

THE CALCULUS GAME: O JOGO DE CARTAS QUE TORNA O APRENDIZADO DE CÁLCULO MAIS DIVERTIDO.



**Filipe Alves Bento – Departamento de Ciência da Computação
(Universidade Federal de Ouro Preto)
flips.ab@gmail.com**

**Maiara Gonçalves de Oliveira - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção (Universidade Federal de Ouro Preto)
maiaracorintomg@hotmail.com**

**Sérgio Evangelista Silva - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção (Universidade Federal de Ouro Preto)
sergio.silva@ufop.edu.br**

**André Luís Silva - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção (Universidade Federal de Ouro Preto)
andre.silva@ufop.edu.br**

Muitos cursos da área de ciências exatas possuem níveis elevados de reprovação nas disciplinas de cálculo. O debate sobre metodologias alternativas no sistema de ensino de cálculo não é recente, levantando questionamentos sobre o processo de criação de jogos, metodologias educacionais gamificadas e suas utilizações em contextos de aprendizagem. O objetivo deste artigo é trazer uma abordagem da utilização de um jogo baseado em cartas e resolução de problemas, onde as cartas foram divididas em dois grupos, o primeiro possuindo exercícios a serem resolvidos, e o segundo com as etapas de resolução dos mesmos. A pesquisa tratou do conteúdo inicial da ementa de cálculo II pela possibilidade de explorar o tema de forma visual. A disciplina na instituição avaliada teve, nos dezesseis dos vinte semestres avaliados, uma taxa de aprovação inferior à 50%. Esse fato demonstra a relevância do desenvolvimento de pesquisas nessa área. A metodologia utilizada para a validação foi uma pesquisa do tipo survey. Os resultados demonstram a aplicabilidade do método bem como a aceitabilidade do mesmo no contexto acadêmico. 73% dos entrevistados afirmaram que o jogo auxiliou no processo de aprendizagem e cerca de 81% dos entrevistados afirmam ter tomado o mesmo tempo de estudo ou menos.

Palavras-chave: Gamificação, Jogos de Ensino, Cálculo, Matemática.

1. Introdução

A disciplina de Cálculo é conhecida pela sua alta taxa de reprovação. Cordeiro e Escher (2014) explicam que esse fracasso na disciplina, por vezes, leva ao abandono do curso e até mesmo influência na decisão de não se matricular em um curso de graduação no qual a disciplina seja obrigatória.

Em algumas instituições, como diz Gil (1994), o percentual de reprovação na disciplina citada, durante os anos 1996 a 2000, variou entre 45% e 95%.

Segundo Cordeiro e Escher (2014) um dos problemas das altas taxas de reprovação está na metodologia de ensino e o que deve ser trabalhando na disciplina e de qual maneira, levando-se em consideração a turma que está sendo trabalhada.

O objetivo deste artigo é trazer uma abordagem da utilização de um jogo baseado em cartas e resolução de problemas, como um contraponto ao modelo tradicional de ensino do conhecimento de Cálculo.

A adequação do instrumento criado foi validada em uma instituição de ensino superior pública em Minas Gerais. O método utilizado para a validação foi uma pesquisa do tipo survey com estudantes das disciplinas de Cálculo II. O questionário foi aplicado após a utilização do jogo em uma das aulas de resolução de exercícios cedidas pelos professores das disciplinas.

A justificativa pela escolha do objetivo é dada pelo cenário alarmante supracitado. Este cenário permite o desenvolvimento de soluções com abordagens metodológicas alternativas.

A justificativa pela escolha da metodologia é dada pela confirmação da efetividade de modelos educacionais feita por outros autores e autoras que utilizam jogos em diferentes contextos e é também dada pela aplicabilidade do método nesta pesquisa.

Para fazer frente aos pontos listados, o texto foi organizado em cinco sessões. A primeira foi a introdução, com o contexto da pesquisa, o objetivo e as justificativas. Já na sessão dois, há a revisão de literatura, onde foi feita uma abordagem cronológica das utilizações de jogos nos diversos níveis educacionais. Na terceira é apresentada a metodologia da pesquisa, onde foram abordados os processos de idealização e desenvolvimento do jogo. Na quarta, os resultados e análises são apresentados. Por fim, na quinta, as considerações finais deste trabalho apresentam as possibilidades futuras desta pesquisa.

