantes. A síntese dos dados separados e analisados até aqui pode ser encontrada na Tabela 7:

Tabela 7 – IAEA e Médias dos grupos sem e com bônus.

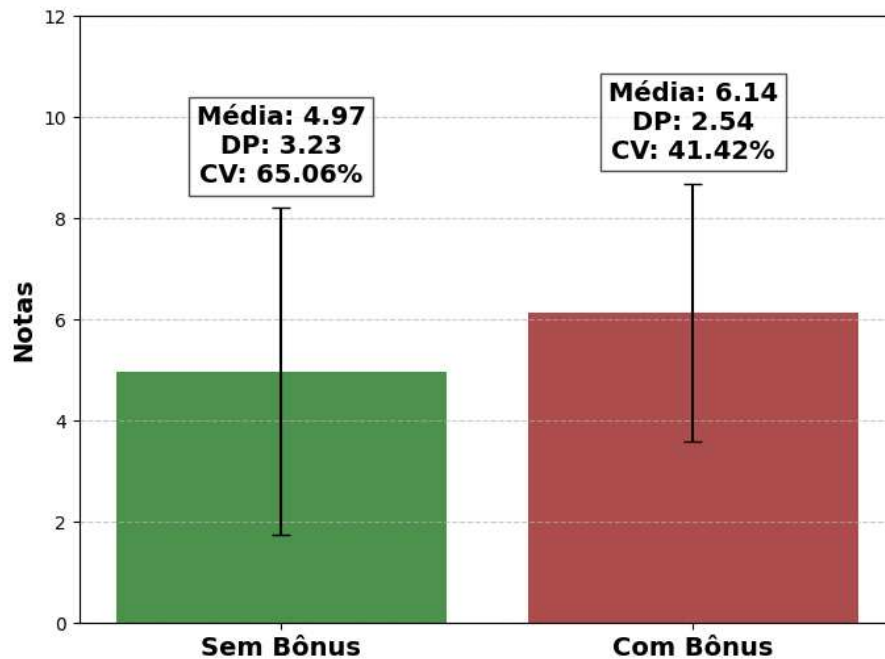
Grupo	IAEA	Média
Sem bônus	-0,039	4,97
Com bônus	0,218	6,14

Fonte: Elaborado pelo autor.

- No grupo sem bonificação, o IAEA é negativo (-0,039), mas próximo de zero. A proximidade desse indicador de zero é uma consequência da simetria observada na distribuição em torno da média de 4,97.
- Já no grupo com bonificação, o índice torna-se positivo (0,218), apontando para uma maior concentração das notas em faixas altas, o que evidencia a melhoria das notas dos estudantes. Neste caso, a média da turma subiu para 6,14, algo mais próximo do objetivo da turma, que é 7, exigido para a aprovação na disciplina.

Para complementar esta análise, decidimos calcular o desvio padrão e o coeficiente de variação. Este cálculo está ilustrado na Figura 7. Observando esta figura podemos concluir que:

Figura 7 – Comparação de Médias, Coeficiente de Variação e Desvio Padrão entre os grupos sem bônus (barra verde) e com bônus (barra vermelha).



Fonte: Elaborado pelo autor.

- Tanto o desvio padrão quanto o coeficiente de variação são menores no cenário com bonificação (DP = 2,54; CV = 41,42%) em comparação ao cenário sem bonificação (DP = 3,23; CV = 65,06%), evidenciando maior consistência e menor dispersão nas notas.

O que nos leva a concluir que as bonificações geram mais estabilidade no conjunto de notas em que foram adicionadas.

4.3.1 Impacto da bonificação na taxa de aprovação

Realizou-se uma análise comparativa da taxa de aprovação dos estudantes nos cenários com e sem bonificação. A Tabela 8 apresenta os dados referentes a ambos os contextos, incluindo o número de estudantes matriculados, aprovados, reprovados e a respectiva taxa de aprovação, permitindo uma avaliação mais precisa do impacto da bonificação no desempenho acadêmico.

Tabela 8 – Resultados para os grupos sem e com bônus.

Grupos	Matriculados	Reprovados	Aprovados	Aprovação (%)
Sem bônus	43	20	23	53,5%
Com bônus	43	10	33	76,7%

Fonte: Elaborado pelo autor.

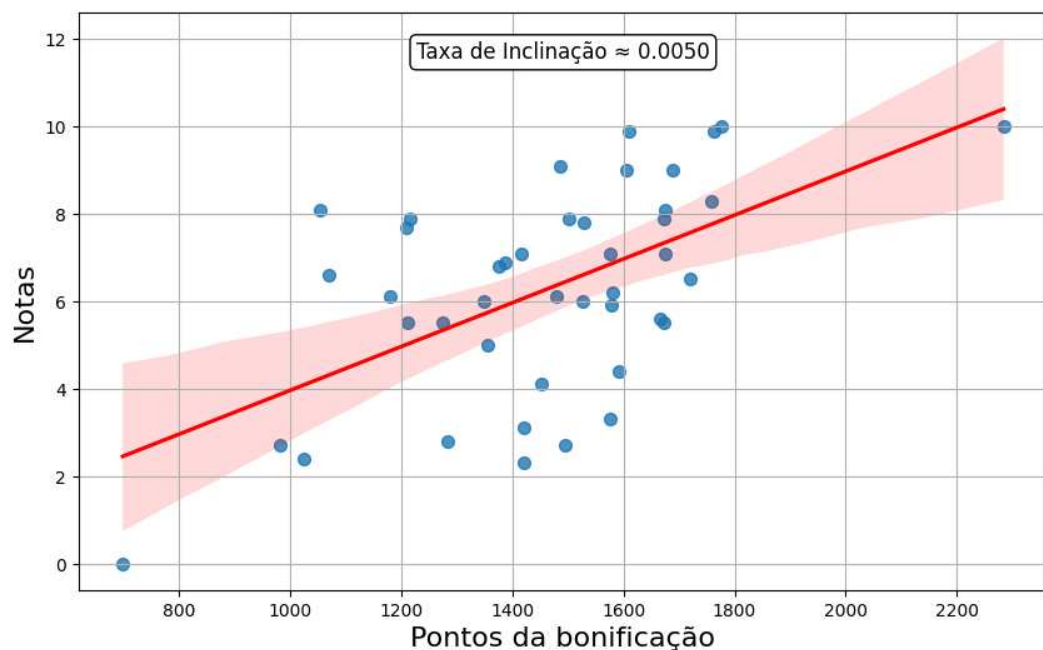
Os dados indicam que a bonificação exerceu um impacto positivo significativo na taxa de aprovação dos estudantes. No cenário sem bonificação, a taxa de aprovação foi de 53,5%, enquanto que, com a aplicação do bônus, essa taxa subiu para 76,7%, evidenciando um aumento expressivo de quase 23%. Isso reflete uma redução considerável na reprovação, que passou de 46,5% para 23,3% com a bonificação.

4.3.2 Impacto da bonificação no aprendizado

Os resultados até aqui apresentados confirmam a hipótese de que a gamificação, quando associada a elementos de bonificação, pode potencializar o desempenho acadêmico dos estudantes. No entanto, esses dados ainda não nos permitem inferir em que medida a bonificação associada à gamificação contribui efetivamente para o aprendizado. Para investigar essa questão, propomos a seguinte pergunta: *A estratégia de atribuir bônus nas notas pela realização de atividades promove efetivamente um maior aprendizado?*

Com o intuito de responder a essa pergunta, realizamos uma análise de correlação entre as médias das notas bonificadas com a bonificação dos estudantes, obtidas ao superar cada etapa do jogo no Moodle. A Figura 8 apresenta o gráfico de dispersão, acompanhado da análise de correlação entre esses dados.

