

**EXPLORAÇÃO ESTÉTICA DE PADRÕES FRACTAIS COM MATERIAIS
MANIPULÁVEIS: APRENDIZAGEM INTERDISCIPLINAR**

ESTHETIC EXPLORATION OF FRACTAL PATTERNS WITH MANIPULABLE
MATERIALS: INTERDISCIPLINARY LEARNING

EXPLORACIÓN ESTÉTICA DE PATRONES FRACTALES CON MATERIALES
MANIPULABLES: APRENDIZAJE INTERDISCIPLINARIO

Tatiana Machado Resende Guedes¹ 0009-0002-7891-6548

Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho Faria² 0000-0002-2422-969X

¹ Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – Muriaé, Minas Gerais, Brasil;
tatiana.guedes@ifsudestemg.edu.br

² Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, Minas Gerais, Brasil; rejane.faria@ufv.br

RESUMO:

Este artigo objetiva discutir as contribuições da exploração estética interdisciplinar dos padrões fractais com materiais manipuláveis para alunos do Ensino Médio do curso técnico de informática do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Campus Muriaé, que compôs o cenário de pesquisa de mestrado ao qual este artigo é parte integradora. A proposta metodológica é de cunho qualitativo. Os dados produzidos ao longo dos encontros foram analisados a partir dos registros feitos pelos alunos nas folhas de atividades e triangulado com o referencial teórico a partir das nossas percepções enquanto professoras e pesquisadoras. Nossas conclusões apontam que a exploração estética interdisciplinar dos Padrões Fractais, envolvendo as disciplinas de Informática, Artes e Matemática, contribuiu para que os alunos pudessem ter uma compreensão globalizada de padrões, infinitude e tridimensionalidade, aguçando a capacidade de análise estética e contribuindo para a construção de conhecimentos pertinentes às disciplinas envolvidas. No caso dos padrões fractais, foi possível identificar que as propriedades de autossimilaridade e de complexidade infinita proporcionaram a contemplação da estética nas harmonias, proporções e simetrias presentes nas regularidades desses padrões. Ademais, a abordagem dos padrões fractais contribuiu para a formação cidadã crítico-reflexiva dos alunos, colaborando para que eles refletissem sobre o papel de cada indivíduo na sociedade e no mundo.

Palavras-chave: interdisciplinaridade; ensino médio; materiais manipuláveis; educação pública.

ABSTRACT:

This article aims to discuss the contributions of the interdisciplinary aesthetic exploration of fractal patterns with manipulable materials for high school students in the technical IT course at the Federal Institute of Science and Technology of Southeastern Minas Gerais, Campus Muriaé, which formed the master's research scenario of which this article is an integrative part. The methodological proposal is qualitative in nature. The data produced throughout the meetings were analyzed based on the records made by the students on the activity sheets and triangulated with the theoretical framework based on our perceptions as teachers and researchers. Our conclusions indicate that the interdisciplinary aesthetic exploration of Fractal

Patterns, involving the disciplines of Computer Science, Arts and Mathematics, contributed to students having a globalized understanding of patterns, infinity and three-dimensionality, sharpening the capacity for aesthetic analysis and contributing to the construction of knowledge relevant to the disciplines involved. In the case of fractal patterns, it was possible to identify that the properties of self-similarity and infinite complexity provided the contemplation of aesthetics in the harmonies, proportions and symmetries present in the regularities of these patterns. Furthermore, the fractal patterns approach contributed to the critical-reflective citizenship training of students, helping them to reflect on the role of each individual in society and the world.

Keywords: interdisciplinarity; high school; manipulable materials; public education.

RESUMEN:

Este artículo tiene como objetivo discutir las contribuciones de la exploración estética interdisciplinaria de patrones fractales con materiales manipulables para estudiantes de secundaria del curso técnico en informática del Instituto Federal de Ciencia y Tecnología del Sudeste de Minas Gerais, Campus Muriaé, que conformaron el escenario de investigación de la maestría de del cual este artículo es parte integrante. La propuesta metodológica es de carácter cualitativo. Los datos producidos a lo largo de los encuentros fueron analizados a partir de los registros realizados por los estudiantes en las hojas de actividades y triangulados con el marco teórico a partir de nuestras percepciones como docentes e investigadores. Nuestras conclusiones indican que la exploración estética interdisciplinaria de los Patrones Fractales, involucrando las disciplinas de Informática, Artes y Matemáticas, contribuyó a que los estudiantes tuvieran una comprensión globalizada de los patrones, el infinito y la tridimensionalidad, agudizando la capacidad de análisis estético y contribuyendo a la construcción de conocimientos relevantes para las disciplinas involucradas. En el caso de los patrones fractales, se pudo identificar que las propiedades de autosemejanza y complejidad infinita propiciaron la contemplación de la estética en las armonías, proporciones y simetrías presentes en las regularidades de estos patrones. Además, el enfoque de patrones fractales contribuyó a la formación de ciudadanía crítico-reflexiva de los estudiantes, ayudándoles a reflexionar sobre el papel de cada individuo en la sociedad y el mundo.

Palabras clave: interdisciplinariedad; escuela secundaria; materiales manipulables; educación pública.

Introdução

Especificamente no contexto do Ensino Médio, a educação carrega problemas que se estendem por anos no que tange à aprendizagem de diversas disciplinas. Por persistir no método tradicional que valoriza a repetição de técnicas e na memorização em detrimento do raciocínio, consideramos a necessidade de rever conceitos e inovar usando recursos que ofereçam possibilidades de aprendizagem de forma integradora e dinâmica (Faria; Maltempi, 2020). Nessa perspectiva, a interdisciplinaridade, a investigação com materiais manipuláveis e as tecnologias digitais atuam para que ocorra uma comunicação fluída entre professores e alunos, contribuindo para que haja aprendizagem dos conteúdos curriculares envolvidos em uma proposta.

Nesse sentido, o objetivo deste artigo consiste em discutir as contribuições da exploração estética interdisciplinar dos padrões fractais com materiais manipuláveis para alunos do Ensino Médio do curso técnico de informática do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Campus Muriaé. Nesse contexto, promovemos a interdisciplinaridade entre as disciplinas de Informática, Arte e Matemática por meio de atividades investigativas de exploração estética dos Padrões Fractais. Para isso, as formas dos Padrões Fractais foram apreciadas em suas várias linguagens, desenvolvendo tanto a fruição quanto a análise estética. Além disso, a criatividade dos alunos na construção do conhecimento foi explorada de modo articulado entre as disciplinas envolvidas, utilizando materiais manipuláveis. Entendemos que, deste modo, contribuímos para a formação cidadã crítico-reflexiva dos alunos, refletindo sobre o papel de cada indivíduo na sociedade e no mundo.

Buscando atingir o objetivo proposto nesse artigo, discutimos, inicialmente, a abordagem interdisciplinar com enfoque na aprendizagem. Na sequência, apresentamos a relevância do uso de materiais manipuláveis no ambiente escolar. Na seção seguinte, os Padrões Fractais, tema explorado na pesquisa, são abordados. Dando continuidade, é exposta a metodologia. Na análise, triangulamos os dados com o referencial teórico a partir da descrição das respostas dos alunos e das nossas percepções enquanto professoras e pesquisadoras. Finalizamos o artigo com algumas considerações.

A aprendizagem na abordagem interdisciplinar

Defendemos a importância de buscar o conhecimento em sua totalidade a fim de que os alunos percebam que a escola, mesmo com disciplinas e conhecimentos fragmentados, pode apresentar os conteúdos de uma forma unificada, de modo a tornar o aprendizado mais efetivo. Entendemos que, no contexto escolar, é importante articular ações capazes de “destruir barreiras acadêmicas, incorporar novas visadas e abrir espaço para as complexidades” (Passos, 2018, p. 38).

Nesse sentido, Rizolli (2007) destaca que a interdisciplinaridade no mundo contemporâneo tem sua importância e seus desafios. Para que uma disciplina se desenvolva no espaço escolar, é preciso relacionar saberes de modo a promover o encontro entre teoria e prática, trabalhando com os mais diversos significados da expressão humana e estreitando relações do cotidiano. Portanto, a escola deve assumir o papel de despertar o olhar crítico dos alunos, estimulando-os a conhecer, estudar e compreender não somente os conteúdos curriculares específicos de uma disciplina, mas as articulações possíveis com as demais.

Nesse sentido, a interdisciplinaridade pode ser entendida como

[...] um método de pesquisa e de ensino suscetível de fazer com que duas ou mais disciplinas interajam entre si, esta interação podendo ir da simples comunicação das ideias até a integração mútua dos conceitos, da epistemologia, da terminologia, da metodologia, dos procedimentos, dos dados e da organização da pesquisa (Japiassu, 1976, p.136).

Dentre tantos possíveis espaços, a escola se apresenta como um *lócus* rico para estimular o processo criativo dos alunos, oferecendo oportunidades para desenvolver novas habilidades, individuais ou coletivas. Portanto, trabalhar de modo interdisciplinar deve desenvolver a sensibilidade e a percepção visual.

Como espaço que reflete as manifestações sociais, a escola deve trabalhar a visão de produção integrada, considerando que, enquanto criação humana, as disciplinas escolares influenciam a formação dos nossos alunos. Para que a interdisciplinaridade ocorra no contexto escolar, é preciso repensar a prática pedagógica, trazendo para sala de aula um estudo contextualizado e participativo para que os alunos estejam motivados a aprender as temáticas pertinentes às disciplinas envolvidas (Caldas; Holzer; Popi, 2017).

A Base Nacional Comum Curricular também defende essa ideia, ao afirmar que é preciso

[...] contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas e decidir sobre formas de organização interdisciplinar dos componentes curriculares e fortalecer a competência pedagógica das equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem (Brasil, 2018, p.18).

