



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO



Yuri Valença Cunha

**Efetividade do Recurso Educacional Digital BRT
Espacial para a aprendizagem de Notação Científica**

**RECIFE
2024**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

Yuri Valença Cunha

**Efetividade do Recurso Educacional Digital BRT
Espacial para a aprendizagem de Notação Científica**

Monografia apresentada ao Centro de Informática (CIn) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como requisito parcial para conclusão do Curso de Ciência da Computação, orientada pelo(a) professor(a) Alex Sandro Gomes.

**RECIFE
2024**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Cunha, Yuri Valença.

efetividade do recurso educacional digital brt espacial para a aprendizagem de notação científica / Yuri Valença Cunha. - Recife, 2024.

33 p. : il., tab.

Orientador(a): Alex Sandro Gomes

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática, Ciências da Computação - Bacharelado, 2024.

Inclui referências, anexos.

1. Recurso Educacional Digital. 2. Notação Científica. 3. Base Nacional Comum Curricular. 4. Jogos Educacionais. I. Gomes, Alex Sandro. (Orientação).

II. Título.

000 CDD (22.ed.)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Yuri Valença Cunha

Efetividade do Recurso Educacional Digital BRT
Espacial para a aprendizagem de Notação Científica

Monografia submetida ao corpo docente da Universidade Federal de Pernambuco, defendida e aprovada em 18 de março de 2024.

Banca Examinadora:

Alex Sandro Gomes

Doutor(a)

Orientador(a)

Kiev Santos da Gama

Doutor(a)

Examinador(a)

A todos os alunos que encaram e vivem os mais difíceis cenários, mas que encontram na educação a libertação dessa vida tão sofrida. Desejo a todos aqueles que conseguem adentrar o ambiente escolar com uma genuína vontade de aprender e um sorriso extremamente cativante todo o sucesso do mundo.

AGRADECIMENTOS

Começo esse texto agradecendo à minha namorada Maria Júlia, a pessoa mais incrível do mundo, minha parceira, melhor amiga, e o fator principal no restabelecimento da minha paixão, não só por esta área de estudo, mas minha paixão em mim mesmo. Eu amo você.

Agradeço também às mulheres da minha casa, minha mãe Fabíola por, durante esses 25 anos, cumprir centenas de papéis fundamentais no meu desenvolvimento e me ajudando a ter me tornado quem sou hoje e minha avó, grande Nena, que esteve sempre ao meu lado, me ensinando e me amando a todo momento.

Agradeço ao meu pai, por, mesmo que estejamos fisicamente distantes, sinto seu amor, suas lições e ensinamentos a toda hora e em todo lugar. Tua educação me ajudou em maneiras que, quando menor eu não entendia, mas hoje vejo o quão bem isso tudo me fez. Deixo também meus agradecimentos à minha família de Brasília, que sempre me “adotou” sem pestanejar, com todo amor e carinho.

Aos meus amigos da faculdade, Asafe, Braga, Belchior, Sá, Targino e Vics, por terem me dado suporte durante tantas difíceis batalhas ao longo destes anos. Nunca me esquecerei de todos os momentos vividos. Das noites em claro, estudando na sala do 4º andar, aos dominós do DA, vocês me ajudaram em todo esse processo de uma maneira que não fazem ideia.

Também deixo meu agradecimento à Alex Sandro, grande orientador, professor e amigo, que, com muita paciência, liderança e sabedoria, me orientou durante não só esse processo final, mas em várias etapas e momentos dessa caminhada. Ao professor Aires, que comandou o projeto de extensão que foi responsável por acolher este trabalho. A Paulo Borba, ao qual tenho o prazer e honra de chamá-lo não apenas de professor, mas sim de amigo.

Aos alunos participantes da experiência em campo, deixo aqui meus agradecimentos a Daniele, Eduardo, Gabriel, Ítalo, Lara, Luan, Lucas e Ronald. Graças a ajuda de vocês, consegui valiosas informações e discussões sobre tecnologia e educação, temáticas de grandioso valor e importância a nós, mas, principalmente, a estes estudantes.

Ao Grupo Espírita Kardecista de Pedro Paulo de Aquino (GEKPPA), por ter sido, durante todos os meus anos, uma fortaleza e refúgio para mim em meus momentos de dificuldade, mas também onde pude compartilhar grandiosos momentos de fé e alegria.

E por fim, mas certamente não menos importante, agradeço a Deus por ter me abençoado com todas essas pessoas as quais pude apenas agradecer singelamente neste meu documento (e muitas outras que, por qualquer razão, não foram citadas), mas que significam muito em meu coração.

RESUMO

A notação científica é uma ferramenta essencial em matemática, física e química, desempenhando um papel crucial na simplificação da representação e operação de números grandes e pequenos. Este trabalho visou analisar o atual cenário da introdução deste conteúdo para os alunos, tanto através da literatura matemática, como por meio de mídias e tecnologias. Além disso, buscou verificar a efetividade e aceitação do jogo educativo BRT Espacial como um instrumento para o ensino da notação científica. Os dados foram coletados mediante intervenção tutorada e participaram do estudo alunos do ensino médio da escola Senador Novaes Filho. Observamos as estratégias e modos de pensar e agir por tais durante a experiência, tal qual o conhecimento adquirido e exercitado pelo aplicativo. Os resultados obtidos mostram evidências de que o jogo está em conformidade legislativa, e de registros, sob a avaliação dos alunos usuários, da capacidade de promover o engajamento e desenvolvimento dos estudantes de suas competências e habilidades.

Palavras-Chave: Recurso Educacional Digital; Notação Científica; Base Nacional Comum Curricular; Jogos Educacionais.

ABSTRACT

Scientific notation is an essential tool in mathematics, physics and chemistry, playing a crucial role in simplifying the representation and operation of both large and small numbers. This work aimed to analyze the current scenario of introducing this content to students, be it through mathematical literature, or through media and technologies. Furthermore, it pursued to verify the effectiveness and acceptance of the educational game BRT Espacial as a tool for teaching scientific notation. The data was collected by tutored intervention and the subjects of this study were students from Senador Novaes Filho School. The strategies and ways of thinking and acting during the experience, as well as the knowledge acquired and exercised by the app have been observed. The final results are clear evidence that the game complies with legislation, in addition to registers, under the evaluation of the users, of its' ability to promote engagement and the development of students' competencies and skills.

Keywords: Digital Educational Resource; Scientific Notation; Base Nacional Comum Curricular; Educational Games.

