

Combinatória com o jogo SET e o GeoGebra: explorações com recursos físicos e digitais

Diego Lieban, Elisa Martins, Rafael Bueno e Eduardo Pompermayer

Fecha de recepción:20/07/2022
 Fecha de aceptación:01/08/2022

<p>Resumen</p>	<p>La integración de recursos físicos y digitales se utiliza en este trabajo como estrategia para una práctica basada en la perspectiva constructivista de la Cultura <i>Maker</i> para el desarrollo del pensamiento combinatorio. Utilizando el juego de cartas SET, los estudiantes de secundaria y de formación docente trabajaron con una cortadora láser e impresoras 3D para crear sus prototipos de juegos. Además, se presentó el uso de GeoGebra como una alternativa para la construcción y compartición de materiales interactivos, reiterando el modelo TPACK, que asume que las dimensiones pedagógica, tecnológica y de contenidos deben desarrollarse entre docentes y estudiantes en consonancia entre sí, en el proceso de aprendizaje y enseñanza.</p> <p>Palabras clave: Recursos físicos y digitales, juego SET, Aprendizaje Basado en Proyectos, GeoGebra</p>
<p>Abstract</p>	<p>The integration of physical and digital resources is used in this work as a strategy for an experience based on the constructivist perspective of <i>Maker Culture</i> for the development of combinatorial thinking. Using the SET card game, high school and teacher training students worked with a laser cutter and 3D printers to create their game prototypes. In addition, the use of GeoGebra was presented as an alternative for the construction and sharing of interactive materials, reiterating the TPACK model, which assumes that the pedagogical, technological and content dimensions must be developed, combined with each other, among teachers and students, in the teaching and learning process.</p> <p>Keywords: Physical and digital resources, SET game, Project-Based Learning, GeoGebra</p>
<p>Resumo</p>	<p>A integração de recursos físicos e digitais é utilizada neste trabalho como estratégia para uma prática apoiada na perspectiva construtivista da Cultura <i>Maker</i> para o desenvolvimento do pensamento combinatório. A partir do jogo de cartas SET, estudantes do Ensino Médio e de Curso de Formação para Professores trabalharam com cortadora a <i>laser</i> e impressoras 3D para criarem seus protótipos do jogo. Além disso, o uso do GeoGebra foi apresentado como alternativa para construção e compartilhamento de materiais interativos, reiterando o modelo TPACK, que pressupõe que as dimensões pedagógica, tecnológica e de conteúdo devem ser desenvolvidas entre docentes e discentes em consonância, uma com as outras, no processo de ensino e aprendizagem.</p> <p>Palavras-chave: Recursos físicos e digitais, jogo SET, Aprendizagem Baseada em Projetos, GeoGebra</p>

1. Introdução

A integração dos universos físico e digital têm acompanhado o frenético desenvolvimento tecnológico e evoluído rapidamente nas mais diversas áreas: dos exames 3D de ultrassom à poderosa indústria cinematográfica, de sofisticados protótipos arquitetônicos a simulações mecânicas em engenharia, os diferentes modelos de representação dependem de conceitos-chave da matemática, particularmente de sua compreensão geométrica e espacial. Por outro lado, com o rápido avanço da tecnologia, tornam-se imprescindíveis discussões sobre segurança de informação (criptografia), *e-commerce*, inteligência artificial, redes sociais e *fake news*, *big data*, entre outros, que têm em sua essência, princípios fundamentais de estatística e da análise combinatória.

Diante desta realidade, algumas questões emergentes são “Como as escolas estão preparando os alunos para lidarem com a fusão desses meios físico e digital?”, ou ainda, “Como professores e alunos vêm sendo preparados para o uso das tecnologias correntes em suas formações e práticas acadêmicas ou escolares (sobretudo no que diz respeito à matemática como suporte a outras áreas do conhecimento)?” Motivadas por essas indagações e pelo desafio de como lidar com essas questões, as discussões propostas neste artigo podem servir como ponto de partida para reflexões e criações/adaptações de atividades com recursos físicos e digitais para o ensino de matemática na Educação Básica.

Mais objetivamente, este trabalho visa apresentar algumas possibilidades, desenvolvidas, em parte, com o GeoGebra, para mobilizar e promover estratégias de contagem a partir de atividades lúdicas, como sugerem Vitábar (2021) e Del Río (2022). A fim de integrar a proposta da atividade com outras tecnologias correntes (impressora 3D e cortadora a *laser*), foi sugerido a professores em formação e estudantes que adaptassem a versão do jogo SET¹, para que depois pudessem usar suas produções para disseminar o jogo entre demais colegas e outras crianças ou adolescentes. O compartilhamento das produções como estratégia didática é uma premissa fundamental de Metodologias Ativas que fazem parte da Educação STEM² (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) e da Cultura Maker (Bender, 2020; Resnick, M.,2020), especialmente quando se trabalha através de projetos. Assim, o processo de aprendizagem com as experiências resulta do ato não apenas de jogar, mas também de criar (ou adaptar) o jogo. Além disso, apresentar alternativas com recursos físicos e digitais democratiza o processo de ensino e aprendizagem na medida em que diversifica as estratégias e possibilidades pedagógicas.

