

Recursos semióticos e competências STEAM em atividades de modelagem matemática

RESUMO

Karina Alessandra Pessoa da Silva

karinasilva@utfpr.edu.br

orcid.org/0000-0002-1766-137X

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina, Paraná, Brasil.

Juliana Aparecida Simão

julianasimao.1988@alunos.utfpr.edu.br

orcid.org/0009-0002-6703-9551

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina, Paraná, Brasil.

Ariely Aparecida Caruzo

arielycaruzo@alunos.utfpr.edu.br

orcid.org/0000-0003-2937-4877

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina, Paraná, Brasil.

Tatiane Cristine Pessoa

tatianepessoa@alunos.utfpr.edu.br

orcid.org/0000-0001-6880-1187

Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEDUC - SP), Lençóis Paulista, São Paulo, Brasil.

Neste artigo apresentamos resultados de uma pesquisa com o objetivo evidenciar como os recursos semióticos possibilitam o desenvolvimento de competências STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) em uma atividade de modelagem matemática. O quadro teórico que subsidiou nossa investigação está atrelado à modelagem matemática como uma alternativa pedagógica que pode possibilitar a integração entre as áreas do conhecimento da Educação STEAM, via recursos semióticos como meios escolhidos para a produção de signos. A análise qualitativa e de cunho interpretativo foi subsidiada nos registros escritos, nas transcrições de áudios e vídeos de uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública do interior do Paraná, em 2025. A partir da temática sugerida pela professora sobre a arborização de um lago da cidade, recursos semióticos foram mobilizados pelos alunos na busca de informações, via dados qualitativos e quantitativos em que competências STEAM de criatividade, pensamento crítico, comunicação e colaboração foram desenvolvidos. Os resultados indicaram que recursos semióticos atrelados à tecnologia foram cruciais no desenvolvimento das competências STEAM, principalmente a criatividade e o pensamento crítico, uma vez que os alunos, em grupos, discutiram aspectos relacionados à compra de mudas para arborização e projetaram, por meio de um software, uma simulação da disposição das árvores, após seu crescimento.

PALAVRAS-CHAVE: Educação STEAM. Semiótica Peirceana. Simulação. Tinkercad.

INTRODUÇÃO

A construção de conhecimento é uma temática recorrente entre pesquisadores da área de Educação. Com relação à construção do conhecimento matemático, as abordagens, em certa medida, se direcionam para as especificidades das atividades que são desenvolvidas na sala de aula, uma vez que os objetos matemáticos têm natureza simbólica e, com isso, o acesso é mediado por representações.

A semiótica, como ciência dos signos – das linguagens e das representações–, tem subsidiado investigações desenvolvidas no âmbito do Grupo de Estudo e Pesquisa em Modelagem Matemática, Investigação Matemática e Tecnologias (GEPMIT), vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática (PPGMAT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Esse arcabouço teórico tem sido empreendido, pois nos pautamos em Peirce (1989, p.13) de que “O signo é algo que serve para produzir conhecimento sobre alguma outra coisa, para a qual o signo está (*stands for*) ou representa. Essa outra coisa é chamada de objeto do signo”.

Neste sentido, investigar a produção de signos pelos alunos (intérpretes) se faz relevante nas práticas pedagógicas que temos nos debruçado. Mais especificamente, em práticas com modelagem matemática, “os signos se configuram como meios pelos quais os alunos manifestam e articulam seus conhecimentos enquanto buscam encontrar uma solução para o problema advindo da situação” (Almeida; Silva, 2017, p.216).

No que se refere às pesquisas sobre modelagem matemática dos integrantes do GEPMIT, das 19 dissertações defendidas até abril de 2025, 11 se debruçaram em uma análise semiótica de signos produzidos por estudantes em diferentes níveis de escolaridade. Considerando os anos finais do Ensino Fundamental, que é o contexto em que a pesquisa em curso se subsidia, quatro dissertações abordaram o desenvolvimento de atividades de modelagem em que as análises foram ancoradas na semiótica peirceana (Greca, 2024; Pessoa, 2024; Trindade, 2023; Araki, 2020).

No 6º ano (Greca, 2024), estudos sobre a aprendizagem semiótica permitiram inferir o que os alunos aprenderam ao responderem os questionamentos escritos da professora no avanço de atividades de modelagem em portfólios avaliativos; um olhar para os recursos semióticos em atividades de modelagem integradas à Educação STEAM permeou pesquisa desenvolvida com alunos do 7º ano (Pessoa, 2024); já os componentes da aprendizagem, como abarcados por Pinilla (2010), subsidiaram as análises semióticas das atividades desenvolvidas em duas turmas do 8º ano (Trindade, 2023); no que compete ao 9º ano, Araki (2020), por meio de atividades de modelagem com experimentação, evidenciou a atribuição de significado pelos alunos, a partir de indicações da semiótica peirceana.