No contexto curricular, “A Interdisciplinaridade se torna um dos maiores desafios, pois são diferentes professores responsáveis por diferentes disciplinas que precisam estabelecer relações” (Araújo, 2017, p.497). A relação entre currículo e interdisciplinaridade é fundamental para promover uma educação integrada. Realizar a interação curricular de diferentes disciplinas no Ensino Médio é, sobretudo, “uma ferramenta capaz de compor uma visão do todo, de forma que não esteja restrita a uma área do conhecimento” (Araújo, 2017, p.501).

A interdisciplinaridade em sala de aula é considerada uma aliada para o ensino, agregando valores indispensáveis ao avanço da educação, especialmente no que diz respeito aos conhecimentos que fundamentam o pensamento crítico. Ela figura como um dos principais mecanismos para que o aluno consiga fazer uma relação entre as matérias e perceba como os

conhecimentos são interdependentes (Thiesen, 2008).

Assim, a interdisciplinaridade apresenta uma proposta em que os conteúdos curriculares se complementam e são interconectados articulando diversas matérias escolares de forma conjunta e delineando as atividades por meio de trabalhos integrados. Com essa estrutura, a interdisciplinaridade possibilita uma reflexão entre vários aspectos, trazendo para o aluno a construção de uma percepção da realidade (Brasileiro; Velanga; Colares, 2010).

Ademais, destacamos que tornar as aulas interdisciplinares contribui para transformar os problemas com determinadas disciplinas, pois a abordagem ocorre de modo mais flexível, se comparado ao ensino tradicional. Essa é uma forma do aluno entender a necessidade de articular conhecimentos, mesmo que considerem distantes entre si, sendo necessário encontrar soluções que podem ser vistas de outros ângulos (Tomassini; Ribeiro; Pereira, 2021).

As atividades interdisciplinares propõem uma infinidade de ações e conhecimentos que agregam aprendizado aos alunos. Estudos mostram que, ao trabalhar em uma abordagem interdisciplinar, eles se sentem mais motivados e desafiados a aprender de modo articulado no que tange às diversas disciplinas escolares (Tomassini; Ribeiro; Pereira, 2021; Thiesen, 2008; Rizolli, 2007; Frigotto, 2010; Caldas; Holzer; Popi, 2017). Nesse sentido, os discentes são incentivados a valorizarem ideias oriundas de diversas ciências que resultam em uma aprendizagem abrangente e criativa e que fazem a diferença no cotidiano das pessoas.

Entendemos ser importante contribuir para uma formação crítico e reflexivo dos nossos alunos. Para isso, é necessário oportunizar e oferecer subsídios para o desenvolvimento de atividades que promovam a criatividade e o pensamento crítico, sendo imprescindível desenvolver o conhecimento por meio da expressão de ideias, da compreensão de significados e da construção do conhecimento dos temas envolvidos.

Materiais Manipuláveis

De acordo com Reis (apud Matos; Serrazina, 1996, p. 193), os materiais manipuláveis são “objectos ou coisas que o aluno é capaz de sentir, tocar, manipular e movimentar. Podem ser objectos reais que têm aplicação no dia a dia ou podem ser objectos que são usados para representar uma ideia”. Lorenzato (2006) explica que existem os materiais didáticos que permitem ao aluno realizar descobertas e desenvolver a percepção de propriedades de modo a construir uma efetiva aprendizagem.

Embora vários autores destaquem a relevância dos materiais manipuláveis, é preciso estar atento para o uso eficaz desses materiais. Nacarato (2004) destaca o fato de que o “uso

inadequado ou pouco exploratório de qualquer material manipulável pouco ou nada contribuirá para a aprendizagem. O problema não está na utilização desses materiais, mas na maneira como utilizá-los” (Nacarato, 2004, p.4). Estendemos que, em um estudo interdisciplinar envolvendo artes, matemática e informática, o uso de material manipulável precisa ser intencional e pautado em uma atividade com planejamento bem definido.

Na pesquisa realizada, trabalhamos com padrões fractais representados em materiais manipuláveis que possuíam características de um origami arquitetônico. Os origamis arquitetônicos são formas de trabalho manual com o papel resultantes da combinação da dobradura do origami e a engenharia dos livros infantis conhecidas como "pop-ups" (Pirola, 2004). Para a elaboração desse material é necessário a etapa de planificação e detalhamento, uma vez que são essenciais para definição da interatividade e complexidade de cada dobra. Além disso, é preciso mobilizar o conhecimento geométrico ao longo do processo de construção com a finalidade de viabilizar a projeção da imagem, como as distâncias entre os planos, as marcas de corte e dobras e as distâncias entre elas (Pirola, 2004).

As criações resultantes do origami arquitetônico podem ser dobradas numa forma plana e, quando abertas, resultar em uma estrutura tridimensional. Assim, o origami arquitetônico possibilita o desenvolvimento motor, educacional e social dos alunos (Lima, 2019).

Especificamente nas atividades que desenvolvemos, foram realizadas construções com cartões com abertura de 90°. Nesse tipo de cartão, a capa e o espaço interior representam planos perpendiculares entre si reciprocamente. Para a confecção, foi necessário a mobilização de conhecimentos oriundos tanto da geometria plana quanto da espacial, além de técnicas de cortes e dobras para exprimir o propósito da figura como profundidade, tamanho e volume (Pirola, 2004).

Nos padrões fractais identificamos também a simetria, “um conceito muito importante na Filosofia da Arte e na Estética, é um fator determinante de emoções [...]. Ela individualiza um objeto belo e lhe fornece caráter e expressão” (Barbosa, 2005, p. 13). Um objeto simétrico estabelece uma relação de paridade na união e conformidade das partes de uma obra. Assim,

Uma composição simétrica é aquela em que cada elemento tem seu correspondente, ou seja, cada elemento ou conjunto se associa a outro idêntico. Essa correspondência pode ser no tamanho, na forma ou na posição de partes situadas em lados opostos, de uma linha ou plano ou, ainda, de forma que se acham distribuídas em volta de um centro ou eixo (Perazzo; Valença, 1997, p. 86).

Conhecimentos artísticos como os elementos visuais ponto, linha e forma também precisam ser utilizados uma vez que, juntos, compõem o esqueleto estrutural da obra na

construção de um padrão fractal em formato de cartão do tipo origami arquitetônico. Além disso, é preciso delimitar largura, altura e a profundidade e mobilizar conceitos de Arte sobre plano, textura, cor, escala, contraste e equilíbrio, ainda que de forma intuitiva, com o objetivo de dar ênfase ao aspecto estético dos padrões fractais.

A definição desses elementos, apresenta a expressão artística que carregam. “Uma linha é a trilha deixada pelo ponto em movimento. Ela é criada pelo movimento - mais especificamente, pela destruição do repouso, intenso e ensimesmado do ponto” (Kandinsky, 1997 apud Lupton; Phillips, 2008, p.13). Lupton e Phillips (2008, p. 70) expressaram que “a cor pode exprimir uma atmosfera, descrever uma realidade ou codificar uma informação”, pois ela é capaz de expressar nossos sentimentos e nos emocionar, além de enriquecer a criação, tornando-as únicas. A textura e espessura do papel utilizado também devem ser considerados, pois podem impressionar a visualização, dando ênfase a qualidade tátil das superfícies das peças, já que “as texturas incluem a superfície efetivamente empregada na feitura de uma peça impressa ou de um objeto palpável e a aparência ótica dessa superfície” (Lupton; Phillips, 2008, p. 52).

É nesse sentido que, na pesquisa realizada, utilizamos materiais manipuláveis, pois concordamos que

Os conceitos e as relações matemáticas são entes abstratos, mas podem encontrar ilustrações, representações e modelos em diversos tipos de suportes físicos. Convenientemente orientada, a manipulação de material pelos alunos pode facilitar a construção de certos conceitos. Pode também servir para representar conceitos que eles já conhecem por outras experiências e atividades, permitindo assim a sua melhor estruturação (Ponte; Serrazina, 2000, p. 116).

Os padrões fractais explorados podem ser usados para abordar diversos conceitos interdisciplinares que perpassam relações matemáticas, artísticas e tecnológicas. Nesse contexto, os materiais manipuláveis são considerados recursos privilegiados para dar suporte às tarefas escolares investigativas. Deste modo, consideramos que os alunos tiveram a oportunidade de trabalhar não somente com papel, lápis, tesoura e régua, explorando técnicas de dobradura, mas puderam vivenciar uma experiência interdisciplinar capaz de contribuir para a formação cidadã crítico-reflexiva, refletindo sobre o papel de cada indivíduo na sociedade e no mundo.

Estephan (2000) ressalta que, nos processos de ensino e de aprendizagem, é importante utilizar materiais manipuláveis com a finalidade de reproduzir e explorar os conceitos, os desenhos e as figuras, contribuindo, desta maneira, para uma formação reflexiva. Corroborando

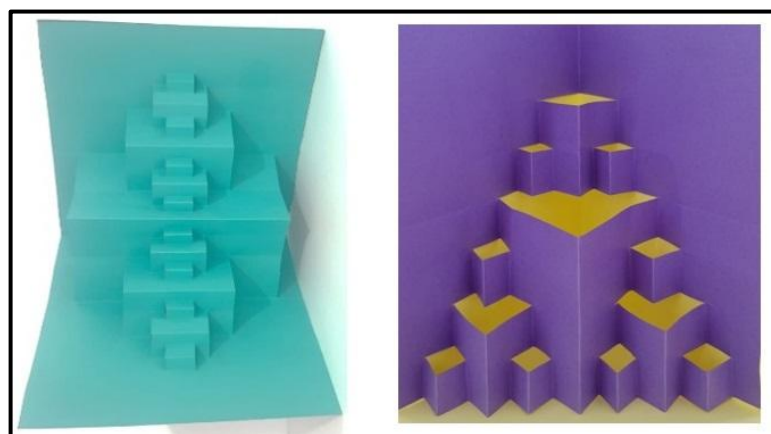
esta ideia, Camacho (2012) complementa que a aplicabilidade de materiais manipuláveis favorece a expansão do espírito de iniciativa, autonomia, criatividade, criticidade e sensibilidade no desenvolvimento e na criação de conceitos por parte dos alunos.