Sumário

1. Introdução	11
2. Notação científica	12
2.1. Ensino, aprendizagem e suas dificuldades com a Notação Científica	14
2.2. Mídias que, “sem querer”, ensinam	15
2.3. Notação científica e tecnologias digitais	16
3. Método	17
3.1. Recurso Educacional Digital BRT Espacial	17
3.2. Participantes	21
3.3. Procedimentos	21
3.4. Análise de dados	23
4 Resultados	23
4.1 Análise individual das dimensões	25
4.1.1 Interface	25
4.1.2 Experiência e Jogabilidade	25
4.1.3 Conhecimento e Aprendizagem	26
4.2 Feedbacks levantados	26
4.2.1 Ver o mapa na fase de planeta	26
4.2.2 Diminuir a quantidade de roletas no percurso	27
4.2.3 Revelar informações sobre o custo de gasolina de um trajeto	27
4.2.4 Níveis de dificuldade	27
4.2.5 Interatividade com o mapa	27
5 Discussão	28
6 Conclusão	29
7 Referências	29

1. Introdução

A aprendizagem de conceitos matemáticos nos faz perceber a presença de uma progressão interligada dos conceitos, na qual a compreensão de cada elemento, sucessor, se apoia na solidez dos conhecimentos precedentes. Das operações básicas até as complexidades da álgebra e geometria, existe uma evolução gradual que culmina na abstração matemática.

Dentre os milhares de conceitos matemáticos, a notação científica se apoia em conceitos de exponenciação, multiplicação, divisão, soma, e muitos outros para funcionar como um veículo de expressão de números inimaginavelmente grandes, ou números tão pequenos que não podemos ter ideia de sua precisão.

Então, devido a essa caracterização um pouco mais 'abstrata' da notação científica, em comparação às outras áreas matemáticas, é possível observar dificuldades de alguns alunos de absorver e utilizar este conteúdo de maneira correta. Santos (2002), ao ministrar aulas em laboratório para alunos do Curso de Ciências Físicas e Biológicas, com Habilitação em Matemática e Química, no Ensino Superior, percebeu que o aluno iniciante apresentava dificuldades e não tinha constrangimento em dizer que desconhecia o assunto. Ele deduziu, então, que essas dificuldades estavam relacionadas a deficiências trazidas do ensino fundamental e médio.

Diante da problemática, diversas soluções vêm sendo propostas para auxiliar na metodologia atual. Dentre estas, os jogos eletrônicos aparecem como uma das principais ferramentas propostas para esta mudança, já sendo até defendidos por documentos oficiais que servem como diretrizes para a educação, como os PCN (Parâmetros Nacionais Curriculares).

Podemos utilizar o conceito de Recursos Educacionais Digitais (REDs). Segundo Castro Filho e Hitzschky (2020), REDs podem ser compreendidos como mídias que têm o potencial de apoiar ou mediar o aprendizado, permitindo que professores e alunos explorem conceitos específicos em matemática, ciências, linguagem e muito mais, de uma maneira diferenciada e dinâmica. A sua utilização é

uma das soluções propostas para equilibrar a situação entre a utilização de jogos educacionais em sala, e a garantia de que estes estão sendo criados e utilizados como ferramentas que efetivamente auxiliam no desenvolvimento e educação do aluno, ao invés de servir principalmente para diversão.

Este trabalho visa analisar a efetividade e aceitação deste recurso digital, ao ser utilizado por alunos do ensino médio, estimulando o exercício e prática de seus conhecimentos matemáticos, neste caso, sobre notação científica. Além disso, irá se concentrar em provar a efetividade do aplicativo BRT Espacial como facilitador na aprendizagem de notação científica. Contudo, vale salientar que diversos outros estudos vêm sendo realizados com a utilização de vários outros REDs em escolas, procurando validar suas efetividades como ferramentas educacionais. Tudo isso tem como finalidade oferecer uma grandiosa gama de ferramentas, comprovadamente efetivas, aos professores e escolas.

Na segunda seção, será apresentado o conceito de notação científica, será feita uma análise literária que diz respeito ao método que atualmente é empregado para apresentar e ensinar esse assunto, iremos discorrer sobre mídias e tecnologias que, embora não tenham sido implementadas com tal propósito, auxiliam no ensino do conteúdo, e, por fim, a presença de notação científica nas tecnologias digitais atuais.

A seção 3 descreve o método de avaliação deste estudo, além de serem destrinchados detalhes sobre o próprio RED, os participantes, procedimentos, como será feito o questionário a ser entregue para os alunos, como será feita a coleta dos dados e como eles serão utilizados para que seja traçado um gráfico com os valores médios desse questionário.

As seções 4 e 5 serão compostas, respectivamente, pela apresentação dos resultados e a discussão do que foi levantado no estudo em campo, realizado de acordo com o que foi documentado no método.

A seção 6 irá discorrer sobre uma breve conclusão da jornada deste estudo, resumindo aquilo que foi mais importante e impactante para os alunos e para o próprio RED e, por fim, a seção 7 irá conter as referências bibliográficas pesquisadas e citadas durante a escrita deste trabalho.

2. Notação científica

Foi no século III a.C que o matemático Arquimedes, pai da notação científica, descreveu em sua obra “O contador de Areia” um método de representação numérica para estimar quantos grãos de areia seriam necessários para preencher o universo. Para isso, Arquimedes teve que estimar o tamanho do universo, segundo o modelo contemporâneo e, para poder dizer um número que é de extremo tamanho, foi feito o uso, pela primeira vez, da notação científica.

A notação científica é uma maneira simplificada de representar números grandes ou pequenos demais, de maneira que consigamos entender mais rápida e facilmente seu tamanho. Para isso, é utilizada a potência de 10 para descrever a sua escala, ou quantidade de zeros, à direita ou à esquerda, e um número N real, igual ou maior que 1 e menor que 10, para multiplicar a potência. Como exemplo, podemos citar Martins (2015), que, em sua escrita sobre notação científica, cria um desafio ao leitor de colocar os seguintes números em ordem crescente: 241000000000; 48200000000; 0,000000000021 e 0,00000000043. É muito mais complicado e demorado contar os zeros e comparar os números, a fim de definir a ordem crescente deles, porém, se conseguirmos escrevê-los em notação científica, rapidamente podemos comparar seus expoentes na base 10 e definir a ordem: $2,41 \cdot 10^{11}$, $4,82 \cdot 10^{10}$, $2,1 \cdot 10^{-11}$ e $4,3 \cdot 10^{-10}$. Dessa maneira, podemos rapidamente definir que a ordem crescente correta é: $2,1 \cdot 10^{-11}$, $4,3 \cdot 10^{-10}$, $4,82 \cdot 10^{10}$ e $2,41 \cdot 10^{11}$.