Figura 8 – Gráfico de Correlação entre Média das Notas (eixo y) e os Pontos da Bonificação (eixo x).



Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico de dispersão revela dois aspectos importantes:

- A análise indica uma correlação positiva entre a bonificação e a nota final: a inclinação é de aproximadamente 0,005 sugere que, para cada 200 pontos de bonificação, há um acréscimo aproximado de 1 ponto na nota de aprendizado.
- No entanto, observa-se que os pontos se dispersam em torno da linha de tendência, o que impede uma conclusão sobre uma relação causal entre a bonificação e o aprendizado. Essa dispersão sugere que outros fatores podem estar influenciando as notas, e que a bonificação, embora associada a uma tendência de aumento, não é isoladamente determinante.

4.4 Conclusão

Em nosso estudo avaliamos os efeitos da gamificação de progressão na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral II, com foco principal no desempenho acadêmico e na retenção do aprendizado dos estudantes. A abordagem metodológica, baseada em um experimento com controle interno, permitiu comparar o impacto da bonificação tanto nas médias finais quanto na distribuição estatística dos resultados, revelando dados importantes sobre a eficácia da estratégia.

Os resultados evidenciam que a introdução da bonificação elevou a média das notas de 4,97 para 6,14, além de reduzir o desvio padrão (de 3,23 para 2,54) e o coeficiente de variação (de 65,06% para 41,42%), indicando maior consistência e homogeneidade no desempenho dos estudantes. Além disso, observou-se um aumento expressivo na taxa de aprovação, que subiu de 53,5% para 76,7%, consolidando o potencial da gamificação de progressão como ferramenta de incentivo ao engajamento acadêmico.

Por outro lado, a análise de correlação entre as notas com e sem bonificação demonstrou uma associação positiva, mas com alta dispersão dos dados em torno da linha de tendência. Isso revela que, embora exista uma tendência de melhoria, não é possível atribuir tal avanço unicamente ao aumento na assimilação conceitual. A bonificação, nesse contexto, parece operar como um mecanismo de incentivo comportamental (favorecendo a participação e o cumprimento de tarefas) mas sem garantir, por si só, uma elevação proporcional do aprendizado profundo.

Entre as limitações do estudo, destaca-se a dificuldade de isolar os efeitos da bonificação de outras variáveis contextuais, como a motivação individual dos estudantes, a interação em grupo e o uso de tecnologias externas. Além disso, o uso exclusivo de notas como métrica de aprendizado não permite aferir com precisão o domínio conceitual real dos conteúdos abordados, o que sugere a necessidade de instrumentos complementares de avaliação.

Recomenda-se, para pesquisas futuras, o uso de métricas independentes que permitam aferir diretamente o aprendizado, sem a interferência das bonificações. Adicionalmente, abordagens qualitativas, como entrevistas ou grupos focais com os estudantes, poderiam revelar com mais profundidade como a bonificação influencia comportamentos, percepções e estratégias de estudo. Tais investigações poderão contribuir para o refinamento das MAs e para o desenvolvimento de práticas de ensino mais equitativas, eficazes e alinhadas aos objetivos formativos do ensino superior.

5 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo geral deste estudo foi verificar o impacto do aumento do número de repetições em AREs associadas as MAs na retenção do aprendizado e no desempenho acadêmico de estudantes de disciplinas como Cálculo, investigando como a Gamificação de Progressão, promove o aumento no engajamento dos estudantes quando associadas às AREs.

Os resultados demonstraram de maneira consistente que a implementação das AREs foi eficaz. A primeira análise do experimento revelou que os estudantes que seguiram uma rotina estruturada com atividades de revisão espaçada apresentaram um desempenho superior ao grupo controle, com médias de notas mais altas (4,97 vs 3,90), menor dispersão nas notas (CV de 65,06% vs 77,54%) e um índice de aprovação significativamente maior (53,5% vs 30,77%). Esses dados nos mostraram que as AREs promovem um aprendizado mais consistente e eficaz, especialmente em uma disciplina complexa como Cálculo 2, além de contribuírem significativamente para a retenção do conhecimento. A segunda análise, focada na repetição, sugeriu que, no contexto das AREs, atividades individuais com mais repetições e espaçamento adequado podem levar a um desempenho superior em relação às atividades colaborativas, favorecendo a retenção duradoura do conteúdo e o aprendizado de longo prazo.

No entanto, identificamos desafios nas MAs, incluindo as AREs. Fatores como carga de trabalho excessiva, ansiedade social, desequilíbrio nas atividades em grupo e resistência à mudança podem dificultar a efetividade. Além disso, o uso indiscriminado de tecnologias pode reduzir o esforço cognitivo, criando uma falsa sensação de domínio do conteúdo. Em situações mais graves, as AREs podem gerar sobrecarga e levar a comportamentos não colaborativos, desmotivadores e até mesmo desonestos.

Para abordar essas limitações e fortalecer o engajamento, introduzimos a gamificação de progressão como uma abordagem complementar. A avaliação da gamificação na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral II revelou seu potencial como ferramenta de incentivo ao engajamento acadêmico. A introdução da bonificação elevou a média das notas (de 4,97 para 6,14), reduziu o desvio padrão e o coeficiente de variação (de 65,06% para 41,42%), indicando maior consistência e homogeneidade no desempenho dos estudantes. Além disso, observou-se um aumento expressivo na taxa de aprovação, que subiu de 53,5% para 76,7%. No entanto, a análise de correlação entre as notas com e sem bonificação, embora positiva, demonstrou alta dispersão dos dados, sugerindo que a bonificação opera mais como um mecanismo de incentivo comportamental (favorecendo a participação e o cumprimento de tarefas) do que garantindo, por

si só, uma elevação proporcional do aprendizado profundo.

Em síntese, concluímos que as Atividades de Revisão Espaçada são uma estratégia educacional valiosa e eficaz para otimizar o ensino de disciplinas desafiadoras como Cálculo 2, promovendo não apenas melhorias no desempenho imediato, mas também a retenção de conhecimento a longo prazo e uma maior consistência no aprendizado dos estudantes. Além disso, a gamificação de progressão pode representar uma estratégia promissora para aumentar o engajamento e, possivelmente, melhorar indicadores de desempenho acadêmico, como médias e taxas de aprovação. Essa abordagem sugere ter um potencial para minimizar alguns dos desafios comuns nas MAs. Ainda que atue como um incentivo comportamental, quando são aplicadas bonificações, sua combinação com as AREs pode permitir a construção de um ambiente de aprendizagem mais dinâmico, motivador e eficaz.

