

Trigame: Um Jogo S3rio Voltado 3 Aprendizagem de Rela33es Trigonom3tricas

Mateus Rodrigues Marques Cardoso¹, Eurico Luiz Prospero Ruivo¹

¹Ci3ncia da Computa33o
Faculdade de Computa33o e Inform3tica (FCI)
Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)
S3o Paulo – SP – Brasil

10357524@mackenzista.com.br, eurico.ruivo@mackenzie.br

Abstract. *The current research is focused on the development and presentation of Trigame, a Serious Game that supports the study of trigonometric functions based on skills set forth in the Brazilian National Curricular Common Core (BNCC). To this end, concepts from game design, game mechanics, motivational frameworks, the revised Bloom's Taxonomy and Learning Trails will be used to provide meaningful learning. With these concepts it is demonstrated how the Trigame satisfies the characteristics of a Serious Games and recommendations on how to apply it in a classroom, in addition to recommendations on how the game may be improved.*

Keywords: *Game, Trigonometry, Education, Evaluation*

Resumo. *A presente pesquisa tem como foco o desenvolvimento e apresenta33o do Trigame, um Jogo S3rio que subsidia a aprendizagem de rela33es trigonom3tricas a partir das habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Para este fim ser3o utilizados conceitos de game design, mec3nica de jogos, frameworks voltados 3 motiva33o para propiciar uma aprendizagem significativa, a Taxonomia de Bloom revisada e Trilhas de Aprendizagem. Com estes conceitos 3 demonstrado como o Trigame satisfaz as caracter3sticas de um Jogo S3rio e 3 dada uma proposta de como pode ser aplicado em uma sala de aula, al3m de recomenda33es de como o jogo pode ser aprimorado.*

Palavras-chave: Jogo, Trigonometria, Educa33o, Avalia33o

1. Introdu33o

A trigonometria 3 uma disciplina importante da matem3tica, sendo essencial na forma33o de profissionais em ci3ncias exatas e naturais. Para este aprendizado o aluno se depara com uma s3rie de dificuldades oriunda da abstra33o da mat3ria (OLIVEIRA, 2021). Foi constatado pelo PISA (*Programme for International Student Assessment* – Programa Internacional de Avalia33o de Estudantes) de 2022 que apenas 27% dos alunos brasileiros atingem pelo menos o n3vel b3sico em matem3tica, sendo a m3dia da OCDE (*Organisation for Economic Co-operation and Development*) de 69% (BRASIL, 2023). Para suavizar este problema 3 necess3rio dispor de ferramental did3tico que permita torn3-la mais concreta.

Uma das ferramentas educacionais que tem mostrado efic3cia no ensino s3o os Jogos S3rios (*Serious Games*) (LIAN-HUI, *et al.*, 2022) (GAO, LI e SUN, 2020). Estes jogos t3m como prop3sito promover o aprendizado, a conscientiza33o, realizar treinamentos comportamentais ou, ainda, treinamentos operacionais (TAVARES, 2021).

Com este propósito, foi desenvolvido o MVP (*Minimum Viable Product* – Produto Mínimo Viável) do Trigame, um jogo sério voltado ao ensino e prática da trigonometria, mais especificamente das relações seno, cosseno e tangente, onde o jogador controla um drone que deve ir da entrada até a saída de uma caverna, desviando de obstáculos. Para tal ele deve estimar e selecionar um ângulo que permita um caminho que evite a colisão com os obstáculos, conforme detalhado na Seção 3.1.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o referencial teórico relativo à educação matemática, aos jogos sérios, ao *design* de jogos e à avaliação de jogos sérios. Na Seção 3 são apresentados o desenvolvimento e as características do Trigame de forma detalhada, e apresentado um questionário para ser usado em sua avaliação, baseado em trabalho anterior disponível na literatura (ROCHA, BITTENCOURT e ISOTANI, 2015). A Seção 4 descreve como o Trigame satisfaz as principais características dos jogos sérios, bem como aplica conceitos de educação matemática. Por fim, na Seção 5 são apresentadas as conclusões e recomendações para possíveis desenvolvimentos futuros do trabalho.

2. Referencial Teórico

2.1. Educação Matemática

A trigonometria é um dos ramos mais antigos da matemática, sendo fundamental em qualquer área de conhecimento que use Álgebra Linear, Cálculo, Geometria, Geometria Analítica e Física, que por sua vez são utilizadas em diversas outras áreas das ciências naturais (OLIVEIRA, 2021).

Por essa razão, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, c2018) estipula várias habilidades que envolvem a trigonometria, podendo ser citadas como exemplo:

- EM13MAT308: “Aplicar as relações métricas, incluindo as leis do seno e do cosseno ou as noções de congruência e semelhança, para resolver e elaborar problemas que envolvem triângulos, em variados contextos.”
- EF06MA26: “Resolver problemas que envolvam a noção de ângulo em diferentes contextos e em situações reais, como ângulo de visão.”
- EF06MA19: “Identificar características dos triângulos e classificá-los em relação às medidas dos lados e dos ângulos.”