¹ Mais detalhes sobre o jogo SET podem ser obtidos em [https://en.wikipedia.org/wiki/Set_\(card_game\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Set_(card_game)) (em inglês) e uma versão online do jogo encontra-se disponível em <https://www.setgame.com/set/puzzle> e é atualizada diariamente.

² Em alguns casos, a sigla STEM já vem sendo substituída por STEAM, quando incorporada a dimensão da Arte às demais existentes na STEM.

2. Fundamentação Teórica

A história dos manipulativos para o ensino formal da matemática se estende por mais de um século. Tais influências vêm de figuras importantes no ensino (muitas delas identificadas com o *Construtivismo*), incluindo Maria Montessori (1870-1952), Jean Piaget (1896-1980), Zoltan Dienes (1916-2014) e Jerome Bruner (1915-2016), apenas para citar alguns. Esses inovadores e pesquisadores enfatizaram a importância de experiências autênticas de aprendizagem e o uso de artefatos físicos como uma etapa importante no desenvolvimento da aprendizagem e da compreensão. Piaget (1970) sugere que as crianças começam a compreender símbolos e conceitos abstratos somente depois de vivenciar as ideias em um nível físico e concreto³. Dienes (1969) afirma que as crianças precisam construir próprios conceitos a partir de dentro, em vez de ter esses conceitos impostos a elas. Lesh *et al.* (2000) defendem que se um problema envolve matematização (por exemplo, quantificar, coordenar, expressar algo espacialmente), isto favorece a criação de modelos nos quais uma variedade de sistemas representacionais concretos, gráficos, simbólicos ou baseados em linguagem podem ser envolvidos. Para Bruner (1976, p.33), “a tarefa de ensinar uma matéria para uma criança em qualquer idade é a de representar a estrutura dessa matéria em termos do modo de ver as coisas da criança”. Em outras palavras, sob a perspectiva construtivista, o desenvolvimento cognitivo depende da exploração, intuição, senso comum, apreciação de regularidades, representação, abstração e generalização.

No que diz respeito ao Pensamento Combinatório, Piaget, em seu livro *Da lógica da criança à lógica do adolescente* (1976) afirma que a construção de listas organizadas seriam atividades do período formal. Ou seja, apenas com cerca de 12 anos é que esses problemas seriam completamente compreendidos e resolvidos. Porém, pesquisas recentes mostraram que crianças dos anos iniciais já conseguem resolver alguns problemas envolvendo Análise Combinatória (Martins, 2020). Não quer dizer que elas sejam capazes de argumentar sobre o esgotamento das possibilidades encontradas, tampouco de utilizar cálculos para obter a resposta das questões, mas são capazes de criar listas com as possibilidades e, algumas, sistematizar a construção dessas listas. O fato de não ter estruturas que permitam a resolução por completo e a justificativa do esgotamento de possibilidades não diminui a importância do envolvimento com os problemas. Além disso, o enfrentamento deste tipo de desafio é válido e importante para a formação matemática de todas as crianças. Estas são condições importantes para que sejam pensadas estratégias pedagógicas que incorporem a tecnologia e tenham o público discente como protagonista do seu processo de aprendizagem, fazendo com que os pressupostos *construtivistas* abram espaço para os *construcionistas*.

O professor sulafricano do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), Seymour Papert (1928-2016), é considerado um precursor entre os entusiastas do uso das tecnologias para promover e catalisar o ensino e a aprendizagem. Já na década de 1960, afirmava que cada estudante deveria ter acesso a seu próprio computador para aprender. Papert (1994) defendia o uso das tecnologias para

³ Neste trabalho, defendemos a ideia de concreto como contrário de abstrato e não necessariamente como físico. Assim, podemos considerar materiais digitais também como sendo concretos.

ajudar os estudantes a pensar sobre novos conceitos e ideias e como instrumentos para o desenvolvimento de novos projetos. Contrapunha-se, dessa forma, ao uso de recursos tecnológicos como meros apoios para a continuidade das práticas de instrução mecânicas e repetitivas.

É neste contexto de pensamentos emergentes que Seymour Papert propôs o *Construcionismo*, traduzido tanto como uma teoria de aprendizagem quanto como uma estratégia para mobilizar a educação e a construção de novos conhecimentos. Nesse sentido, o aprendizado é entendido como um processo ativo, no qual os discentes realmente colocam a mão na massa (*hands-on*) na criação e desenvolvimento de projetos (Maltempi, 2012).