2. Revisão de literatura

De maneira atemporal, brincar é uma característica intrínseca à expressão das diversas sociedades que compõem a história, mesmo que exista diferenças culturais e estruturais nas

mesmas. É fácil resgatar vários momentos de nossas vidas onde os jogos estavam presentes. Se há algo que possa conectar-nos em diferentes contextos é o ato de brincar.

Flores (2016; Trad. Livre) menciona que os “jogos podem ser usados em níveis educacionais e também em espaços de aprendizado. ”

E no ensino superior, Minayo (1994) defende que “[...] videogames tem o potencial para promover diretamente uma educação paralela massiva (e efetivamente massiva) no ensino de ciência e engenharia [...]”.

Quando se fala sobre as utilizações de jogos nos processos de ensino, abre-se espaço para a gamificação, “que utiliza elementos da mecânica dos jogos” (Flores; 2016; Trad. Livre) uma abordagem que rodeia a temática dos jogos, atribuindo elementos dos mesmos as situações que não se encaixam diretamente ao modelo de um jogo.

Dessa forma, pode-se inferir que é possível aplicar o universo dos jogos e da gamificação para o ensino de conteúdos voltados para a matemática, neste caso em específico para o ensino de Cálculo, explorando as modalidades nas áreas de interesse como: aplicações de integral, integrais impróprias, sequências numéricas, séries de potência, dentre outros.

3. Metodologia

Este estudo possui caráter científico e por este motivo, deve ser classificado quanto à sua finalidade, natureza, objetivos e procedimentos. Para a devida caracterização, este trabalho será dividido em duas etapas: a pesquisa para a criação do jogo e a pesquisa para sua validação.

3.1. Metodologia para criação do jogo *The Calculus Game*

O processo de criação do jogo iniciou-se na exploração de possibilidades de metodológicas gamificadas. Na primeira etapa, foi realizado a pesquisa e análise dos resultados sobre jogos no contexto matemático. Em seguida, passou-se o processo de criação do *The Calculus Game*.

A seleção da área de conhecimento deu-se pela cronologia da ementa da disciplina de Cálculo II. A primeira parte da matéria restringe-se ao conteúdo de aplicações de integrais: área entre curvas, volume de sólidos por superfícies de revolução e volume de sólidos por cascas cilíndricas.

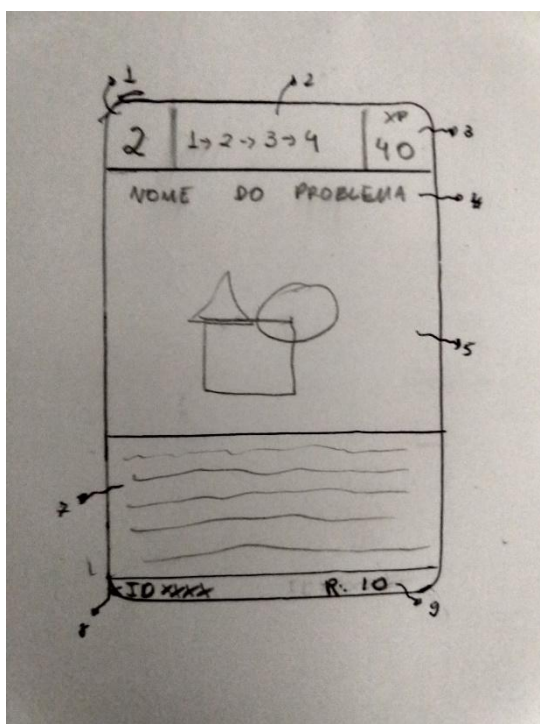
Iniciou-se então a estruturação da mecânica do jogo. Abaixo é possível observar o esboço da proposta inicial das cartas de resolução dos exercícios (Figura 1) e da carta de etapas de resolução (Figura 2).

Após a estruturação dos esboços das cartas, foram selecionados 45 (quarenta e cinco) exercícios para o jogo, sendo eles 15 de área entre curvas, 15 de volume por superfície de revolução e 15 de volume por cascas cilíndricas. Estes exercícios foram classificados manualmente em três níveis de dificuldade: Nível 1: 30xp (30 pontos); Nível 2: 40xp (40 pontos) e Nível 3: 50xp (50 pontos).

Os exercícios podem ser desmembrados em etapas de resolução, variando entre quatro e cinco etapas: encontrar as equações das curvas superior e inferior, encontrar os pontos que limitam as curvas, integrar as curvas e aplicar os limites de integração. Após a seleção dos exercícios, passou-se para a quarta etapa: design do jogo.