Em uma pesquisa conduzida por Oliveira (2021) em uma universidade pública no interior da Bahia com 28 discentes dos cursos de Licenciatura em Matemática, Bacharelado e Licenciatura em Química e Bacharelado em Sistemas da Informação e que estavam matriculados em Cálculo I, II ou III, foi identificado que as dificuldades com trigonometria desses estudantes são, em sua maioria, resultantes da forma como os conteúdos são abordados nos Ensinos Fundamental e Médio, basicamente com a memorização de fórmulas e numa abordagem superficial com entendimento limitado dos conceitos básicos.

O ensino da Trigonometria baseado na abstração e em manipulação algébrica, ignorando o sentido e a visualização geométrica, prejudicam a aprendizagem dos alunos. Em consequência desta estratégia, os alunos do Ensino Médio têm muita dificuldade em compreender os conceitos trigonométricos básicos, relacionados a falta de conceitualização dos objetos matemáticos (DIONIZIO e BRANDT, 2011) (SILVA, 2019).

As principais dificuldades dos alunos são: (1) aplicação das razões trigonométricas, (2) apenas decorar o sinal de seno e cosseno nos quadrantes, sem entender o significado, (3) falta de entendimento do que é radiano, (4) falta de associação das semelhanças e diferenças dos gráficos do seno e cosseno e (5) problemas na resolução de equações trigonométricas (PEDROSO, 2012).

Para planejar o processo de aprendizado cabe citar a Taxonomia de Bloom (BLOOM, 1983) que consiste em uma classificação hierárquica utilizada para estabelecer as atividades com grau crescente de complexidade. Esta passou por uma revisão de Anderson e Krathwohl (2001), com o objetivo de dar maior foco nas habilidades que os aprendizes serão capazes de realizar com o conhecimento adquirido em determinada atividade. Além disso, ela foi dividida em duas dimensões: conhecimentos e aspectos cognitivos (FERRAZ e BELHOT, 2010).

Os aspectos cognitivos são as ações envolvidas no processo de aprendizagem, sendo classificadas de acordo com os seguintes verbos (em ordem crescente de complexidade) (ANDERSON e KRATHWOHL, 2001) (FERRAZ e BELHOT, 2010):

- *Lembrar* de informações como datas, fatos, definições, teorias, regras, entre outros;
- *Entender* as informações e o seu significado;
- *Aplicar* métodos, leis, teoremas, teorias, entre outros;
- *Analisar* e subdividir o conteúdo em seus elementos fundamentais, bem como entender os relacionamentos entre eles;
- *Criar* algo novo combinando os elementos de um ou mais conteúdos;
- *Avaliar* o valor de um determinado conhecimento para um propósito específico.

A dimensão dos conhecimentos trata do conteúdo a ser trabalhado no processo de aprendizagem, podendo ser classificados da seguinte forma (ANDERSON e KRATHWOHL, 2001) (FERRAZ e BELHOT, 2010):

- *Efetivo*: São os fatos básicos que o aprendiz deve dominar e são apenas reproduzidos da forma como são apresentados, como terminologia por exemplo;
- *Conceitual*: Trata das relações entre os elementos de um determinado contexto, como conhecimento de teorias, modelos, princípios por exemplo;
- *Procedimental*: Saber como utilizar algoritmos, critérios, técnicas e critérios apropriados a um contexto específico (sem interdisciplinaridade);
- *Metacognitivo*: Trata-se do reconhecimento da própria cognição, onde o aprendiz toma consciência da profundidade e amplitude do conhecimento adquirido e torna-se capaz de escolher o melhor método ou modelo para a resolução de problemas em múltiplos contextos (com interdisciplinaridade).

Os aspectos e dimensões abordados anteriormente podem ser trabalhados por meio do conceito de Trilhas de Aprendizagem (MORAES, *et al.*, 2021). Estas consistem em uma abordagem que divide o processo de aprendizagem em passos assistidos por diferentes elementos multimidiáticos, permitindo ao estudante ter diferentes estímulos

durante o processo. Um exemplo de trilha de aprendizagem pode ser observado na Figura 1.