Com o exemplo acima, torna-se claro o propósito da notação científica. É possível, também, entender o método de como o número 241000000000 foi simplificado para o valor de $2,41 \cdot 10^{11}$. O deslocamento da vírgula para a esquerda, adiciona 1 ao expoente de base 10. Neste número, podemos contar 9 zeros, já o simplificando para $241 \cdot 10^9$. Porém, a regra define que o valor N que deve multiplicar a potência deve ser um valor real, entre 1 e 10, portanto, deve-se deslocar a vírgula mais 2 unidades à esquerda, adicionando 2 ao expoente, chegando ao número simplificado desejado de $2,41 \cdot 10^{11}$.

Similarmente, podemos fazer isso com o número 0,000000000021, desta vez, cada deslocamento da vírgula à direita, subtrai 1 do expoente na base 10. Como temos 10 zeros à direita da vírgula, o número pode ser simplificado para $0,21 \cdot 10^{-10}$. Porém, mais uma vez, temos que colocar o número N que multiplica a potência com valor entre 1 e 10. Como a vírgula será deslocada mais uma vez à direita, subtrai-se 1 do expoente, totalizando $2,1 \cdot 10^{-11}$.

2.1. Ensino, aprendizagem e suas dificuldades com a Notação Científica

Atualmente, diversos materiais didáticos da matemática iniciam as apresentações sobre notação científica entre o 8º e o 9º ano, e em cada um destes, a abordagem da apresentação e exemplificação difere grandemente.

Segundo Naissinger (2010), Andrini, em Novo Praticando Matemática (2002), por exemplo, faz relações entre o expoente de base 10, e a quantidade de zeros no número em seu volume do 8º ano. Já no volume seguinte, destinado para o 9º ano, ele apresenta de forma mais detalhada a representação do número usando notação científica, por meio de exemplos de como os cientistas lidam com medidas muito grandes ou muito pequenas. Por outro lado, Dante, no livro Tudo é Matemática (2005), introduz o conceito de notação científica por meio de atividades nos livros de 6º, 8º e 9º anos.

Ainda segundo Naissinger (Ibid.), no 6º ano, utiliza a potenciação de base 10 na decomposição do número, sugerindo atividades após uma curiosidade, como, por exemplo: “Você sabia que: A velocidade da luz é de aproximadamente $5 \cdot 10^5$ km/s? Se é de aproximadamente 8 minutos o tempo que a luz emitida pelo Sol demora a chegar à Terra, qual a distância aproximada da Terra ao Sol?”. Em seu livro do 9º ano, o conteúdo é apresentado de maneira similar, por meio de curiosidades e desafios, desta vez, o desafio é: “Estima-se que a quantidade de água doce na superfície da Terra seja de $1,34 \cdot 10^8$ litros. Em relação ao total de água doce sobre a Terra $1,3 \cdot 10^{21}$ litros, qual a porcentagem desse tipo de água?”.

Com isso, é possível perceber que a abordagem do conteúdo nas principais literaturas matemáticas é um tanto limitada e superficial, sendo pouco capaz de gerar interesse e conhecimentos mais detalhados de notação científica.

O estudo de Santos (Ibid.) reitera a análise levantada por Naissinger, sua análise consistiu em 10 livros didáticos nas áreas de Matemática e Física. Após o estudo dessas literaturas, Santos pôde interpretar que os livros Matemática na medida certa, de Jakubovic (1995), A conquista da Matemática: teoria, aplicação, de Giovanni (1985) e Matemática, 2º grau, volume único, de Bezerra (1994) não propuseram o estudo de notação científica. Vale ressaltar que os dois primeiros livros tinham nível e assuntos de Ensino Fundamental, porém o último era utilizado como volume único para todo o Ensino Médio.

Finalizando a menção à análise de Santos, o livro Matemática Ensino Médio, volume 1, de Smole (1998) seguiu o mesmo padrão das literaturas levantadas por Naissinger em seu estudo, onde a notação científica era apresentada com uma simples abordagem em tom de “curiosidade” ou “desafio”.

Tendo em vista a análise das literaturas feitas pelos atores mencionados, é possível traçar uma simples melhoria que poderia ser adotada, a fim de instigar mais o aluno a estudar e dominar a notação científica: mudança de medidas nas respostas de alguns exercícios. Por exemplo, ao invés de pedir para que um cálculo que resulte em 500 milissegundos, a questão poderia pedir o valor em segundos, estimulando o aluno a converter o valor para $5 \cdot 10^{-1}$, utilizando-se de notação científica. Essa mudança facilitaria, inclusive, futuros cálculos nas disciplinas de Física e Química, que fazem bastante uso da mudança de unidades, exercitando os conteúdos de potenciação.

2.2. Mídias que, “sem querer”, ensinam

Embora sejam um gênero bastante restrito, principalmente à população de jovens brasileiros, os jogos “idle” dependem enormemente da notação científica em suas mecânicas e em seus principais aspectos. Segundo Khaliq (2015), um jogo “idle”, ou incremental, tem como premissa deixar o jogo rodando por si só com interação mínima ou zero do jogador.

Muito geralmente, não há um objetivo ou história, apenas uma contextualização para que seja criado o ambiente do jogo, como uma padaria que assa cada vez mais biscoitos. Em cima disso, são realizadas adição de mecânicas e estratégias para deixar a “unidade monetária” do jogador cada vez maior.

E é nesse ponto que os jogos incrementais se encontram com a notação científica. Como o próprio nome diz, essas aplicações lidam com quantidades massivas de números, aumentando de maneira exponencial ao longo do jogo. A notação científica, então, torna-se essencial para representar essas quantidades exorbitantes de maneira legível, facilitando o entendimento. A visualização dos números dessa maneira facilita não só a interface, quanto clareia a possibilidade de gastos para as melhorias do jogo. Por exemplo, se o jogador possui $4 \cdot 10^6$ moedas, ele pode comprar uma melhoria que custa $7 \cdot 10^4$, mas não uma que seja $2 \cdot 10^8$.

Toda essa ideia de operações com grandes números e visualização em notação científica, é extremamente trabalhada nos jogos incrementais. Isso faz com que os jogadores constantemente exercitem a capacidade de realizar esses cálculos com potências. Então, mesmo que, por definição, a interação do usuário com esses jogos seja mínima, jogos incrementais podem ser muito valiosos como ferramentas que, mesmo que não tenham sido desenvolvidas com esse propósito, ensinam valiosos conceitos matemáticos ao jogador.