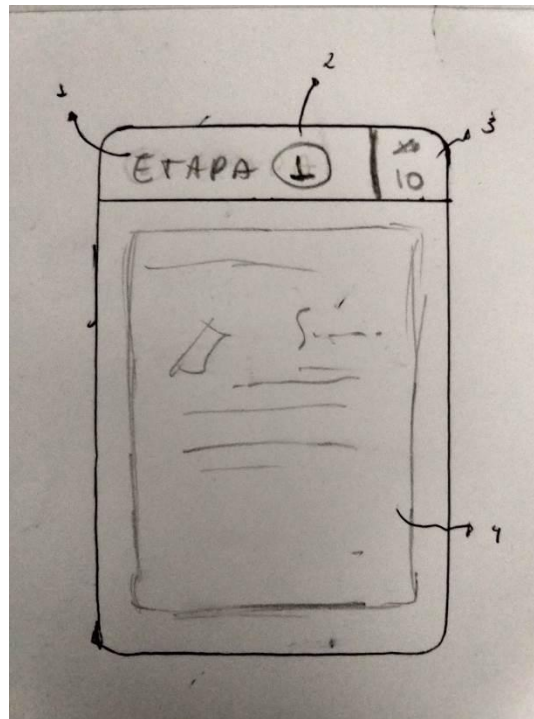
A identidade visual do jogo (Figura 3) foi construída através de busca de referências no Google Imagens.

Figura 1 – Esboço da carta exercício



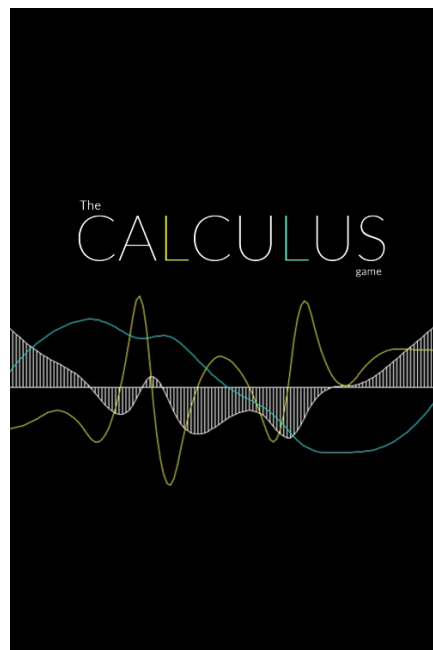
Fonte: Autores (2020)

Figura 2 – Esboço da carta etapa de resolução



Fonte: Autores (2020)

Figura 3 – Identidade visual do jogo



Fonte: Google Imagens (2020)

O design das cartas foi gerado através de um software desenvolvido na linguagem de programação Python exclusivamente para esta pesquisa.

As cartas foram categorizadas por cores e pontuações conforme na Figura 4. As cores indicam as três categorias de exercícios: área entre curvas (azul), volume por superfície de revolução (vermelha) e volume por cascas cilíndricas (amarela).

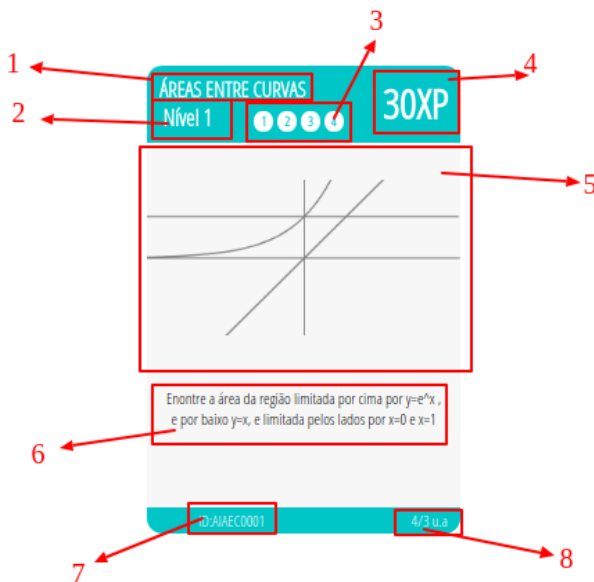
Figura 4 – Cartas exercícios



Fonte: Autores (2020)

Cada Carta Exercício possui elementos de identificação conforme a Figura 5 descrita na Tabela 1.