Portanto, nosso estudo ressalta a importância de uma abordagem integrada e equilibrada, que utilize metodologias como as AREs para fortalecer a compreensão e retenção do conteúdo, ao mesmo tempo em que emprega estratégias de gamificação para potencializar o engajamento e a participação dos estudantes. É fundamental que a implementação dessas estratégias considere um ambiente seguro e participativo, equilibrando a carga de trabalho e incentivando o uso consciente das tecnologias para realmente fortalecer o aprendizado e a formação de competências essenciais. Em futuros estudos, pode-se expandir a investigação sobre a gamificação associada às AREs, explorando, por exemplo, a integração com ferramentas como o Storytelling, com o objetivo de potencializar seus efeitos e avaliar seu impacto a longo prazo, especialmente no contexto do ensino de Engenharia.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, M. V. R.; LOPES, R. B.; ANDRADE, E. F.; PEREIRA, L. J. Game-based learning enhances students' understanding of endocrine physiology in veterinary medicine. **Advances in Physiology Education**, v. 48, n. 2, p. 155–163, jun. 2024. ISSN 1043-4046, 1522-1229. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/10.1152/advan.00182.2023>.
- ASIF, M. The impact of multidisciplinary research on scientific discovery and technological advancement. **Institute of Multidisciplinary Research, Quaid-i-Azam University**, v. 1, n. 8, p. 421–432, 2024.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. [S. l.]: Penso, 2021. ISBN 9788584291168.
- BAILERA, M.; PEÑA, B.; BAILERA, I.; ZALBA, B.; ZABALZA, I.; LISBONA, P.; PASCUAL, S. Aplicación del método de repetición espaciada en el ámbito de la Ingeniería. In: **In-Red 2022 - VIII Congreso Nacional de Innovación Educativa y Docencia en Red**. Editorial Universitat Politècnica de València, 2022. ISBN 9788413960173. Disponível em: <http://ocs.editorial.upv.es/index.php/INRED/INRED2022/paper/view/15923>.
- BARROWS, H. S. A taxonomy of problem-based learning methods. **Medical Education**, v. 20, n. 6, p. 481–486, nov. 1986. ISSN 03080110, 13652923. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 32, n. 1, p. 25, mar. 2011. ISSN 1679-0383, 1676-5443. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminasoc/article/view/10326>.
- BERGMANN, J.; SAMS, A. **Flip your classroom: reach every student in every class every day**. Eugene, Or: International Society for Technology in Education, 2012. ISBN 9781564843159.
- BONWELL, C. C.; EISON, J. A. **Active learning: creating excitement in the classroom**. Washington, DC: School of Education and Human Development, George Washington University, 1991. (ASHE-ERIC higher education report, 1, 1991). ISBN 9781878380081.
- BRASIL. **Lei Geral de Proteção de Dados, Lei Nº. 13.709, 14 de agosto de 2018**. 2018. Accessed: Feb. 13, 2025. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm.
- BRASIL. **Parecer CNE/CES no 2, de 24 de Abril de 2019. Dispõe sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia**. 2019.
- BRASIL. **Brasil no Pisa 2018 [recurso eletrônico]**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2020.
- BUSARELLO, R. I. **Gamification: princípios e estratégias**. [S. l.]: Pimenta Cultural, 2016. ISBN 9788566832372.
- CARVALHO, R. D. O.; MARQUES, C. M.; MENDES, J. O.; FILLMANN, H. S.; MELLO, R. G. Perception of medical students on the use of Case-Based Collaborative Learning (CBCL) in the human physiology course. **Educación Médica**, v. 25, n. 5, p. 100946, set. 2024. ISSN 15751813. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1575181324000615>.

COLLADO-VALERO, J.; RODRÍGUEZ-INFANTE, G.; ROMERO-GONZÁLEZ, M.; GAMBOA-TERNERO, S.; NAVARRO-SORIA, I.; LAVIGNE-CERVÁN, R. Flipped Classroom: Active Methodology for Sustainable Learning in Higher Education during Social Distancing Due to COVID-19. **Sustainability**, v. 13, n. 10, p. 5336, maio 2021. ISSN 2071-1050. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/10/5336>.

CRUZ, E. P. F.; GOMES, G. R. R.; FILHO, E. T. A. Microlearning como uma nova abordagem tecno-pedagógica: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. e47611629548–e47611629548, maio 2022. ISSN 2525-3409. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/29548>.

CUNHA, M. B. D.; OMACHI, N. A.; RITTER, O. M. S.; NASCIMENTO, J. E. D.; MARQUES, G. D. Q.; LIMA, F. O. **METODOLOGIAS ATIVAS: EM BUSCA DE UMA CARACTERIZAÇÃO E DEFINIÇÃO**. 2022. Disponível em: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/3885/version/4110>.

DEWEY, J. **Democracy and education**. [S. l.]: Penn State Electronic Classics Series Publication, 1916.

DURAN, M. J.; ACIEGO, J. J.; GONZALEZ-PRIETO, I.; CARRILLO-RIOS, J.; GONZALEZ-PRIETO, A.; CLAROS-COLOME, A. A Gamified Active-Learning Proposal for Higher-Education Heterogeneous STEM Courses. **Education Sciences**, v. 15, n. 1, p. 10, dez. 2024. ISSN 2227-7102. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/15/1/10>.

EBBINGHAUS, H. **Memory: A contribution to experimental psychology**. [S. l.: s. n.], 1885.

EYRIKH, N.; ZHOLDOSHEVA, A.; SHAKEEVA, C.; GORBUNOVA, T.; BAZHENOV, R. The efficiency of multimedia technologies utilized in studying Mathematics course in the fields of Engineering. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 2193, n. 1, p. 012083, fev. 2022. ISSN 1742-6588, 1742-6596. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2193/1/012083>.

FADEL, L. M.; ULBRICHT, V. R.; BATISTA, C. R.; VANZIN, T. **Gamificação na educação**. [S. l.]: Pimenta Cultural, 2014. ISBN 9788566832136.

FILHO, A. B. d. C.; VALLE, E. C. d.; ARAÚJO, L. L.; PIETTA, E. V. Z.; PATRÍCIO, L. G. Retenção e evasão em cursos de engenharia: uso de tecnologia para proporcionar a aprendizagem social. **RENOTE: Novas Tecnologias na Educação**. Vol. 20, n. 1 (2022), p. 273-283, 2022.

FREEMAN, S.; EDDY, S. L.; MCDONOUGH, M.; SMITH, M. K.; OKOROAFOR, N.; JORDT, H.; WENDEROTH, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 23, p. 8410–8415, jun. 2014. ISSN 0027-8424, 1091-6490. Disponível em: <https://pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1319030111>.

FREIRE, P. **Pedagogia Da Autonomia**. [S. l.]: Paz E Terra, 1970. ISBN 9788521902430.

FROYD, J. E.; WANKAT, P. C.; SMITH, K. A. Five Major Shifts in 100 Years of Engineering Education. **Proceedings of the IEEE**, p. 1344–1360, 2012.

GO, M.; GOLBIN, R.; VELOS, S.; DAYUPAY, J.; DIONALDO, W.; CABABAT, F.; BONGO, M.; TROUSSAS, C.; OCAMPO, L. Evaluating digital mathematical games in improving the basic

mathematical skills of university students. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, v. 55, n. 4, p. 899–921, abr. 2024. ISSN 0020-739X, 1464-5211. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0020739X.2022.2089604>.

GRAHAM, M. J.; FREDERICK, J.; BYARS-WINSTON, A.; HUNTER, A.-B.; HANDELSMAN, J. Increasing Persistence of College Students in STEM. **Science**, v. 341, n. 6153, p. 1455–1456, set. 2013. ISSN 0036-8075, 1095-9203. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1240487>.

GUIJARRO-ROMERO, S.; CASADO-ROBLES, C.; MAYORGA-VEGA, D. Active learning methodologies: How has its use evolved in the university teaching? In: **2021 IEEE International Conference on Frontiers in Education (FIE)**. Online Conference: IEEE, 2021. p. 2058–2062. Disponível em: <https://library.iated.org/view/GUIJARROROMERO2021ACT>.