2.3. Notação científica e tecnologias digitais

Diferentemente de conteúdos mais visuais, como geometria e gráficos de equações, que contam com abundância de mídias digitais, atualmente capazes de instigar a curiosidade do aluno e transmitir conhecimento, a notação científica sofre com a ausência de tecnologias que façam o mesmo por ela. Não existem websites que gerem uma imagem 3D de uma forma geométrica, nem um aplicativo interativo e dinâmico de um gráfico de equação, no caso da notação científica.

Essa escassez de recursos que vão além do livro e do quadro, aliados com uma apresentação carente e ineficiente do assunto, são ainda mais agravantes, considerando a importância futura de notação científica em grandes áreas de estudo, como Física, Química, Engenharia e Tecnologia da Informação.

A educação, no momento, passa por um avanço que busca torná-la cada vez mais excitante e promover a transmissão de conhecimentos de maneira mais efetiva. Segundo Gravina e Basso (2012), temos na tecnologia digital [na educação], a ampliação das possibilidades para “experimentos do pensamento”, quando comparamos essas possibilidades com aquelas que se consegue com o suporte apenas de textos e desenhos estáticos.

Com isso, por mais que o processo educacional esteja sofrendo por mudanças que procuram incluir cada vez mais a tecnologia, vemos que certos assuntos e conceitos, que já tinham uma abordagem supérflua, têm chances de continuar sendo abandonados nessa revolução tecnológica.

Vale salientar que esse projeto não é inovador, mas sim que segue premissas de outros estudos já realizados de maneira similar, com outros REDs como material de aprendizagem. O trabalho de Queiros et al. (2022), por exemplo, mostrou, com grande sucesso, o entusiasmo e aderência do estudante no uso do aplicativo, além de promover uma maneira lúdica de se ensinar geometria bi e tridimensional.

Este trabalho adotou uma metodologia similar e seguiu os padrões pré-estabelecidos dos estudos citados acima, permitindo que todos os resultados levantados e discutidos tenham um embasamento certificado e fundamentado.

No fim das contas, os jogos são apenas uma parte de uma gama de ferramentas digitais capazes de transmitir conhecimento, e sua introdução e presença em sala de aula deve ser debatida com grande parcimônia, visto que ainda são tema de tabus e visões equivocadas e estereotipadas. Essa definição permite incluir conteúdos que vão muito além de jogos educativos. Slides, imagens, vídeos, áudios e até soluções mais tecnológicas como conteúdos em realidade virtual e aumentada podem contribuir para a facilitação do processo de ensino e aprendizagem dos alunos.

3. Método

Esta seção apresenta os métodos utilizados na pesquisa em campo com o aplicativo BRT Espacial na escola Senador Novaes Filho, que buscou avaliar a efetividade do jogo na aprendizagem de notação científica. Ainda neste capítulo, é feita a descrição do RED, do seu Guia Didático-Pedagógico e das competências, gerais e específicas da Base Nacional Curricular Comum (BNCC), abordadas pelo aplicativo.

3.1. Recurso Educacional Digital BRT Espacial

BRT Espacial é um RED gratuito, disponível na [Play Store](#) e [App Store](#), do tipo jogo digital para dispositivos móveis, disponibilizado para sistemas Android e IOS. Ele foi

desenvolvido para apoiar o ensino e aprendizagem de notação científica na área de Matemática e suas Tecnologias no Ensino Médio. A proposta de ensino de representações numéricas muito grandes e muito pequenas está alinhada com a BNCC, concordando com as competências gerais 2 e específica 3, bem como a habilidade EM13MAT313, a saber:

- Competência Geral 2: Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
- Competência Específica 3: Utilizar estratégias, conceitos, definições e procedimentos matemáticos para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas, de modo a construir argumentação consistente.
- EM13MAT313 – Utilizar, quando necessário, a notação científica para expressar uma medida, compreendendo as noções de algarismos significativos e algarismos duvidosos, e reconhecendo que toda medida é inevitavelmente acompanhada de erro.

Este RED foi desenvolvido usando mecânicas lúdicas de interação e seu conteúdo está alinhado com as orientações da Base Nacional Curricular Comum (BNCC) para o tema. O BRT Espacial permite que professores possam criar cenários diferenciados e dinâmicos de aprendizagem, contextualizando o ambiente do jogo e facilitando o planejamento de aulas (citar o manual). A hipótese de design é que estudantes engajem-se mais no aprendizado e desenvolvimento de habilidades envolvendo notação científica.

No jogo, o jogador assume o papel de motorista de um BRT Espacial e deve transportar as pessoas pela galáxia até seus destinos. Além disso, o jogador deve atentar a recursos disponíveis que viabilizam uma viagem, como dinheiro e combustível, além de encontros aleatórios no espaço durante as viagens. Enquanto se aventura no espaço, o usuário terá contato com valores numéricos representados

em notação científica, operações matemáticas envolvendo potências e raciocínio matemático para tomadas de decisões e probabilidades.

Ao “iniciar a missão”, o jogador irá recorrer a unidades astronômicas (UA) para medir distâncias representadas em notação científica. Para ampliar o conhecimento dos estudantes sobre o tema, e auxiliar na ambientação do jogo, os valores numéricos presentes no RED são astronomicamente grandes. Além disso, estão presentes em diferentes eventos que operam com esses valores em situações de soma, subtração, multiplicação e divisão de potências de base 10.

O jogo pode ser separado em três fases simples e intuitivas:

1. Fase de Mapa: Onde o jogador é apresentado a um mapa representando o espaço com seus planetas e, a partir daí, pode escolher um planeta para iniciar sua viagem, considerando os passageiros a bordo e seus destinos. Ao se selecionar um planeta, é possível ver informações como a quantidade de passageiros que irão desembarcar (e gerar dinheiro ao jogador), quantidade de passageiros que pode embarcar, melhorias disponíveis a serem realizadas e o percentual das chances de sorte, azar e neutro que o jogador irá encarar na Fase de percurso. Vale lembrar que isso tudo só pode acontecer se houver combustível para isso.
2. Fase de Percurso: durante o percurso, um medidor vai avançando quanto mais o BRT Espacial viaja. Ao ser completado, um evento aleatório é sorteado, podendo ser positivo (como aumento de reputação, integridade física do BRT, velocidade e outros), negativo (diminuição de velocidade, dano ao BRT, perda de dinheiro e outros) ou neutro (nada acontece). Cada planeta selecionado como destino possui uma porcentagem de eventos positivos, negativos e neutros. Além disso, buracos negros surgem no mapa, impedindo sua passagem por eles, forçando o jogador a fazer desvios pelos planetas.
3. Fase de Planeta: ao se aterrissar num planeta, os passageiros que tinham o planeta no qual a nave está presente como destino são “entregues”, e a recompensa, em dinheiro e reputação, é dada ao jogador. Em seguida, é apresentado ao estudante diversas ações possíveis, como reabastecer a nave, realizar melhorias em diversos aspectos da nave, consertar danos à

nave e pegar mais passageiros. Por fim, o jogador pode escolher decolar novamente, e voltar à fase 1.