Figura 5 - Carta exercício - Área Entre Curvas



Fonte: Autores (2020)

Tabela 1 - Identificadores das cartas exercícios

Identificador	Descrição
1	Categoria do exercício.
2	Nível de dificuldade da carta (3 níveis no total).
3	Quantidade de etapas necessárias para resolução do problema.
4	Valor da carta em XP: Nível 1: 30XP; Nível 2: 40XP; Nível 3: 50XP.
5	Imagem ilustrativa do problema a ser resolvido.
6	Descrição do problema a ser resolvido.
7	Identificação da carta: Ex.: AIAEC0001 AI - Aplicação de Integral. AEC - Área Entre Curvas. VSR - Volume por Superfície de Revolução VCC - Volume por Cascas Cilíndricas 0001 - Numeração da carta.
8	Resposta do Problema

Fonte: Autores (2020)

Assim como as Cartas Exercícios, as Cartas Etapas seguiram o mesmo padrão de cores e pontuações conforme na Figura 6.

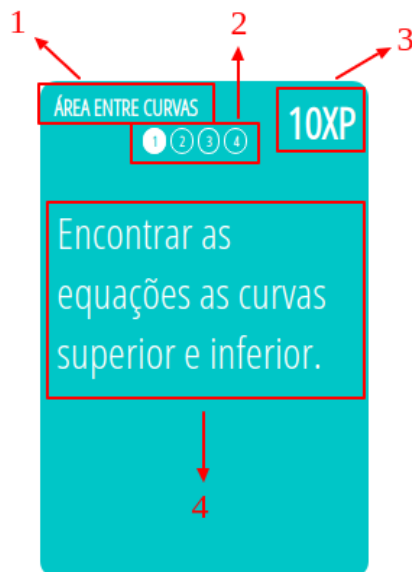
Figura 6 - Cartas Etapas



Fonte: Autores (2020)

Cada Carta Etapa possui elementos de identificação conforme a Figura 7 descrita na Tabela 2.

Figura 7 – Carta exercício - Área entre curvas



Fonte: Autores (2020)

Tabela 2 - Identificadores das Cartas Etapas

Identificador	Descrição
1	Categoria do exercício.
2	Nível de dificuldade da carta (3 níveis no total).
3	Identificação de qual etapa a carta refere-se.
4	Descrição da etapa de resolução.

Fonte: Autores (2020)

As etapas de resolução foram definidas através de análises durante a resolução dos exercícios.

Para os exercícios de Áreas Entre Curvas definiu-se:

- Encontrar as equações as curvas superior e inferior.
- Encontrar os pontos que limitam as curvas.
- Integrar a curva superior e a inferior.
- Aplicar os limites de integração.

Para os exercícios de Volume por Superfície de Revolução:

- Encontre a equação da curva de revolução.
- Encontrar os pontos que limitam as curvas.
- Integre $A(x)$.
- Aplique os limites de integração.

Para os exercícios de Volume por Cascas Cilíndricas:

- Encontrar a equação da circunferência.

- Encontrar a altura da casca.
- Encontrar os pontos que limitam as curvas.
- Integrar $A(x)$.
- Aplique os limites de integração.

Para cada exercício de Áreas Entre Curvas e Volume por Superfície de Revolução foi gerado quatro Cartas Etapa, bem como para os exercícios de Volume por Cascas Cilíndricas que foram geradas 5 cartas.

3.2. *The calculus game* - regras do jogo

Após a finalização do design das cartas, foram elaboradas as regras do jogo:

- O número de cartas exercícios que podem ser executadas ao mesmo tempo é o número de pessoas jogando menos um. Isso garante que o número de pessoas jogando é maior que o número de exercícios, aumentando assim a disputa entre os pontos das cartas.
- O número máximo de pessoas jogando por grupo é cinco. Desta forma, por rodada poderão ter no máximo quatro problemas sendo executados simultaneamente.
- Após formados os grupos, as cartas então são embaralhadas no início de cada jogo. Para cada carta exercício, deve existir as cartas etapas correspondentes ao mesmo.
- Cada jogador (a) inicia o jogo com 5 cartas na mão. O (A) jogador (a) poderá, na sua vez, abrir no tabuleiro com:
 1. Uma Carta Problema em um dos quatro campos indicados;
 2. Ou uma Carta Etapa correspondente a um problema no tabuleiro.
- O (A) jogador (a) que abrir uma carta exercício no tabuleiro, recebe automaticamente os pontos daquela carta e somente dela.
- Cada carta etapa adicionada a qualquer um dos problemas abertos, dá ao(a) jogador(a), que adicionou a mesma e somente ela, a pontuação de 10XP.
- Cada carta exercício aberta no tabuleiro poderá ser resolvida por todos os (as) jogadores (as). A resolução deverá ser feita em uma folha de papel a parte.
- O (A) jogador (a) poderá resolver o exercício na folha sem a necessidade de todas as etapas serem apresentadas, entretanto, a reivindicação dos pontos só poderá acontecer quando todas as cartas etapas tiverem sido vinculadas à carta.
- O (A) primeiro (a) que reivindicar os pontos da carta deverá ter sua resolução conferida:
 1. Caso esteja incorreta os pontos da carta com as etapas são descartados e o valor da carta é subtraído da pontuação total do (a) jogador (a).