Lucena (2017) destaca que os materiais manipuláveis e o trabalho com dobraduras, recortes e colagens possibilitam ao aluno a tarefa de pesquisar e participar e, conseqüentemente, facilitam a aprendizagem no contexto escolar. Na atividade que propusemos, tivemos o intuito de transformar uma folha de papel em um cartão fractal que dispusesse de formas geométricas planas e espaciais. Entretanto, fomos além, pois acreditamos que transformar o papel em arte, de forma intencional, contribui para o desenvolvimento da aprendizagem em uma perspectiva interdisciplinar lúdica e atraente.

Padrões Fractais

Nessa pesquisa, os padrões fractais são motivadores para a compreensão de aspectos artísticos interdisciplinares. Concordamos que “os padrões fractais estão relacionados ao modelo pelo qual os fractais estão condicionados numérica, algébrica e geometricamente.” (Faria; Maltempi, 2012, p. 42). No trabalho com materiais manipuláveis, foram explorados os fractais Degraus Centrais e Triângulo de Sierpinski (figura 1).

Figura 1 - Cartão Fractal Degraus (direita) e Cartão Fractal Triângulo de Sierpinski (esquerda).



Fonte: Guedes (2023)

Esses fractais possuem um padrão de repetição oriundo de suas características, dentre as quais destacamos a complexidade infinita e a autossimilaridade (Barbosa, 2005). A complexidade infinita pode ser entendida como a capacidade de repetição do mesmo padrão por infinitas vezes em um fractal. Essa característica “está associada às infinitas iterações que

ocorrem na construção de um fractal, pois ele é regido por um padrão que repete sua estrutura própria por uma quantidade ilimitada de vezes e que ocorre algébrica e geometricamente” (Faria, 2012, p.40).

Já a autossimilaridade é uma propriedade que revela a semelhança existente em cada nível do fractal de modo a apresentar a mesma estrutura da figura inicial em qualquer escala em que seja observado. Ao iterar, um novo nível surge e passam a existir novas reentrâncias e saliências cada vez menores, mas que mantém intactas as características presentes desde o nível inicial. Assim, nos Padrões Fractais, cada parte é semelhante à figura em sua totalidade, significando que os padrões da figura inteira são repetidos em cada parte).

Metodologia

A metodologia de pesquisa qualitativa visa compreender e interpretar fenômenos sociais e humanos por meio da coleta e análise de dados, explorando a complexidade, as experiências, as perspectivas e os significados atribuídos pelos participantes do estudo. Os trabalhos dessa natureza objetivam ressaltar as características de um acontecimento, o que implica que os dados não sejam padronizáveis, mas minuciosamente detalhados com o interesse em compreender os sujeitos da pesquisa (Goldenberg, 2004).

Este artigo traz um recorte de uma pesquisa de mestrado¹ desenvolvida na abordagem qualitativa e realizada no contexto escolar do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, campus Muriaé. A escolha por essa instituição ocorreu pois nela atuou (primeira autora deste artigo) como professora de Artes desde o ano de 2011 (Guedes, 2023).

No contexto da pesquisa de mestrado, os dados foram produzidos em duas etapas: a primeira com professores atuantes nas disciplinas de Artes, Informática e Matemática da turma e a segunda com alunos do primeiro ano do Ensino Médio integrado ao curso Técnico de Informática. Os dados produzidos na segunda etapa nos permitiram discutir o potencial da exploração estética interdisciplinar dos padrões fractais com tecnologias digitais e com materiais manipuláveis. Especificamente neste artigo, centramos a análise e a discussão dos dados no que tange os padrões fractais com materiais manipuláveis com alunos do Ensino

¹ Pesquisa aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (CAAE 58898822.0.0000.5153). O termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) foi entregue, lido e assinado por todos os professores participantes da pesquisa. De igual modo ocorreu com os termos de assentimento livre e esclarecido (TALE) destinado aos alunos com idade inferior a 18 anos e aos seus responsáveis. Deste modo, foi autorizada a divulgação científica dos dados produzidos.

Médio.

Com os trinta e seis alunos dessa turma, realizamos quatro encontros de duas horas cada. Na ocasião, foram realizadas as atividades utilizando materiais manipuláveis, além do aplicativo GeoGebra que foi escolhido por possuir propriedades que permitem a realização de diferentes padrões fractais, além de ser de simples manipulação.

Levamos para os encontros atividades planejadas para reconhecer e investigar as propriedades dos padrões fractais com materiais manipuláveis e com o aplicativo GeoGebra para smartphones. As atividades intituladas “Reconhecimento do App GeoGebra Geometria”, “Desenvolvendo o seu Cartão Fractal” e “Criando padrões fractais no GeoGebra para Smartphone” foram elaboradas pelas autoras desse artigo com a colaboração da aluna de iniciação científica voluntária Renata Dourado Roque, do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal de Viçosa, também sob orientação da Professora Rejane Faria. Além disso, as atividades foram previamente realizadas com os professores atuantes nas disciplinas envolvidas e passaram por um processo de refinamento de acordo com as sugestões que ocorreram nos encontros com os docentes.

Os instrumentos utilizados para a realização da pesquisa foram as filmagens dos encontros e os registros no caderno de campo. Ao trazer os registros dos alunos participantes, optamos por usar nomes fictícios a fim de resguardar suas identidades.

Devido ao volume de dados produzidos na pesquisa, nesse artigo, analisamos a etapa da produção de dados em que trabalhamos com materiais manipuláveis. A fase na qual trabalhamos com as tecnologias digitais é abordada em outro artigo, também disponível na dissertação de mestrado. Além disso, trinta e seis alunos colaboraram com este estudo, mas optamos por analisar três respostas por item, podendo analisar respostas de um mesmo aluno em questões diferentes. Na seção seguinte, passamos a analisar os dados produzidos e triangulados com autores referência nas áreas de estudo.

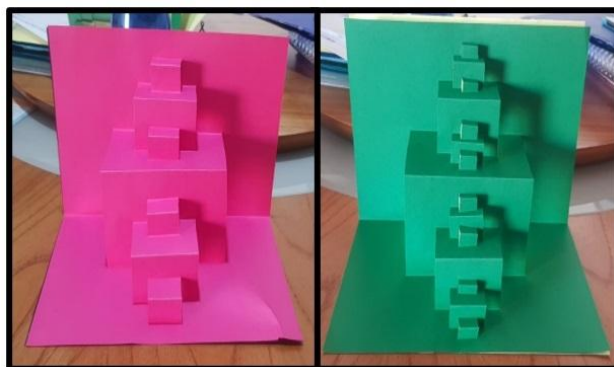
Resultados

Iniciamos nosso encontro apresentando para a turma o tema “Fractais” por meio de formas geométricas e obras artísticas. Após uma breve introdução, iniciamos a construção do cartão Fractal Degraus. Ele apresenta níveis, paralelepípedos, que transmitem a ideia de degraus de uma escada, mas em escala cada vez menor ao longo das iterações. Nesse padrão fractal, as linhas são traçadas em distintas direções (paralelas ou perpendiculares). Para a construção dos níveis são utilizados conhecimentos de matemática e artes que podem ser associados à ideia

sequencial de um algoritmo, conteúdo pertinente também na disciplina de informática.

No decorrer da primeira questão, foi realizado o cartão fractal degraus (figura 2) utilizando materiais como: tesoura, lápis, régua, fita adesiva dupla-face ou cola e papel de gramatura 185 g/m².

Figura 2 - Cartão Fractal Degraus construído com materiais manipuláveis pelos alunos.



Fonte: Guedes (2023)

Conforme o enunciado descrito no quadro 1, para fazer este fractal, fizemos marcações, dobras, vincos e cortes para construção do primeiro degrau que também é o primeiro nível do fractal. O processo se repetiu para a construção dos demais níveis, enquanto fosse possível realizar o processo.

Quadro 1 - Primeira questão da Atividade Cartão Fractal Degraus.

Questão 1. Vamos construir o cartão fractal tipo degraus. Para confeccioná-lo, vamos precisar de tesoura, lápis, régua, fita adesiva dupla-face ou cola, papel cartão ou outro de gramatura 185 g/m². Siga os passos:

- Dobre a folha ao meio horizontalmente fazendo um vinco, no lado mais comprido, como indicado na figura abaixo.
- Para fazer o primeiro degrau, divida, com vincos suaves, a folha em 4 partes iguais verticalmente, como mostra a figura.
- Logo após, faça mais um vinco na metade da parte em que estamos trabalhando, agora na horizontal.
- Corte o papel no primeiro e no terceiro vinco da vertical até o vinco que fizemos na horizontal no item anterior, indicado na figura a seguir por traços vermelhos.
- Dobre o retângulo formado para baixo, reforçando o vinco da dobra.
- Volte o retângulo dobrado para a posição inicial e puxe o centro, formando a figura em relevo, que é o primeiro degrau do cartão fractal (nível 1).
- Construa, em uma escala menor, o nível dois seguindo os passos do b ao f. Para isso, o segmento de partida deve ser o vinco superior e inferior do retângulo gerado no nível anterior.
- Para obter mais níveis, repita o processo enquanto for possível realizar os cortes e as dobraduras no papel.

a)	b)	c)	d)
e)	f)	g)	h)

Fonte: Guedes (2023)

No desenvolvimento desse fractal os alunos tiveram dúvidas na execução até que entendessem o padrão. Percebermos, ainda, que eles não estavam habituados a trabalhar com os materiais manipuláveis que utilizamos. Vários estudantes ficaram com dúvida em relação às medidas, em como dividir a folha, onde cortar e como dobrar o papel. Para a construção de um cartão fractal como o Degraus, é necessário planificar para definir a flexibilidade e os detalhes que exigem eficiência em cada dobra (figura 3). Para isso, é preciso entender o padrão que rege o fractal e mobilizar o conhecimento geométrico ao longo do processo de construção com a finalidade de viabilizar a projeção da imagem como as distâncias entre os planos, as marcas de corte e dobras e as distâncias entre elas (Pirola, 2004).