Figura 3

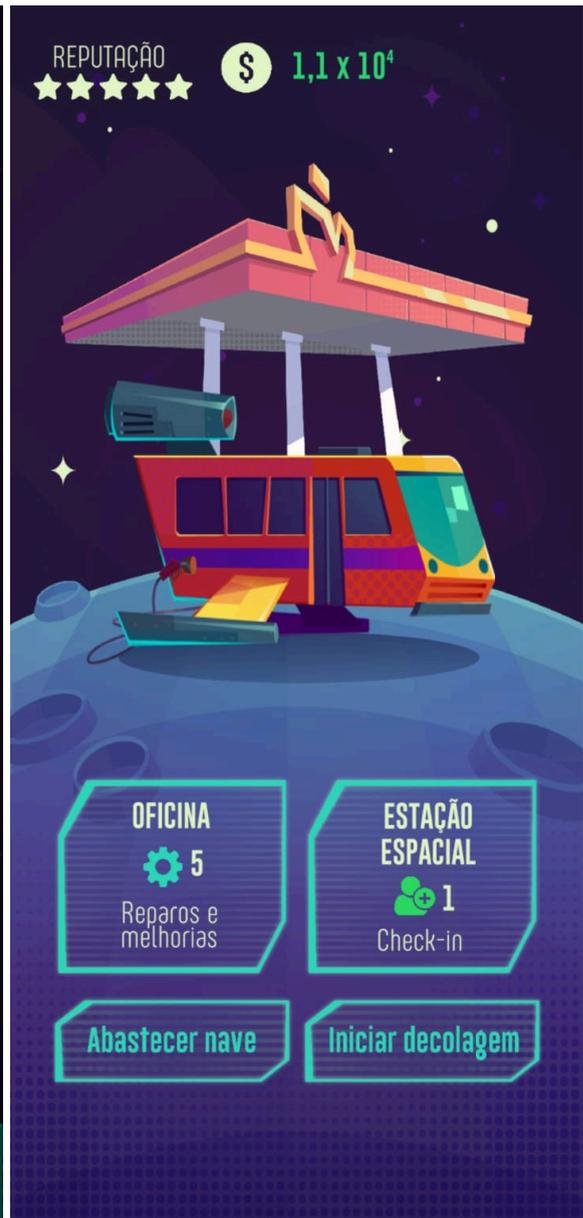


Figura 4

Na figura 1, podemos ver a representação da Fase de Mapa, primeira das fases do jogo. Como dito, o aluno é capaz de navegar pelo mapa, procurando um planeta para seu próximo destino.

A figura 2 retrata as informações do planeta, que podem ser acessadas ao se apertar em qualquer um dos planetas do mapa. Nessa imagem, estão disponíveis ao usuário a quantidade de passageiros que irá desembarcar no planeta selecionado, a quantidade de passageiros que estão disponíveis a embarcar, além da quantidade de melhorias que podem ser realizadas no ônibus.

A figura 3 mostra o valor dos percentuais de sorte e azar que o usuário irá encarar durante a Fase de Percurso até o planeta, esse valor é aleatório para cada planeta e cada viagem. Além disso, pode ser visualizado o lucro a ser obtido ao fim da viagem, que é determinado pela quantidade de passageiros que irá desembarcar no planeta.

A figura 4 representa a Fase de Planeta, com ela, podemos ver que o estudante tem acesso à oficina, para fazer reparos e melhorias; à estação, onde ele pode pegar os passageiros; ao menu de abastecimento da nave e ao comando de decolagem, para retornar à Fase de Mapa do jogo.

Compilando todas essas informações a respeito do aplicativo, é possível classificar o BRT Espacial como um RED, já que este é compreendido como uma mídia digital e é munido de conceitos matemáticos que procuram estimular o estudante em determinado conteúdo escolar.

3.2. Participantes

Foram convidados 8 alunos do 1º, 2º e 3º anos do Ensino Médio para ser conduzida a pesquisa, sendo, entre eles, 3 do 1º ano, 3 do 2º ano e 2 do 3º ano. No total, 6 participantes foram do sexo masculino, e 2 do sexo feminino.

3.3. Procedimentos

Para realização dos testes, os estudantes encontravam-se num ambiente calmo na escola. Foram acompanhados pelo pesquisador e pelo professor orientador do trabalho.

A experiência iniciou-se com uma rápida apresentação pessoal, seguida de uma breve conversa sobre detalhes pessoais, a fim de conhecer nomes e séries dos alunos. Foi também perguntado sobre a familiaridade de cada um com jogos mobile, e obteve-se que 4 tinham bastante familiaridade com jogos mobile, 3 jogavam esporadicamente, ou tinham jogos no celular, mas não interagiam de maneira diária com eles, e 1 tinha pouca ou nenhuma interação em cima deste assunto.

Além disso, foi perguntado aos alunos sobre o domínio e gosto pela matemática, e, com respeito às respostas obtidas, 3 deles realmente gostavam e se sentiam confortáveis com a matéria e 5, por diversas razões não gostavam e/ou não se sentiam confiantes nas próprias habilidades matemáticas.

Por fim, eles puderam interagir e utilizar o aplicativo BRT Espacial. Esta última etapa foi realizada a partir do método de intervenção tutorada. A interação com o jogo durou em torno de 20 minutos. A atividade foi gravada utilizando-se do aplicativo X-recorder para captura de tela e áudio. Foi determinado este tempo limite para o aluno manter o interesse posterior no aplicativo, sem que ele sentisse que o jogo estava se tornando cansativo e repetitivo.

Em todas as interações, foi sempre perguntado aos alunos anteriormente se essa gravação seria permitida, além de ser dada a opção aos alunos de que a captura da tela poderia ser realizada sem áudio. Essa alternativa foi, inclusive, pedida por alguns e, naturalmente, foi acatada.

