

Jogos Digitais Educativos: fundamentos teóricos e análise de dois casos

Educational Digital Games: theoretical foundations and analysis of two cases

Aminadabe de Farias Aguiar Queiroz¹

Lúcio Souza Fassarella²

Valdinei Cezar Cardoso³

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar dois jogos digitais educativos: Construtor de Áreas e Geometria no meu quarto, que ensinam conceitos de Geometria para estudantes do ensino básico. Para isso usaremos as lentes teóricas da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia(TCAM) e das Heurísticas de usabilidade de jogos propostas por Federoff . Os resultados das análises mostram que os jogos digitais o jogo Construtor de áreas atende a maioria dos princípios da TCAM e atinge o canal dual dos alunos sem sobrecarga cognitiva e o jogo Geometria no meu quarto, satisfaz a maioria das Heurísticas de usabilidade propostas por Federoff, mas poderia implementar algumas melhorias, como por exemplo: cores mais leves; incentivo por pontuação; usar valores inteiros para os cálculos, focando nos conceitos geométricos; acrescentar som, referentes a erros e acertos, entre outros.

Palavras-chave: Jogos digitais; Matemática; Geometria; Multimodalidade; Usabilidade de jogos.

ABSTRACT

This work aims to analyze two educational digital games: Construtor de áreas e Geometria no meu quarto, which teach Geometry concepts to elementary school students. For this, we will use the theoretical lenses of the Cognitive Theory of Multimedia Learning (TCAM) and Heuristics of game usability proposed by Federoff. The analysis results show that digital games, the Construtor de Áreas meets most of the TCAM principles and reaches the dual channel of students without cognitive overload and the Geometria no meu quarto, satisfies most of the usability Heuristics proposed by Federoff, but it could implement some improvements, such as: lighter colors; punctuation incentive; use integer values for calculations, focusing on geometric concepts; add sound, referring to mistakes and successes, among others.

Keywords: Digital games; Mathematics; Geometry; Multimodality; Game usability.

¹ Mestranda no Pós-graduação em Ensino na Educação Básica da Universidade Federal do Espírito Santo e professora da Rede Pública Estadual de Ensino do Estado do Espírito Santo.

² Professor Associado do Departamento de Matemática Aplicada e do Programa de Pós-graduação em Ensino na Educação Básica da Universidade Federal do Espírito Santo.

³ Professor Adjunto do Departamento de Matemática Aplicada e do Programa de Pós-graduação em Ensino na Educação Básica da Universidade Federal do Espírito Santo.

Introdução

Segundo Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014), os alunos de hoje acompanham as mudanças significativas que ocorrem na sociedade interagindo com as várias Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), possuindo afinidade natural para lidar com elas. Borba e Penteado (2015) argumentam que as mídias – como o lápis, o papel, a oralidade, a escrita, a informática e outras – condicionam o conhecimento a ser produzido em sala de aula, sendo a informática geradora de possibilidades de mudanças dentro do próprio conhecimento e do desenvolvimento da cidadania.

Alertam que “uma determinada mídia não determina a prática pedagógica”, mas que os objetivos propostos pelo professor e sua maneira de conduzir o processo é que determinarão os resultados, levando em consideração a “harmonia existente entre o enfoque pedagógico e as mídias utilizadas” (p. 45).

Devemos entender a informática como uma “nova extensão da memória”, qualitativamente diferente de outras formas de tecnologias – como o lápis e o papel, por exemplo –, que possibilita ao raciocínio ser desafiado “por modos de pensar, baseados na simulação, na experimentação, e em uma ‘nova linguagem’ que envolve escrita, oralidade, imagem e comunicação instantânea” (BORBA; PENTEADO, 2015, p. 48). Agora, a linearidade de pensamento é marcada por descontinuidades, possibilitadas pelos *links* acessados e pelas sucessivas páginas visitadas na Internet, que permitem acesso à informação que podem subsidiar a construção do conhecimento. Então,

[...] adotamos uma perspectiva teórica que se apoia na noção de que o conhecimento é produzido por um coletivo formado por seres-humanos-com-mídias⁴ ou seres-humanos-com-tecnologias e não, como sugerem outras teorias, por seres humanos solitários ou coletivos formados apenas por seres humanos (BORBA; PENTEADO, 2015, p. 48).

Desse modo fica evidente a importância da interação defendida por Vygotsky⁵ seja entre humanos ou entre humanos e máquinas, envolvendo o meio social e cultural. Mas, deve-se ter em mente que em ambientes informáticos é necessário a disponibilidade para lidar com “situações imprevisíveis” e com as inquietações que surgirão durante as aulas, pois “[...] Trazer uma mídia

4 A expressão “seres-humanos-com-mídias” foi criada como uma metáfora, tendo como embasamento teórico as noções de ‘tecnologias da inteligência e coletivos pensantes’ de Lévy (1993). O uso de hifens que conecta os atores humanos e não-humanos “busca enfatizar que tecnologias não são neutras ao pensamento, que a produção de conhecimento matemático é condicionada pela mídia utilizada”. Assim, “[...] os coletivos pensantes são formados por amálgamas do tipo humanos-tecnologias, humanos-com-mídias, seres-humanos-com-tecnologias ou, como temos utilizado, seres-humanos-com-mídias” (BORBA; SCUCUGLIA; GADANIDIS, 2014, p. 40-41).

5 O idioma russo possui um alfabeto distinto do nosso e por isso o nome desse autor tem sido escrito de muitas formas com o alfabeto ocidental. “Os americanos e os ingleses, adotam a grafia Vygotsky” (DUARTE, 2000, p. 2), por exemplo, assim como edições de outros idiomas que resultam de traduções de edições norte-americanas. Encontramos também na literatura a grafia Vygotski (espanhol), Wygotski (alemão) e Vigotski (soviético e brasileiro), mas utilizaremos em nosso texto a grafia Vygotsky. Preservaremos nas referências bibliográficas a grafia utilizada em cada edição, o que nos impedirá de padronizar a grafia do nome desse autor.

informática para a sala de aula significa abrir a possibilidade dos alunos falarem sobre suas experiências e curiosidades nessa área” (BORBA; PENTEADO, 2015, p. 62).

O professor pode ser o responsável pela organização e a mediação do processo de ensino aprendizagem que gerará novos conhecimentos. Quando isso acontece, observamos o que a Teoria de Vygotsky defende: a aprendizagem dos sujeitos por meio da interação, deles com os demais e com o meio social em que vivem (VIGOTSKY, 2010).

João Mattar e Marc Prensky consideram grandes as transformações ocorridas na sociedade no final do século XX, ocasionadas, principalmente, pela “rápida disseminação da tecnologia digital [...], uma mudança tão fundamental que não há caminho de volta” (PRENSKY, 2010, p. 57). Para eles, essas tecnologias têm influenciado na forma de linguagem, na música, estilos de vidas, e, dentre outros, na forma de aprendizagem (MATTAR, 2010; PRENSKY, 2010, 2012).

Os estudantes de hoje, considerados por Marc Prensky como *nativos digitais*⁶, cresceram utilizando tecnologias digitais: computadores, *videogames*, DVD *players*, câmeras de vídeo, celulares, *sites* diversos e os brinquedos e ferramentas da era digital. Eles têm lido menos, o que induz ao pensamento de que aprendem menos; contudo manuseiam com facilidade todos esses equipamentos tecnológicos.

São *experts* em baixar, produzir e compartilhar conteúdos digitais, trocar mensagens instantâneas e jogar jogos *on-line*, o que sugere que a aprendizagem tem acontecido de forma mais acelerada, pois experiências diferentes podem proporcionar estruturas cerebrais diferentes como mostram pesquisas⁷ nas áreas de neurobiologia e psicologia social (PRENSKY, 2010, 2012). Desse modo, como a tecnologia digital tem sido parte integrante da vida das crianças desde o nascimento,

elas pensam e processam informações de uma maneira diferente da que nós, seus antecessores (que crescemos em um mundo bem mais analógico), utilizamos. Essas diferenças vão mais longe e mais fundo do que a maioria dos pais e educadores conseguem perceber, provavelmente afetando a organização dos cérebros das crianças (PRENSKY, 2010, p. 58).