Figura 3 - Alunos construindo padrões fractais com materiais manipuláveis.



Fonte: Guedes (2023)

Na segunda questão foi solicitado que observassem o cartão fractal degraus e descrevessem seu processo de construção (quadro 2).

Quadro 2 - Segunda questão da Atividade Cartão Fractal Degraus.

Questão 2: Observe o fractal degraus. Como você descreveria o processo de construção?

Fonte: Guedes (2023)

Como apresentado no quadro 3, a seguir, um aluno considerou interessante, pois conforme o processo de construção é repetido, é alterada a escala dos degraus. Outro afirmou que gostou da construção dos fractais e registrou aspectos importantes da arte, da matemática e da informática dentre as quais destacamos a identificação da característica tridimensional, a proporção e a autossimilaridade bem como a associação da ideia da sequência e do processo de construção como um algoritmo. Outro aluno respondeu que teve um pouco de dificuldade no início, mas quanto mais iterações fazia, mais fácil ficava a compreensão do padrão. Ele destacou ainda que, com o passar dos níveis, fica mais difícil manter a precisão das medidas.

Quadro 3 - Respostas da segunda questão - Atividade Fractal Degraus.

<i>É interessante ver como o processo se repete, apenas mudando a escala com que é feito, consequentemente aumentando a dificuldade conforme a escala diminui.</i>
<i>Gostei muito de construir o fractal, achei uma coisa interessante. Arte: elementos visuais, ponto, tridimensionalidade Matemática: ângulo, geometria, proporção, alta similaridade Informática: padrão, lógica e algoritmo.</i>
<i>Difícil de compreender no início, mas quanto mais passos você faz, mais fácil é enxergar e repetir o padrão. Até que você atinge um limite de detalhes onde 1 milímetro já pode deixar a estrutura torta, além de em tal escala as camadas de papel ficam grossas demais para recortar. (Proporção, geometria, medidas, pontos, segmentos de reta, perspectiva, recursão)</i>
DESCRIÇÃO DAS RESPOSTAS COM CORREÇÃO ORTOGRÁFICA I. É interessante ver como o processo se repete, apenas mudando a escala com que é feito, consequentemente, aumenta a dificuldade conforme a escala diminui. II. Gostei muito de construir o fractal, achei uma coisa interessante. Arte: elementos visuais, ponto, tridimensionalidade. Matemática: ângulo, geometria, proporção, autossimilaridade. Informática: padrão, lógica e algoritmo. III. Difícil de compreender no início, mas quanto mais passos você faz, mais fácil é enxergar e repetir o padrão. Até que você atinge um limite de detalhes onde um milímetro já pode deixar a estrutura torta, além de em tal escala as camadas de papel ficarem grossas demais para recortar (Proporção, geometria, medidas, pontos, segmentos de reta, perspectiva, recursão).

Fonte: Guedes (2023)

As respostas dos alunos revelam a identificação de que, assim como no estudo dos algoritmos da informática, o fractal de degraus é regido por padrões. Identificaram, ainda, na construção os aspectos ligados à harmonia, estética e beleza pertinentes à disciplina de Artes. Também relataram sobre padrões, escalas e sequências, como ocorre na disciplina de matemática. Assim, a cada corte e dobradura, novas formas surgiam em escala menor.

Na terceira questão (quadro 4), foi pedido aos alunos para observarem a construção do fractal Degraus e verificarem elementos que estão presentes na arte e na matemática, como simetrias, padrões geométricos, paralelismo, perpendicularidade e reflexão, além de identificarem as características presentes no processo de criação desse padrão fractal.

Quadro 4 - Terceira questão da Atividade Cartão Fractal Degraus.

Questão 3: Na construção dos fractais utilizamos elementos presentes na arte e na matemática. Quais desses elementos você consegue identificar no processo de criação desse padrão fractal? Além desses elementos, você consegue relacionar com outros? Quais?

Fonte: Guedes (2023)

Como pode ser visto no quadro 5, após destacar as ferramentas utilizadas na construção do cartão, um aluno ressaltou que o cartão fractal é construído a partir de um padrão repetitivo e constante e o relacionou com um jogo em que a cada fase fica mais difícil de prosseguir, além

da ideia de infinitude. Outro aluno descreveu que consegue perceber perspectiva, segmento de reta, luz e sombra, cores, formas, tridimensionalidade, padrão, lógica, recursão, semelhança de figuras e congruências entre os segmentos de reta. Um terceiro aluno também destacou que o padrão fractal formado é tridimensional e que consegue relacionar com o mundo, pois assim como no cotidiano, percebe a presença de elementos geométricos.

Quadro 5 - Respostas da terceira questão da Atividade Cartão Fractal Degraus.

<i>Repetitivo, mais constante, como um jogo infinito que fica cada vez mais difícil de passar</i>
<i>Perspectiva, segmento de reta, luz e sombra, cores, formas, tridimensionalidade, padrão, lógica, recursão, semelhança de figuras; os segmentos de reta possuem o mesmo tamanho.</i>
<i>as formas geométricas como elemento da matemática e uma ilusão 3D de elemento artístico.</i> <i>Sim, consigo relacionar com o mundo, pois, usando a técnica conseguimos fabricar vários elementos do nosso dia a dia.</i>
DESCRIÇÃO DAS RESPOSTAS COM CORREÇÃO ORTOGRÁFICA I. Repetitivo, mais constante, como um jogo infinito que fica cada vez mais difícil de passar [de fase]. II. Perspectiva, segmento de reta, luz e sombra, cores, formas, tridimensionalidade, padrão, lógica, recursão, semelhança de figuras; os segmentos de reta possuem os mesmos tamanhos. III. As formas geométricas como elemento da matemática e uma ilusão 3D de elemento artístico. Sim, consigo relacionar com o mundo, pois, usando a técnica conseguimos fabricar vários elementos do nosso dia a dia.

Fonte: Guedes (2023)

Nas respostas descritas, percebemos que os alunos estabeleceram conexões entre o Fractal Degraus e o cotidiano, destacando a tridimensionalidade e a infinitude. Pensando nas características de autossimilaridade e complexidade infinita, foi possível perceber que, mesmo informalmente, os alunos identificaram essas características ou falaram das semelhanças entre os níveis e da infinitude das fases, como em um jogo. Essa é uma das vantagens de se trabalhar com materiais manipuláveis, pois o fato de termos construído um origami arquitetônico atribui a este padrão fractal o efeito 3D e a ideia de profundidade. Nesse tipo de origami, “[...] uma figura bidimensional transforma-se em tridimensional através da manipulação de cortes e dobra, sendo uma fusão do desenvolvimento das artes do origami” (Ueno; Caldeira, 2001, p.66).

Na quarta questão foi pedido aos alunos para descreverem o processo de iteração do padrão fractal em estudo, utilizando elementos listados no item anterior (quadro 6).

Quadro 6 - Quarta questão da Atividade Cartão Fractal Degraus.

Questão 4: De que maneira poderíamos descrever o processo de iteração desse padrão fractal, utilizando nessa descrição os elementos listados no item anterior?

Fonte: Guedes (2023)

Um aluno percebeu que o cartão se parece com uma escada construída a partir de formas geométricas planas resultando em uma tridimensional, enfatizando que, sem a geometria, seria impossível criar um fractal. Outro aluno notou que o processo de iteração poderia ser feito infinitamente seguindo a mesma sequência e que, devido à autossimilaridade, teríamos degraus cada vez menores e proporcionais. Um terceiro aluno descreveu que a construção é um processo gradativo e proporcional, utilizando medidas corretas (quadro 7).

Quadro 7 - Respostas da quarta questão da Atividade Cartão Fractal Degraus.

Quando olhamos para o fractal, percebemos que se parece muito com uma escada, utilizando o exemplo que dei anteriormente que podemos criar formas muito parecidas com objetos do dia a dia. R2: Bom sem a geometria e vários outros fatores, não conseguiríamos fazer a construção do fractal. R3: Que na criação do padrão fractal, usamos as formas geométricas presentes para a criação de uma figura tridimensional.
Um processo, que em situações ideais, poderia ser repetido infinitas vezes para infinito níveis de detalhes e auto-similaridade, cada vez tendo cópias menores e menores, mas proporcionais e morfologicamente idênticas. (Utilização do tridimensional, de formas geométricas e de medidas).
Poderíamos descrever como um processo gradativo, que é escalarmente proporcional, utilizando a medida para obter o resultado mais próximo possível quando realizado fisicamente, a tesoura é utilizada para o efeito 3D, e o lápis para auxiliar a iteração.
DESCRIÇÃO DAS RESPOSTAS COM CORREÇÃO ORTOGRÁFICA I. Quando olhamos para o fractal, percebemos que se parece muito com uma escada, utilizando o exemplo que dei anteriormente que podemos criar formas muito parecidas com objetos do dia a dia. R2: Bom sem a geometria e vários outros fatores, não conseguiríamos fazer a construção do fractal. R3: Que na criação do padrão fractal, usamos as formas geométricas presentes para a criação de uma figura tridimensional. II. Um processo que, em situações ideais, poderia ser repetido infinitas vezes para infinito níveis de detalhes e autossimilaridade, cada vez tendo cópias menores e menores, mas proporcionais e morfologicamente idênticas (Utilização do tridimensional, de formas geométricas e de medidas). III. Poderíamos descrever como um processo gradativo, que é proporcional, utilizando a medida para obter o resultado mais próximo possível quando realizado fisicamente, a tesoura é utilizada para efeito 3D, e o lápis para auxiliar a iteração.