HYLAND, T.; SEERY, N.; BUCKLEY, J. Spatial ability predicts short-term retention of declarative technical information in authentic engineering educational settings: An original study with two conceptual replications. **European Journal of Engineering Education**, Taylor & Francis, v. 49, n. 6, p. 1310–1332, 2024.

IBRAHIM, I.; ABUDDIN, N. Z. The critical role of soft skills in engineering: Enhancing performance and career advancement. **Journal of Ecohumanism**, v. 3, n. 7, p. 691–703, 2024. Disponível em: <https://ecohumanism.co.uk/joe/ecohumanism/article/view/4236>.

JOHNSEN, I.; GYNNILD, V.; LILLEBO, B. Combining Problem-Based Learning and Team-Based Learning in a Longitudinal Integrated Clerkship: How Do Students Spend Their Self-Study Time? **The Clinical Teacher**, v. 22, n. 1, p. e70008, fev. 2025. ISSN 1743-4971, 1743-498X. Disponível em: <https://asmepublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/tct.70008>.

LIMA, L. C.; PEREIRA, F. C. M. Metodologias ativas como estratégia pedagógica: um relato de experiência docente na graduação em Biblioteconomia. **RDBCI Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 21, p. e023022, out. 2023. ISSN 1678765X. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rdbci/article/view/8672272>.

LÔBO, Í. M.; SILVA, B. H. F. da; PEREIRA, J. A.; SILVANY, M. A.; FILHO, M. A. S. de A. Metodologia ativa: aprendizagem baseada em problemas: uma revisão de literatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 5, p. 116–124, 2024.

MAGALHÃES, G. R. R. **Aplicação do Moodle em metodologias ativas para alavancar o desempenho em disciplinas de cálculo**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, 2023. Acesso Aberto. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/76011>.

MAGALHÃES, G. R. R.; NUNES, R. d. S.; SALUSTIANO, A. F.; LIMA, K. M. d.; NASCIMENTO, J. C. d. Aplicação do moodle em metodologias ativas para alavancar o desempenho em disciplinas de cálculo. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 32, p. 617–641, out. 2024. Disponível em: <https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/3873>.

MANZANAS, R. G.; DOMÍNGUEZ, M. D. F. Juego como recurso didáctico para las matemáticas en la universidad.: Experiencia en varios Grados de Ingeniería. **HUMAN REVIEW. International Humanities Review / Revista Internacional de Humanidades**, v. 11, n. Monográfico, p. 1–11, dez. 2022. ISSN 2695-9623. Disponível em: <https://journals.eagora.org/revHUMAN/article/view/3948>.

MAZUR, E. **Peer instruction: a user's manual**. 1. edition, pearson new international edition. ed. Harlow: Pearson, 2014. (MyiLibrary). ISBN 9781292039701 9781292054346 9781306123921.

MCGONIGAL, J. **A realidade em jogo**. 1. ed. [S. l.]: Rio de Janeiro, 2017. ISBN 978-85-465-0038-3.

MCINTOSH, D.; AL-NUAIMY, W.; ATABY, A. A.; SANDALL, I.; SELIS, V.; ALLEN, S. Gamification Approaches for Improving Engagement and Learning in Small and Large Engineering Classes. **International Journal of Information and Education Technology**, v. 13, 2023.

MESQUITA, I. M.; NUNES, R. D. S.; LIMA, K. M. D.; SALUSTIANO, A. F.; SILVA, W. S.; JÚNIOR, I. C. D. P. Educational assistant robot for strengthening children's learning using iot. p. 365–370, 2024.

MESSINEO, M.; GAITHER, G.; BOTT, J.; RITCHEY, K. Inexperienced Versus Experienced Students' Expectations For Active Learning in Large Classes. **College Teaching**, v. 55, n. 3, p. 125–133, jul. 2007. ISSN 8756-7555, 1930-8299. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3200/CTCH.55.3.125-133>.

MONTESORI, M. **II metodo della pedagogia scientifica applicato all'educazione infantile nelle Case dei Bambini**. Città di Castello: S. Lapi, 1909. 1ª ed.

MORAN, J. **Metodologia ativas de bolso: como os alunos podem aprender de forma ativa, simplificada e profunda**. [S. l.]: Editora do Brasil, 2021. ISBN 9788510076579.

NUNES, R. d. S.; ALVES, S. F.; VICTOR, C. A.; ARAGÃO, F. A. P. Plataforma didática interativa para práticas interdisciplinares em cursos de engenharia. In: **Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente-SBAI**. [S. l.: s. n.], 2023. v. 1, n. 2.

NUNES, R. d. S.; SOUSA, H. P. V. O. de; VICTOR, C. A.; ALVES, S. F.; OLIVINDO, J. A. S. de. Módulo educacional para acionamento local e remoto de motores. v. 1, n. 2, 2023.

OWENS, D. C.; SADLER, T. D.; BARLOW, A. T.; SMITH-WALTERS, C. Student Motivation from and Resistance to Active Learning Rooted in Essential Science Practices. **Research in Science Education**, v. 50, n. 1, p. 253–277, fev. 2020. ISSN 0157-244X, 1573-1898. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11165-017-9688-1>.

PAPERT, S. A. **Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas**. [S. l.]: Basic Books, 1998.

PARODY, L.; SANTOS, J.; TRUJILLO-CAYADO, L. A.; CEBALLOS, M. Gamification in Engineering Education: The Use of Classcraft Platform to Improve Motivation and Academic Performance. **Applied Sciences**, v. 12, n. 22, p. 11832, nov. 2022. ISSN 2076-3417. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/22/11832>.

PETERSON, A.; DUMONT, H.; LAFUENTE, M.; LAW, N. **Understanding innovative pedagogies: Key themes to analyse new approaches to teaching and learning**. [S. l.], 2018. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/understanding-innovative-pedagogies_9f843a6e-en.html.

PIAGET, J. The psychology of intelligence and education. **Childhood Education**, Routledge, v. 42, n. 9, p. 528–528, 1966. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00094056.1966.10727991>.

POZUELO-MUÑOZ, J.; CALVO-ZUECO, E.; SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, E.; CASCAROSA-SALILLAS, E. Science Skills Development through Problem-Based Learning in Secondary Education. **Education Sciences**, v. 13, n. 11, p. 1096, out. 2023. ISSN 2227-7102.

RENSAA, R. J.; HENRIKSEN, H. A workbook and assessment scheme implemented for engineering students with an aim of increasing their motivation for mathematics. **European Journal of Engineering Education**, p. 1–14, mar. 2025. ISSN 0304-3797, 1469-5898. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03043797.2025.2482835>.

RINCON-FLORES, E. G.; LÓPEZ-CAMACHO, E.; LÓPEZ, O. O. Engaging a Calculus Course with Telepresence through Gamification. **2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**, 2020.

ROBLEDO-RELLA, V.; BATALLA, M. d. L. Q.; ARELLANO, J. M. Ramírez-de; ACOSTA, R. D. S. Gam-Mate: Gamification Applied to an Undergrad Discrete Math Course. **2022 10th International Conference on Information and Education Technology**, 2022.

SACCARO, A.; FRANÇA, M. T. A.; JACINTO, P. d. A. Fatores associados à evasão no ensino superior brasileiro: um estudo de análise de sobrevivência para os cursos das áreas de ciência, matemática e computação e de engenharia, produção e construção em instituições públicas e privadas. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, SciELO Brasil, v. 49, n. 2, p. 337–373, 2019.

SALAMI, H.; ALOTHMAN, K. Engineering training and its importance for building information modelling. **International Journal of BIM and Engineering Science**, v. 5, n. 1, p. 41–60, 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/363077331>.