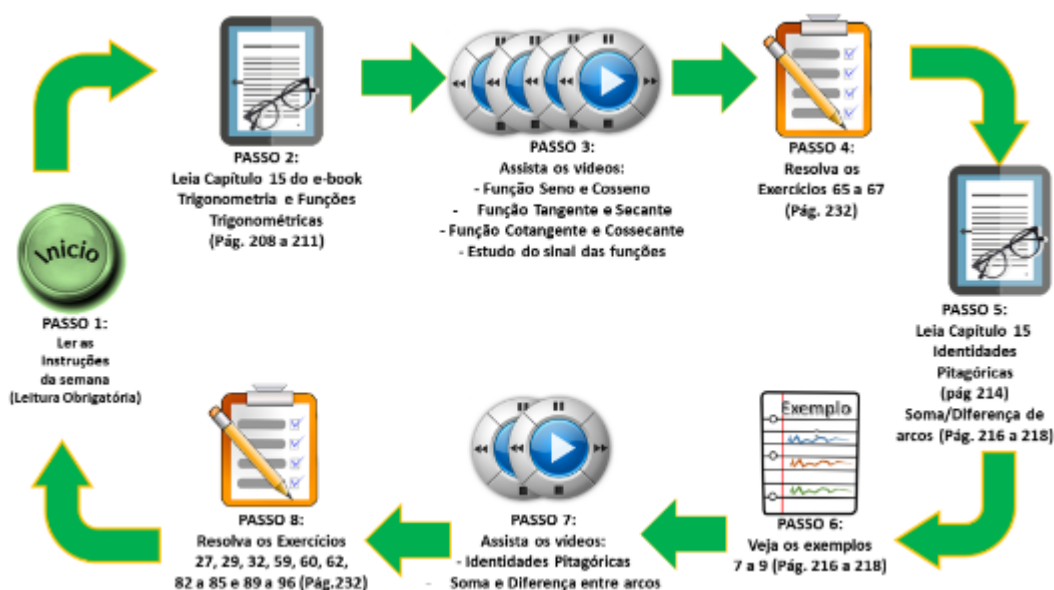


Figura 1. Exemplo de Trilha de Aprendizagem Fonte: (DE MORAES, et al., 2021)

A trilha apresentada na Figura 1 sugere os passos que os estudantes devem seguir em um contexto de ambiente virtual antes do encontro presencial com o professor, sendo que no passo 1 eles têm que ler as instruções da semana que contém os próximos passos a serem seguidos utilizando materiais didáticos como *e-books* e vídeos. Completada a trilha, ocorre o encontro presencial com o professor de matemática para tirar dúvidas e aprofundar os conceitos vistos, para, então, seguir com a etapa de verificação, que ocorreria *online* por meio de exercícios ou questionário eletrônico.

2.2. Jogos Sérios

Autores divergem quanto a definição de um jogo sério. Alguns (MICHAEL e CHEN, 2005) definem que eles apresentam finalidade educacional através do desenvolvimento cuidadosamente pensado para tal fim, sendo o entretenimento, diversão e prazer objetivos secundários. Outros (DÖRNER, et al., 2016) os entendem com a intenção de entreter e atingir pelo menos um objetivo adicional, como, por exemplo, promover aprendizado. O jogo, no contexto educacional, apresenta duas funções claras: a lúdica e a educativa, sendo necessário manter o equilíbrio entre elas (KISHIMOTO, 1997) (CUNHA, 2012) (LEONE, et al., 2023).

Os jogos sérios com fins educacionais apresentam objetivos pedagógicos, com foco no ensino de um determinado assunto e no auxílio do aprimoramento de competências, como raciocínio espacial, concentração, definição de estratégias, memorização, autoconfiança, entre outros. Ainda, são caracterizados pelo foco no ensino de um dado assunto, auxílio no aprimoramento de habilidades, difusão de conceitos e busca de mudança de atitude (OLIVEIRA e ROCHA, 2020).

Novas metodologias de ensino e aprendizagem buscam a ruptura do papel do aluno como apenas um ouvinte que, aliadas com as tecnologias de informação e comunicação, proporcionam ao aluno o papel de ator dinâmico no processo de ensino e aprendizagem (TAVARES, 2021).

Jogos sérios possuem as seguintes características: (1) metas, (2) regras, (3) *feedback*, (4) competição e (5) participação. O jogador é ativo e participa das decisões do

jogo, tomando decisões e recebendo *feedback* a respeito das decisões tomadas, o que agiliza o processo de aprendizagem (TAVARES, 2021).

Se o jogador unir concentração e destreza, atinge a capacidade de passar de fase independente do grau de dificuldade. O interesse dos jogadores pelo jogo gera o “*flow*” (fluxo), teoria definida pelo psicólogo Mihaly Csikszentmihalyi, onde um jogo didático não deve levar em conta somente o aprendizado em si, mas também os níveis de dificuldade e o grau de diversão (CSIKSZENTMIHALYI e CSIKSZENTMIHALYI, 1988) (TAVARES, 2021) (MORAES, *et al.*, 2021).

Apesar do objetivo educacional do jogo, há necessidade de criar estímulos que gerem motivação para ganhar. Koster (2004) afirma que somente o divertimento, a competição e a possibilidade de tirar alguma lição é que mantém o interesse do jogador, ou seja, deve haver aprendizado do início ao fim. Sem dificuldades e nada a aprender o resultado será frustração e tédio para o jogador.

A “teoria do fluxo” está completamente relacionada e entrelaçada com a “teoria da diversão” de Koster (2004), ocorrendo na maior concentração para passar de fase com mais facilidade, sendo que a superação de desafios é o que gera a diversão do jogo.

Terminar o jogo é a grande recompensa do jogador e podemos citar nove tipos de recompensas: conquista, fantasia, drama, expressão, descoberta, aprendizado, avanço, contemplação e interação social (BULHÕES, ALVES e DUBIELA, 2010) (GARNEAU, 2001) (HUNICKE, LEBLANC e ZUBEK, 2004).

A jogabilidade corresponde ao conjunto de regras para determinar o progresso no jogo, as condições de vitória e derrota, as recompensas e punições, ou seja, a maneira como as pessoas interagem com o jogo (TAVARES, 2021).

A liberdade para errar e não vincular o desempenho do aluno no jogo à sua nota em sala de aula, contribuem para o aprendizado. Desta forma, não deve haver consequências para a vida real, mantendo as consequências positivas e negativas restritas a experiência lúdica do jogo. O aprendizado contínuo pode ocorrer com sucessivas partidas, podendo ser avaliados os erros, acertos, estratégias, rapidez, entre outros (LEONE, *et al.*, 2023).