2. Caso esteja correta, o (a) jogador (a) recebe o ponto acumulado da carta problema mais os pontos de cada uma das etapas.

• Para poder reivindicar os pontos da carta exercício o jogador deve:

1. Ter sido a pessoa que abriu a carta problema ao tabuleiro,
2. Ou ter adicionado pelo menos uma carta etapa na carta exercício.

Ps.: Caso o (a) jogador (a) não cumprir nenhum dos dois requisitos acima ele não poderá reivindicar os pontos da carta.

- Após uma carta exercício ser resolvida, ela sai do tabuleiro junto com suas cartas etapas, deixando o campo que ela ocupava livre. Assim outra carta exercício pode ser colocada no seu lugar.
- O jogo termina quando todas as cartas exercícios tiverem sido resolvidas.
- O (A) ganhador (a) é a pessoa que no final do jogo tiver mais pontos.
- Após a construção das regras, iniciou-se a fase de aplicação do jogo.

4. Resultados e discussões

4.1 Contexto de aplicação do jogo

As disciplinas de Cálculo II (Tabela 3 e Figura 8) na instituição de ensino aplicada possuem elevados índices de reprovação. Nos dados referentes aos anos de 2008 e 2018, houve uma oferta da disciplina de 178 turmas totalizando 7768 estudantes matriculados nos últimos dez anos. Desses 7768, 3501 foram aprovados na disciplina no ano letivo que cursaram. O número de reprovados por nota e por nota e falta somam 3125 reprovações. Este número representa quase que a mesma quantidade de estudantes aprovados. Se somados ao número de trancamentos no período analisado (1142), o número final (4267) ultrapassa os de alunos aprovados.

Fazendo uma análise semestral, dos vinte e dois semestres analisados, quatro (2008.2, 2010.2, 2013.1 e 2016.2) obtiveram números de aprovações superiores aos de reprovações e trancamentos. Dois (2010.1 e 2018.1) obtiveram os números na proporção de 50% e os quinze semestres restantes tiveram reprovações e trancamentos superiores as aprovações nas turmas analisadas.

Vale destacar o segundo semestre de 2012, observável no Gráfico 2, onde a taxa de aprovação foi inferior a 25% do número de estudantes matriculados na disciplina.

4.2. Caracterização e Resultados da Pesquisa

A pesquisa é uma survey ou levantamento, utilizando componentes predominantemente qualitativos, para identificar a efetividade e aplicabilidade do método no que este se propõe. O foco é identificar um conjunto de fatores, combinados entre perguntas abertas com perguntas fechadas, de múltiplas escolhas que foram estabelecidas com base nas questões levantadas na revisão da literatura e pesquisa exploratória.