SALUSTIANO, A. F. **Atividades de revisão espaçada em metodologias ativas para melhorar a retenção no ensino de matemática para engenharia: um estudo experimental**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, 2025. Acesso Aberto. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/80869>.

SAMALA, A. D.; BOJIC, L.; BEKIROĞLU, D.; WATRIANTHOS, R.; HENDRIYANI, Y. Microlearning: Transforming Education with Bite-Sized Learning on the Go—Insights and Applications. **International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)**, v. 17, n. 21, p. 4–24, nov. 2023. ISSN 1865-7923. Disponível em: <https://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/42951>.

SANTOS, M. M. O. O.; BARROS, D. M. de; BARROS, M. J. de; LEMOS, L. H. de G.; FREIRE, K. M. de A.; GONÇALVES, C. V.; LIMA, U. F. de; SILVA, M. A. da. Reimaginando o ensino: desafios e oportunidades na adoção da sala de aula invertida. **Revista Educação, Humanidades e Ciências Sociais**, p. e000134–e000134, 2024.

SEIDEL, S. B.; TANNER, K. D. “What if students revolt?”—Considering Student Resistance: Origins, Options, and Opportunities for Investigation. **CBE—Life Sciences Education**, v. 12, n. 4, p. 586–595, dez. 2013. ISSN 1931-7913. Disponível em: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe-13-09-0190>.

SORIANO-PASCUAL, M.; FERRIZ-VALERO, A.; GARCÍA-MARTÍNEZ, S.; BAENA-MORALES, S. Gamification as a Pedagogical Model to Increase Motivation and Decrease

Disruptive Behaviour in Physical Education. **Children**, v. 9, n. 12, p. 1931, dez. 2022. ISSN 2227-9067. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9067/9/12/1931>.

SOUSA, H. P. d.; NUNES, R. d. S.; SILVA, A. K. G. da; ARAGÃO, F. A. P.; ALBUQUERQUE, L. T. Módulo didático para acionamento e controle de velocidade de um motor cc para práticas interdisciplinares em cursos de engenharias. v. 3, n. 1, 2022.

SUYO-VEGA, J. A.; MENESES-LA-RIVA, M. E.; FERNÁNDEZ-BEDOYA, V. H.; ALVARADO-SUYO, S. A.; OCUPA-CABRERA, H. G. Micro-learning with instructional content in the teaching of scientific research: A qualitative study conducted in Peru. In: . Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2023. ISBN 9786289520743. Disponível em: <https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/meta/FP1027.html>.

TEIXEIRA, L. L. M.; ALMEIDA, V. R. D.; ANDRADE, A. A.; GONÇALVES, M. C.; PARENTE, L. D. S.; PARENTE, L. D. S.; COSTA, R. G. D. Metodologia ativas e formação de professores para uma educação transformadora. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 7, p. e5472, jul. 2024. ISSN 1983-0882. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/5472>.

TODA, A.; CRISTEA, A. I.; ISOTANI, S. Gamification for Education. In: **Gamification Design for Educational Contexts**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 3–14. ISBN 9783031319488 9783031319495. Disponível em: https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-31949-5_1.

UNESCO. **Engineering for Sustainable Development: Delivering on the Sustainable Development Goals**. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2021. ISBN 978-92-3-100437-7.

VERA, J. R. E.; FERNANDEZ, F. D. Gamification in the academic performance of the mathematics course in incoming students undergraduate from a private university in Lima. In: . Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2023. ISBN 9786289520743. Disponível em: <https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/meta/FP1301.html>.

ZABALA-VARGAS, S. A.; GARCÍA-MORA, L.; ARCINIEGAS-HERNÁNDEZ, E.; REINA-MEDRANO, J.; BENITO-CROSETTI, B. D.; DARDER-MÉSQUIDA, A. Didactic Strategy Mediated by Games in the Teaching of Mathematics in First-Year Engineering Students. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 18, n. 2, p. em2082, fev. 2022. ISSN 13058215, 13058223.

ZABALA-VARGAS, S. A.; GARCÍA-MORA, L. H.; ARDILA-SEGOVIA, D. A.; BENITO-CROSETTI, B. L. d. Motivation increase of mathematics students in Engineering – A proposal from Game Based Learning. 2019.

APÊNDICE A – EXPERIMENTO

Grupo Controle: Análise 1

A Figura 9 detalha os estudantes do grupo de controle da primeira análise.

Figura 9 – Grupo de Controle da Análise 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Grupo Controle: Análise 2

Já a Figura 10 detalha os estudantes do grupo de controle da segunda análise.

Figura 10 – Grupo de Controle da Análise 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Grupo Experimental

As Figuras 11 e 12 detalham os estudantes do grupo experimental, realizando, respectivamente, atividades individuais e colaborativas.

Figura 11 – Grupo experimental: Atividades individuais.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 – Grupo experimental: Atividades colaborativas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme detalhado durante as atividades, os estudantes utilizavam o celular apenas no início e no final das dinâmicas: o primeiro momento para copiar os enunciados e o segundo para enviar os resultados obtidos durante a execução das questões. A Figura 13 mostra a turma realizando a atividade colaborativa, com os celulares de todos sobre a mesa do professor. A Figura 14 destaca a mesa com os *smartphones* dos estudantes.

Figura 13 – Grupo experimental: Atividades colaborativas sem smartphones.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 14 destaca a mesa com os *smartphones* dos estudantes.

Figura 14 – *Smartphones* dos estudantes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE B – CONFIGURAÇÕES DO TEMA NO MOODLE

Para configurar o tema com cores, animações e alteração das fontes, é necessário desenvolver um código CSS e colocá-lo no diretório correspondente. Siga os passos abaixo.

1. Acesse a **página inicial** do Moodle.
2. No canto superior direito, clique em **Administração do site**.
3. Na página que abrir, selecione a opção **Aparência**.
4. Em seguida, vá para a seção **Temas** e selecione o tema desejado. Para este exemplo, utilizaremos o tema *Clássico*.
5. Agora, clique em **Configurações avançadas** do tema *Clássico*.
6. Na nova página, você verá duas caixas de texto. Na caixa intitulada *SCSS puro inicial*, insira o código CSS que você desenvolveu.
7. Após inserir o código, clique em **Salvar mudanças**.
8. Volte para a página inicial e verifique se as alterações foram aplicadas. Se não forem visíveis de imediato, atualize a página.

Passo a passo:

Administração do site > Aparência > Temas > Clássico > Configurações avançadas > SCSS puro inicial > Salvar mudanças

Configurando temática do Curso

Para realizar a seleção e ajuste da temática do curso, siga os passos abaixo.

1. Na **página inicial** do Moodle, selecione o curso que deseja modificar.
2. Ao entrar na página inicial do curso, clique no botão **Configurações do curso**.
3. Na página de configurações do curso, vá até a seção **Aparência**.
4. Ao clicar em **Aparência**, uma nova janela será aberta, onde aparecerá a opção **Forçar tema**.
5. Selecione o tema desejado. Neste exemplo, será escolhida a temática *Clássico*.
6. Após selecionar o tema, role até o final da página e clique em **Salvar configurações**.
7. Ao ser redirecionado para a página inicial do curso, será possível verificar as atualizações.