Recomenda-se que os professores utilizem os jogos em sala de aula para oportunizar o desenvolvimento da ética e a inteligência emocional nos estudantes, sendo questões fundamentais para uma formação cidadã. Huizinga (2019) ensina que “apesar de seu ardente desejo de ganhar, [o jogador] deve sempre obedecer às regras do jogo”. Dependendo do professor, seu planejamento e intencionalidade, todos os jogos apresentam potencialidade educativa (KISHIMOTO, 1997) (LEONE, *et al.*, 2023).

Como qualquer jogo, os jogos educativos e didáticos devem ser engajantes, ou seja, devem manter o foco dos jogadores. Quando situações lúdicas são criadas pelos professores, para estimular algum tipo de aprendizagem, eles precisam refletir sobre como estimular seus alunos a aceitarem realizar as atividades lúdicas. Cabe ao professor potencializar as situações de aprendizagem (KISHIMOTO, 1997) (LEONE, *et al.*, 2023).

2.3. Avaliação de Jogos Sérios

Para balancear a qualidade do jogo e da aprendizagem é necessário realizar uma avaliação de qualidade para garantir uma experiência lúdica com aprendizagem efetiva (ENGSTRÖM, *et al.*, 2011). Assim, a experiência dos jogadores é fundamental para aprimorar o *design* e equilíbrio do jogo com o conteúdo (TSUDA, *et al.*, 2014) (ROCHA, BITTENCOURT e ISOTANI, 2015).

Avaliar o nível de satisfação dos usuários de um jogo sério permite que os resultados de uma avaliação negativa possam identificar os motivos de um aprendizado ineficiente. De um modo geral, os trabalhos da literatura avaliam o conteúdo, conhecimento e

objetivos educacionais, além dos elementos relacionados ao jogo como imersão, desafio, jogabilidade e *feedback* (ROCHA, BITTENCOURT e ISOTANI, 2015).

Com base nisso, Rocha, Bittencourt e Isotani (2015), apresentam um modelo de questionário para avaliação de jogos sérios, com o objetivo de coletar os dados da reação do jogador quanto aos aspectos de simulação, do jogo e das fases do jogo, aprendizagem e treinamento, através dos comentários e de uma autoavaliação do jogador.

O questionário utilizado neste trabalho foi adaptado do questionário de autoavaliação desenvolvido por Rocha, Bittencourt e Isotani (2015), que consiste em 47 perguntas fechadas e 4 abertas, sendo que as perguntas foram classificadas em quatro tópicos: simulação, aprendizado com o jogo, jogo e aprendizado durante as fases. Estas, por sua vez, foram divididas em subtópicos descritos na Figura 2. Para mais detalhes de como o questionário foi adaptado ver seção 3.2.



Figura 2: Tópicos do questionário. Fonte: (Rocha, Bittencourt e Isotani, 2015)

As avaliações podem ser classificadas em dois tipos: interna e externa. A avaliação externa ocorre fora do jogo, por meio da aplicação de questionários, entrevistas, entre outros métodos de coleta de dados antes e/ou depois da experiência do jogador com o jogo. Já a interna ocorre durante o jogar, coletando dados como as ações do jogador, sua pontuação ou perguntando por *feedbacks* do jogador durante a fase. Desta forma, a avaliação pode abranger todos os momentos do jogo, o antes, o durante e o após (OLIVEIRA e ROCHA, 2020).

Utilizar exclusivamente uma avaliação externa pode não considerar o processo de aprendizagem, enquanto a avaliação interna pode fornecer dados sobre o processo e a eficácia do jogo como ferramenta de ensino. Assim, elas são complementares para a avaliação geral de um jogo sério (OLIVEIRA e ROCHA, 2020).

3. Materiais e Métodos

3.1. Trigame

O Trigame é um jogo para um único jogador desenvolvido utilizando a linguagem Python com a biblioteca Pygame (PYGAME, 2024) (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2024), estas foram escolhidas devido a familiaridade do autor. Atualmente só está disponível para a plataforma Windows e o código fonte, bem como o executável pode ser encontrado no *GitHub* no repositório “CardosoMateus/TCC-Trigame”.

O principal personagem do jogo é um drone encarregado de explorar uma caverna desviando de obstáculos próximos ao piso ou teto. O objetivo do jogo é conduzir o drone da entrada até a saída da caverna, passando por diversas seções dela, sendo que o drone avançará após ser selecionado um ângulo válido estimado com base em uma relação trigonométrica.

O drone se desloca através de seções horizontalmente delimitadas por obstáculos, cuja passagem entre as seções se dá no espaço vertical entre os obstáculos. No início de cada seção o drone ficará estacionário até que o jogador avalie qual relação trigonométrica utilizar e estime o ângulo de inclinação que permita a passagem para a próxima seção sem encostar nos obstáculos.

O jogo é uma variante do gênero de jogos como *Flappy Bird*, onde ao invés de focar no *timing* correto para desviar dos obstáculos, o jogador terá que desviar dos obstáculos usando relações trigonométricas com a maior precisão possível. O jogo possui três níveis de dificuldade: Iniciante, Intermediário e Avançado, que determinam as dimensões dos níveis conforme a tabela do Quadro 1.