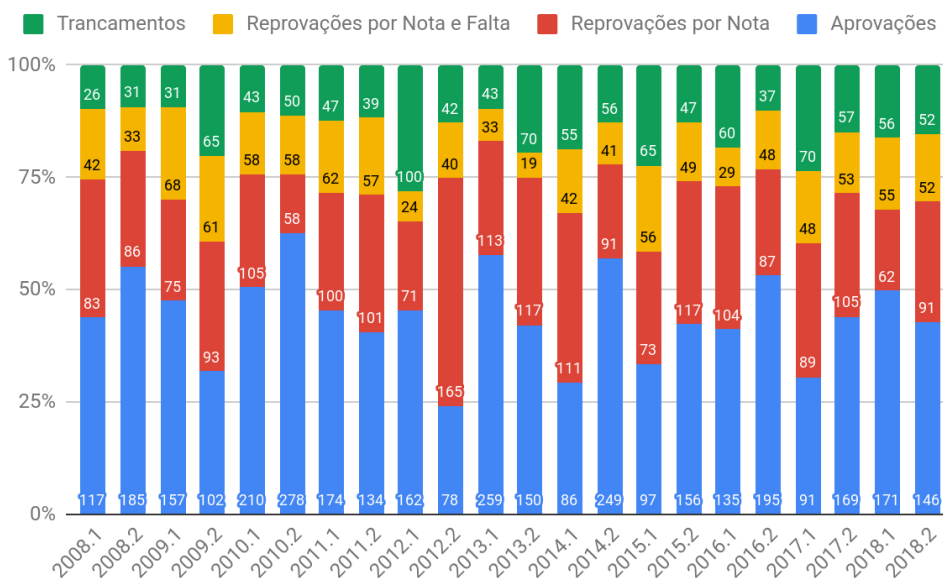
Primeiramente foi feito um contato com todos os seis professores e professoras que ministram no semestre 2019.1 a disciplina de Cálculo II. Foi apresentado o jogo aos professores e solicitado uma para aplicação do mesmo. Dos seis professores, dois cederam suas aulas de exercícios para aplicação e validação do jogo.

Tabela 3 - Dados semestrais das turmas de Cálculo II entre 2008 e 2018

Ano Semestre	Turmas Ofertadas	Matriculados	Trancamentos	Reprovados por Nota e Falta	Reprovados Apenas por Nota	Aprovações
2008.1	5	268	26	42	83	117
2008.2	7	335	31	33	86	185
2009.1	7	331	31	68	75	157
2009.2	6	321	65	61	93	102
2010.1	8	416	43	58	105	210
2010.2	10	444	50	58	58	278
2011.1	10	383	47	62	100	174
2011.2	7	331	39	57	101	134
2012.1	7	357	100	24	71	162
2012.2	8	325	42	40	165	78
2013.1	9	448	43	33	113	259
2013.2	9	356	70	19	117	150
2014.1	8	294	55	42	111	86
2014.2	9	437	56	41	91	249
2015.1	8	291	65	56	73	97
2015.2	9	369	47	49	117	156
2016.1	8	328	60	29	104	135
2016.2	9	367	37	48	87	195
2017.1	8	298	70	48	89	91
2017.2	9	384	57	53	105	169
2018.1	9	344	56	55	62	171
2018.2	8	341	52	52	91	146

Fonte: Autores (2020)

Figura 8 – Representação gráfica dos dados semestrais das turmas de Cálculo II entre 2008 e 2018.



Fonte: Autores (2020)

A pesquisa foi realizada com 41 estudantes de duas turmas do primeiro semestre do ano de 2019. A aplicação do jogo ocorreu durante uma aula de exercícios cedida pelos professores das duas turmas. Vale destacar que a aplicação do jogo foi após as aulas sobre o tema do jogo. Ou seja, os estudantes já haviam sido apresentados ao conteúdo abordado no jogo.

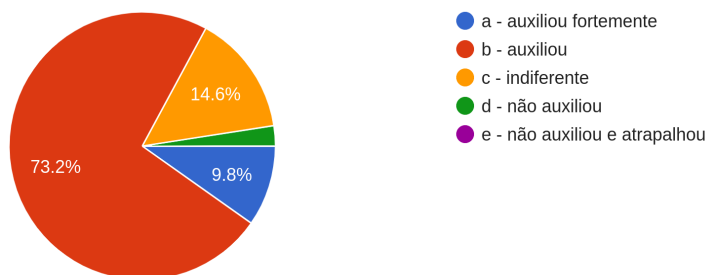
Os estudantes foram divididos em grupos e as regras e mecânica do jogo foram explicadas. Após a aplicação do jogo, cada estudante respondeu um questionário anônimo em papel e os resultados foram computados/analísados.

O primeiro item avaliado (Figura 9) foi a eficácia do jogo no auxílio ao processo de aprendizagem do conteúdo da disciplina. 73,2% dos entrevistados afirmaram que o jogo auxiliou, 14,6% consideraram indiferente e 9,8% que o jogo auxiliou fortemente no processo de aprendizagem.

Figura 9 – Auxílio do jogo no processo de aprendizagem.

1 – A utilização do jogo auxiliou no processo de aprendizagem do conteúdo?