Possivelmente esse seja o motivo de os *nativos digitais* incorporarem mídias digitais em seu cotidiano com naturalidade e de maneira significativa. E por conseguinte desenvolvem novas expectativas em relação à aprendizagem, ao trabalho e à diversão, apresentado mudanças nos padrões

6 “Falantes nativos” da linguagem digital dos computadores, dos *videogames* e da internet. “Os estudantes de hoje – desde a pré-escola até a faculdade – são a primeira geração a crescer com essa nova tecnologia digital”. Em contrapartida os demais seres humanos, nós, mais velhos, somos os *Imigrantes Digitais*, devido ao fato de as tecnologias digitais terem chegado mais tarde em nossas vidas. E “assim como todos os imigrantes, alguns de nós se adaptaram ao novo ambiente digital mais rapidamente que os outros. Mas não importa quão fluentes possamos nos tornar, todos os imigrantes digitais retêm, em alguma medida, seu ‘sotaque’, ou seja, seu pé no passado” (PRENSKY, 2010, p. 58-59).

7 “[...] O Dr. James Rosser, médico responsável pela formação em cirurgia laparoscópica do Hospital Beth Israel, na cidade de Nova Iorque, descobriu que quanto mais precoce o contato dos médicos com *games*, menor o número de erros durante as cirurgias. Segundo ele, os médicos que jogaram *videogames* quando eram mais jovens cometem quase 40% menos erros!” (PRENSKY, 2010, p. 33). O Dr. Rosser incentiva seus médicos a se aquecerem antes das cirurgias, jogando *videogames*.

de pensamentos e comportamentos (PRENSKY, 2010, 2012). Então, os processos de ensino e de aprendizagem no ambiente escolar precisam acompanhar os anseios dessa geração e as atividades propostas devem ir ao encontro delas, pois os acontecimentos extraescolares já estão a seu favor, como propagandas e jogos digitais diversos, por exemplo, que abordam os mais variados assuntos persuadindo os sujeitos.

Os alunos da atualidade são ávidos por interatividade, principalmente quando envolve tecnologias (MATTAR, 2010). E diante das exigências por novas metodologias de ensino, uma maneira de aproveitar esse potencial é utilizar jogos digitais no processo de ensino e de aprendizagem, de acordo com o conteúdo a ser ensinado ou tópicos específicos desse conteúdo, com o propósito de atingir o maior número possível de jovens, seus estilos de aprendizagens e seus interesses.

Este artigo representa um recorte da dissertação de (AGUIAR, 2019) e nosso objetivo é identificar características de usabilidade dos jogos e elementos que eles possuem que favoreçam o seu potencial de aprendizagem, utilizando como lentes teóricas a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia de Mayer (2009) e a Heurísticas de usabilidade de Federoff (2002) para identificar características de usabilidade dos jogos e elementos que eles possuem que favoreçam o seu potencial de aprendizagem.

Cabe esclarecer que empregamos a expressão “*ensino e aprendizagem*” porque consideramos que o ensino e a aprendizagem são duas faces de um mesmo processo em que professor e alunos aprendem enquanto interagem, gerando um conjunto de “possibilidades para desenvolvimento do aluno, desenvolvimento do professor, [e] desenvolvimento das situações de ensino e aprendizagem” (BORBA; PENTEADO, 2015, p. 66).

Em nosso trabalho, analisamos dois jogos que versam a respeito de Geometria, a saber: *Construtor de áreas* e *Geometria no meu quarto*. A Geometria foi escolhida por ser um tema importante no currículo da Educação Básica, necessário para compreensão do mundo e resolução de problemas cotidianos ou profissionais. Além disso, “a Geometria é a mais eficiente conexão didático-pedagógica que a matemática possui” (LORENZATO, 1995, p. 6-7).

Para analisar os jogos, empregamos a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), explicada na Seção 3, e as Heurísticas de usabilidade de Federoff, explicada na Seção 4. Na Seção 5, descrevemos o jogo *Construtor de áreas* e o analisamos segundo os critérios da TCAM. Na Seção 6, descrevemos o jogo *Geometria do meu quarto* e o analisamos usando as Heurísticas de usabilidade de Federoff e apresentamos algumas considerações finais na Seção 7.

Importância dos jogos digitais para o processo de ensino e aprendizagem

Para Prensky (2010, 2012) os *nativos digitais* aprendem de maneira diferente e precisam ser estimulados de maneira distinta, sendo o professor responsável por identificar e tentar proporcionar as várias formas de aprendizagem ao ensinar. Fundamentando as ideias de Mattar e Prensky, Vygotsky defendeu que a interação social influencia na aprendizagem, pois os diversos estilos de aprendizagens em interação podem contribuir para a melhoria do desenvolvimento de todos os envolvidos. Segundo Vygotsky, a aprendizagem se processa do social para o individual, de modo que a interação entre os alunos proporcione uma construção autônoma, ocorrendo dentro do próprio sujeito (MATTAR, 2017).

Coerente com essas ideias, a TCAM estabelece que os materiais produzidos e utilizados com fins pedagógicos devem possibilitar a aprendizagem pelas diversas formas e estilos (MAYER, 2003), corrobora os estudos de Mattar (2010) e Prensky (2012). Para eles, o jogo digital, por exemplo, pode ser utilizado com essa finalidade, pois ensina a lidar com os sentimentos de alegria e de sucesso, de frustração e de erro, preparando o sujeito para atividades sociais, como o trabalho. Estimula a concentração, a autonomia, incentiva a autoestima e o desenvolvimento de relações de confiança consigo e com os outros.

De acordo com Prensky (2012) os *games* possibilitam investigações e simulações em que o jogador constrói ativa e colaborativamente sua aprendizagem, prezando habilidades como dinamismo e versatilidade. Distanciando das atividades passivas e individuais, com os conceitos transmitidos pelo professor (PRENSKY, 2012).

A partir de levantamentos de estudos Prensky (2010, p. 67; 2012, p. 73) elencou algumas vantagens da utilização de jogos digitais para os processos de ensino e de aprendizagem. Segundo ele esses pontos serão notados de acordo com a interação e a intensidade com que os jogos acontecerem:

- Jogar *videogame* aumenta a “competência representacional”, isto é, a capacidade de ler imagens visuais como representações do espaço tridimensionais;
- A habilidade com jogos de computador aprimora outras habilidades de pensamento, como as “habilidades multidimensionais visuoespaciais”, que representa a capacidade de criar mapas mentais e fazer dobraduras de papel com a mente;
- O *videogame* aprimora as habilidades para descobrir as regras, semelhante à lógica indutiva. Possibilita realizar observações, formular hipóteses e, por meio de tentativas e erros, descobrir as regras que conduzem o comportamento de uma representação dinâmica;
- As habilidades adquiridas com os videogames possibilitam melhor compreensão das simulações científicas e aumentam a capacidade de decodificar a representação gráfica computacional;
- Jogar *videogame* melhora a “atenção difusa”, ou seja, a capacidade de focar em várias coisas ao mesmo tempo. O jogador ganha rapidez de resposta em estímulos esperados e inesperados.

Mattar e Prensky corroboram com Vygotsky quando afirmam que os jogos envolvem diversos fatores positivos, como desenvolvimento cognitivos, culturais, sociais, afetivos etc. Segundo eles, jogando as crianças aprendem a negociar em um universo de regras e a postergar o prazer imediato, ressignificando as ações presentes no conteúdo dos jogos, mediante seus modelos de aprendizagem construídos enquanto sujeitos. Ao defender a utilização de jogos digitais, Mattar (2010) e Prensky (2012) acreditam que eles podem ser um caminho para mudanças e novas possibilidades de aprendizagens, visto que os *nativos digitais* anseiam por mudanças. Dentre essas possíveis mudanças está a colaboração mútua que os jovens têm praticado em *games on-line* multiusuários, que exigem a capacidade de trabalhar em grupo e aprender com os colegas.

Classificação de jogos

Apresentamos algumas definições para termos relacionados a jogos encontrados na literatura.

→ **Jogo:** atividade livre, conscientemente não séria e exterior à vida habitual, capaz de absorver o jogador de maneira intensa e total. Não é só diversão, pois “envolve elementos altamente estressante e laboriosos. [...] Não existe obrigatoriedade para iniciar e terminar uma partida, o que diferencia o jogo de diversas atividades cotidianas [...]” (ARRUDA, 2011, p. 31). Os jogos devem apresentar objetivo, regras, resultado, entretenimento, fantasia, aventura e elemento oponente, que mantém o jogador ávido por vencê-lo (PARREIRA; FALKEMBACH; SILVEIRA, 2018).

→ **Jogos educativos:** são estimulados em ambientes de aprendizagem atraentes e gratificantes que promovam o desenvolvimento do aluno. Podem se dividir em: jogos de estratégias (dificuldades variadas), jogos de aprender (aplicação de conhecimento) e jogos de adivinhar, envolvendo número ou letras (PARREIRA; FALKEMBACH; SILVEIRA, 2018).