Nível de dificuldade	Número de seções	Intervalos da distância horizontal		Intervalos da distância vertical entre obstáculos	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Iniciante	4	195	245	70	100
Intermediário	8	115	165	50	80
Avançado	12	75	125	30	60

Quadro 1. Parâmetros para geração da caverna por nível. Fonte: elaborado pelo Autor.

Em cada instância do jogo (Figura 3) é gerada uma caverna que é dividida em seções pelos obstáculos. Ela é gerada num retângulo com altura de 400 pixels e comprimento de 1280 pixels, sendo as distâncias entre as seções bem como a distância entre os obstáculos formadas com um valor aleatório entre o Mínimo e Máximo da tabela no Quadro 1.

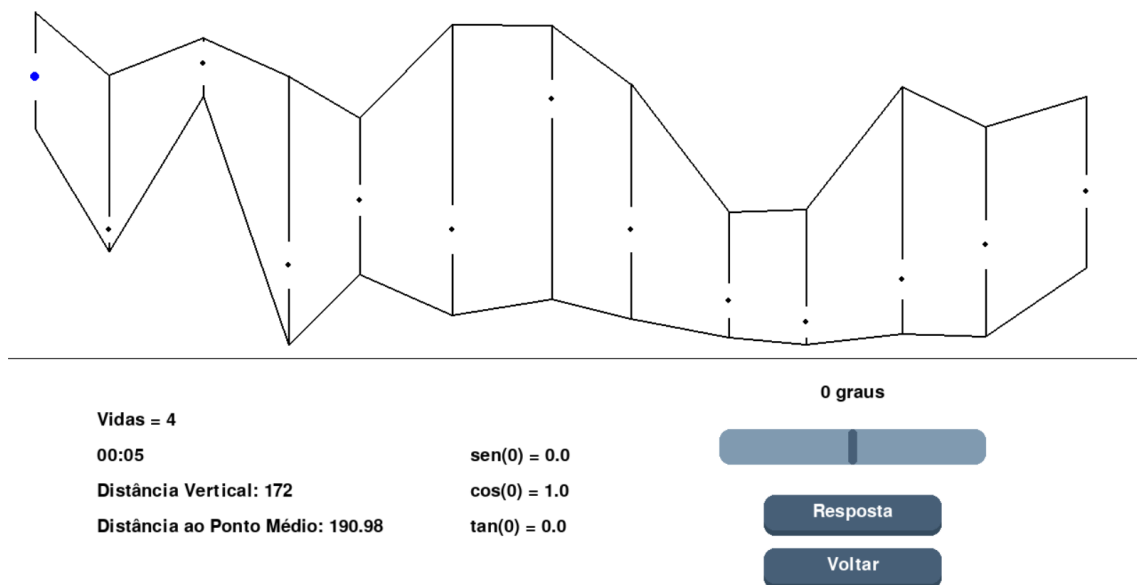


Figura 3. Exemplo de tela do jogo Trigame. Fonte: Elaborado pelo autor.

O jogo fornece duas dentre três medidas do triângulo retângulo: (1) a distância horizontal entre o drone e o próximo obstáculo, (2) a distância vertical relativa entre o drone e o ponto médio entre os obstáculos e (3) a distância euclidiana entre a posição do drone e o ponto médio entre os obstáculos, como pode ser visto na Figura 4.

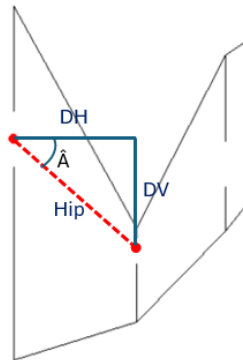


Figura 4. Dados fornecidos pelo jogo. Fonte: Elaborado pelo Autor

Para estimar o ângulo corretamente o jogador deve identificar que as medidas fornecidas correspondem, respectivamente, ao (1) cateto adjacente do ângulo a ser estimado, (2) cateto oposto do ângulo a ser estimado e (3) a hipotenusa do triângulo retângulo formado. Em seguida ele deverá identificar qual relação trigonométrica corresponde às duas medidas fornecidas e calcular o valor da relação identificada e, por fim, selecionar o ângulo com um *slider*.

$$\text{sen}(\hat{\alpha}) = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}, \quad \text{cos}(\hat{\alpha}) = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}, \quad \text{tan}(\hat{\alpha}) = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}$$

Além das distâncias absolutas o jogador também deve estar atento se o drone irá subir ou descer selecionando um ângulo positivo caso suba, ou negativo caso desça.

Para auxiliar o jogador, o jogo mostra os valores das relações trigonométricas que correspondem ao ângulo que está sendo selecionado no momento. Além disso, durante a travessia da caverna, o jogador pode errar o cálculo até quatro vezes, porém, com prejuízo na precisão média ao final do jogo.

O jogo fornece *feedback* ao longo das tentativas traçando uma reta entre o ponto inicial e o ponto definido pelo ângulo fornecido, sendo apresentado em vermelho caso esteja incorreta e em azul caso esteja correta. Se a tentativa for inválida, o jogador poderá tentar novamente caso ainda tenha tentativas disponíveis. Havendo acerto, o novo ponto obtido passa a ser o ponto inicial da próxima seção seguindo o jogo até que se complete a travessia da caverna.