Fonte: Guedes (2023)

A quinta questão (quadro 8) discute as sensações que a observação pode nos trazer.

Quadro 8 - Quinta questão da Atividade Cartão Fractal Degraus.

Questão 5: O trecho "A partir de um ponto podemos traçar uma linha. A linha é uma sequência de pontos. Essa linha deve ser entendida como força e direção e não apenas como linha de contorno. Isso quer dizer que as linhas direcionam o nosso olhar diante da imagem. Assim, elas também podem gerar sensações psicológicas como paz, agitação, etc." (Fonte: <http://www.falandodeartes.com.br/2016/03/os-elementos-visuais-ponto-linha-forma.html>). Na construção do padrão fractal degraus, várias linhas são traçadas, que na matemática, quando retas, são chamadas de segmentos.

a) Descreva a sensação que a criação do cartão fractal degraus te traz.

b) Após pronto, ao contemplar a figura criada, quais sensações você descreveria?

Fonte: Guedes (2023)

No item “a” foi solicitado que os alunos descrevessem a sensação que tiveram ao criar o cartão fractal degraus. Um deles descreveu que a construção do cartão lhe trouxe a percepção de infinito, o que lhe deixou pensativo, enfatizando as dificuldades humanas de lidar com a infinitude. Outro aluno se sentiu desafiado, mas sentiu as dificuldades iniciais darem espaço para uma sensação de satisfação oriunda da conquista de conseguir realizar mais um nível do padrão. Um terceiro aluno afirmou que realizar a construção fez com que ele se sentisse relaxado ao se entreter com a construção e apreciar a beleza do que era formado (quadro 9).

Quadro 9 - Respostas do item “a” da quinta questão da Atividade Cartão Fractal Degraus.

Traz uma sensação pensativa, pois se continuarmos a construir, podemos repetir o processo infinitamente, o que assemelha à outras coisas que fogem do entendimento humano, afinal não conseguimos lidar com o infinito.
Frustração e confusão no começo, por causa da dificuldade de me localizar na figura e seguir os passos, mas a cada interação completa era um sentimento de conquista, por mais difícil que fosse a próxima iteração que iria exigir medições mais precisas e cortes/dobraduras mais precisos.
Simplicidade, você acaba por esquecer outras coisas e foca apenas em fazer algo bonito e divertido, é bem relaxante.
DESCRIÇÃO DAS RESPOSTAS COM CORREÇÃO ORTOGRÁFICA I. Traz uma sensação pensativa, pois se continuarmos a construir, podemos repetir o processo infinitamente, o que assemelha à outras coisas que fogem do entendimento humano, afinal não conseguimos lidar com o infinito. II. Frustração e confusão no começo por causa da dificuldade de me localizar na figura e seguir os passos, mas a cada interação completa era um sentimento de conquista, por mais difícil que fosse a próxima iteração que iria exigir medições mais precisas e cortes/dobraduras mais precisos. III. Simplicidade, você acaba por esquecer outras coisas e foca apenas em fazer algo bonito e divertido, é bem relaxante.

Fonte: Guedes (2023)

As respostas dos alunos para o item “a” dessa questão revelaram que a arte foi capaz de provocar sensações e reflexões. Assim como diante de uma obra de arte, diversas e distintas sensações são provocadas em quem as realiza ou observa. Ao elaborar um cartão fractal a preocupação com a forma dos objetos representados está diretamente relacionada ao seu equilíbrio ou à instabilidade, algo que tem relação direta com o entendimento do padrão geométrico e artístico. A cor atua como elemento agregador e é o toque final da composição artística que também possui qualidade emotiva. Por isso, na construção dos cartões optamos por utilizar papéis com cores vivas e vibrantes sobrepostas a uma folha preta usada para dar a ideia de tridimensionalidade.

A arte é movida pelos sentimentos de seus criadores em um processo de experimentação em suas criações, utilizando técnicas, estilos e movimentos. Segundo Figueiredo e González (2019), a arte possui as funções de ensinar, comover e agradar ou dar prazer. Outra percepção dos alunos participantes da pesquisa foi a sensação de infinitude do cartão fractal construído. De fato,

[...] a percepção de infinito está subjacente aos objetos fractais, pois estes são obtidos no limite de um processo de construção que se repete indeterminadamente e como tal, temos necessidade de atribuir um limite ao nosso campo de visão. Para os olhos da mente, um fractal é uma maneira de entrever o infinito (Arantes *et al.*, 2014, p. 12).

E a ideia de infinito é basilar para as três disciplinas envolvidas neste trabalho interdisciplinar. A Arte, a Informática e a Matemática se apoderam do infinito para representar algo sem limites ou fronteiras definidas.

Na arte, o infinito pode ser entendido de forma literal ou simbólica e pode representar uma sensação de espaço, tempo, continuidade, inovação, complexidade ou abstração. Na informática, ele nos lembra o *loop*, uma estrutura de programação que continua executando um conjunto de instruções repetidamente sem parar, de maneira contínua e sem fim, a menos que seja interrompido. Na matemática, ele representa um conceito abstrato que expressa a ideia de que algo não tem fim ou limite, percepção fundamental para a compreensão das séries infinitas, conjuntos infinitos e operações matemáticas envolvendo limites. Essas possibilidades interpretativas nos levam a compreender que a complexidade infinita dos padrões fractais certamente provoca reflexões interdisciplinares.

Após a construção do cartão Fractal Degraus, foi solicitado aos alunos, no item “b”, que contemplassem a figura e falassem sobre as sensações que tiveram. Eles relataram felicidade, curiosidade, surpresa, reconforto, mas também incompreensão e desapontamento. Percebemos

que se, por um lado, construir um fractal bonito e robusto permite que boas sensações sejam afloradas, por outro, não conseguir construir todos os níveis esperados pode gerar sensações ruins (quadro 10).

Quadro 10 - Respostas do item “b” da quinta questão da Atividade Cartão Fractal Degraus.

Felicidade, curiosidade, surpresa, incompreensão. Surpreso por ter conseguido fazer 3 camadas e como simples cortes e dobraduras no papel podem fazer uma figura tão interessante, além de curiosidade para saber que outros tipos de fractais podem ser feitos em uma folha de papel. Satisfação, consegui fazer o proposto de maneira reconfortante, mesmo passando dificuldades, também fiquei um pouco desapontado por não conseguir repetir o padrão mais 1 ou 2 vezes; no geral eu fiquei "querendo mais" por assim dizer.
DESCRIÇÃO DAS RESPOSTAS COM CORREÇÃO ORTOGRÁFICA I. Felicidade, curiosidade, surpresa, incompreensão. II. Surpreso por ter conseguido fazer três camadas e como simples cortes e dobraduras no papel podem fazer uma figura tão interessante, além de curiosidade para saber que outros tipos de fractais podem ser feitos em uma folha de papel. III. Satisfação, consegui fazer o proposto de maneira reconfortante, mesmo passando dificuldades, também fiquei um pouco desapontado por não conseguir repetir o padrão mais uma ou duas vezes, mas, no geral eu fiquei querendo mais por assim dizer.

Fonte: Guedes (2023)

Assim, encerramos a atividade do Cartão Fractal Degraus e iniciamos a construção do Cartão Fractal Triângulo de Sierpinski (figura 4).

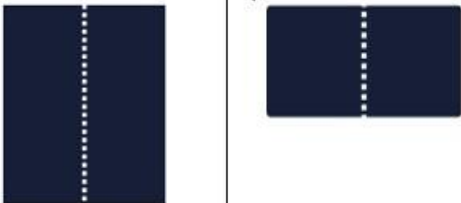
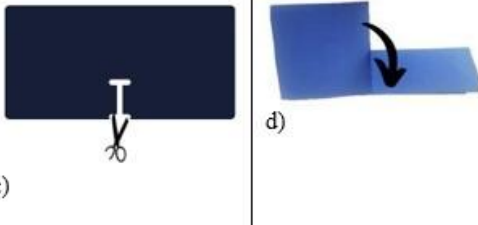
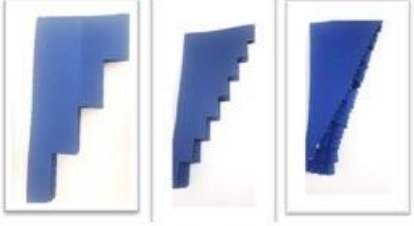
Figura 4 - Alunos construindo o Padrão Fractal Triângulo de Sierpinski .



Fonte: Guedes (2023)

Na primeira questão foi proposta a construção do Padrão Fractal Triângulo de Sierpinski utilizando tesoura, lápis, régua, fita adesiva dupla-face ou cola, papel cartão ou outro de gramatura 185 g/m². Seguimos os passos descritos no quadro 11.

Quadro 11 - Primeira questão da Atividade Cartão Fractal Triângulo de Sierpinski.