→ **Jogos digitais:** são aparatos técnicos que “configuram-se como artefatos culturais, contemporâneos, baseados em tecnologia da microinformática” (ARRUDA, 2011, p. 25). Permitem representação da realidade rica em detalhes e exige dos jogadores níveis de elaboração mental complexo (ARRUDA, 2011).

Os jogos digitais contemporâneos não possuem diferenças no que concerne à sua concepção de jogo, contudo, quando comparados com jogos de outros tempos, a sua característica hipermediática intensifica as interações sociais e as experiências vivenciadas pelos jogadores (ARRUDA, 2011, p. 86).

Prensky (2012) define oito tipos de gêneros para jogos: de ação, de aventura, de esporte, de estratégia, de luta, quebra-cabeças, *role-playing games* (RPG) e os de simulação. Para Arruda (2011), “falar em gênero na cultura do jogo digital é falar de um processo em constante movimento e em reconfigurações conceituais, em razão da dinâmica posta pelas tecnologias digitais contemporâneas” (ARRUDA, 2011, p. 61). Apresentamos a seguir três desses gêneros de jogos que mais se relacionam com os jogos educativos, foco da pesquisa:

Jogos de estratégia – o jogador é responsável por algo grande (um exército ou uma civilização inteira) e contribui para a evolução da forma mais conveniente, seja sozinho ou contra oponentes (PRENSKY, 2012).

Quebra-cabeças – são problemas que precisam ser resolvidos envolvendo atenção e grande esforço cognitivo (PRENSKY, 2012).

Simulação – são jogos que simulam situações reais, do cotidiano, como: vida, organização de uma cidade, voo de avião, treinamento militar, direção de veículos, gestão de empresa, dentre outros (ARRUDA, 2011).

→ **Games:** se resumem em motivação e jogabilidade. São “atraentes porque o objetivo principal de seus *designers* é manter o usuário envolvido” (PRENSKY, 2010, p. 128). Com o conjunto das ações e estratégias empregadas conquista e mantém o jogador motivado a completar cada nível (PRENSKY, 2010).

→ **Jogos digitais educativos** ou *Jogos educacionais digitais*: são elaborados para divertir os alunos e aumentar as chances de aprendizagem de conceitos, conteúdos e habilidades presentes no jogo. Fornecem um mundo imaginário que possibilita a aprendizagem por meio de desafios, fantasias e curiosidades (PARREIRA; FALKEMBACH; SILVEIRA, 2018).

→ **Objetos virtuais de aprendizagem** ou *Objetos educacionais* (OA ou OV ou OVA): são unidades formadas por um conteúdo didático como vídeo, animação etc., que agregadas a outras formas, formam um novo objeto. É um recurso digital com fins educacionais, com padronização para reutilização (PARREIRA; FALKEMBACH; SILVEIRA, 2018).

Ao analisarmos os jogos verificamos que o *Construtor de áreas*, pode ser considerado um jogo digital educativo por possuir características de um *game* e apresentar vários níveis e pontuação que motivam o jogador; o jogo *Geometria no meu quarto* pode ser classificado como OA, pois mesmo havendo interatividade com o jogador apresenta maior foco no conteúdo abordado.

Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia

Mayer (2003, 2009a, 2009b), bem como Prensky (2010; 2012) e Mattar (2010; 2017) defendem os processos cognitivos desenvolvidos por meio da aprendizagem ativa. No desenvolvimento de metodologias ativas de ensino e de aprendizagem, o aluno é o responsável por buscar a aprendizagem (procurar o conteúdo, seja em livros ou em materiais digitais disponíveis na internet) e construir o seu conhecimento com o professor sendo o mediador deste processo (MATTAR, 2017).

Mayer (2009b) acredita que nos métodos de instrução passiva, como em apresentações multimídia e simulações virtuais, o aluno também pode alcançar a aprendizagem, visto que ele se orienta em busca do conhecimento, aprendendo por observação e análise do que ouve e visualiza. A etapa de discussão e debate, que geralmente se sucede às visualizações, permite a construção do conhecimento por meio da interação social. Nesse sentido Prensky (2010; 2012) defende a utilização

de jogos digitais, que possibilitam ao jogador aprender por observação e análise, tentativa e erro, além da interatividade que permite prática e ação enquanto busca progresso no jogo.

Desse modo, a partir da apresentação de uma simulação ou de jogos digitais, o aluno deve refletir a respeito, interiorizando e assimilando os conceitos envolvidos. Então, ao propor jogos aos alunos, para que tal quesito seja alcançado, eles devem,

[...] ser interessantes e desafiadores, permitir a autoavaliação dos estudantes e possibilitar a participação ativa no processo de ensino e aprendizagem. Além disso, é preciso que o professor esteja atento à qualidade pedagógica desses jogos, visto que há enorme dificuldade em encontrar exemplares que priorizem a aprendizagem, o desenvolvimento do raciocínio lógico e contribuam para uma aprendizagem significativa (CARDOSO; ESPRISIGO; KATO, 2013, p. 11).

Percebemos, assim, a importância de o professor elaborar ou propor material que desperte o interesse dos alunos, que aborde conteúdos que possam ser explorados por canais diferentes, pelos pressupostos do canal dual, ideia que considera que o sistema humano de processamento da informação contém um canal auditivo/verbal e um canal visual/pictórico, que possibilita a aprendizagem de várias formas (MAYER, 2003).

Mayer (2003, 2009a, 2009b), em suas pesquisas sobre aprendizagem multimídia e no desenvolvimento da TCAM, baseou-se na ciência cognitiva que envolve três pressupostos: *canais duais*, *capacidade limitada* e *aprendizagem ativa* na construção de conhecimento, havendo processamento cognitivo em ambos os canais. “A aprendizagem ativa ocorre quando o aprendiz aplica processos cognitivos às informações que recebe” (MAYER, 2009a, p. 216) e desse modo estas informações passam a fazer sentido para ele por meio de representações mentais coerentes. Por conseguinte, Mayer (2003, p. 304. Traduções nossas) destaca que,

Primeiro, os humanos possuem processadores de canal duplo; isto é, as pessoas têm canais separados para processamento de informação visual/pictórica e auditiva/verbal. Em segundo lugar, os seres humanos possuem capacidade limitada de processamento de informações, ou seja, são capazes de processar ativamente apenas uma pequena quantidade de informações em cada canal por momento. Em terceiro lugar, os seres humanos possuem processadores de construção de conhecimento, onde o aprendizado significativo ocorre quando atentam para informações recebidas que consideram relevantes. Organizam mentalmente essas informações em estruturas coerentes e integra-as mentalmente a outros conhecimentos existentes na estrutura cognitiva (Grifos nossos).

Para Mayer (2009a) quando a informação é apresentada aos olhos (como ilustrações, animações, vídeos ou textos, por exemplo), ela começa a ser processada no canal visual; e quando a informação é apresentada aos ouvidos (narração ou sons não-verbais), ela começa a ser processada no canal auditivo. Em um jogo digital, por exemplo, que envolve os dois tipos de informações, é necessário ativar os dois canais ao mesmo tempo.

Os princípios da TCAM, ou princípios multimídias, que caracterizam efeitos positivos e negativos do uso didático das mídias (digitais ou não), foram construídos por meio de testes com alunos com intuito de alcançar a aprendizagem significativa. Eles permitem a análise de diversas situações de representação e apresentação do conteúdo (texto, imagens, exposição teórica ou projetor

multimídia, vídeos, animações e outros) para indicar se estas representações promovem a aprendizagem ativa e se são eficazes. Esses princípios podem ser utilizados para a produção ou utilização de material multimídia por desenvolvedores ou professores interessados.

Apresentamos a seguir a descrição dos princípios citados. Os utilizamos como parâmetros para avaliar os jogos *Construtor de áreas* e o *Geometria no meu Quarto*, visto que estes princípios priorizam a eliminação de sobrecarga cognitiva pelos materiais multimídia.

Mayer (2003, 2009b) separa os princípios da TCAM em três grupos, são eles (traduções nossas):

1º grupo: Princípios destinados a reduzir o processamento cognitivo estranho durante a aprendizagem. A observação desses princípios possibilita os usuários aprender por meio do recurso multimídia de maneira mais fácil.

- **Princípio da coerência**: aprende-se melhor quando materiais estranhos são excluídos. A aprendizagem com um material multimídia se torna efetiva quando a mensagem é relevante para o contexto de aprendizagem, sem imagens ou sons desnecessários.