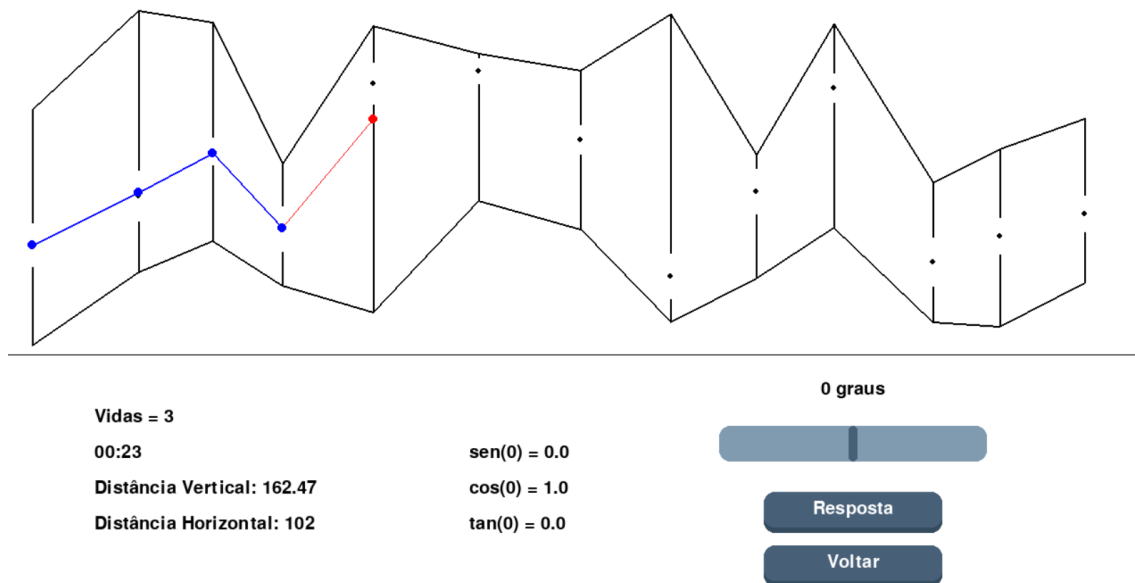


Figura 5. Exemplo de feedback no jogo. Fonte: elaboração pelo autor.

A pontuação final considera a precisão média das tentativas em porcentagem e o tempo médio usado por seção. A precisão de cada seção é definida pelo erro relativo calculado como:

$$precisão\ da\ tentativa = 1 - \left| \frac{h_m - h_d}{h_m} \right|$$

onde h_m e h_d são, respectivamente, a altura do ponto médio e a altura do drone ao final da seção. Caso o jogador erre a tentativa, a precisão é definida como zero e são armazenados em uma lista L . Se conseguir chegar no final da caverna o jogo calcula sua precisão média da seguinte forma:

$$precisão\ média = \left(\sum_L precisão\ da\ tentativa \right) \times \frac{100}{número\ de\ tentativas}$$

3.2. Sugestão para avaliação do jogo

Conforme explicado na Seção 2.3, o questionário usado neste trabalho (Tabela 1) foi adaptado de Rocha, Bittencourt e Isotani (2015). Ele consiste em 17 questões fechadas (classificadas nos mesmos tópicos, ver seção 2.3) e 5 questões abertas.

Tópicos	Subtópicos	Pergunta
Simulação	Experiência	O jogo possibilitou aprendizado e treinamento por meio de experimentação de soluções corretas e incorretas.
		Você acredita ser possível por meio da experiência no jogo melhorar habilidades em trigonometria.
	<i>Feedback</i>	O jogo forneceu feedback constante de meus acertos e erros durante e ao final da partida
Aprendizado	Aprendizagem	Eu acredito que este jogo foi eficaz no ensino e prática de trigonometria.
		Eu acredito que este jogo contribuiu para reforçar meu conhecimento em relações trigonométricas.
	Competências praticadas	Adiquiri mais conhecimentos sobre trigonometria durante o jogo
Jogo	Atenção estimulada	O jogo conseguiu estimular minha atenção.
		A variação de forma, conteúdo e atividades me ajudou a manter a atenção e motivação no jogo.
	Relevância do conteúdo	O conteúdo do jogo potencializou os conhecimentos que eu já possuía.
	Facilidade e confiança ao usar o jogo	Foi fácil entender o jogo.
	Satisfação	Estou satisfeito com a oportunidade de jogar.
		Estou satisfeito com as respostas de feedback, que me possibilitaram reforços positivos durante e depois do jogo.
	Imersão	Foi estimulante jogar e aprender com o jogo.
		Eu gostei do jogo e não me senti entediado ou ansioso por causa dele.
	Desafio e progresso	Houve progresso durante o jogo.
		Meu interesse aumentou com a superação dos desafios.
		Me esforcei para ter bons resultados.

Tabela 1. Perguntas classificadas por tópico e subtópico. Fonte: elaborado pelo autor.

As questões abertas consistem em: “Quanto tempo você tem de experiência com ensino?”, “O que você mais gostou ou apreciou no jogo?”, “O que você não gostou ou não apreciou no jogo?”, “Você tem sugestões para melhorar o jogo?” e “Você tem algum outro comentário?”.