Ao final da manipulação, um novo questionário sobre o jogo foi apresentado aos estudantes. Neste, foram considerados critérios levantados pela escala de EGameFlow (2009), a proposta de avaliação de REDs de Savi (2010) e do modelo proposto por Silva e Gomes (2015). Com isso, o questionário foi composto por 4 categorias: interface (área de interação visual e textual), experiência e jogabilidade, conhecimento e aprendizagem e controle e melhorias no recurso/conhecimento. Este questionário pode ser encontrado [aqui](#).

Interface (área de interação visual e textual):

- O design da interface do jogo é atraente?
- O manuseio do jogo é fácil?
- As representações das imagens estão bem apresentadas?
- Os textos apresentados possuem coerência e informações necessárias para a compreensão do conteúdo?

Experiência/jogabilidade:

- Recebi feedback imediato das minhas ações
- Recebi informação sobre o meu status, como nível ou pontuação
- O jogo prendeu minha atenção
- As tarefas do jogo foram muito difíceis
- Existem “dicas” que ajudam nas tarefas

- Minhas habilidades aumentam conforme o jogo avança
- Completar as tarefas do jogo me deu um sentimento de realização
- Senti estar tendo progresso durante o desenrolar do jogo
- Quando interrompido, fiquei desapontado que o jogo havia parado
- Eu jogaria este jogo novamente
- Achei o jogo meio parado
- ‘Houve momentos em que eu queria desistir do jogo

Conhecimento/aprendizagem:

- O jogo apresentou conteúdo que estimulou minha atenção
- Captei as ideias básicas do conteúdo apresentado
- Gostei tanto do jogo que gostaria de aprender mais sobre o assunto abordado por ele
- Eu poderia relacionar o conteúdo do jogo com coisas que já vi, fiz ou pensei
- Visualizei o conteúdo do jogo surpreendente e/ou inesperadamente
- Durante o jogo consegui lembrar de mais informações relacionadas ao tema apresentado

Por fim, o tópico Controle e melhorias no recurso/conhecimento possui as seguintes questões em formato aberto:

- Quais aspectos deste jogo foram mais úteis ou valiosos?
- Quais aspectos você melhoraria no jogo avaliado?

3.4. Análise de dados

As perguntas das três primeiras categorias deste questionário seguiram a escala de Likert (1932), com cinco níveis: concordo totalmente (100), concordo parcialmente (75), não sei ou não consigo decidir (50), discordo parcialmente (25), discordo totalmente (0).

Com os resultados do questionário e com relação às três primeiras categorias, foi possível traçar gráficos da média aritmética de avaliação dos

estudantes, dividindo o valor total obtido no questionário pelo total de alunos participantes.

A última categoria teve questões abertas, nas quais os estudantes puderam contribuir com comentários a partir da sua percepção e de sua experiência ao jogar. Para a análise deste tópico, devido ao pequeno número de estudantes participantes, todas as respostas foram analisadas e agrupadas para serem discutidas em capítulos posteriores a este.

4 Resultados

O gráfico 1 abaixo, representa os dados gerais da avaliação realizada pelos estudantes, dividido nas três dimensões previamente apresentadas: I) interface, II) experiência e jogabilidade e III) conhecimento e aprendizagem. A quarta dimensão, composta por questões abertas relacionadas ao tópico controle, será discutida posteriormente.

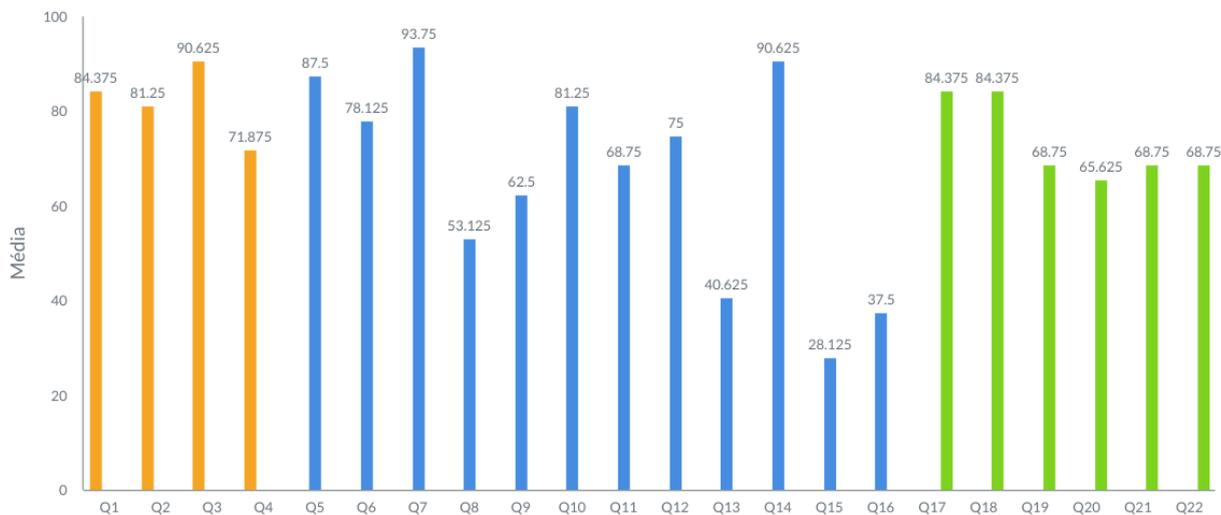


Gráfico 1

No eixo horizontal, temos as perguntas do questionário, sendo que as questões 'Q1' a 'Q4' se relacionam com o tópico interface, 'Q5 a 'Q16' são sobre experiência e jogabilidade e 'Q17' a 'Q22' abordam o tópico de conhecimento e aprendizagem. No eixo vertical, estão as pontuações referentes à cada classificação, sendo feita a média aritmética do total de pontos de cada quesito, dividido pelo número total de questionários realizados. Essa média varia de 0 a 100,

e foi avaliada de acordo com a escala Likert com cinco níveis de concordância, sendo cada um devidamente pontuado, como previamente referenciado.

Das 22 questões apresentadas aos alunos, 10 tiveram média acima de 75 e 9 entre 50 e 75, enquanto as outras 3 tiveram pontuação entre 25 e 50. Os dados apontam que a avaliação geral da experiência com o RED foi bastante satisfatória e positiva.

Porém, analisando melhor as médias e as questões relativas à elas, pode-se concluir que o resultado foi ainda melhor do que aquele mostrado pelo gráfico. A questão 8, por exemplo, obteve uma média relativamente baixa, se comparada com as restantes, porém, ela representa a pontuação média dos alunos quanto à concordância que as tarefas do jogo foram difíceis.