Questão 1. Vamos construir o cartão fractal Triângulo de Sierpinski. Para confeccioná-lo, vamos precisar de tesoura, lápis, régua, fita adesiva dupla-face ou cola, papel cartão ou outro de gramatura 185 g/m². Siga os passos: a) Este fractal é composto por triângulos equiláteros. Para fazer o primeiro nível, vamos construir o primeiro e maior triângulo, cuja altura é a mesma do lado maior do papel. Dobre a folha ao meio horizontalmente fazendo um vinco, no lado maior, como indicado na figura abaixo. b) Novamente, dobre sutilmente o papel ao meio, no outro sentido, marcando o meio. c) Com a folha dobrada ao meio na vertical, faça um corte até a metade da largura, conforme a figura. d) Dobre um dos retângulos formado para cima, fazendo um vinco na dobra (nos dois lados). e) Os próximos níveis serão obtidos nos dois retângulos (dobrados) formados no cartão. Para isso, repetimos os passos do b ao d. Abra o cartão, e vire as partes cortadas para fora. Para obter mais níveis, repita o processo enquanto for possível.			
a)	b)	c)	d)
			
e)		Figura Final	
			

Fonte: Guedes (2023)

O Triângulo de Sierpinski possui a mesma aparência em diferentes escalas, o que implica que seu processo de construção seja de repetidas subdivisões. Com forma tridimensional, o padrão repetitivo emerge de forma impressionante, resultando em uma estrutura geométrica complexa e interessante. Na nossa experiência, essas características contribuíram para que os alunos estivessem envolvidos ao longo da construção.

No desenvolvimento desse fractal, alguns alunos tiveram dificuldades. Alguns fizeram cortes errados e precisaram recomeçar com outro papel. Contudo, no momento em que os alunos entenderam o processo de construção do fractal conseguiram prosseguir com as atividades.

Se comparado à construção do Cartão Fractal anterior, os alunos mostraram mais habilidade com os materiais manipuláveis, pois eles fazem com que o estudante possa tocar, sentir, manipular e movimentar os objetos, o que exerce um papel importante na aprendizagem. Além disso, esses materiais facilitam a observação, a análise e o desenvolvimento do raciocínio lógico, crítico e científico, fundamental para o ensino experimental e excelente para auxiliar o aluno na construção de seus conhecimentos (Lorenzato, 2006).

Na segunda questão foi solicitado que os alunos observassem o Cartão Fractal e descrevessem o processo de construção (quadro 12).

Quadro 12 - Segunda questão da Atividade Cartão Fractal Triângulo de Sierpinski.

Questão 2. Observe o fractal triângulo de Sierpinski. Como você descreveria o processo de construção?

Fonte: Guedes (2023)

Um aluno destacou características pertinentes a cada disciplina como: escala geometria e autossimilaridade para matemática, proporção, cor e emoção para Artes e algoritmo para Informática. Um segundo aluno citou as ferramentas necessárias para construção do cartão e identificou conceitos vistos na elaboração como intercessão entre as linhas e formas geométricas. Outro aluno enfatizou que, para perceber a projeção oriunda das características tridimensionais do fractal, foi preciso observar a construção de cima (quadro 13).

Quadro 13 - Respostas da segunda questão da Atividade Cartão Fractal Triângulo de Sierpinski.

Matemática: Escala, Geometria, autossimilaridade. Artes: Proporção, cor e intercessão de emoção. Informática: Algoritmo de construção.
Um processo que utiliza ferramentas artísticas como: tesoura, cola, papel. E ferramentas ou conceitos geométricos como: régua para medição, análise de comprimento e intercessão de linhas (segmentos de reta), formas geométricas, etc.
O processo de construção envolveu conceitos como: proporção, assim como no anterior todos os segmentos possuem a mesma medida de acordo com as medidas somadas. Um detalhe a destacar é que para esse fractal é necessário uma base, pois dependendo de que angulação você olha essa "base" fica visível e para entender a projeção o indicado é olhá-lo de cima.
DESCRIÇÃO DAS RESPOSTAS COM CORREÇÃO ORTOGRÁFICA I. Matemática: Escala, geometria, auto similaridade; Artes: Proporção, cor e de emoções; Informática: Algoritmos e construções. II. Um processo que utiliza ferramentas artísticas como: tesoura, cola, papel. E ferramentas ou conceitos geométricos como: régua para medição, análise de comprimento e intercessão de linhas (segmentos de reta) forma geométricas e etc. III. O processo de construção envolveu conceitos como: proporção, assim como no anterior todos os segmentos possuem a mesma medida de acordo com as medidas somadas. Um detalhe a destacar é que para esse fractal é necessária uma base, pois dependendo de que angulação você olha essa "base" fica visível e para entender a projeção o indicado é olhá-lo de cima.

Fonte: Guedes (2023)

Nas falas dos alunos, podemos notar que todos destacam diretamente as características geométricas da construção ou citam entes geométricos como os segmentos. A geometria é algo que se destaca na construção do Cartão Fractal e desempenha um papel significativo na Arte por oferecer um conjunto de princípios e ferramentas para criar composições visualmente agradáveis e equilibradas.

[...] algumas áreas da Matemática, como a Geometria, possibilitam o surgimento de prazer e gozo que merecem ser explorados pelos educadores. Assim são as situações de contemplação de aspectos harmoniosos ou de contrastes na Arte, na pintura ou arquitetura, o na própria natureza. A visualização de simetrias, por exemplo, é um fator poderoso para sentir o belo (Barbosa, 2005, p. 13).

Os alunos também destacaram a proporção na arte e os algoritmos na informática, conceitos que são primordiais na matemática. A interdisciplinaridade, no contexto escolar, permite que os indivíduos explorem um tópico de diferentes perspectivas, o que ajuda a compreender a pluralidade e a complexidade dos problemas, contribuindo para percepção de características generalistas, amplas e profundas.

A proporção, por exemplo, é utilizada na Arte para criar harmonia e equilíbrio na composição, além de ser relevante para criar diferentes efeitos visuais, como a sensação de movimento ou de estabilidade. Na Matemática, por sua vez, a proporção envolve a relação entre quantidades ou grandezas. Ela descreve a comparação entre as partes de um todo ou entre diferentes elementos.

O mesmo ocorre com o conceito de algoritmos que, na informática, está relacionado à sequência de passos que descrevem a realização de uma tarefa específica, e são essenciais na programação de computadores. Na matemática, os algoritmos apresentam um conjunto de regras e procedimentos bem definidos que descrevem como realizar uma tarefa ou resolver um problema específico.

Esses e outros conteúdos interdisciplinares abordados na pesquisa ajudaram os estudantes a conectar conceitos de forma abrangente e a aplicá-los em situações do cotidiano. É nesse sentido que a interdisciplinaridade prepara os alunos para enfrentarem desafios complexos e desenvolverem habilidades de pensamento crítico. Assim, as atividades foram desenvolvidas possibilitando que os alunos apreciassem as formas dos Padrões Fractais em suas várias linguagens, desenvolvendo tanto a fruição, quanto à análise estética.

A interdisciplinaridade tem a essência de conectar o indivíduo com a ciência que embasa as diversas disciplinas. Entendemos, portanto, a interdisciplinaridade como a mútua *integração de várias ciências, minimizando as fronteiras que, historicamente, foram estabelecidas entre*

elas (Frigotto, 2010). Assim, quando ocorre na sala de aula, a interdisciplinaridade integra duas ou mais disciplinas, colaborando para que o conhecimento seja realizado se conectando às demais de forma crítica e estimuladora. Ao explorar esses padrões, é possível gerar uma expansão de ideias que contribuem para a construção de um conhecimento com caráter interdisciplinar.

Na terceira questão foi pedido aos alunos para observarem a utilização de elementos presentes na Arte e na Matemática. Foi solicitado também que descrevessem os elementos identificados no processo de criação desse padrão fractal (quadro 14).

Quadro 14 - Terceira questão da Atividade Cartão Fractal Triângulo de Sierpinski.

Questão 3: Na construção dos fractais, utilizamos elementos presentes na arte e na matemática, como simetrias, padrões geométricos, paralelismo, perpendicularidade e reflexão. Quais elementos você consegue identificar no processo de criação desse padrão fractal?

Fonte: Guedes (2023)

Os alunos observaram elementos da arte como a combinação de cores, os padrões, a tridimensionalidade, a harmonia, os segmentos de reta, os ângulos, as proporções, os pontos, a simetria, as pirâmides, a profundidade, dentre outros (quadro 15).

Quadro 15 - Respostas da terceira questão da Atividade Cartão Fractal Triângulo de Sierpinski.

fractal? contraste na seleção de cores, padrões visuais que satisfazem o olhar, tridimensionalidade, harmonia.
Segmentos de reta, formas geométricas, medidas, ângulos, proporções, na matemática. Pontos, cores, efeito tridimensional na arte.
Elementos artísticos como: cores, padrão, harmonia e contraste. E elementos matemáticos / geométricos como: pontos, linhas, triângulos, pirâmides, composição, simetria, perspectiva, profundidade (tridimensionalidade).
DESCRIÇÃO DAS RESPOSTAS COM CORREÇÃO ORTOGRÁFICA I. Contraste na seleção de cores, padrões visuais que satisfazem o olhar, tridimensionalidade, harmonia. II. Segmentos de reta, formas geométricas, medidas, ângulos, proporções, na matemática. Pontos, cores, efeito tridimensional na arte. III. Elementos artísticos como: cores, padrão, harmonias e contraste. E elementos matemáticos, geométricos como: pontos, linhas, triângulos, pirâmides, composição, simetria, perspectiva, profundidade (tridimensionalidade).