As respostas às questões fechadas são dadas com valores de 1 a 5 na Escala de Likert, onde o valor numérico é associado com um julgamento: (1) *Discordo totalmente*, (2) *Discordo*, (3) *Nem discordo nem concordo*, (4) *Concordo* e (5) *Concordo totalmente*. Assim, pode-se mensurar dados qualitativos (PEREIRA, 2004) (ROCHA, BITTENCOURT e ISOTANI, 2015).

4. Resultados e Discussão

O Trigame foi desenvolvido buscando atender as principais características dos jogos sérios e do ensino da matemática, conforme apresentado nos subitens a seguir:

- **Metas:** O Trigame tem como meta guiar um drone na travessia da caverna através do cálculo de certos parâmetros, com a maior precisão possível;
- **Regras:** O Trigame apresenta somente duas das três medidas de um triângulo retângulo, não há limite de tempo por seção e o jogador tem até 4 tentativas inválidas para atravessar a caverna;
- **Feedback:** É dado a cada uma das tentativas do jogador, onde o jogo traça o caminho correspondente ao ângulo selecionado pelo jogador na cor vermelha quando há erro e azul quando há acerto. Além disso, caso o jogador chegue ao final do jogo, são mostrados a precisão média das tentativas e o tempo médio usado por seção;
- **Competição:** O Trigame tem na sua essência a busca do aprendizado e melhoria do uso de ferramentas trigonométricas, cujo estímulo é voltado para a auto competição, ou seja, que o jogador busque sua evolução baseada em seu próprio histórico e não comparativamente aos históricos de outros jogadores;
- **Participação:** Como em qualquer jogo, a participação se dá conforme motivação de cada participante ou do estímulo dado em sala de aula pelo professor. Ressalta-se o papel relevante do professor na condução do processo, tendo o Trigame como uma ferramenta de trabalho em sala de aula.

A recompensa no jogo ocorre ao passar por cada seção e ao final do jogo quando é mostrada sua pontuação. O jogador pode comparar seu histórico com as melhores pontuações e ver sua própria evolução. Assim, pode-se dizer que o jogo apresenta os tipos de recompensa em Aprendizado e Avanço.

Aplicando-se o conceito da Taxonomia de Bloom pode-se dizer que, ao jogar, o jogador deve se *lembrar* das definições das relações trigonométricas, ele deve *entender* como a posição do drone junto com o obstáculo que deve ultrapassar formam um triângulo retângulo e ele deve *aplicar* a relação trigonométrica nos dados fornecidos, utilizando, principalmente, os verbos da base da Taxonomia de Bloom.

Quanto ao tipo de conhecimento, o Trigame trabalha os tipos *Efetivo* e *Procedimental*, pois o jogador trabalha com as definições das relações trigonométricas bem como as calcula a partir de um dado triângulo retângulo. Assim, pode-se dizer que o Trigame é mais apropriado como exercício introdutório.

O Trigame tem como objetivo pedagógico ser uma ferramenta de trabalho para o professor utilizar na sala de aula. Em seu estágio atual é recomendado que o jogo seja apresentado aos estudantes pelo professor, devido a ausência de um tutorial interativo com as mecânicas do jogo que podem ser confusas em um primeiro contato. No contexto das trilhas de aprendizagem, o jogo poderia, por exemplo, ser inserido no passo 4 da Figura 1, complementando ou até mesmo substituindo exercícios de fixação para estudantes em seu primeiro contato com a trigonometria.

5. Conclusões e Recomendações

Pode-se concluir que o Trigame torna as relações seno, cosseno e tangente mais concretas

ao tratá-las de forma interativa. Neste contexto, o jogo contribui para desenvolver as habilidades estipuladas pela BNCC (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, c2018). Ainda é necessário aplicar o questionário para entender em qual ano do ensino ele seria mais apropriado, bem como receber recomendações de professores do que pode ser aprimorado para torná-lo mais eficaz.

O jogo também satisfaz as principais características de um jogo sério estabelecidas na literatura. No contexto educacional, satisfaz de forma equilibrada as funções lúdicas e educativas. Além disso, ele auxilia no aprimoramento de competências como raciocínio espacial, concentração, definição de estratégias. Ele fornece *feedback* de acerto ou erro após cada tentativa de estimar o ângulo. Sua pontuação final prioriza a precisão do jogador, sendo o tempo médio de passagem por seção secundário.

A aplicação ideal do Trigame é como um material auxiliar às ferramentas já disponíveis ao professor, isto é, como fonte de exercícios para estudantes que estão tendo contato com a trigonometria. Assim, ainda é necessário aplicar o Trigame em uma situação de ensino real para avaliarmos de forma mais detalhada seus pontos fortes e suas fraquezas.

Por ser um MVP, há espaço para melhoria em seus aspectos audiovisuais, que além de embelezar o jogo podem servir para reforçar o *feedback* e tornar as recompensas mais satisfatórias, podendo ser adicionado sons para reforçar quando houver acerto ou erro. Além disso, é necessário aprimorar o tutorial do jogo deixando-o interativo para que o jogador possa aprender a jogar sem a necessidade de o professor explicar o jogo. Outro ponto que também deve ser melhorado é a disponibilização do jogo em mais plataformas além do *Windows*.

6. Referências

ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. **A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives**. New York: Addison Wesley Longman, Inc, 2001.