Temos ainda outros casos em que os valores obtidos podem nos levar a análises errôneas da realidade. As questões 13, 15 e 16, relacionadas, relativamente ao nível de desapontamento dos alunos quando interrompidos, ao fato de o jogo ser parado, ou não, e se houve momentos em que o estudante queria desistir de jogar, se enquadram neste aspecto. Isso porque essas afirmações tinham justamente como “objetivo” receber respostas mais negativas, no caso delas, quanto menor o valor obtido, melhor a experiência tida pelos alunos.

4.1 Análise individual das dimensões

4.1.1 Interface

Observando cada tópico individualmente e iniciando pelas questões de interface, concluímos que a média das respostas foi bastante positiva, e isso faz jus à identidade visual que o aplicativo visa trazer com o tema de espaço e cores bastante variadas.

A afirmação de menor média foi referente à coerência dos textos e informações apresentados para a compreensão do conteúdo, e, devido ao fato de o jogo não ter muitas informações textuais, escolhendo passar suas mensagens através de imagens e símbolos, faz bastante sentido que este quesito tenha tido a menor nota do tópico.

4.1.2 Experiência e Jogabilidade

Embora seja o tópico mais extenso, podemos analisar a excelente média entre as afirmações deste escopo, novamente levando em conta que algumas das perguntas desse tema tem o objetivo de terem o menor escore possível.

Aqui, podemos dar destaque à maior média do questionário (93,75), pertencente à questão 7, que diz respeito ao nível em que o jogo prendeu a atenção do estudante. Podemos, então, interpretar que isto é um ótimo sinal de que todos os elementos temáticos e educacionais do jogo obtiveram sucesso em instigar e conquistar o foco da criança para aquela atividade.

Outra excelente métrica que podemos inferir neste tópico é referente ao questionamento de número 14, que obteve a segunda maior pontuação média (90,625, empatado com a questão 3), e que diz respeito ao nível de concordância dos alunos em jogar o jogo novamente e repetir a experiência que tiveram com o aplicativo.

4.1.3 Conhecimento e Aprendizagem

Ademais, analisando o tópico final (representado no gráfico pela cor verde), que é talvez o mais importante e relevante quanto a questão educacional deste trabalho, podemos ver que ele teve a menor média de respostas, desconsiderando as perguntas que possuíam o objetivo de terem médias baixas, como mencionado anteriormente.

Embora esse valor abaixo dos demais possa soar como uma fraqueza do RED no que tange a sua capacidade de educar, vários alunos relataram sentir que, se a experiência com o aplicativo fosse dentro da sala de aula, no contexto do conteúdo escolar que o jogo procura abordar, a absorção desse conteúdo seria muito mais aproveitável.

Além disso, a maioria dos alunos foi bastante aberta, participativa e verbal ao relatar possíveis melhorias que poderiam ser realizadas no jogo em questões gráficas e de usabilidade. Levando esses feedbacks em consideração, é provável que uma futura iteração do RED, no qual constem estas mudanças, seja ainda mais bem aceito pelos alunos.

4.2 Feedbacks levantados

O último tópico do questionário foi relativo à temática de controle e possíveis melhorias. Aqui, as questões abertas deram liberdade para que os alunos pudessem encadear aspectos positivos e negativos que eles sentiram durante suas experiências com o jogo.

Os aspectos, segundo os alunos, negativos, serão aqui listados juntamente com sugestões de mudanças, para que a implementação de uma versão futura do aplicativo, possa corrigir esses pontos.

4.2.1 Ver o mapa na fase de planeta

Durante a Fase de Planeta, um dos alunos sugeriu que pudesse haver um botão de acesso ao mapa geral do jogo, para que pudesse ser observado informações como a distância de outros planetas, para que se possa planejar as viagens, e a localização atual do jogador.

4.2.2 Diminuir a quantidade de roletas no percurso

Durante a Fase de Percurso, alguns alunos sentiram que a barra de progresso que controla a quantidade de roletas (eventos aleatórios de sorte, azar ou neutro) andava muito rápido e, com isso, as viagens demoravam mais do que o necessário em alguns momentos. Uma progressão mais lenta da barra bastaria para resolver essa questão. Vale ressaltar que essa mudança poderia também refletir na média da questão 13, relativa ao nível de desapontamento dos alunos quando o jogo é interrompido.

4.2.3 Revelar informações sobre o custo de gasolina de um trajeto

Durante a Fase de Mapa, ao selecionar um planeta para que seja realizada uma viagem (Figura 3), foi proposto que houvesse também o consumo de gasolina do trajeto. Isso pode ser exibido em porcentagem do tanque que será utilizado para a viagem, ou dinheiro gasto com combustível.

4.2.4 Níveis de dificuldade

Embora as opiniões dos alunos revelem que as mecânicas e objetivos do jogo sejam simples e fáceis, alguns alunos sentiram dificuldade em manter suas economias enquanto levavam os passageiros, faziam melhorias no BRT Espacial e abasteciam o veículo.

Poderia, então, ser implementado um nível de dificuldade que regulasse o custo de combustível, promovendo uma flexibilização no balanceamento do jogo, e permitindo que mais alunos se sentissem engajados por mais tempo no jogo, sem perder o progresso por conta do fim do jogo.

4.2.5 Interatividade com o mapa

Diferentemente da adição da visualização do mapa durante a Fase de Planeta, essa sugestão refere-se ao mapa em si. Foi percebido que parte da experiência deles com o aplicativo se deu apenas pela procura do planeta desejado no mapa, pois este tinha pouca opção de diminuir ou aumentar o campo de visão (zoom), além de ter um movimento de arrastar com os dedos relativamente lento.

Com isso, seria necessário um aprimoramento da interatividade com o mapa, permitindo um scroll mais rápido e fluido, além da opção de o aluno poder realizar as ações de aumentar e diminuir o zoom com uma intensidade maior do que a atual. Outra solução seria aproximar os planetas, diminuindo o tamanho do mapa. Porém, essa mudança teria de ser acompanhada por um redimensionamento e um novo cálculo do gasto de combustível da nave, para que o jogo volte ao seu estado atual de balanceamento.

5 Discussão

Durante a experiência, logo no começo foi observado um padrão entre os estudantes, com relação ao seu tratamento com o jogo e com a experiência como um todo. Enquanto alunos do 1º e 2º ano tomaram seu uso do BRT como algo mais lúdico, inclusive verbalizando como estavam se divertindo e gostando do jogo, os alunos do 3º ano assumiram uma postura e abordagem mais centrada nos objetivos finais do jogo (de aumentar a reputação e melhorar o BRT Espacial), utilizando-se mais dos conceitos matemáticos presentes no jogo.