Passo a passo:

Página inicial do Moodle > Cursos Disponíveis > Curso Escolhido (Exemplo:

Cálculo Diferencial e Integral II 2024.1) > Configurações > Aparência > Forçar tema > Clássico > Salvar e mostrar

Configurar formato do curso

Os formatos de cursos são as maneiras pelas quais os cursos são exibidos, podendo ser em semanas, tópicos ou no formato de trilha. Este exemplo detalha o passo a passo para a seleção do "Formato de trilha". Além da seleção do formato, também é possível realizar algumas configurações internas, como ajustar cores e tamanhos de imagens, assim como definir posicionamentos e modelos de trilha.

1. Na **página inicial** do Moodle, selecione o curso que deseja modificar.
2. Ao entrar na página inicial do curso, clique no botão **Configurações do curso**.
3. Na página de configurações do curso, vá até a seção **Formato de curso**.
4. Nessa seção, várias opções aparecerão. Localize a caixa intitulada **Formato**.
5. Selecione o formato desejado dentre as opções disponíveis. Alguns formatos podem conter ajustes internos específicos.
6. Após escolher o formato, clique no botão **Salvar e mostrar** para atualizar o formato existente no curso.

Passo a passo:

Página inicial do Moodle > Cursos Disponíveis > Curso Escolhido (Exemplo: Cálculo Diferencial e Integral II 2024.1) > Configurações > Formato de curso > Formato > Formato de Trilha (Exemplo) > Salvar e mostrar

Editar Formato de Curso

Os formatos de curso podem ser modificados dependendo do usuário (administrador). Dessa forma, este passo a passo detalha como editar o formato de curso utilizando o formato de trilha, permitindo ajustar imagens, títulos, entre outros elementos.

1. Na **página inicial** do Moodle, selecione o curso que deseja ajustar o design do formato de curso.
2. Ao entrar na página inicial do curso, clique no botão **Ativar edição**. Isso permitirá a modificação das funcionalidades do curso.

3. A página será atualizada e permitirá que você ajuste as configurações, desde incluir imagens até mover seções.
4. Para incluir imagens nas seções, clique sobre as áreas das imagens, onde aparecerá uma engrenagem junto com o texto "**Alterar imagem**". Você estará modificando a imagem.
5. Para alterar o texto da imagem, clique sobre a imagem novamente. Isso o direcionará para a seção equivalente ao final da página, onde poderá fazer os ajustes necessários.
6. Após realizar todos os ajustes, retorne ao botão onde ativou a edição e selecione o botão que estará com o texto "**Desativar edição**".

APÊNDICE C – QUESTÕES RANDOMIZADAS E PARAMETRIZADAS - MOODLE

Para a randomização e parametrização das questões, seguimos o seguinte passo a passo de desenvolvimento utilizando a plataforma Moodle:

Acesso ao Banco de Questões

1. Acesse o Moodle como administrador ou professor com permissão para editar o banco de questões.
2. No menu principal, selecione **Banco de Questões**.

Criar ou Selecionar Categoria

1. No Banco de Questões, clique em **Categoria**.
2. Escolha uma categoria existente ou clique em **Criar Categoria** para adicionar uma nova.

Criar uma Nova Questão

1. Clique em **Criar uma Nova Questão**.
2. Selecione o **Tipo de Questão: Calculada**.
3. Clique em **Adicionar**.

Configuração da Questão

Preencha os seguintes campos:

1. **Nome:** Defina um nome descritivo para a questão.
2. **Texto da Questão:** Insira a pergunta em $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$.
3. **Status:** Defina como **Pronta**.
4. **Marcação Padrão:** Defina como **1**.
5. **Feedback Geral:** Deixe em branco.
6. **Resposta:**
 - Defina a resposta utilizando curingas e operações básicas (exemplo: $2 \times a$).
 - **Tolerância:** 0.00000000000001.
 - **Tipo:** Relativo.
 - **Nota:** 100%.

- **Formato de Exibição:** Decimal, 0 casas decimais.
- **Feedback:** *A resposta está correta.*

Clique em **Salvar alterações**.

Configuração dos Dados da Questão

1. Após salvar, na nova página, selecione **Usará o mesmo conjunto de dados privados existentes, como antes**.
2. Clique em **Não Sincronizar**.
3. Clique em **Próxima Página**.

Configuração dos Curingas

1. Na página seguinte, determine a faixa de valores dos curingas:
 - **Faixa de Valores:** Mínimo **2**, Máximo **20**.
 - **Casas Decimais:** **0**.
 - **Distribuição:** Uniforme.
2. Sempre que alterar informações do **Item a adicionar**, clique em **Atualizar os parâmetros dos conjuntos de dados**.
3. **Parâmetros de Tolerância de Respostas:**
 - Clique em **Mostrar mais** e mantenha os padrões.
4. **Adiciona:**
 - Selecione **Reutilizar valor prévio se disponível**.
 - Caso haja problemas, teste as outras opções disponíveis.
5. **Adicionar Item:**
 - Selecione **60 novos conjuntos**.
6. **Excluir:**
 - Selecione os itens a mais do conjunto desejado.
7. Clique em **Salvar**.

APÊNDICE D – REGRAS DA GAMIFICAÇÃO DE PROGRESSO

1. Os estudantes devem estar matriculados na disciplina de Cálculo II e acessar o ambiente virtual de aprendizagem Moodle para participar do curso.
2. Todos os estudantes realizarão um teste de nivelamento. A pontuação do teste será usada para selecionar os líderes das equipes. Apenas os estudantes que obterem nota igual ou superior a 6 no teste poderão criar grupos ou liderar equipes.
3. Durante as aulas, os estudantes terão à disposição material básico, como folhas, canetas, lápis e borracha, para a realização das atividades presenciais.
4. Cada estudante será alocado em um grupo de até 4 colegas. Mudanças de equipe só serão permitidas após a primeira prova, com base no desempenho.
5. O uso de meios de consulta como cola ou "pesca" durante as atividades será estritamente proibido. Apenas as fontes autorizadas pelo professor serão permitidas.
6. Os estudantes poderão usar uma calculadora científica durante as atividades e provas, desde que ela não possua acesso à internet.
7. Durante as provas, os estudantes não poderão consultar outros grupos. Somente os membros da equipe ou o professor poderão esclarecer dúvidas.
8. As equipes terão até duas horas, nas aulas de quinta-feira, para resolver as atividades propostas. A resolução será feita de forma colaborativa, com base nas habilidades e conhecimentos dos membros.
9. O professor fará uma correção rigorosa das atividades. Ele não aceitará qualquer tipo de erro, como parênteses incorretos ou sinais trocados.
10. As semanas de aula serão organizadas em "Fases". Cada fase incluirá videoaulas, PDFs e atividades de aprendizagem, criando uma sequência de conteúdos e desafios.
11. O Moodle usará níveis para medir a participação dos estudantes. Aqueles que acessarem e interagirem frequentemente com as atividades avançarão para níveis mais altos.
12. Para avançar nos níveis, os estudantes receberão pontuações com base na interação com as atividades. O progresso será monitorado ao longo do curso.
13. Cada atividade terá uma pontuação distinta. Ao fim de cada fase, as pontuações serão somadas, permitindo que os estudantes avancem para o próximo nível e incentivando a continuidade no curso.

APÊNDICE E – CONFIGURAÇÃO DA DISCIPLINA COM GAMIFICAÇÃO DE PROGRESSÃO

Planejamento da disciplina

Definição de Objetivos e Conteúdo

- **Objetivos de aprendizado:** Defina o que os estudantes devem aprender ao final da disciplina.
- **Estrutura da disciplina:** Decida como a disciplina será dividida (ex.: módulos, seções, atividades, fases). Nesse caso, o formato por **trilhas** é essencial, então planeje como cada trilha será composta (temas, módulos, lições).