- **Princípio da sinalização**: aprende-se melhor quando o essencial está em destaque. Durante a explicação do assunto os pontos considerados importantes devem ser sinalizados (com sublinhados ou negritos, por exemplo, ou aumento da voz, pelo professor, durante uma explanação). A ausência de tais sinalizações pode tornar a busca por informação demorada, excedendo os limites da memória operacional.

- **Princípio da contiguidade espacial**: aprende-se melhor quando as palavras explicativas e as imagens/gráficos correspondentes estão próximas, na mesma tela ou página.

- **Princípio da contiguidade temporal**: aprende-se melhor quando a narração e as imagens/gráficos correspondentes são apresentadas simultaneamente.

Uma forma de reduzir o processamento cognitivo estranho é colocar o texto verbal próximo à imagem que ele descreve, tanto espacialmente como cronologicamente. Desse modo, o leitor não precisa usar seu esforço cognitivo para buscas distantes, facilitando o armazenamento de informações na memória operacional.

- **Princípio da redundância**: aprende-se melhor com explicação e animação, do que com explicação, animação e textos na tela. A redundância acontece quando a mesma informação é apresentada de várias formas (como em um gráfico, narração e texto impresso, por exemplo). A ocorrência de repetições excessivas provoca uma sobrecarga cognitiva e diminui a transferência de informação.

2º grupo: Princípios destinados a gerenciar o processamento cognitivo essencial durante a aprendizagem.

- **Princípio da segmentação**: aprende-se melhor quando uma mensagem é apresentada de forma segmentada, de modo a estimular o aluno por etapas. A segmentação facilita a aprendizagem pois,

além de tornar compreensível conteúdos complexos, cada um tem um tempo próprio de processamento.

- **Princípio do pré-treino ou antecipação:** aprende-se melhor quando se conhece antecipadamente os nomes e as características dos principais conceitos antes de conhecer maiores detalhes a respeito deles.

- **Princípio da modalidade:** aprende-se melhor a partir de animações com narração do que animações com textos; com figuras/gráficos e explicação oral do que com apenas textos explicativos. Pois, acompanhar a animação e ler ao mesmo tempo exige uma grande carga cognitiva.

3º grupo: Princípios destinados a promover o processamento cognitivo generativo durante a aprendizagem.

- **Princípio da multimídia:** aprende-se melhor por imagens/animações e explicações quando comparado apenas a explicações. Visualizar uma imagem ou uma animação durante uma explicação verbal contribui mais significativamente com a aprendizagem quando comparado a apenas explicações verbais. Os estudantes possuem diferentes formas de aprendizagem e muitas vezes precisam de várias formas de ensino para ajudá-los a assimilar determinados conceitos.

- **Princípio da personalização:** aprende-se melhor com as palavras no estilo convencional, que no estilo formal, pois se aproxima da realidade do aluno e torna o processo de aprendizagem interativo e dinâmico.

- **Princípio da voz:** aprende-se melhor por narração (em um jogo, uma simulação ou um vídeo) quando envolve voz humana em vez de voz de máquina.

- **Princípio da imagem:** para a aprendizagem acontecer a imagem do narrador não necessariamente deve aparecer na tela, pois ela não influencia na aprendizagem.

Heurísticas de usabilidade de jogos propostas por Federoff

Segundo Federoff (2002) as *Heurísticas de usabilidade* são os princípios de usabilidade identificados e treinados por avaliadores, usados para medir e avaliar a qualidade do *design* de software. A heurística fornece uma compreensão clara dos princípios com os quais um design é construído. No caso dos jogos digitais, elas envolvem eficácia, eficiência e satisfação: *eficácia* significa a “precisão e integridade dos usuários atingirem metas definidas”; *eficiência* refere-se ao mínimo de “recursos gastos para complementar metas”; *satisfação* diz respeito à “atitude dos usuários” (FEDEROFF, 2002, p. 7).

Embora a autora se refira a jogos de entretenimento, concordamos com ela ao considerar a satisfação como aspecto importante da usabilidade e jogabilidade⁸ de jogos educativos, pois os alunos

⁸ “Jogabilidade é o conjunto das ações e estratégias empregadas pelos *designers* de *games* para conquistar e manter o jogador envolvido, motivado a completar cada nível em um *game* inteiro” (PRENSKY, 2010, p. 130).

devem sentir interesse e gostar de exercitar seus conhecimentos no jogo, como acontece com os jogos de entretenimento encontrados no mercado.

Os jogos de *videogames* atuais oferecerem desafios moderados e oportunidade de o jogador dominar suas habilidades, com “motivação suficiente para as pessoas se envolverem” (FEDEROFF, 2002, p. 9). Como os desenvolvedores de jogos de entretenimento têm o considerável cuidado no processo de design para garantir a satisfação dos jogadores (MATTAR, 2012), acreditamos que esse cuidado deve ser mantido nos jogos educacionais para que os objetivos didáticos do jogo sejam alcançados, como, por exemplo, a revisão e a fixação de conceitos estudados em sala de aula.

Federoff (2002) constatou que os jogos podem ser avaliados em três aspectos, relacionados com a funcionalidade e a satisfação: a interface, a mecânica e o jogo propriamente dito: - **Interface:** dispositivo por meio do qual o jogador interage com o jogo. É a representação visual de controles de software que os jogadores usam para configurar seus jogos, participar de um tutorial, mover-se através do jogo, obter seu status, salvar e sair do jogo. Envolve as partes usadas para controlar fisicamente o jogo, como controlador (joystick), mouse ou teclado.

- **Mecânica:** é uma combinação de animação e programação que simboliza a parte física do jogo. É o “processo pelo qual um jogador atinge o objetivo do jogo” (FEDEROFF, 2002, p. 11). Envolve os aspectos testados pela garantia da qualidade, em empresas de jogos, para que não sejam vendidos jogos quebrados ou com erros de programação. A mecânica inclui as possibilidades de movimentação do jogador no ambiente do jogo (caminhar, correr, pular, dirigir, dirigir pela estrada, sair da estrada, etc.). Os animadores constroem os recursos, os programadores os implementam no mecanismo do jogo e os *designers* os colocam nos ambientes do jogo, constituindo a sua mecânica.

- **Jogo:** “inclui os problemas e desafios que um jogador deve enfrentar para tentar ganhar o jogo [...]” (FEDEROFF, 2002, p. 12).

De acordo com Federoff (2002) esses aspectos podem variar com base no gênero (aventura, *role-playing*, por exemplo) e na plataforma (computador, console e outros) do jogo. Mas a usabilidade, que relaciona os três, é semelhante de um *software* para outro e esta não deve ser avaliada sem levar em consideração o contexto do jogo.

Tendo como base pesquisas na literatura sobre heurísticas de *design* de jogos e investigação realizada em uma empresa de produção de jogos, Federoff (2002) definiu suas 14 heurísticas:

1ª. Os controles devem ser customizáveis e respeitar as condições de padrões da indústria, de modo que o jogador consiga entender as funções de cada botão *através de feedback apropriado num prazo razoável*;

2ª. Os controles devem ser intuitivos e mapeados de modo natural, mantendo um padrão de apresentação em linguagem comum aos usuários (não formal);

- 3^a. As opções de controles devem ser suficientes e necessárias, permitindo a liberdade do usuário em refazer uma ação ou sair de uma situação indesejada;
- 4^a. A interface deve ser possivelmente não intrusiva, desenvolvida exclusivamente para o público ao qual é destinado, permitindo aos usuários se sentirem confortáveis e seguros independentemente de suas habilidades ou tipo de console utilizado;
- 5^a. A interface principal deve ser escondida durante o jogo, evitando distração e utilização de memória desnecessária;
- 6^a A pontuação/status deve estar sempre visível ao jogador, permitindo-o identificar em qual desafio ou pontuação está, de modo a minimizar a carga de memória;
- 7^a. A curva de aprendizagem deve direcionar o jogador, de modo que o sistema possa atender os diversos usuários, independentemente do nível de experiência;
- 8^a. As interfaces devem ser amigáveis e consistentes: no controle, cor, tipografia e design de diálogo. Possuindo padrão de desenvolvimento de botões, diálogos e escritas, com informações relevantes;
- 9^a. Os níveis de menu da interface devem ser minimizados, mas permitir voltar a ela sempre que necessário;
- 10^a. O som deve ser utilizado para oferecer um *feedback* positivo, facilitando a identificação de erros e pontuação obtida;
- 11^a. As orientações do jogo devem constar no manual, de como o jogador deve interagir com os desafios, sem esperar que o usuário o leia;
- 12^a. O jogo deve apresentar recursos para a prevenção, identificação e recuperação de erros, por meio de mensagens de avisos em linguagem simples, indicar o problema e sugerir solução;
- 13^a. Ao jogador deve ser permitido salvar o jogo em variados níveis de execução;
- 14^a. As interfaces e imagens devem ser intuitivas, claras e objetivas ao jogador.