41 responses



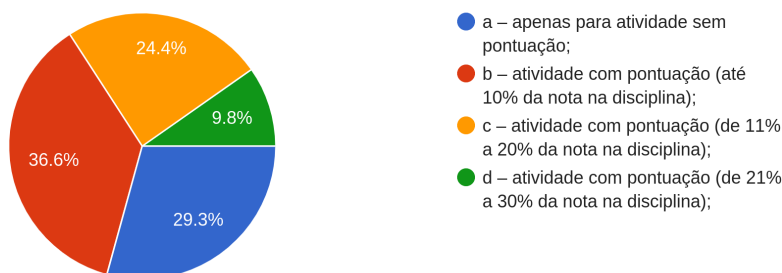
Fonte: Autores (2020)

O segundo item avaliado (Figura 10) foi a recomendação avaliativa do jogo dentro da distribuição de pontos da disciplina. A maior parte, 36,6% opinou que “10% da nota total da disciplina seria o ideal para atividades”. Seguidos de 29,3% dos entrevistados, que opinaram por “ser uma atividade sem pontuação”. 24,4% apontou que “o jogo deveria corresponder a no máximo 20% da nota da disciplina”.

Figura 10 – Porcentagem da nota do jogo em relação a nota da disciplina.

2 – A sua recomendação para o jogo em sala quanto aos pontos é:

41 responses



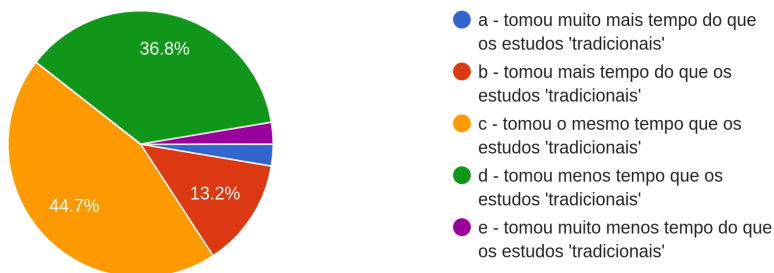
Fonte: Autores (2020)

O terceiro item avaliado (Figura 11) foi o tempo desempenhado para jogar comparado com o tempo desempenhado nos estudos tradicionais. 44,7% opinaram que o jogo toma o mesmo tempo que os estudos tradicionais e 36,8% opinaram que o jogo toma menos tempo que os estudos tradicionais.

Figura 11 – Relação tempo de jogo e tempo de estudo.

3 – Como foi o tempo necessário para utilizar a ferramenta e aprender o conteúdo em relação aos estudos 'tradicionais'?

38 responses



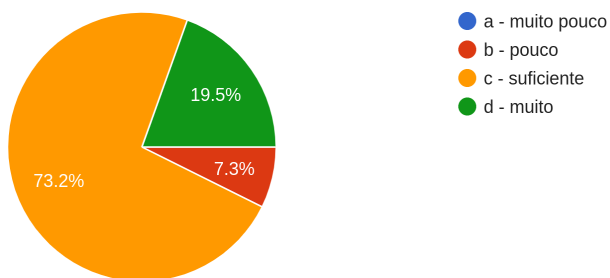
Fonte: Autores (2020)

O quarto item avaliado (Figura 12) foi quanto a completude do jogo em relação ao conteúdo da disciplina. A maioria dos entrevistados (73.2%) acreditam que o jogo aborda o suficiente em relação ao conteúdo e 19,5% acreditam que aborda muito.

Figura 12 – Conteúdo do jogo em relação ao conteúdo da disciplina

4 – Os exercícios utilizados no jogo abordou todos os itens referentes à aplicações de integral?

41 responses



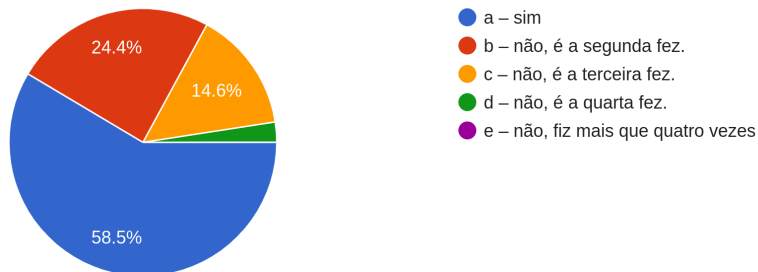
Fonte: Autores (2020)

O último item avaliado (Figura 13) foi o grau de reprovação do entrevistado. Curiosamente, nas turmas onde o jogo foi aplicado, o número de estudantes cursando a disciplina pela primeira vez foi a maioria de 58,5%. Seguido dos que estão cursando pela segunda vez e pelos que estão cursando pela terceira vez.