Esse processo pode ser construindo textos, gravando e editando vídeos, desenvolvendo infográficos, construindo jogos e imprimindo-os, com o auxílio de impressoras 3D, ou recortando suas peças, com o uso de uma cortadora a *laser*, por exemplo. O importante é que os estudantes permaneçam ativos durante o processo, de forma que, ao operar com os dispositivos tecnológicos, eles mesmos aprendam. Conforme destacam Bueno, Ballejo e Viali (2020, p. 74), “esse quadro faz com que o discente não aprenda simplesmente sobre o computador, mas que aprenda com o apoio do computador, construindo algo significativo e envolvendo-se afetiva e cognitivamente com o seu trabalho”.

Desta forma, estudantes aumentam sua motivação, pois trabalham em atividades que eles mesmos criam (Nussbaum, 2013). Como ilustrado neste trabalho, passando do jogar para o ato de construir jogos, professores e alunos desenvolvem competências que vão além da matéria a ser ensinada e aprendida, como a comunicação, a criatividade, a colaboração e pensamento crítico, consideradas competências essenciais para a Educação do século XXI (Harari, 2018).

De acordo com Maltempi (2012), uma das ideias centrais do construcionismo é proporcionar aos estudantes ambientes nos quais possam se engajar na construção de artefatos de interesse pessoal. Esse argumento ecoa pensamentos do filósofo norte-americano John Dewey (1859-1952), um dos pensadores que influenciou as construções intelectuais de Papert.

Dewey (1979) afirmou que pedir aos alunos que pensem, de forma totalmente abstrata, subtraindo-os de suas próprias experiências e não apresentando qualquer situação capaz de perturbar seu equilíbrio, é tão improdutivo quanto pedir-lhes que ergam a si mesmos, puxando os cordões dos próprios sapatos. Assim, defendia que uma das principais atribuições docentes é redirecionar para fins intelectuais a curiosidade inata dos estudantes.

Sem curiosidade, o fato apresentado pelos docentes passa a ser um hieróglifo, que poderia ter significado se o estudante tivesse a chave de sua decifração: a experiência. Como falta essa chave, o fato passa a ser mera curiosidade (se é que chega a ser) improdutivo. É apenas o legítimo interesse pelo que se estuda que cria uma identificação entre os discentes e os objetos de estudo ou entre as ações inerentes ao aprender e o agente que, por meio dessas atividades, constrói novos conhecimentos (Dewey, 1978).

Além do interesse pelo que se estuda, Dewey enfatiza que oportunidades de cometer erros são imprescindíveis para a educação. Não porque os erros são desejáveis, mas porque o excesso de zelo em selecionar atividades e materiais que

praticamente impedem qualquer possibilidade de erro, restringe a iniciativa, reduz o julgamento crítico e acaba incentivando o uso de métodos que se distanciam das situações complexas da vida.

Essas duas premissas propostas por John Dewey, constituem-se no cerne das ideias que ajudaram Seymour Papert a propor o Construcionismo e a defender o uso de tecnologias para colocá-lo em prática. Afinal, a construção de artefatos, o desenvolvimento de projetos, de jogos e de desafios podem levar ao interesse, que, conforme aponta Dewey (1978), é capaz de suprimir a distância entre os estudantes e os objetos de estudo. Os processos de construção, feitos em ambientes virtuais, possibilitam erros sem maiores consequências, pois com poucos cliques ou comandos, pode-se retornar alguns passos e recomeçar o processo a partir de onde o erro foi constatado. Dessa forma, o erro deixa de ser um problema marcado com caneta vermelha e passa a ser uma oportunidade de reconfigurar ideias e reorganizar pensamentos. Neste sentido, a crescente aplicação da impressão 3D e cortadora a *laser* em diferentes áreas induz a discussão de possibilidades do uso destes recursos em ambientes educacionais: como criar, adaptar e finalmente obter os manipulativos físicos. Assim, os pressupostos teóricos fundamentados nas ideias de Papert e Dewey acabam sendo cruciais para o desenvolvimento da Cultura Maker e da Aprendizagem Baseada em Projetos (Bacich & Holanda, 2020; Bender, 2020; Cortelazzo *et al.*, 2018) na Educação STEM/STEAM.

No que diz respeito ao uso de tecnologias, Niess (2005) enaltece, através do modelo TPCK (depois convertido a TPACK), a importância de que estas devem ser incorporadas concomitantemente com as dimensões pedagógica e de conteúdo. Ainda que o argumento da autora seja, fundamentalmente, para formação de professores de ciências e matemáticas⁴, esta integração e sua relevância certamente se refletem na formação discente e subsidia uma formação mais ampla, de modo geral.

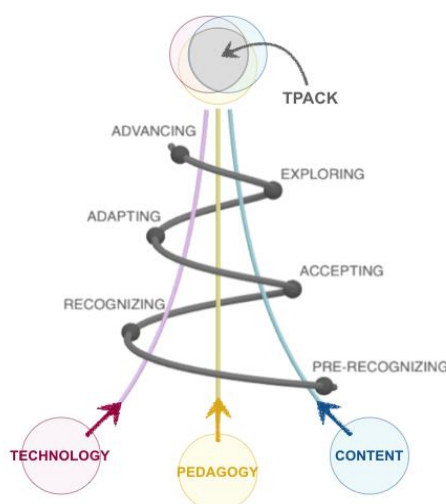


Figura 1. Modelo TPACK revisitado.