Essa diferença de postura pode ser atribuída ao fato de que os alunos do 3º ano tiveram acesso às definições de notação científica no currículo, por isso, para aqueles que dominavam o assunto, utilizá-la auxiliou no cálculo de compra de combustível, reparo e melhorias. Ainda assim, mesmo para os alunos do 1º e 2º ano,

foi possível o entendimento das mecânicas e caminhos para se ter sucesso e avançar no jogo.

Vale salientar que o aplicativo foi desenvolvido com uma curva de aprendizagem bastante suave, pois sua jogabilidade linear promove um entendimento imediato do que se deve fazer, e, rapidamente, o usuário é capaz de masterizar as melhores estratégias dentro do jogo. Por isso que o RED conseguiu cativar tanto os alunos que possuíam bons conhecimentos matemáticos e possuíam contato com o conteúdo apresentado, quanto aqueles que ainda não haviam tido acesso ao assunto ou, por qualquer que seja o motivo, não se identificavam muito com a matemática em geral.

Outro padrão notável logo de início foi a diferença de interesse não no jogo, em si, mas sim, na ambientação escolhida para o aplicativo. Por mais que a contextualização da temática de espaço sideral seja, à primeira vista, relativamente neutra, foi possível observar que os estudantes do sexo masculino tiveram mais interesse e atenção aos cenários, imagens e elementos de design como um todo, se comparado às estudantes do sexo feminino.

6 Conclusão

O objetivo deste trabalho foi avaliar a efetividade e aceitação da utilização do Recurso Educacional Digital desenvolvido para dispositivos móveis BRT Espacial, implementado e idealizado com o intuito de expandir o conhecimento e ampliar o leque de exercícios sobre o assunto de notação científica. A pesquisa avaliou apenas a percepção dos estudantes do Ensino Médio.

A avaliação, embora de escopo limitado, revelou valiosos dados sobre a efetiva contribuição do RED em situações de aprendizagem. A partir desta avaliação, foram levantadas, a partir de feedbacks dos próprios alunos, possíveis melhorias que podem ser realizadas em iterações futuras. Além disso, foi discutido o fato de que o jogo já pode servir para alguns cenários educacionais dentro e fora da sala de aula.

Contudo, apesar dos resultados iniciais positivos deste trabalho, é indicado uma realização de estudos em escala quantitativa, que leve em consideração outros

contextos sociais, etários e escolares, para que se tenha uma noção ainda melhor de onde o RED é capaz de ter impacto no auxílio da educação dos alunos, providenciando uma ferramenta extra aos professores. Como foi dito anteriormente, se a experiência com o jogo fosse tida em sala de aula, com o conteúdo e o RED “conversando” entre si, a assimilação seria muito maior e mais efetiva.

Comprovando-se sua efetividade, e o sucesso deste trabalho, o aplicativo é capaz de promover uma alternativa de ensino, dando mais flexibilidade ao professor, que pode introduzir atividades lúdicas, utilizando-se do BRT Espacial, proporcionando ao aluno uma maior facilidade e um melhor entendimento dos conteúdos e das competências envolvidas no jogo.

7 Referências

- [1] ANDRINI, Álvaro; VASCONCELLOS, Maria José. Novo Praticando Matemática: Volumes 3 e 4. São Paulo: Editora do Brasil, 2002;
- [2] BEZERRA, M. J.; PUTINOBI, J. C. Matemática 2º grau, volume único. São Paulo: FTD, 1994;
- [3] DANTE, Luiz Roberto. Tudo é Matemática, 5ª, 7ª e 8ª séries. São Paulo: Ática, 2005;
- [4] FU, F. L., SU, R. C., & YU, S. C. EGameFlow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games, 2009;
- [5] GIOVANNI, J. R.; CASTRUCCI, B.A. A conquista da matemática: teoria, aplicação, 8ª série. 2. ed. São Paulo: FTD, 1985;
- [6] GRAVINA, Maria Alice; BASSO, Marcus Vinicius de Azevedo. "Mídias Digitais na Educação Matemática". In: Matemática, Mídias Digitais e Didática: tripé para formação do professor de Matemática. Autores: MARIA ALICE GRAVINA, Elisabete Zardo Búrigo, MARCUS VINICIUS DE AZEVEDO BASSO e Vera Clotilde Vanzetto Garcia. Porto Alegre: [Evangraf], 2012;
- [7] HITZSCHKY, Rayssa Araújo; CASTRO FILHO, J. A. "Recurso Educacional Digital (RED) para os anos iniciais do ensino fundamental: Aspectos pedagógicos e a Base Nacional Comum Curricular", 2020;
- [8] JAKUBOVIC, J; LELIS, M. Matemática na medida certa: 8ª série. 3. ed. São Paulo: Scipione, 1995;
- [9] KHALIQ, Imran; PURKISS, Blair. "A study of interaction in idle games & perceptions on the definition of a game,", 2015 IEEE Games Entertainment Media Conference (GEM), Toronto, ON, Canada, 2015, pp. 1-6, doi: 10.1109/GEM.2015.7377233.
- [10] LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. Archives of psychology, 1932;

- [11] MARTINS, Maria do Carmo. "Notação Científica: uma forma eficaz de representar e operar com pequenos e grandes números", 2015;
- [12] NAISSINGER, M. A. "Notação Científica: Uma abordagem contextualizada", 2010;
- [13] QUEIROS, L. M., Gomes, A. S., Pereira, J. W., Castro Filho, J. A. de, Santos, E. M. dos, & Silva Neto, D. F. da. (2022). Enigmas de Yucatàn: Recurso Educacional Digital para o Ensino de Geometria Espacial. Revista Brasileira de Informática na Educação, 30, 108-135. DOI: 10.5753/2022.2140;
- [14] SANTOS, A. M. "Mensuração, Algarismos Significativos e Notação Científica: Um estudo diagnóstico do processo Ensino-Aprendizagem, considerando o cálculo e a precisão de medidas", 2002;
- [15] SAVI, R.; VON WANGENHEIM, C. G.; ULBRICHT, V.; VANZIN, T. Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais, 2010;
- [16] SILVA, A. C. B. D.; GOMES, A. S. Conheça e utilize software educativo: avaliação e planejamento para a educação básica, 2015;
- [17] SMOLE, K. C. S; KIYUKAWA, R. Matemática, Ensino Médio. São Paulo: Sarayva, 1998.