Figura 13 – Número de vezes que cursou a disciplina.

5 – É a primeira vez que faz a disciplina?

41 responses



Fonte: Autores (2020)

No questionário havia também um campo de sugestões de melhoria no jogo. Abaixo algumas das mais relevantes estão listadas:

- Ao invés de os pontos das cartas etapas somarem aos pontos das cartas exercícios, os pontos das cartas etapas poderiam subtrair, deixando a carta menos valiosa a cada vez que uma etapa fosse adicionada.
- A explicação do jogo soou confusa de início, uma revisão perante as regras é necessária.
- Os gráficos das cartas de sólidos poderiam ser representados em um plano 3D ao invés de 2D.

O feedback em relação aos professores também foi coletado. Abaixo algum dos pontos listados por eles:

- O jogo possui um nível de dificuldade baixo para 2 dos 6 professores.
- O jogo precisa ser corrigido quanto à terminologia utilizada em algumas cartas, para que essas se adequem aos termos utilizados no contexto matemático.
- Os gráficos de algumas funções estavam incompletos.
- Um professor questionou a possibilidade de converter a sua lista de exercícios nas cartas.

Durante a pesquisa, constatou-se a necessidade de um aluno ou aluna do curso de matemática para elaboração e correção dos exercícios bem como a adequação aos termos matemáticos.

5. Conclusão

No início deste artigo foi apresentado as principais discussões a respeito do ensino de matemática e mais especificamente, Cálculo II. Neste processo, as dificuldades e desafios enfrentados por professores e estudantes demonstram uma oportunidade para desenvolvimento de metodologias alternativas que auxiliam na assimilação do conteúdo do tópico apresentado. Esta pesquisa explorou essas possibilidades através da gamificação no ambiente acadêmico e trouxe resultados que reforçam a necessidade de metodologias alternativas ao processo tradicional utilizado no ensino de Cálculo II e a aplicabilidade e efetividade deste método quanto a sua contribuição no processo de aprendizado da disciplina.

A abordagem metodológica por meio de cartas se provou eficiente conforme previsto nas revisões, pois a familiaridade com o modelo acentuou a curva de adaptação ao jogo, possibilitando aos estudantes que a proposta ocupasse o mesmo tempo de estudo para uns e menos tempo para outros.

Apesar de limitada a um conteúdo inicial da disciplina, a metodologia possui potencial quanto a aplicabilidade em outros tópicos. Entretanto deve-se ressaltar que o modelo se baseou em recursos visuais e gráficos para elucidar o escopo do problema, sendo necessário uma pesquisa onde o problema não pode ser descrito de forma totalmente visual.

Há um leque de possibilidades em relação a esta pesquisa. Como passos futuros, é necessário realizar a expansão do jogo para os demais conteúdos programáticos da disciplina de Cálculo II bem como a adaptação às demais disciplinas de Cálculo (I e III) e outras ofertadas pelo Departamento de Matemática como Geometria Analítica, Álgebra Linear, etc. Pode-se explorar outras mecânicas de jogos, tais como os jogos digitais dentre outras modalidades.

REFERÊNCIAS

CORDEIRO, Rafael Rosane. ESCHER, Marco Antonio. EVASÃO, BAIXO RENDIMENTO E REPROVAÇÕES EM CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL: UMA QUESTÃO A SER DISCUTIDA, 2014. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/emem/files/2015/10/EVAS%3%83O-BAIXO-RENDIMENTO-E-REPROVA%3%87%3%95ES-EM-C%3%81LCULO-DIFERENCIAL-E-INTEGRAL-UMA-QUEST%3%83O-A-SER-DISCUTIDA-2.pdf>>. Acesso em: 20 mai 2019.

FLORES Rincon, Elvira G.; Ramírez Montoya, María S.; Mena Marcos, Juan J. Challenge-based gamification and its impact in teaching mathematical modeling. Tecnológico de Monterrey. 2016. Disponível em: <<https://repositorio.itesm.mx/ortec/handle/11285/620898>> Acesso em: 20 mai 2019.

GIL, A.C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994. 207 p.

MINAYO, Maria Cecília de Sousa. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. Rio de Janeiro: UCITEC-ABRASCO, 1994 269 p.