Fonte: <https://www.geogebra.org/m/renjycau> (2022).

Este processo de aproximação é conduzido através de diferentes etapas e sua representação em uma versão bastante atualizada é explicada em mais detalhes em Bueno *et al.* (no prelo).

⁴ Professores em formação também fizeram parte da atividade proposta neste artigo (seção 3).

2.1. Matemática e Criatividade

Há uma ênfase crescente no incentivo ao pensamento criativo na educação matemática e possíveis conexões entre a matemática e outros campos STEM. As atividades com foco no processo criativo, em vez de se concentrarem apenas na obtenção de resultados para os problemas propostos, estão sendo projetadas e testadas por grupos inovadores e estimuladas pela Cultura *Maker* (Nussbaun, 2013). Uma justificativa satisfatória para esse fato é dada por pesquisas (Kattou et al., 2011; Beghetto, 2016a, 2016b) que consideram a criatividade e a aprendizagem intimamente interligadas e como processos mútuos. Isso significa que o aprendizado de um conteúdo específico pode resultar em contribuições criativas, assim como soluções criativas para problemas diversos podem despertar e favorecer o aprendizado. O desempenho criativo é uma parte essencial do fazer matemática (Pehkonen, 1997). No entanto, a falta de uma definição uniforme de criatividade geral, conseqüentemente, leva à escassez de uma conceituação comumente aceita de criatividade matemática (Haylock, 1997).

Estudos recentes (Lavicza *et al.*, 2022; Lee & Carpenter, 2015; Leikin, 2016; Sánchez, Font, & Breda, 2019) chamam a atenção para a necessidade de introduzir práticas pedagógicas que possam fomentar processos criativos nas atividades escolares regulares. O desenvolvimento de habilidades de criatividade promovido por estratégias diferenciadas nas escolas, pode favorecer o pensamento crítico, a resolução de problemas, a autonomia e a colaboração (Lieban 2019).

3. O jogo SET, a análise combinatória e a prática criativa

SET[®] é um jogo, originalmente de cartas, que exige que os jogadores se concentrem para identificar conjuntos de três cartas formados por certos padrões. Apesar de o jogo ser de dinâmica simples, exige intensa atenção dos jogadores para o cumprimento das regras e na análise de uma gama de possibilidades através das doze cartas dispostas a cada rodada. Essencialmente, o jogo consiste de um baralho de cartas que são definidas por quatro características, cada qual com três possibilidades de representação. No jogo original, estas características são: forma dos elementos de cada carta, quantidade de elementos, cor e preenchimento. Todos jogam ao mesmo tempo, buscando identificar um conjunto no qual cada uma das quatro características é igual ou diferente em todas as cartas. Quem identifica um conjunto com tais condições, recolhe as cartas e outras três cartas são inseridas.

Em uma abordagem inicial, o jogo foi proposto para três turmas diferentes, com aproximadamente 20 estudantes (~17 anos). Cada turma foi dividida em três grupos para jogar, conforme ilustrado na **Figura 2**. Após algumas rodadas, à medida que o jogo avançava, as condições de formação de conjunto das cartas (segundo a regra) pareciam ficar mais claras entre participantes, que demonstravam ter um envolvimento e sentido de pertencimento maior em relação ao jogo. Um exemplo, é que as próprias pessoas que jogavam passavam, naturalmente, a avaliar (corrigindo quando necessário) os palpites apresentados, dispensando a intervenção de alguém para mediar.



Figura 2. Estudantes jogando SET. Fonte: autores (2022)

Ao final do jogo, algumas perguntas foram lançadas a fim de incentivar a reflexão e o pensamento combinatório em seu nível mais elementar: ¿Quantas cartas havia no jogo? Como reação instintiva, alguém pegou o jogo (já guardado) para contar e então advertiu-se de que essa não era a ideia. Alguns palpites começaram a surgir e uma resposta foi de que deveria ser um múltiplo de três, já que os conjuntos recolhidos eram sempre de três cartas e, ao final, havia uma quantidade múltipla de três cartas sobre a mesa. A obtenção da resposta correta foi desenvolvida em conjunto, observando-se que não havia cartas repetidas. Embora não tenha demorado para boa parte da turma, não parecia natural para todo mundo. Ainda, outras questões foram discutidas e avaliadas conjuntamente (por exemplo, ¿quantos conjuntos diferentes, segundo a regra do jogo, seria possível com o total de cartas? ou ¿quantos pares de carta de mesma cor são possíveis formar?), algumas respondidas, outras deixadas em aberto. Como já tinham certa familiaridade com as cartas, o desafio das perguntas ajudava a compreender a magnitude da variabilidade de possibilidades de conjuntos no jogo.