A seguir, apresentamos a descrição e análise do jogo Construtor de Áreas.

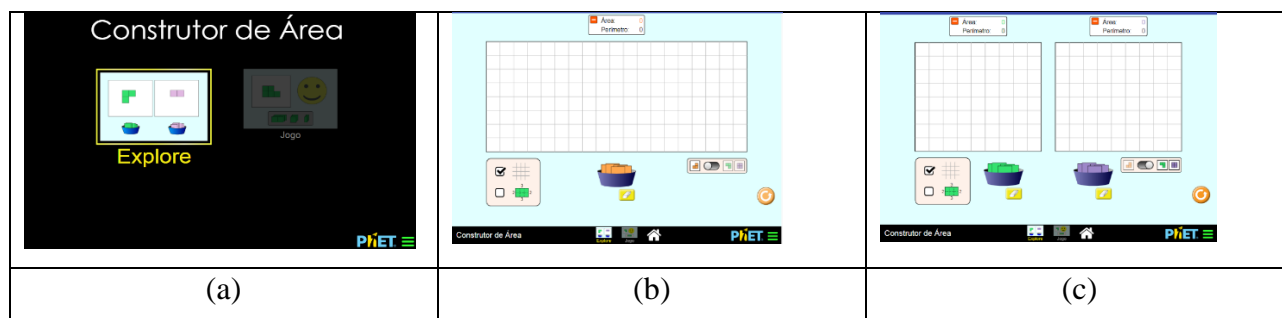
Descrição do jogo *Construtor de áreas*⁹

O jogo foi desenvolvido pelo Projeto *PhET Interactive Simulations*¹⁰, da Universidade de Colorado Boulder, nos Estados Unidos. O Projeto foi criado em 2002, com objetivo de desenvolver simulações interativas gratuitas de Matemática e ciências, ferramentas flexíveis que podem ser usadas de muitas maneiras.

Ao iniciar o jogo, o jogador tem a opção de exercitar os conceitos de área e de perímetro no campo exploratório (Figura 1). Neste campo pode ser habilitada a opção de malha quadriculada e a representação das dimensões de área e de perímetro à medida que as figuram são construídas.

⁹ Disponível em: <<http://www.noas.com.br/ensino-medio/matematica/construtor-de-areas/>>. Acesso em 16 fev. 2019.

¹⁰ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/ e <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations>. Acesso em 08 de jun. 2019.

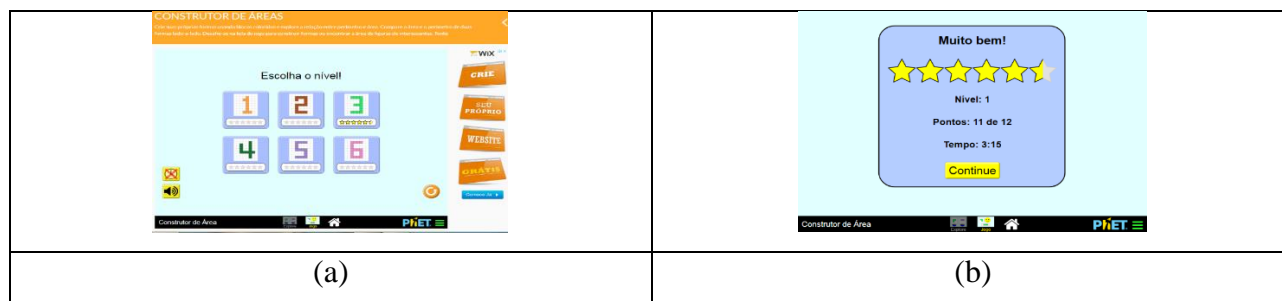
Figura 1. Apresentação inicial do jogo *Construtor de áreas* – home.

Fonte: <http://www.noas.com.br/ensino-medio/matematica/construtor-de-areas/>.

Na opção “Jogo” o jogador se depara com seis níveis (Figura 2, a), com graus de d

Dificuldades diferentes. O botão restaurar/reiniciar permite voltar à tela inicial sempre que se queira. Mas, ao voltar no meio de um nível em execução, são perdidas todas as tentativas e o nível deve ser reiniciado. A contagem de pontos finaliza apenas se um determinado nível for encerrado.

O jogo pode ser iniciado por qualquer dos níveis e as estrelas serão marcadas de acordo com o progresso do jogador (Figura 2, b), atingindo as seis se forem acertadas todas as atividades propostas em cada nível. Para cada acerto, ganha-se 2 pontos. O jogador tem a opção de habilitar o som e o tempo, tornando a atividade mais divertida (Figura 2, a).

Figura 2. Tela inicial com os seis níveis do jogo e o término do primeiro nível

Fonte: <http://www.noas.com.br/ensino-medio/matematica/construtor-de-areas/>

Cada nível do jogo contém seis atividades. Os níveis de 1 a 4 abordam os conceitos de área e de perímetro, que devem ser trabalhados a partir da solicitação/instrução do jogo e com observação e atenção nas figuras formadas ao manipular as peças coloridas. Algumas das atividades, envolvem o cálculo mental, que deve ser empregado a partir das observações do jogador frente às solicitações do jogo; nos níveis 5 e 6, além do conceito de área, é abordada a ideia de fração e o jogador precisa ficar atento aos comandos e se empenhar para conquistar as seis estrelas.

Em cada atividade, se o jogador acertar recebe uma carinha feliz com a pontuação obtida ao lado (Figura 3, a). Se errar, recebe uma carinha triste. Ao errar pela segunda vez o jogo oferece a solução e a pontuação não é contada (Figura 3, b). Se acertar na segunda tentativa, recebe apenas 1 ponto pelo esforço.

Figura 3. Apresentação do nível 6, em execução, atividades 2 e 3.



Fonte: <http://www.noas.com.br/ensino-medio/matematica/construtor-de-areas/>

Ao terminar um nível, as estrelas obtidas ficam visíveis (Figura 2, b), ajudando o jogador a se orientar e escolher outro nível para a próxima jogada.

5.1 Análise do jogo *Construtor de áreas* com base nos Princípios da TCAM

A partir de amplas pesquisas experimentais, Mayer (2003, 2009b) afirma que a utilização dos princípios multimídia, destinados a orientar o design multimídia, deve envolver os cinco processos cognitivos: seleção de palavras, seleção de imagens, organização de palavras, organização de imagens e integração, para que a aprendizagem significativa aconteça por meio dos canais duais: auditivo/verbal e visual/pictórico.

Apresentamos a seguir a avaliação dos jogos *Construtor de áreas* de acordo com os grupos propostos por Mayer (2003, 2009b).

1º grupo: Princípios destinados a reduzir o processamento cognitivo.

- **Princípio da coerência:** o jogo apresenta na tela apenas imagens, textos e sons de orientação às ações do jogador. Nada desnecessário e estranho, logo mantém a coerência.
- **Princípio da sinalização:** a interface do jogo expõe o que é necessário e essencial ao progresso em cada nível/etapa e o jogador precisa interpretar os comandos. Não sinaliza para chamar a atenção do jogador e induzi-lo ao acerto. Espera que o jogador acerte por seus próprios esforços. Embora alguns alunos tenham relatado a necessidade de explicações extras, são desnecessárias.
- **Princípio da contiguidade espacial e temporal:** o jogo expõe na mesma tela a parte gráfica e os comandos, favorecendo ao jogador visualizar os dois ao mesmo tempo. Não apresenta narração, apenas comandos por textos. Todavia, quando o jogador acerta ou erra o som é exibido simultaneamente à confirmação do resultado.
- **Princípio da redundância:** o jogo satisfaz este quesito, deixando na tela apenas os textos e imagens necessárias a cada nível. A ocorrência de repetições e sobrecarga cognitiva não acontece.

2º grupo: Princípios destinados a gerenciar o processamento cognitivo.

- **Princípio da segmentação:** o jogo apresenta a informação segmentada, embora alguns níveis abordem conjuntamente os tópicos de área e perímetro, exigindo que o aluno saiba os dois conceitos

para resolver os desafios e avançar no jogo. Alguns níveis exigem, ainda, o conhecimento dos conceitos de fração.