Gamificação no Disciplina

- **Pontos e Níveis:** Determine como os estudantes ganharão pontos. Cada atividade ou módulo pode conceder uma quantidade específica de pontos.
- **Ranking:** Defina o ranking de acordo com a pontuação acumulada dos estudantes. Você pode colocar as 3 melhores pontuações de cada módulo.
- **Desafios e Conquistas:** Planeje as conquistas que serão concedidas ao aluno conforme ele completa certos marcos ou desafios.

Configuração Inicial no Moodle

Criação da disciplina

1. **Acessar o Moodle** e criar um novo curso/disciplina:

- No menu principal do Moodle, vá em "Administração do site" e selecione "Cursos» "Adicionar um novo curso".
- Defina o nome, formato e características do curso. Escolha o formato "**Trilhas**" (também conhecido como "Formato de Tópicos" com múltiplas seções).

2. **Estrutura da disciplina:**

- Organize a disciplina em **módulos ou trilhas** que os estudantes devem completar sequencialmente. Pode ser feito de forma linear ou permitir que o aluno escolha sua própria trajetória.

- Cada módulo pode conter múltiplas atividades, como fóruns, quizzes, lições, tarefas e recursos diversos.

3. Personalização Visual da Disciplina:

- **Escolher o tema:** O Moodle permite a escolha de diferentes temas visuais. Vá para "Administração do site» "Aparência» "Temas» "Selecionar Tema" e escolha um tema responsivo e adequado para o estilo da disciplina.
- **Logo e Cores:** Personalize a disciplina adicionando logo, banners e ajustando as cores para refletir o tema da disciplina ou a identidade visual da instituição.
- **Layout de blocos:** Utilize blocos para destacar pontos importantes, como rankings, notas, pontos, e progresso do aluno.

Gamificação da Disciplina

Implementação da Pontuação e Recompensas

1. Sistema de Pontuação:

- Adicione a **pontuação** nas atividades. O Moodle permite atribuir pontos a quizzes, fóruns, tarefas, etc. Configure o valor de pontos para cada atividade.
- Defina o número de pontos que o aluno deve acumular para avançar para a próxima trilha ou nível.

2. Ranking:

- Utilize o **relatório de conclusão de atividades** para acompanhar o desempenho dos estudantes.
- Para criar o ranking, instale o plugin "**Block Game**" se preferir um ranking mais interativo.
- Defina como o ranking será apresentado (em tempo real ou ao final da disciplina).

3. Barra de Progresso:

- **Instalar o Plugin de Barra de Progresso:** O Moodle oferece o plugin "**Progress Bar**", que pode ser instalado para acompanhar o progresso do aluno. Este plugin mostra a porcentagem de conclusão da disciplina, de acordo com as atividades realizadas e pontos acumulados.
- **Configuração da barra:** Ao configurar, determine quais atividades ou módulos contribuem para o progresso do aluno (ex.: concluir um módulo de quiz, assistir a

um vídeo, etc.).

Condições de Conclusão

- Configure as **condições de conclusão** das atividades para que o aluno só avance se atingir determinados marcos. Por exemplo:
 - Concluir uma atividade (ex: enviar uma tarefa).
 - Obter uma pontuação mínima em um quiz.
 - Acumular uma quantidade mínima de pontos.

Interatividade e Engajamento

Incentivos para Engajamento

- **Feedback personalizado:** Forneça feedback instantâneo nas atividades, para que o aluno saiba onde está indo bem ou precisa melhorar.
- **Gamificação social:** Crie uma competição amigável, incentivando os estudantes a interagirem uns com os outros no fórum ou nas atividades em grupo.

Monitoramento e Avaliação

Acompanhamento do Progresso

- **Relatórios de progresso:** O Moodle oferece diversas ferramentas de relatório, como o **Relatório de Conclusão de Atividades** e o **Relatório de Participação**, que permitem que os instrutores acompanhem o progresso dos estudantes.

APÊNDICE F – DESIGN E IMAGENS DO JOGO/DISCIPLINA: AS AVENTURAS DE OLIVER HEAVISIDE NO CÁLCULO II

Página de login, página de seleção da disciplina e Abertura da disciplina

A Figura 15 apresenta o layout da página de login onde os estudantes fazem login para acessar a disciplina.

Figura 15 – Página de login.



The image shows a login interface for 'Curso de Cálculo - UFC Sobral'. It features two input fields: 'Identificação ou email' and 'Senha'. Below these is a black 'Acessar' button. A link 'Perdeu a senha?' is positioned below the button. A section titled 'Esta é a sua primeira vez aqui?' includes the text 'Para ter acesso completo a este site, você primeiro precisa criar uma conta.' and a 'Criar uma conta' button. At the bottom, there is an 'Aviso de Cookies' button.

Fonte: Elaborado pelo autor.

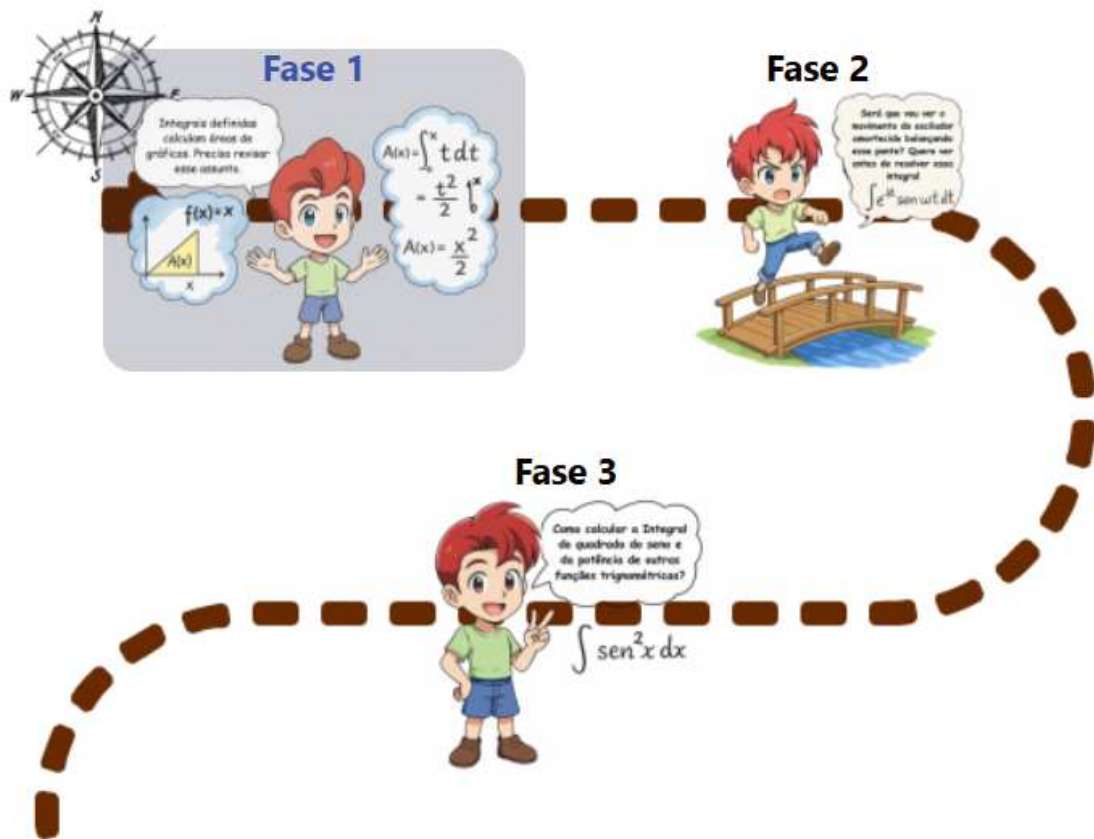
A Figura 16, por sua vez, apresenta o layout da página inicial onde os estudantes fazem login para selecionar e acessar a disciplina.