Fonte: Guedes (2023)

Na quarta questão foi pedido aos alunos para descreverem a maneira em que acontece o processo de iteração desse fractal, utilizando, nessa descrição, os elementos listados no item anterior (quadro 16).

Quadro 16 - Quarta questão da Atividade Cartão Fractal Triângulo de Sierpinski.

Questão 4: De que maneira poderíamos descrever o processo de iteração desse padrão fractal, utilizando, nessa descrição, os elementos listados no item anterior?

Fonte: Guedes (2023)

Nessa questão, um aluno observou que o processo de construção do cartão fractal poderia ser feito várias vezes, repetitivamente, porém com escalas menores, ressaltando a ideia da complexidade infinita e de autossimilaridade. Outro aluno comentou que o primeiro nível do cartão seria o início do padrão e que, a partir dele, haveria uma repetição em escalas menores, até não ser mais possível avançar nos níveis devido às limitações da realização de uma construção com material manipulável. Um terceiro aluno destacou a simetria e a reflexão presentes no cartão fractal por meio de suas formas geométricas, padrões, ângulos e triângulos (quadro 17).

Quadro 17 - Respostas da quarta questão da Atividade Cartão Fractal Triângulo de Sierpinski.

Um processo que, em condições ideais, poderia ser repetido infinitas vezes, criando figuras cada vez menores e morfologicamente idênticas, mantendo uma proporção e concedendo auto-similaridade.
O 1º nível se forma sendo o maior e a partir dele forma-se teoricamente iguais, mas em uma proporção menor. A formação desse processo se repete até que não consigo mais fazer as repetições.
A simetria está presente por termos vários padrões iguais, os padrões geométricos e auto-explicativos já que temos vários triângulos equiláteros, perpendicularidade porque temos ângulos de 90° e a reflexão é presente já que temos uma reflexão das formas geométricas.
DESCRIÇÃO DAS RESPOSTAS COM CORREÇÃO ORTOGRÁFICA I. Um processo que, em condições ideais, poderia ser repetido infinitas vezes, criando figuras cada vez menores e morfologicamente idênticas, mantendo uma proporção e concedendo a auto similaridade. II. O primeiro nível se forma sendo o maior e a partir dele forma teoricamente iguais, mas em proporção menor se forma e esse processo se repete até que não consigo mais fazer as repetições. III. A simetria está presente por termos vários padrões iguais, os padrões geométricos são autoexplicativos que temos vários triângulos equiláteros, perpendicularidade porque temos ângulos de 90° e a reflexão é presente, já que temos uma reflexão das formas geométricas.

Fonte: Guedes (2023)

Na questão seguinte (quadro 18), foi solicitado aos alunos que fizessem considerações sobre o padrão fractal Triângulo de Sierpinski.

Quadro 18 - Quinta questão da Atividade Cartão Fractal Triângulo de Sierpinski.

Questão 5: Sobre o padrão fractal Triângulo de Sierpinski:

a) Descreva a sensação que a criação do cartão fractal te traz.

b) Após pronto, ao contemplar a figura criada, quais sensações você descreveria?

Fonte: Guedes (2023)

Inicialmente, foi solicitado que descrevessem a sensação que a criação do cartão fractal trazia e os alunos expressaram diferentes opiniões. Um descreveu que achou o Triângulo de Sierpinski mais difícil de ser criado do que o Degraus. Outro disse que foi formada uma imagem interessante e agradável, mas que, inicialmente, o fez se sentir frustrado por ter errado na construção. Um terceiro aluno relatou que realizar a construção foi uma experiência agradável que lhe trouxe calma e prazer. No entanto, também relatou que a figura tinha dobraduras em excesso, o que lhe causou certo desconforto (quadro 19).

Quadro 19 - Respostas do item a da quinta questão da Atividade Cartão Fractal Triângulo de Sierpinski.

me deu um pouco de agonia por ser uma experiência diferente e por ser mais difícil que a anterior.
interessante e agradável, tirando a parte que eu errei um cartãozinho e tive que recomeçar do zero, aquilo foi frustrante.
Novamente, foi uma sensação de calma, prazer. Mas eu senti que eu especialmente um leve desconforto quanto ao excesso de dobraduras sem necessidade.
DESCRIÇÃO DAS RESPOSTAS COM CORREÇÃO ORTOGRÁFICA I. Me deu um pouco de agonia por ser uma experiência diferente e por ser mais difícil que a anterior. II. Interessante e agradável, tirando a parte que eu errei um cartãozinho e tive que recomeçar do zero, aquilo que foi frustrante. III. Novamente, foi uma sensação de calma, prazer, mas eu senti especialmente um leve desconforto quanto ao excesso de dobraduras sem necessidade.

Fonte: Guedes (2023)

Embora esse aluno tenha afirmado que essas dobraduras eram sem necessidade, na verdade, eram necessárias para a precisão das construções auxiliares. Marcar o meio de um segmento, por exemplo, é algo que, na perspectiva de alguns alunos, é possível fazer sem medições. Contudo, sem instrumentos, a dobradura fica imprecisa, o que pode acarretar em erros significativos na construção final. Assim, o uso de instrumentos de construção geométrica é crucial para determinar o equilíbrio ou a instabilidade de uma figura geométrica. Concordamos que

[...] as Construções Geométricas [...] representam uma excelente forma de retomar conceitos que os alunos já conhecem, além de servir como ferramenta para introduzir novos conceitos geométricos, ensinar a forma correta do traçado das figuras, utilizar corretamente os instrumentos de desenho e desenvolver a percepção geométrica nos objetos e formas (Marca, 2015, p. 111).

No item “b” dessa questão, pedimos que os alunos contemplassem o cartão fractal Triângulo de Sierpinski e falassem sobre as sensações que sentiram. Um aluno afirmou que se sentiu satisfeito e orgulhoso do próprio trabalho. Ele pondera também que achou o cartão bonito, mas ficou um pouco chateado pois, como errou os cortes na construção, precisou mudar de papel e não pode finalizar o cartão com as cores desejadas. Um segundo aluno expressou satisfação por conseguir fazer vários níveis do cartão e um terceiro relatou que achou a experiência legal, interessante e diferente (quadro 20).

Quadro 20 - Respostas do item “b” da quinta questão da Atividade Cartão Fractal Triângulo de Sierpinski.

Orgulho, pois além de ter ficado bem bonito e sem partes amassadas eu consegui fazer meu próprio padrão de repetição acima da dobradura base. E um pouco de culpa porque perdi a última folha ciano com um corte errado e tive que mudar para uma folha branca.
Volto a destacar a satisfação em vê-lo com níveis avançados, mostrando cada vez mais o quanto podemos ir além do considerável “aceitável”, conseguir cada vez mais ir além do sentimento de orgulho.
Muito legal, uma experiência diferente.
DESCRIÇÃO DAS RESPOSTAS COM CORREÇÃO ORTOGRÁFICA I. Orgulho, pois além de ter ficado bem bonito e sem partes amassadas eu consegui fazer meu próprio padrão de repetição acima da dobradura base. E um pouco de culpa, porque perdi a última folha ciano com um corte errado e tive que mudar para uma folha branca. II. Volto a destacar a satisfação em vê-lo com níveis avançados, mostrando cada vez mais o quanto podemos ir além do considerável “aceitável”, conseguir cada vez mais ir além do sentimento de orgulho. III. Muito legal, uma experiência diferente.

Fonte: Guedes (2023)

A construção do cartão fractal degraus mobiliza elementos como movimento, combinação de cores, simetria, harmonia e forma. Após sua construção, o mesmo se torna uma obra de arte singular, pois o objeto transmite ideias, sentimentos e interpretações pertinentes a cada aluno, revelando uma visão sensível e criativa.

Conclusões

Este artigo objetivou discutir as contribuições da exploração estética interdisciplinar dos padrões fractais com materiais manipuláveis para os alunos participantes da pesquisa. Consideramos que o objetivo proposto foi alcançado, pois evidenciamos que a investigação dos Padrões Fractais, envolvendo as disciplinas de Informática, Artes e Matemática, contribuiu para que os alunos pudessem ter uma compreensão globalizada de padrões, infinitude e tridimensionalidade, aguçando a capacidade de análise estética e contribuindo para a construção de conhecimentos pertinentes às disciplinas envolvidas.

Os materiais manipuláveis, por sua vez, contribuíram para tornar atraente o estudo dos padrões fractais, dando ao aluno autonomia e criatividade na construção do conhecimento.

Quanto aos padrões fractais, foi possível identificar que as propriedades de autossimilaridade e de complexidade infinita proporcionaram a contemplação da estética nas harmonias, proporções e simetrias presentes nas regularidades desses padrões. Concluímos, portanto, que a abordagem dos padrões fractais contribuiu para a formação cidadã crítico-reflexiva dos alunos, colaborando para que refletissem sobre o papel de cada indivíduo na sociedade e no mundo.

Por meio da interdisciplinaridade, as propostas curriculares das disciplinas integradas contribuíram ainda para que os alunos desenvolvessem competências e habilidades comuns aos componentes escolares, como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração (Brasil, 2018). Por meio da integração de disciplinas, foi possível realizar uma experiência que permitiu que os alunos entendessem a relevância do que aprenderam em contextos do mundo real, além de tornar o aprendizado mais envolvente e significativo. Nesse sentido, afirmamos que a relação entre currículo e interdisciplinaridade enriqueceu a experiência de aprendizagem dos alunos, preparando-os melhor para enfrentar os desafios complexos cotidianos.