BITTENCOURT, I. I.; ISOTANI, S.; ROCHA, R. V. D. **Avaliação de Jogos Sérios: questionário para autoavaliação e avaliação da reação do aprendiz**. Proceedings of SBGames: Art & Design Track. Teresina: SBGames. 2015. p. 648-657.

BLOOM, B. S. **Taxonomia de objetivos educacionais**. 8ª. ed. Porto Alegre: Globo, 1983.

BRASIL. **Notas sobre o Brasil no PISA 2022**. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Brasília, DF. 2023.

BULHÕES, B.; ALVES, T.; DUBIELA, R. **Framework CDE: com foco na experiência do usuário de jogos digitais**. Proceedings of SBGames. Florianópolis: [s.n.]. 2010. p. 50-59.

CSIKSZENTMIHALYI, M.; CSIKSZENTMIHALYI, I. S. **Optimal Experience:**

Psychological Studies of Flow in Consciousness. [S.l.]: Cambridge University Press, 1988.

CUNHA, M. B. D. Jogos no Ensino de Química: Considerações Teóricas para sua Utilização em Sala de Aula. **Revista Química Nova na Escola**, maio 2012. 92-98.

DIONIZIO, F.; BRANDT, C. **Análise das dificuldades apresentadas pelos alunos do Ensino Médio em trigonometria**. Congresso Nacional de Educação. Curitiba: [s.n.]. 2011.

DÖRNER, R. et al. Introduction. In: DÖRNER, R., et al. **Serious Games: Foundations, Concepts and Practice**. 1ª. ed. Berlin: Springer Nature, 2016. Cap. 1, p. 1-34.

ENGSTRÖM, H. et al. **Making a Game of the Old Testament Balancing Authenticity, Education and Entertainment**. IADIS International Journal. [S.l.]: [s.n.]. 2011. p. 1-17.

FERRAZ, A. P. D. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**, São Carlos, 17, 2010. 421-431.

GAO, F.; LI, L.; SUN, Y. A systematic review of mobile game-based learning in STEM education. **Education Tech Research Dev**, Jun 2020. 1791.

GARNEAU, P.-A. Fourteen Forms of Fun. **Game Developer**, 2001. Disponível em: <<https://www.gamedeveloper.com/design/fourteen-forms-of-fun>>. Acesso em: 25 out. 2024.

HUIZINGA, J. **Homo ludens: o jogo como elemento da cultura**. 9ª. ed. [S.l.]: Perspectiva, 2019.

HUNICKE, R.; LEBLANC, M.; ZUBEK, R. MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research. **AAAI Workshop - Technical Report**, jan 2004. 5.

KISHIMOTO, T. M. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. São Paulo: Cortez, 1997.

KOSTER, R. **Theory of Fun for Game Design**. 1ª. ed. [S.l.]: Paraglyph Press, 2004.

LEONE, F. R. et al. Evolução dos Jogos na Educação. In: BERNHARD, R.; OLIVEIRA, R. C. D.; FREITAS, S. R. S. **Serious Games - do lúdico à educação**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2023. p. 1-19.

LIAN-HUI, W. et al. Effects of digital game-based STEM education on students' learning achievement: a meta-analysis. **International Journal of STEM Education**, mar 2022.

MICHAEL, D.; CHEN, S. **Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform**. 1^a. ed. Boston: Cengage Learning PTR, 2005.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Base Nacional Comum Curricular. **Base Nacional Comum Curricular**, c2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 25 out. 2024.

MORAES, U. C. D. et al. Trilhas de aprendizagem no ensino da matemática: Ambiente virtual organizando a aula invertida. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, abr 2021. 43704-43711.

OLIVEIRA, M. S. D. Dificuldades na Aprendizagem de trigonometria: reflexos da Educação Básica no Ensino Superior. **Intermaths**, Vitória da Conquista, 2021. 140-155. Disponível em: <<https://periodicos2.uesb.br/index.php/intermaths/article/view/8529>>. Acesso em: 25 Out 2024.

OLIVEIRA, R. N. R. D.; ROCHA, R. V. D. **Modelo Conceitual para Planejamento da Avaliação em Jogos Sérios**. Proceedings of SBGames. Recife: Sociedade Brasileira de Computação. 2020. p. 682-691.

PEDROSO, L. **Uma proposta de ensino da trigonometria com uso do software**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. Mestrado em Ensino de Matemática – Instituto de Matemática, 2012.

PEREIRA, J. C. R. **Análise de dados qualitativos: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais**. São Paulo: EDUSP, 2004.

PYGAME. Pygame Documentation. **Site da documentação do pygame**, 2024. Disponível em: <<https://github.com/pygame/pygame>>. Acesso em: 25 out. 2024.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. Python. **Site Oficial da Linguagem Python**, c2024. Disponível em: <<https://www.python.org/>>. Acesso em: 25 out. 2024.

SILVA, J. H. S. D. **Dificuldades no Ensino e Aprendizagem de Trigonometria: Uma análise das revistas de ensino**. Caruaru: Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

TAVARES, L. M. **Serious Games**. Curitiba: InterSaber, 2021.

TSUDA, M. et al. **Análise de Métodos de Avaliação de Jogos Educacionais**. XIII

Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 20214). Porto Alegre:
[s.n.]. 2014. p. 158-166.