- **Princípio do pré-treino ou antecipação:** acreditamos que a prática desse princípio não dependa do material multimídia utilizado nas aulas, mas sim das explanações do professor a respeito do assunto de geometria e da busca constante por parte do aluno, para que conheça com antecedência os nomes e as características dos principais conceitos antes de utilizar maiores detalhes. O jogo atende a esse quesito visto que o aluno precisa saber os conceitos de área e de perímetro.

- **Princípio da modalidade:** o jogo falha nesse princípio, pois não apresenta narrativas, apenas comandos em textos, o que o torna enfadonho para os alunos e de difícil compreensão para aqueles que apresentam dificuldades de leitura e interpretação.

O atendimento desse princípio ajuda no gerenciamento cognitivo e melhora a interação com o jogo, se utilizado de forma individual e privativa. Sendo desnecessário em ambiente de sala de aula, principalmente se os alunos estiverem jogando em duplas, pois a interação mútua permite melhor entendimento dos comandos do jogo.

3º grupo: Princípios destinados a promover o processamento cognitivo.

- **Princípio da multimídia:** o jogo atende a este quesito, pois mostra, de forma interativa, os conceitos e imagens associados a eles.

- **Princípio da personalização:** o jogo apresenta linguagem acessível à linguagem dos alunos, facilitando o entendimento das ações a serem realizadas.

- **Princípio da voz:** como o jogo utilizado não apresenta narração, esse princípio não se aplica.

- **Princípio da imagem:** Este princípio é atendido porque o jogo não apresenta a imagem do narrador. Além disso, tal imagem não se faz necessária para a interatividade.

Apresentamos um resumo da análise que acabamos de expor, com os símbolos (+), (-) e (±) para representar, respectivamente: atende, não atende e atende parcialmente aos Princípios da TCAM.

Quadro 1. Resumo das análises do jogo referentes aos Princípios da TCAM

Análises do jogo <i>Construtor de Áreas</i>			
Princípios da TCAM	Princípios para reduzir o processamento cognitivo	Coerência	+
		Sinalização	+
		Contiguidade espacial e temporal	+
		Redundância	+
	Princípios para gerenciar o processamento cognitivo	Segmentação	±
		Pré-treino ou antecipação	+
		Modalidade	-
	Princípios para promover o processamento cognitivo	Multimídia	+
		Personalização	+
		Voz	Não se aplica

	Imagem	+
--	--------	---

Fonte: Arquivo pessoal

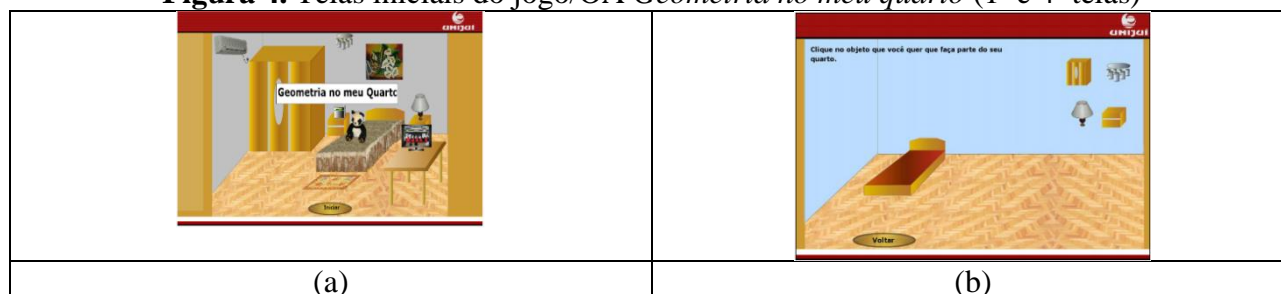
Descrição do jogo *Geometria no meu quarto*¹¹

Este jogo foi produzido pelo Projeto RIVED¹² (Rede Interativa Virtual de Educação), um programa da Secretaria de Educação a Distância (SEED), em parceria com o MEC e diversas universidades, que objetiva a produção de conteúdo pedagógico digital, na forma de OA e estimula sua disponibilização em meio virtual para acesso gratuito, almejando melhorar a aprendizagem das disciplinas da Educação Básica.

O jogo *Geometria no meu quarto* aborda a área da superfície de objetos tridimensionais, possíveis de serem encontrados em um quarto: cilindro (lustre), paralelepípedo (guarda-roupa), cubo (criadomudo) e o tronco de cone (abajur).

Ao abrir o jogo vemos os objetos de um quarto (Figura 4, a) e ao clicar em “Iniciar” visualizamos a sugestão da mudança de cor da parede do quarto. Em seguida surge a imagem de uma pessoa instigando o jogador a refletir se alguns objetos geométricos podem ser colocados em um quarto.

Figura 4. Telas iniciais do jogo/OA *Geometria no meu quarto* (1ª e 4ª telas)



Fonte:

https://www.projetos.unijui.edu.br/matematica/fabrica_virtual/geometria_no_meu_quarto/geometria_no_meu_quarto/Objeto/index.html.

Na quarta tela (Figura 4, b) o jogador é induzido a escolher um objeto para iniciar as etapas do jogo. Clicando sobre o objeto escolhido, ele ganha destaque na tela e, aparece uma situação-problema associando o objeto real ao objeto tridimensional que o representa.

Escolhendo como primeira opção o lustre/cilindro (Figura 5, a) é solicitado o cálculo da medida da área lateral de sua superfície, sendo fornecida a medida do raio e da altura do objeto, que varia cada vez que o jogador o escolher. O jogador deve lembrar que um cilindro planificado se torna, na lateral, um retângulo de comprimento igual ao comprimento da circunferência da base ($2 \cdot \pi \cdot r$).

11

Disponível

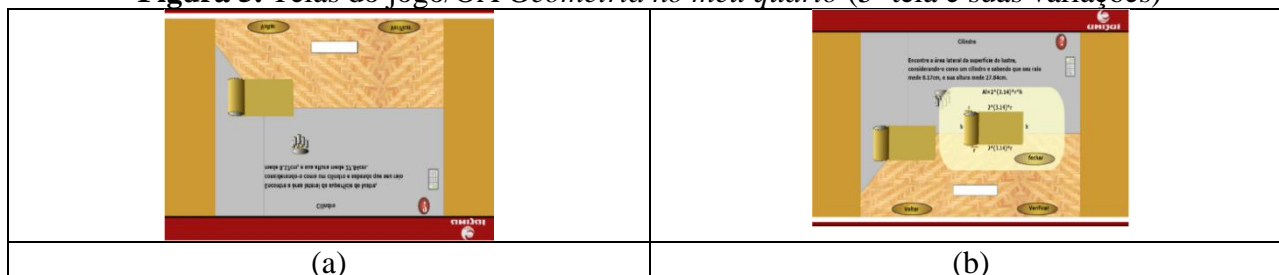
em:

<https://www.projetos.unijui.edu.br/matematica/fabrica_virtual/geometria_no_meu_quarto/geometria_no_meu_quarto/Objeto/index.html>. Acesso em 20 de abr. 2019.

12 Disponível em: <<http://rived.mec.gov.br/projeto.php>>. Acesso em 20 de abr. 2019.

Para cada objeto escolhido é oferecida a opção de ajuda, representada pelo botão “?” (Figura 5, b), caso o aluno não se lembre da fórmula para os cálculos solicitados. O jogo fornece também uma calculadora para ajudar com os cálculos.

Figura 5. Telas do jogo/OA *Geometria no meu quarto* (5ª tela e suas variações)



Fonte:

https://www.projetos.unijui.edu.br/matematica/fabrica_virtual/geometria_no_meu_quarto/geometria_no_meu_quarto/O_bjeto/index.html.

Se o jogador errar o cálculo, recebe uma mensagem sugerindo a visualização da ajuda e a mensagem será repetida até que o cálculo esteja correto. Caso o jogador acerte o cálculo, recebe uma mensagem de felicitação e, ganha por isso um brinde (para o cálculo do cilindro, um quadro de parede). A mesma mensagem solicita que o jogador retorne e escolha outro objeto que compõe o quarto, para o próximo desafio.

Para a continuidade do jogo o cilindro/lustre, já calculado, não aparece entre as opções de escolha (Figura 6), permitindo a concentração da atenção nos demais objetos.