Com base em Nussbaum (2013) e Harari (2018), foi então proposto que cada grupo deveria reproduzir o jogo no laboratório *maker* da instituição. Assim, teriam os próprios protótipos do jogo para alguma ação em escolas, com crianças menores, ou mesmo com colegas de outras turmas. Além disso, poderiam desenvolver seus processos criativos ao mesmo tempo que aprendiam a lidar com novas tecnologias disponíveis na instituição, como a cortadora a *laser* e seu respectivo programa de tratamento vetorial de imagens (RDWorks) ou impressoras 3D e softwares de modelagem. A ideia é que cada integrante dos grupos tivesse oportunidade de refletir sobre o princípio de contagem durante o processo de reprodução do jogo, em um sentido mais prático e aplicado. Isto verificou-se em algumas circunstâncias, especialmente pelo processo de pintura ou identificação das cores dos materiais, assim como para sua caracterização com as formas. Por exemplo, ao identificar que as cores seriam definidas pelas chapas de acrílico, um grupo concluiu que precisaria, na verdade, modelar um terço das peças, cortando-as, então, três vezes os mesmos modelos, sendo cada um desses subconjuntos em uma chapa de cor diferente. Processos parecidos aconteceram com outros grupos que pintaram peças em mdf ou cartas de papel cartão. Algumas produções discentes são exibidas a seguir, na **Figura 3**.



Figura 3. Produções do jogo SET com cortadora a laser feita por estudantes de Ensino Médio.
Fonte: autores (2022)

Em outro grupo (**Figura 4**, (b) e (c)), durante a concepção das peças, quando perguntadas por que tinham seis peças de um determinado modelo para cortar, duas alunas repensaram e perceberam a necessidade de corrigir, com argumento que reproduzia a ideia do “diagrama em árvore”, discutida em aula. Como premissa da Cultura Maker, o erro é parte do processo de aprendizado e o papel docente na mediação é fundamental, justamente pela orientação adequada quando este ocorre.

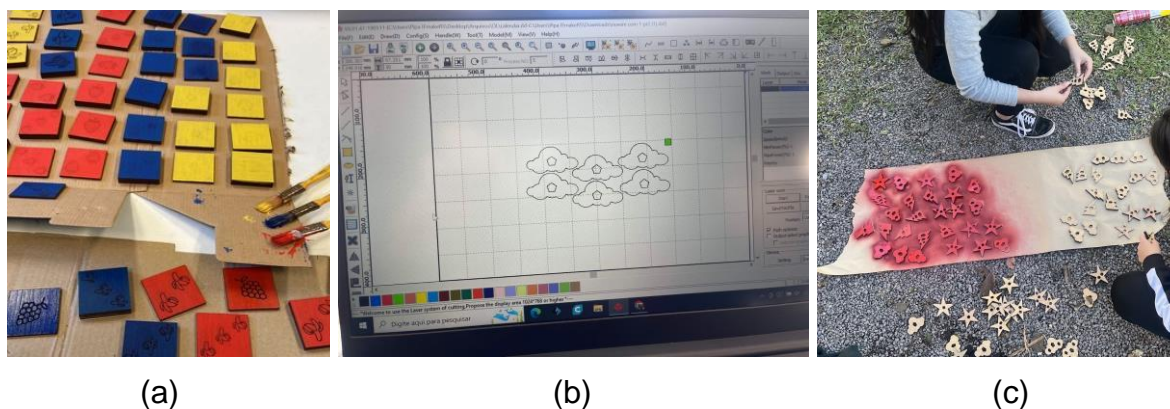



Figura 4. Design e pinturas de peças do jogo SET feita por estudantes de Ensino Médio.
Fonte: autores (2022)

Uma outra abordagem foi realizada com professores em formação, na qual, inicialmente, um grupo de quatro alunos pôde experimentar o jogo. Como ocorreu na primeira abordagem, os próprios jogadores atuavam na validação dos conjuntos. Também observou-se que os participantes procuravam argumentar, utilizando-se de forma intuitiva de conhecimentos combinatórios, quando desconfiavam não ser possível formar um SET com as doze cartas disponíveis. Para tanto, consideravam as cartas, duas a duas, e excluía as possibilidades das demais formarem o trio. Segundo a regra do jogo, em caso de que todos jogadores concordem (por

considerar não haver possibilidades), outras três cartas são adicionadas. Quando questionados sobre qual o número total de cartas, o pensamento inicial foi a partir do levantamento de todas as características e suas variações. De maneira semelhante aos grupos da primeira abordagem, a construção da resposta foi realizada de forma coletiva. Por se tratar de um grupo menor e de estudantes de graduação, a resposta pareceu clara e natural a todos os estudantes.

Os estudantes do ensino superior utilizaram uma tabela (**Figura 5, (a)**) para definir a quantidade e características das peças que precisariam ser produzidas. Visto que a cor das peças seria definida pela escolha do filamento utilizado na impressão (**Figura 5, (b)**), esse parâmetro não foi avaliado num momento inicial. Sendo assim, ficou definido que as linhas se referiam à altura das peças, substituindo a quantidade de símbolos presentes nas cartas na versão original do jogo.