Referências

ARANTES, Matheus Garcia; COSTA, Victor Hugo Hott; CARDOSO, Hudá Augusto; HARTMANN, Ângela Maria. Fractais: a complexidade e a auto-semelhança dos padrões geométricos representadas com materiais concretos e tecnologia computacional. *In*: 2º Encontro Nacional Pibid Matemática, **Anais**. Santa Maria, 2014. Disponível em: http://w3.ufsm.br/ceem/eiemat/Anais/arquivos/ed_4/MC/MC_2_Angela_Hartmann.pdf. Acesso em: 05 mar. 2022.

ARAUJO, Hellen Gregol. A (RE)ESTRUTURAÇÃO CURRICULAR DO ENSINO MÉDIO NO RIO GRANDE DO SUL: desafios de realizar práticas interdisciplinares em contextos disciplinares. **Revista Espaço do Currículo**, João Pessoa, v. 10, n. 3, p. 494–508, 2017. DOI: 10.15687/rec.v10i3.28614. Disponível em:

<https://periodicos.ufpb.br/index.php/rec/article/view/rec.v10i3.28614>. Acesso em: 24 jul. 2024.

BARBOSA, Ruy Madsen. **Descobrimos a geometria fractal para a sala de aula**. 3. edição. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2005.

BRASIL. MEC. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASILEIRO, Tania Suely Azevedo; VELANGA, Carmen Tereza; COLARES, Maria Lília Imbiriba Sousa. Currículo e políticas públicas: reflexões pertinentes aos processos contemporâneos de formação e prática docente no contexto da interdisciplinaridade. **Revista Espaço do Currículo**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p.324-336, 2010. DOI: 10.15687/rec.v3i1.9095. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/rec/article/view/9095>. Acesso em: 24 jul. 2024.

CALDAS, Felipe Rodrigo; HOLZER, Denise Cristina; POPI, Janice Aparecida. A interdisciplinaridade em arte: algumas considerações. **Revista Nupeart**, Florianópolis, v.17, n.1, p. 160–171, 2017. DOI: 10.5965/2358092517172017160. Disponível em: <https://revistas.udesc.br/index.php/nupeart/article/view/9839>. Acesso em: 17 mar. 2022.

CAMACHO, Mariana Sofia Fernandes Pereira. **Materiais manipuláveis no processo ensino/aprendizagem da matemática**: aprender explorando e construindo. 2012.102f. Dissertação (Mestrado em Ensino da Matemática), Universidade da Madeira, Funchal. 2012. Disponível em: <https://digituma.uma.pt/bitstream/10400.13/373/1/MestradoMarianaCamacho.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2022.

ESTEPHAN, Violeta Maria. **Perspectivas e limites do uso de material didático manipulável na visão de professores de matemática do ensino médio**. 2000. 141 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

FARIA, Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho; MALTEMPI, Marcus Vinicius. Raciocínio proporcional na matemática escolar. **Revista Educação em Questão**, Natal, v. 58, n. 57, p.1-18, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/educacaoemquestao/article/view/20024>. Acesso em: 23 abr. 2022.

FARIA, Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho; MALTEMPI, Marcus Vinicius. Padrões fractais: conectando matemática e arte. **Eccos Revista Científica**, São Paulo, v. 1, p. 33-53, 2012. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/eccos/article/viewFile/3484/2268>. Acesso em: 30 abr. 2022.

FIGUEIREDO, José Glaucio Ferreira de; GONZÁLEZ, Daniel González. Arte-Educação e Aspectos históricos da Arte. **ID on Line. Revista de Psicologia**, [S. l.], v.13, n. 45, p. 1079-1102, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14295/online.v13i45.1811>. Disponível em: <https://online.emnuvens.com.br/id/article/view/1811>. Acesso em: 01 maio 2022.

FRIGOTTO, Gaudêncio. A INTERDISCIPLINARIDADE COMO NECESSIDADE E COMO PROBLEMA NAS CIÊNCIAS SOCIAIS. *Ideação*, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 41–62, 2010. DOI: 10.48075/ri.v10i1.4143. Disponível em: <https://e->

revista.unioeste.br/index.php/ideacao/article/view/4143. Acesso em: 12 ago. 2024.

GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar:** como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais. 8. ed. Rio de Janeiro: Record, 2004.

GUEDES, Tatiana Machado Resende. **CONTRIBUIÇÕES INTERDISCIPLINARES DA EXPLORAÇÃO ESTÉTICA DOS PADRÕES FRACTAIS.** 2023. 120 p. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2023.

JAPIASSU, Hilton. **Interdisciplinaridade e patologia do saber.** Rio de Janeiro, Imago, 1976.

LIMA, Eliane Peixoto de. **Kirigami no ensino de matemática.** 2019. 16f. Artigo Científico para aprovação do trabalho de conclusão de curso (TCC). Faculdade Educacional Lapa-Fael. Lapa, Paraná, 2019. Disponível em: https://matematicando.net.br/wp-content/uploads/2020/02/Eliane_Peixoto_.pdf. Acesso em: 16 maio 2022.

LORENZATO, Sergio. O laboratório de ensino de matemática na formação de professores. In: LORENZATO, Sergio (org). **Laboratório de ensino de matemática e materiais didáticos manipuláveis.** Campinas, SP: Autores Associados, 2006. p. 3-38.

LUCENA, Regilania da Silva. Laboratório de Ensino de Matemática: Jogos e Atividades. **Ebook.** PUC Minas. Belo Horizonte, 2017.

LUPTON, Ellen; PHILLIPS, Jennifer Cole. **Novos Fundamentos do Design.** São Paulo: Cosac Naify, 2008.

MARCA, Aline. **Construções Geométricas como Recurso Pedagógico nas Aulas de Matemática do Ensino Médio.** 2015. 124f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática - PROFMAT). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Pato Branco, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1692>. Acesso: 15 maio 2022.

MATOS, José Manuel; SERRAZINA, Maria de Lurdes. **Didáctica da Matemática.** Lisboa: 1996.

NACARATO, Adair Mendes. Eu trabalho primeiro no concreto. **Revista de Educação Matemática**, [S. l.], v.9, n. 9-10, p. 1-6, 2004-2005. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6253402/mod_resource/content/1/Nacarato_eu%20trabalho%20primeiro%20no%20concreto.pdf. Acesso em: 29 maio 2022.

PASSOS, Caroline Mendes. Etnomatemática: conhecimento que constrói sua existência nas fronteiras. **Educação Matemática em Revista (EMR)**, [S. l.], v. 23, n. 60, p. 30-42, 2018. Disponível em: <http://sbemrevista.kinghost.net/revista/index.php/emr/article/view/1253>. Acesso em: 01 jun. 2022.

PERAZZO, Luiz. Fernando; VALENÇA, Máslova. T. **Elementos da Forma**. Rio de Janeiro: Ed. Senac Nacional, 1997.

PIROLA, Daiani Lodete. **Um enfoque geométrico na prática de origami**. 2004. 67f. Monografia (Licenciatura em Matemática). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/96805/Daiani_Lodete%20Pirola.PDF?sequence=1. Acesso em: 14 jun. 2022.

PONTE, João Pedro; SERRAZINA, Lurdes. **Didática da Matemática no 1º Ciclo**. Universidade Aberta, 2000. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1825101/mod_resource/content/2/PONTE%2C%20J.%20SERRAZINA%2C%20M.%20de%20L.%20Did%C3%A1tica%20da%20Matem%C3%A1tica%20do%201%C2%BA%20Ciclo%20%28cap.%208%29.pdf. Acesso em: 27 jun. 2022.

RIZOLLI, Marcos. Estudos sobre Arte e Interdisciplinaridade. *In*: 16º Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisadores de Artes Plásticas Dinâmicas Epistemológicas em Artes Visuais, ANPAP, p. 914-924, Florianópolis, 2007. Disponível em: <https://anpap.org.br/anais/2007/2007/artigos/093.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2022.

ROQUE, Renata Dourado. **Padrões fractais, tecnologias digitais e interdisciplinaridade**. Relatório (Iniciação Científica em Educação Matemática) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023.

THIESEN, Juares da Silva. A interdisciplinaridade com um movimento articulador no processo de ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**. [S. l.], v. 13, n.39, p. 545–554, 2008. DOI: 10.1590/S1413-24782008000300010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/swDcnzst9SVpJvpx6tGYmFr/>. Acesso em: 07 jul. 2022.

TOMASSINI, Fabiane Pedrozo; RIBEIRO, Silvana; PEREIRA, Thiago Ingrassia. A interdisciplinaridade do pensamento educacional de Paulo Freire: uma obra conectiva. **Gavagai: Revista Interdisciplinar de Humanidades**, Erechim, v. 8, n. 1, p. 12-32, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36661/2358-0666.2021v8n1.12424>. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/GAVAGAI/article/view/12424>. Acesso em: 08 jul. 2022.

UENO, Thaís Regina; CALDEIRA, Marco Antonio Corbucci. Origami arquitetônico no ensino da geometria projetiva. **Revista Educação Gráfica**. Bauru, v. 5, p. 65-76, 2001.

SOBRE O/AS AUTOR/AS

Tatiana Machado Resende Guedes. Mestre em Educação pela Universidade Federal de Viçosa. Docente do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais. Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/9872447982593335>

Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho Faria. Doutora em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista. Docente da Universidade Federal de Viçosa. Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/2095094106106751>.

Como citar

GUEDES, Tatiana Machado Resende; FARIA, Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho.
EXPLORAÇÃO ESTÉTICA DE PADRÕES FRACTAIS COM MATERIAIS
MANIPULÁVEIS: aprendizagem numa abordagem interdisciplinar. **Revista Espaço
Currículo**, v. 19, n. 1, e68301, 2024. DOI: 10.15687/rec.v19i1.68301