Figura 6. Tela do jogo/OA *Geometria no meu quarto* (6ª tela)

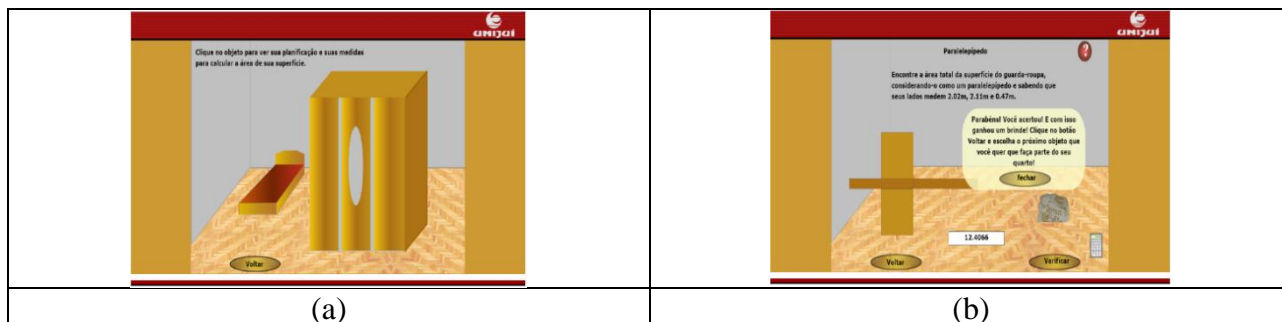


Fonte:

https://www.projetos.unijui.edu.br/matematica/fabrica_virtual/geometria_no_meu_quarto/geometria_no_meu_quarto/O_bjeto/index.html.

Escolhendo o guarda-roupa/paralelepípedo (Figura 7, a) é solicitado o cálculo da medida de sua área total. O jogador precisa lembrar que esse objeto geométrico planificado é composto por três retângulos diferentes (Figura 7, b), possuindo altura, largura e profundidade, sendo necessária a realização do cálculo da medida da área dos três retângulos. Ao acertar o resultado o jogador recebe de brinde uma colcha para a cama.

Figura 7. Telas do jogo/OA *Geometria no meu quarto* (7ª e 9ª telas)



Fonte:

https://www.projetos.unijui.edu.br/matematica/fabrica_virtual/geometria_no_meu_quarto/geometria_no_meu_quarto/O_bjeto/index.html.

A situação descrita acima se repete quando o jogador escolhe o criado-mudo/cubo, sendo apresentada a medida do lado. Entretanto, como o cubo é um objeto geométrico que possui todos os seis lados com mesma dimensão, basta realizar o cálculo da medida da área de um dos lados e multiplicar o resultado por seis para se obter a área da superfície do móvel. O brinde para o acerto deste cálculo é um tapete para o quarto.

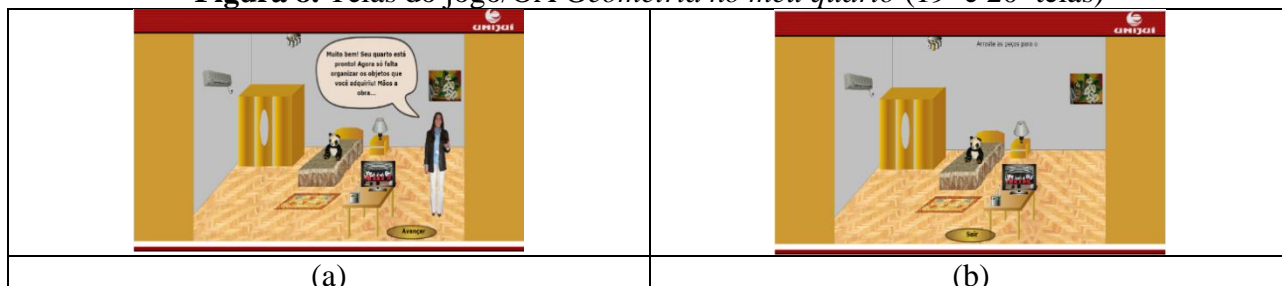
Ao retornar mais uma vez, resta apenas um objeto, o abajur/tronco de cone, para o qual deve ser calculada a sua área lateral. Se acertar o cálculo o jogador ganha um ursinho de pelúcia para sua decoração.

Ao finalizar os cálculos das medidas das áreas dos quatro objetos apresentados é solicitado ao jogador que avance. Uma pessoa aparece outra vez no jogo sugerindo que sejam realizados novos cálculos para adquirir mais objetos para a decoração do quarto. Ao dar continuidade ao jogo não é permitido escolher o objeto a ser calculado e eles aparecem de forma aleatória, os mesmos calculados anteriormente.

Para todos os objetos escolhidos no decorrer do jogo é fornecida a opção de ajuda e a calculadora. As dimensões são apresentadas em centímetros, exceto a do guarda-roupa/paralelepípedo que é fornecida em metros devido ao tamanho do objeto.

O jogo se encerra parabenizando o jogador por todas as conquistas obtidas no decorrer das etapas. E sugere que ele organize os objetos no quarto de acordo com seu gosto, permitindo a manipulação dos objetos na tela/cenário (Figura 8). O vídeo se torna ativo na TV e é possível assisti-lo enquanto manipula os objetos.

Figura 8. Telas do jogo/OA *Geometria no meu quarto* (19^a e 20^a telas)



Fonte:

https://www.projetos.unijui.edu.br/matematica/fabrica_virtual/geometria_no_meu_quarto/geometria_no_meu_quarto/Objeto/index.html.

6.1 Análise do jogo *Geometria no meu quarto* com base nas Heurísticas de Federoff

Analisarmos se o jogo *Geometria no meu quarto* satisfaz às Heurísticas de usabilidade de jogos de Federoff, levamos em consideração as percepções dos alunos e suas interações durante os momentos de aula em que o jogo foi aplicado:

- 1^a. O jogo respeita as condições de padrões da indústria. Possui botões com letras grandes, que contribuem para o entendimento das funções de cada botão por parte do jogador. Os alunos os utilizaram intuitivamente.
- 2^a. O jogo mantém um padrão na apresentação dos botões, que permite ao jogador maior autonomia após entender a funcionalidade de cada um.
- 3^a. O jogo possui apenas os botões necessários para o desenvolvimento do que é proposto em cada nível. Notamos a necessidade de explicação de como executar certas ações, visto que solicitaram orientação durante a interação com os jogos, alegando que não tinham entendido o que precisavam fazer em determinadas etapas.

Essas ideias nos levam a refletir sobre a afirmativa de Mattar (2010): os alunos esperam que tudo seja fácil de compreender e que haja sempre alguém disponível para tirar suas dúvidas. Essa constatação vai de encontro à ideia de que “os alunos não dependem mais dos professores e das escolas para aprender, pois podem agora aprender a qualquer hora e em qualquer lugar” (MATTAR, 2010, p. xv). A verdade é que vivemos uma crise de gerações, e essa crise se reflete na educação, onde os mais novos resistem em aprender com os mais velhos, reflexões do próprio Mattar (2010), nos fazendo pensar que falta muito para que todos os alunos atinjam o nível de compromisso e desenvoltura defendidos por Prensky (2010, 2012).

Ressaltamos a importância de as dicas de solução/resolução não ficarem ao alcance dos jogadores desde o início do jogo como acontece no jogo *Geometria no meu quarto*, pois os alunos precisam pensar por si próprios.

- 4^a. A interface do jogo pode ser considerada não intrusiva, desenvolvida para o público ao qual é destinada. Contudo, possui cores fortes, podendo causar desconforto ao jogador.
- 5^a. Durante o jogo o foco permanece na atividade a serem desenvolvidas e a interface principal fica em segundo plano, mantendo o jogador atento aos cálculos e as análises da etapa em que se encontra.
- 6^a. O jogo não apresenta pontuação. Ao acertar os cálculos o jogador ganha brindes e no momento de selecionar o objeto a ser calculado na próxima etapa, ficam visíveis apenas aqueles que não foram calculados ainda, deixando o jogador ciente dos objetos que faltam. Contudo, em determinado momento todos os objetos já calculados são propostos novamente e o jogador precisa recalculá-los se quiser finalizar o jogo e arrumar o quarto. Logo, uma pontuação visível proporcionaria maior

estímulo para a continuidade do jogo. Ou, ainda, sugestão de novos objetos a serem calculados, sem repetição dos anteriores.

7^a. O jogo não possui comandos diretos. Ao abordar a resolução de problemas, as ações são propostas por textos que o aluno deve ler e interpretar o que se pede. Além disso, o jogo trabalha com valores decimais, dificultando o cálculo mental ou sem o uso de calculadora. Se a proposta da atividade é exercitar os conceitos geométricos, os valores poderiam ser mais favoráveis à utilização de cálculos mentais.

8^a. O jogo possui interfaces amigáveis mantendo o padrão de apresentação dos botões, diálogos e escritas, deixando o jogador mais familiarizado à medida que avança as etapas ou níveis.