	<i>Forma 1</i>	<i>Forma 2</i>	<i>Forma 3</i>
<i>Altura 1</i>	Símbolos 1, 2 e 3	Símbolos 1, 2 e 3	Símbolos 1, 2 e 3
<i>Altura 2</i>	Símbolos 1, 2 e 3	Símbolos 1, 2 e 3	Símbolos 1, 2 e 3
<i>Altura 3</i>	Símbolos 1, 2 e 3	Símbolos 1, 2 e 3	Símbolos 1, 2 e 3



(a) (b)

Figura 5. Produções do jogo SET feita por professores em formação.
Fonte: autores (2022)

As colunas seriam referentes às formas das peças e nas células de interseção estariam os símbolos escolhidos para substituir a característica de preenchimento. Desta forma, verificaram que era necessário modelar apenas vinte e sete peças, um terço do total.

3.1. O jogo SET e a interação com GeoGebra

Muito embora os modelos de jogos produzidos e exibidos até então, em sua maioria, pouco tenham se valido do *software* GeoGebra, este aparece como alternativa para suas reproduções também. Neste viés, o processo de construção do jogo pode se configurar como uma oportunidade para explorações de outros conceitos, como geometria plana ou geometria analítica, por exemplo. Abaixo, na **Figura 6**, ilustramos um protótipo do jogo que reúne as diferentes etapas do processo, da concepção geométrica das peças, no GeoGebra, à sua representação no programa RDWorks e, finalmente, com as peças cortadas, em acrílico.

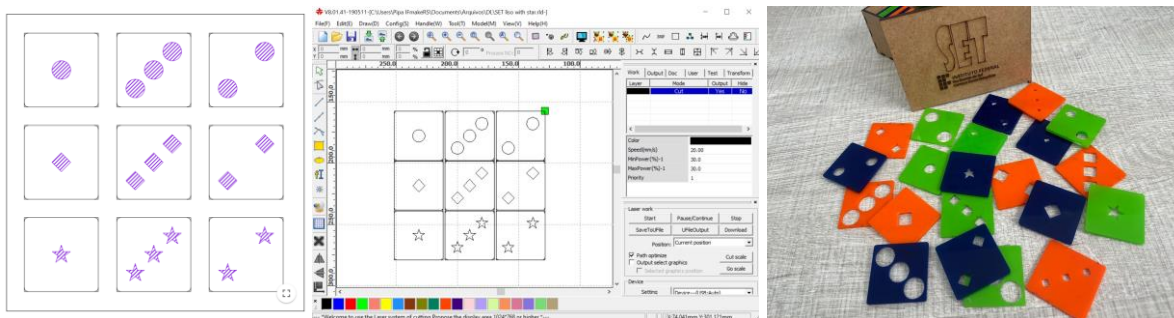


Figura 6. O jogo SET produzido a partir do GeoGebra.
Fonte: autores (2022)

No entanto, sob o ponto de vista didático, a intervenção com o GeoGebra pode acontecer em uma etapa que transcende a produção física do jogo. A fim de ampliar o repertório de ações pedagógicas com o jogo, atividades interativas podem ser propostas para que estudantes simulem o sorteio de uma carta. Adicionalmente à experiência do sorteio, podem ser inseridas questões abertas ou de múltipla escolha (com opções de *feedback* automático), de modo que estudantes tenham as atividades acessíveis em dispositivos móveis, como ilustra a **Figura 7**.

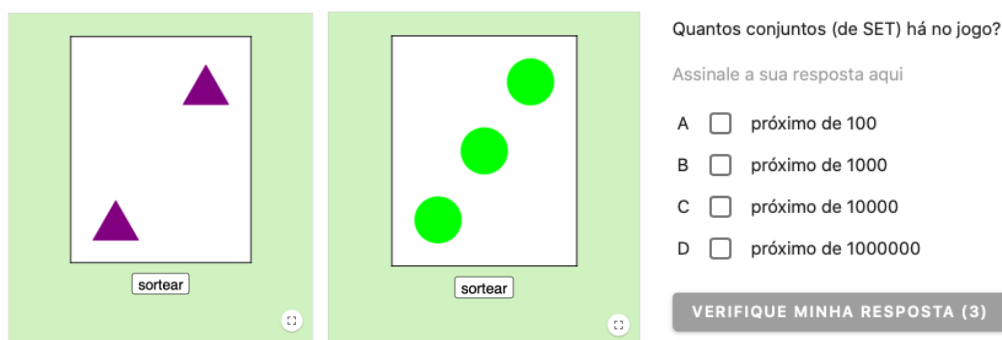


Figura 7. Simulação de sorteio de carta do SET e questão interativa produzidos GeoGebra.
Fonte: <https://www.geogebra.org/m/abmww6mu> (2022)

Este é um aspecto importante no sentido de alcance e aproximação dos recursos desenvolvidos com o público a que se destina, especialmente quando se considera a conectividade dos jovens com a tecnologia. Além disso, o compartilhamento público de materiais incentiva também a comunidade docente para práticas colaborativas que façam uso da tecnologia e favoreçam a criação, já que os materiais acessíveis podem ser editados e adaptados (com elaboração de perguntas ou incrementos dos recursos interativos, por exemplo).