Figura 16 – Seleção da disciplina.



Fonte: Elaborado pelo autor.

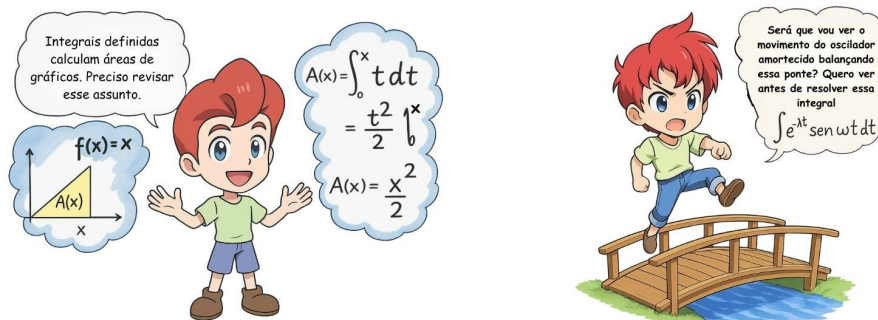
Figura 18 – Parte da trilha com as fases do jogo/disciplina.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As Figuras 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25 detalham as imagens que representam cada uma das fases. No total, foram 14 fases, com conteúdos, simulados e provas.

Figura 19 – Fase 1 e 2.



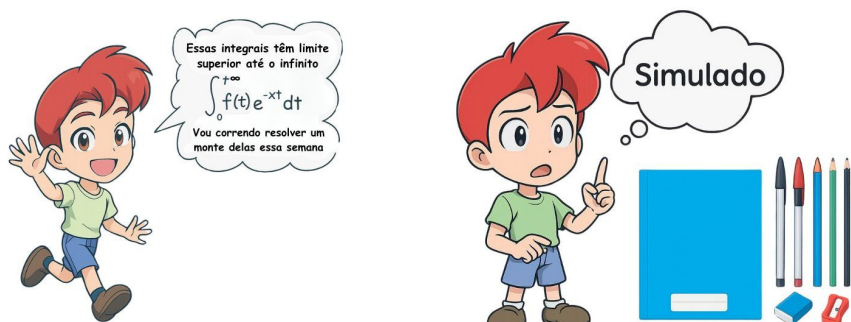
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 20 – Fase 3 e 4.



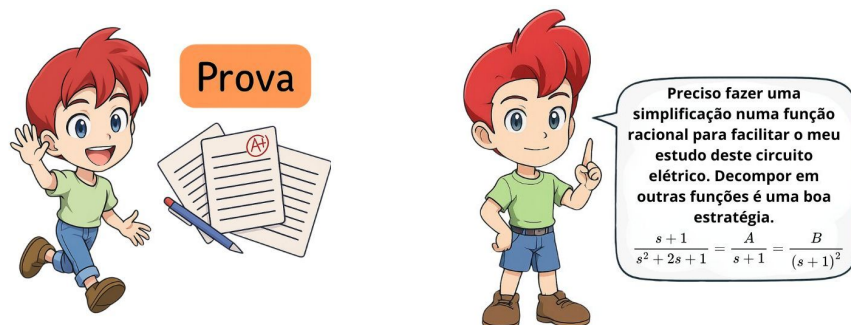
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21 – Fase 5 e 6.



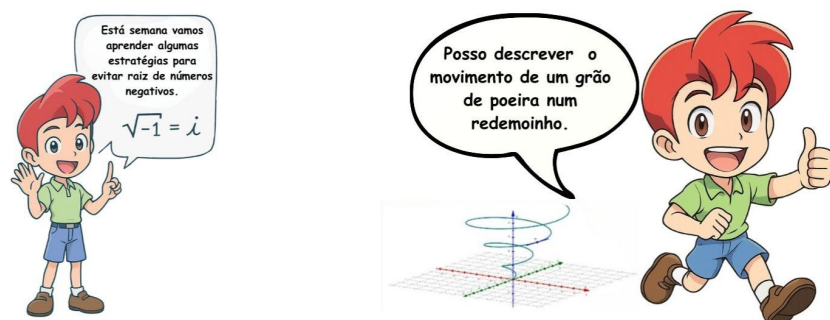
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 22 – Fase 7 e 8.



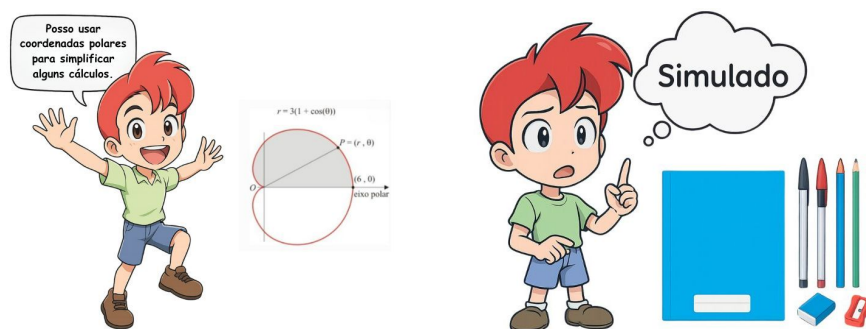
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 23 – Fase 9 e 10.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 24 – Fase 11 e 12.



Fonte: Elaborado pelo autor.

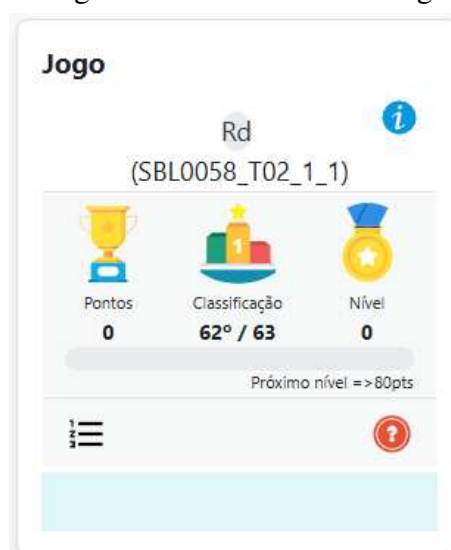
Figura 25 – Fase 13 e 14.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 26, por sua vez, destaca o ranking utilizado, no qual eram detalhadas as posições e o progresso de cada estudante. Neste ranking, foram respeitados os dados de cada estudante, e apenas o próprio estudante, o professor e os tutores tinham conhecimento sobre a pontuação. Neste ranking, utilizamos o plugin "Block Game", disponível no diretório de plugins da plataforma Moodle.

Figura 26 – Bloco de Ranking.



Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE G – VÍDEOS INFORMATIVOS DA GAMIFICAÇÃO

Produzimos para nosso experimento vídeos informativos apresentando a mecânica do nosso jogo/disciplina, informações com as regras e como acessar a plataforma.

Os links abaixo (clique para acessá-los):

- Guia de Informe de Cálculo Diferencial e Integral II.
- Como acessar o Moodle: Passo a passo.
- Gamificação de disciplina de Cálculo Diferencial e Integral II.