9^a. O jogo *Geometria no Meu Quarto* não possui menu, logo atende à heurística de que os níveis de menu devem ser minimizados.

10^a. O jogo também não possui som durante as etapas para indicar o progresso no jogo, apenas ao final quando o jogador ganha de brinde a TV e ela, ao ser clicada, apresenta um vídeo com som.

11^a. O jogo possui um tutorial. Entretanto pode ser considerado auto instrutivo, pois basta o jogador ter atenção e seguir os comandos.

12^a. O jogo apresenta mensagens de identificação e recuperação de erros, mas não de prevenção ou alerta. Permite ao jogador tentar até acertar, sempre mostrando a mensagem de erro se não estiver correto.

13^a. O jogo não apresenta opções de salvar a pontuação para que o jogador melhore seu rendimento em jogadas posteriores. Se a página for fechada, o jogo deve ser reiniciado.

14^a. O jogo possui interfaces e imagens satisfatórias, possibilitando compreensão do jogador atento. Apresentamos a seguir um resumo da análise que acabamos de explicar para facilitar o entendimento do leitor. Utilizamos os símbolos (+), (-) e (±) para representar, respectivamente: atende, não atende e atende parcialmente às Heurísticas de usabilidades de jogos propostos por Federoff (2002).

Quadro 2. Resumo das análises do jogo referentes às Heurísticas de usabilidade de jogos

Jogos e Análises		Geometria no meu quarto	
Heurísticas de usabilidade de jogos	1 ^a	Controles customizáveis	+
	2 ^a	Controles intuitivos	+
	3 ^a	Controles necessários	+
	4 ^a	Interface não intrusiva	±
	5 ^a	Interface principal escondida	+
	6 ^a	Pontuação/status visível	-
	7 ^a	Direcionamento do jogador	±
	8 ^a	Interfaces amigáveis	+
	9 ^a	Menus minimizados	+
	10 ^a	Som para <i>feedback</i> positivo	-

11^a	Orientações em manual	+
12^a	Recursos de Identificação de erros	±
13^a	Salvar nos vários níveis	-
14^a	Interfaces e imagens intuitivas	+

Fonte: Arquivo pessoal

Considerações Finais

Considerando que o objetivo deste trabalho é identificar características de usabilidade dos jogos e elementos que eles possuem que favoreçam o seu potencial de aprendizagem, concluímos que o jogo *Construtor de áreas* atende a maioria dos princípios da TCAM e atinge o canal dual dos alunos sem sobrecarga cognitiva. O fato de não atender ao Princípio da Modalidade não compromete a interação, sendo possível ao professor reduzir, gerenciar e promover o processamento cognitivo. Por tais razões, podemos dizer que o jogo é adequado para utilização em sala de aula.

A respeito do jogo *Geometria no meu quarto*, percebemos que ele satisfaz a maioria das Heurísticas de usabilidade propostas por Federoff (2002). Embora o consideramos pedagogicamente viável para utilização em sala de aula, precisa de melhorias em alguns quesitos: cores mais leves (4^a); incentivo por pontuação (6^a); usar valores inteiros para os cálculos, focando nos conceitos geométricos (7^a); acrescentar som, referentes a erros e acertos (10^a); limitar a quantidade de tentativas e fornecer dicas de solução, caso o jogador não consiga (12^a); permitir salvar o progresso, mesmo após fechar a página, para que o aluno tenha incentivo em buscar melhorias (13^a).

Sugerimos ainda: ao fechar a mensagem de acerto, ir diretamente para as opções de escolha do próximo objeto a ser calculado; atualizar os brindes para objetos que os jovens da atualidade gostam (como *Xbox*, *smartphone*, por exemplo; trocar a mesa por um *rack*, o urso por um objeto de colecionador e a música por uma apresentação de um grupo nacional e atual); e ainda, no lugar de repetir os mesmos objetos ao final do jogo, sugerimos outros, tais como cômoda, estante/livros, objeto ornamental (prismas, pirâmides, cubo mágico, etc.) e outros.

Por fim, pontuamos a importância dos referenciais teóricos adotados neste trabalho, para a escolha de materiais didáticos para o ensino de Matemática e acreditamos que trabalhos futuros poderiam analisar outros jogos educativos, no sentido de avaliar a sua utilização ou não em sala de aula.

Recebido em: 28/07/2020

Aprovado em: 05/04/2021

Referências

ARRUDA, E. P. **Aprendizagem e jogos digitais**. – Campinas, SP: Alínea, 2011.

BORBA, M. de C.; GADANIDIS, G.; SCUCUGLIA, R. R. da S. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática: sala de aula e internet em movimento.** – 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2014.

BORBA, M. de C.; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática.** 5. ed. Belo Horizonte: Autentica, 2015.

CARDOSO, V. C.; ESPRISIGO, L. M.; KATO, L. A. AS diferentes representações semióticas elaboradas por crianças do ensino fundamental utilizando jogos digitais Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil. **Revista Eletrônica de Educação - Reveduc**, v. 7, n. 2, nov. 2013, p. 9 - 22. Disponível em: <<http://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/view/543>>. Acesso em 09 de jun. 2019.

DUARTE, N. **Vigotski e o “aprender a aprender”:** críticas às apropriações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana. Campinas, SP: Autores Associados, 2000.

FEDEROFF, M. A. **Heuristics and usability guidelines for the creation and evaluation of fun in video games.** Dissertation (Master of Science) – Department of Telecommunications, Indiana University, 2002, 52 p. (Heurísticas e diretrizes de usabilidade para a criação e avaliação de diversão em videogames). Disponível em: <http://ocw.metu.edu.tr/file.php/85/ceit706_2/10/MelissaFederoff_Heuristics.pdf>. Acesso em 20 mai. 2019.

LORENZATO, S. Por que não ensinar Geometria? Educação Matemática em revista. **Revista SBM**, São Paulo, v. 4, p. 3-13, jan./jul. 1995.

MATTAR, J. **Games em educação:** como os nativos digitais aprendem. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

_____. **Metodologia científica na era digital.** – 4 ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

MAYER, R. E. **Elements of a Science of E-Learning.** Journal of Educational Computing Research, V. 29, n. 3, p. 297– 313. University of California, Santa Barbara, 2003. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/0918/d3fc0381e70d8870b777842c33bb123b0cae.pdf>>. Acesso em 09 de jun. 2019.

_____. Teoria cognitiva da aprendizagem multimídia. In: G. L. Miranda (Org.). **Ensino online e aprendizagem multimídia.** Lisboa: Relógio d’Água Editores, 2009a, Cap. 7, p. 207-237. Disponível em: <http://webhosting.bombyte.org/~joao.gama/guilhermina/m3/Mod3G2/Mayer_TCAMultimedia.pdf>. Acesso em 09 de jun. 2019.

_____. Constructivism as a Theory of Learning Versus Constructivism as a Prescription for Instruction. In: **Constructivist instruction: success or failure?** TOBIAS, Sigmund; DUFFY, Thomas M. New York: Taylor & Francis e-Library, 2009b, Cap. 10, p. 197-213. Disponível em: <encurtador.com.br/tyCJK>. Acesso em 09 de jun. 2019.

PARREIRA, F. J.; FALKEMBACH, G. A. M.; SILVEIRA, S. R. **Construção de Jogos Educacionais Digitais e Objetos de Aprendizagem:** um estudo de caso empregando *Adobe Flash*, HTML 5, CSS, *JavaScript* e *Ardora*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2018.

PRENSKY, M. **“Não me atrapalhe, mãe – eu estou aprendendo!”:** como os videogames estão preparando nossos filhos para o sucesso no século XXI – e como você pode ajudar! Tradução de Livia Bergo. São Paulo: Phorte, 2010.

_____. **Aprendizagem baseada em jogos digitais.** Tradução de Eric Yamagute. Título original: Digital Game-Based Learning. São Paulo: Senac São Paulo, 2012.

QUEIROZ, A. de F. A. **Interação com jogos digitais de Matemática no Ensino Médio:** um estudo de caso envolvendo o tópico de área. 173 f. Dissertação (Mestrado em Ensino). Programa de Pós-graduação em Ensino na Educação Básica Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2019.

REGO, T. C. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico-cultural da educação. – Petrópolis, RJ: Vozes, 1995.

VIGOTSKY, L. S (1896-1934). **A formação social da mente**: O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores/ L.S. Vigotsky; Michael Cole. [et al.] (Org.); tradução José Cipolla Neto, Luis Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007. 4ª tiragem, 2010.