4. Considerações finais

Trabalhar com projetos é uma prática que tem sido cada vez mais discutida em diferentes níveis de ensino. Os projetos contribuem para catalisar o interesse dos estudantes pelo que se trabalha, culminando com o desenvolvimento de conteúdos específicos e de competências que transcendem a Matemática, tais como comunicação, criatividade, pensamento crítico e colaboração. Ainda, propostas que apresentem um viés social, reiteram o protagonismo discente e oportunizam a jovens e crianças que projetem e reflitam sobre suas participações e representatividade enquanto sociedade, com seus compromissos e

responsabilidades. Mais do que isso, promover práticas em que estudantes possam compartilhar os conhecimentos construídos junto aos seus pares é ainda endossado pela máxima de que “quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender” (Freire, 1996, p. 12). Espera-se, nesta lógica, que o contato com atividades com um viés construcionista contribua com a promoção do pensamento combinatório de forma que esse tipo de construção intelectual seja mais contextualizado, difundido e popularizado, não ficando restrito apenas aos anos finais da Educação Básica.

Lamentavelmente, a realidade em que nos encontramos ainda é muito distante de um cenário ideal e é sabido que nem sempre os recursos são acessíveis. Ainda que a Cultura Maker e a Educação STEM/STEAM não dependam necessariamente de impressoras 3D e cortadoras *laser*, recursos como estes (e outros) podem ser fundamentais para práticas inovadoras, que incentivem a criatividade e que têm potenciais significativos para exploração didática, além de ser um vetor essencial para a formação tecnológica da sociedade. Desta forma, é necessário que haja uma articulação estreita entre diferentes setores da sociedade ou mesmo entre diferentes centros educacionais (Universidades, Escolas da Educação Básica e Institutos de Formação Técnica e Tecnológica), a fim de que os recursos sejam mais facilmente acessíveis, fortalecendo, assim, as relações entre pesquisa e ensino.

Embora este trabalho tenha um olhar focal sobre estudantes e suas relações de aprendizagem através de processos criativos, é importante também resgatar que o papel docente nesta trajetória não é de coadjuvante. Reconhecer os limites e possibilidades das tecnologias para idealizar propostas pedagógicas, demandar tarefas e acompanhar discentes na formação de conteúdos específicos, é uma condição essencial para professores. Neste sentido, buscou-se o suporte teórico do modelo TPACK, que pressupõe que as dimensões pedagógica, tecnológica e de conteúdo devem ser desenvolvidas entre docentes (também entre discentes) em consonância, uma com as outras, e não apresentada em etapas sequenciais. O compartilhamento de materiais – neste trabalho, feito através da plataforma GeoGebra, mas existem tantos outros, que podem variar de acordo com a atividade fim – acaba por favorecer esta aproximação na medida em que fortalece a prática colaborativa no desenvolvimento e uso de recursos pedagógicos e permite uma diversidade de olhares de forma mais ampla.

5. Referências bibliográficas

Bacich, L.; Holanda, L. (2020). *STEAM em sala de aula a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica*. Porto Alegre: Penso.

Beghetto, R. A. (2016a). Creative learning: A fresh look. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 15, 6–23.

Beghetto, R. A. (2016b). Learning as a creative act. *Modern curriculum for gifted and advanced Academic Students*. New York: Routledge.

Bender, W. N. (2020). *Aprendizagem baseada em Projetos - Educação Diferenciada para o Século XXI*. Porto Alegre: Penso.

Bueno, R. W. S.; Ballejo, C. C.; Viali, L. (2020). Entrando na Zona de Risco: usando as TDIC para ensino e aprendizagem de conceitos de estatística descritiva. *Revista Sergipana de Matemática e Educação Matemática*, n. 1, p. 71-88.

Bueno, R. W. S.; Niess, M. L.; Ruhşen A. E.; Ballejo, C. C.; Lieban, D. (no prelo) Technological Pedagogical Content Knowledge: Exploring New Perspectives. *Australasian Journal of Educational Technology*.

Bruner, J. (1976). *The Process of Education*. Harvard University Press.

Cortelazzo, A. L.; Fiala, A. S; Piva Jr, D.; Panisson, L.; Rodrigues, M.R.J.B (2018). *Metodologias Ativas e Personalizadas de Aprendizagem*. Rio de Janeiro: Alta Books.

Del Río (2022). Microjuegos creados con GeoGebra: Su rol durante la virtualización de la enseñanza por la pandemia y... ¿después? *UNIÓN - Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 18(64). Disponível em <https://union.fespm.es/index.php/UNION/article/view/660>, acessado em 14.07.2022.

Dewey, J. (1978). *Vida e Educação*. 10 ed. São Paulo: Melhoramentos.

Dewey, J. (1979). *Como Pensamos: como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo*. São Paulo: Editora Nacional.

Dienes, Z. P. (1969). *Building Up Mathematics*. London: Hutchinson Educational.

Freire, P. (1996). *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 9 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1997

Harari, Y. N. (2018). *21 lições para o século 21*. Companhia das Letras.

Haylock, D. (1997). *Recognizing mathematical creativity in schoolchildren*. *ZDM*, 29(3), 68–74.

Kattou, M., Kontoyianni, K., Pitta-Pantazi, D. & Christou, C. (2011). *Does mathematical creativity differentiate mathematical ability?* Proceedings of CERME 7.

Lavicza, Z.; Weinhandl, R.; Prodromou, T.; Andic, B.; Lieban, D.; Hohenwarter, M.; Fenyvesi, K.; Brownell, C.; Diego-Mantecón, J.M. (2022) Developing and Evaluating Educational Innovations for STEAM Education in Rapidly Changing Digital Technology Environments. *Sustainability*, 14, 7237. Disponível em <https://doi.org/10.3390/su14127237>, acessado em 14.07.2022.

Lee, S., & Carpenter, R. (2015). Creative Thinking for 21st Century Composing Practices. *Across the Disciplines*, 12.

Leikin, R. (2016). *Creativity and giftedness: Interdisciplinary perspectives from mathematics and beyond*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg.

Lesh, R. A., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., & Post, T. (2000). Principles for Developing Thought-Revealing Activities for Students and Teachers. *Research*

Design in Mathematics and Science Education. (pp. 591–646). Lawrence Erlbaum Associates.

Lieban, D. (2019). *Exploring opportunities for connecting physical and digital resources for mathematics teaching and learning*. Tese de Doutorado em STEM Education. Linz: Johannes Kepler Universität (JKU). Disponível em <https://epub.jku.at/obvulihs/content/titleinfo/4555198>, acessado em 07.07.2022.

Martins, E. F. (2020). *Pensamento combinatório e Objetos Digitais de Aprendizagem: Estudo construtivista nos anos iniciais*. Tese de Doutorado em Informática na Educação (Programa de Pós-graduação em Informática na Educação). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Maltempi, M. V. (2012). *Novas Tecnologias e Construção de Conhecimento: Reflexões e Perspectivas*.

Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21, 509–523.

Nussbaum, B. (2013). *Creative Intelligence: Harnessing the Power to Create, Connect, and Inspire*. Harper Collins Publishers.

Papert (1994). *A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática*. Porto Alegre: Artes Médicas.

Pehkonen, E. (1997). *The state-of-art in mathematical creativity*. *ZDM*, 29(3), 63–67

Piaget, J. (1970). *O nascimento da inteligência na criança*. Tradução: Alvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar.

Resnick, M. (2020). *Jardim da Infância para Vida Toda: Por uma Aprendizagem Criativa, Mão na Massa e Relevante para Todos*. Porto Alegre: Penso.

Sánchez, A., Font, V., & Breda, A. (2019). *Secondary school preservice teachers' references to the promotion of creativity in their master's degree final projects*. Proceedings of CERME 11

Vitabar, F. (2021). ¿Vale la pena ludificar el aula de matemática? *UNIÓN - Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 17(62). Disponível em <https://union.fespm.es/index.php/UNION/article/view/369>, acessado em 14.07.2022.

Lieban, Diego: Professor do IFRS-BG e colaborador da OBMEP (Brasil). Graduação em Licenciatura em Matemática e Mestrado em Matemática pela UFRGS (Brasil). Doutorado em STEM Education pela JKU (Áustria). Área de interesse: Tecnologias em Educação Matemática e Formação de Professores.

<http://lattes.cnpq.br/2061848851943368>

Martins, Elisa: Possui graduação em Licenciatura em Matemática mestrado em Ensino de Matemática pela mesma universidade (UFRGS). Em 2020 defendeu sua tese de doutorado “Pensamento combinatório e Objetos Digitais de Aprendizagem: estudo construtivista nos anos iniciais” no Programa de Pós-graduação em Informática na Educação (UFRGS). Tem uma filha de 5 anos e um filho nascido em 2021. Acredita na educação pública, gratuita e de qualidade.

<http://lattes.cnpq.br/1446769907665938>

Bueno, Rafael Winícius da Silva: É doutor e mestre pelo programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da PUCRS. Atualmente é Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha.

<http://lattes.cnpq.br/9132104547468000>

Pompermayer, Eduardo: Professor do Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Canoas. Possui graduação em Matemática - Licenciatura e mestrado em ensino de matemática pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atuando principalmente na área de ensino de matemática. Participando de projetos na área de tecnologia de ensino, formação de professores e processos de ensino em aprendizagem.

<http://lattes.cnpq.br/5953250260825341>