É no contexto da modelagem matemática e da semiótica peirceana que, neste artigo, além de abordarmos as trajetórias traçadas, nos debruçamos em discutir avanços para a contemporaneidade ao trazer para o debate a articulação com a Educação STEAM, acrônimo de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática que, desde 2021, tem integrado pesquisas no GEPMIT.

A Modelagem Matemática, enquanto uma alternativa pedagógica, propõe que os alunos explorem situações reais e construam representações matemáticas para interpretá-las e resolvê-las (Almeida; Silva; Vertuan, 2012), já a Educação STEAM enfatiza a resolução de problemas complexos, interdisciplinares e contextualizados (Bacich; Holanda, 2020). Neste sentido, entendemos que a articulação entre Modelagem Matemática e Educação STEAM representa uma oportunidade de ampliar o desenvolvimento de competências como criatividade, pensamento crítico, comunicação e colaboração, se alinhando ao que é promulgado pelas diretrizes da Base Nacional Comum Curricular.

O que asseveramos é que essas competências são evidenciadas por meio de signos que os alunos produzem para os objetos que emergem em atividades de modelagem. A geração de signos, no contexto de atividades de modelagem, pode ser mediada pelo uso de diferentes recursos linguísticos ou extralinguísticos. Por exemplo, para a produção de um signo gráfico, que representa uma função exponencial, o aluno pode escolher usar lápis, papel e régua ou um *software* computacional. Esses meios, utilizados para a produção de signos, correspondem ao que a literatura caracteriza como recursos semióticos (Mavers, 2004).

Considerando que os alunos escolhem os recursos semióticos que estão ao seu alcance (Pessoa; Silva, 2023) para produzir signos que revelam seus conhecimentos (Almeida; Silva, 2017), bem como ao fato de que atividades de modelagem podem mobilizar competências STEAM (Makar, 2024), neste artigo nos debruçamos em investigar: Como os recursos semióticos possibilitam o desenvolvimento de competências STEAM em uma atividade de modelagem matemática? Para trazer reflexões para esta questão, desenvolvemos uma pesquisa qualitativa subsidiada no quadro teórico pautado na Modelagem Matemática integrada à Educação STEAM, bem como nos recursos semióticos que são apresentados nos dois tópicos subsequentes a esta introdução. Em seguida, trazemos os aspectos metodológicos para, então, descrever e analisar a atividade de modelagem desenvolvida por 25 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola estadual do Paraná. Finalizamos com algumas considerações.

MODELAGEM MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO STEAM

Nos últimos anos, a busca por práticas mais alinhadas aos desafios contemporâneos e às necessidades reais dos alunos tem favorecido o surgimento e a incorporação de diferentes abordagens no contexto educacional. Nesse cenário, a Modelagem Matemática e a Educação STEAM têm se destacado como propostas que, embora distintas em suas origens e campos teóricos, compartilham princípios e objetivos comuns. Ambas as abordagens, por exemplo, abrem caminho para que aspectos da realidade sejam relacionados com a Matemática, configurando-se como propostas potencialmente integradas.

Na busca por compreender o que é Modelagem Matemática, é possível encontrar maneiras de entendê-la segundo diferentes autores, refletindo a diversidade de perspectivas sobre seu papel no ensino e na aprendizagem. Enquanto alguns a assumem como uma estratégia para ensinar conceitos matemáticos, outros a compreendem como um ambiente de aprendizagem que promove a investigação e a construção de conhecimentos pelos alunos.

Neste trabalho, pautamo-nos no entendimento de Almeida, Silva e Vertuan (2012), segundo o qual a Modelagem Matemática é uma alternativa pedagógica em que se aborda, por meio da Matemática, um problema não essencialmente matemático. Na busca por uma solução, utiliza-se um conjunto de procedimentos matemáticos e realiza-se uma análise sobre os resultados obtidos. Para isso, parte-se de uma situação inicial (problemática) e, por meio de procedimentos matemáticos, chega-se a uma situação final, uma solução para o que se está investigando (Almeida; Silva; Vertuan, 2012).

Para além da resolução de problemas, a modelagem fomenta práticas investigativas, nas quais os alunos são levados a formular hipóteses, realizar cálculos, interpretar e validar soluções. Em sala de aula, ela pode contribuir para a compreensão de conceitos matemáticos, o desenvolvimento do pensamento crítico, a interpretação, a experimentação e o uso de diferentes modelos matemáticos (Almeida; Silva; Vertuan, 2012). Além de permitir discussões em contextos variados, promove a interdisciplinaridade, integrando conhecimentos de diferentes áreas (Goos; Carreira, 2025). Para Baioa e Carreira (2019, p.10), a Modelagem Matemática é “uma forte possibilidade a considerar se pretendemos promover uma educação integrada e um ensino menos fragmentado”. Nesse cenário, o professor se configura como um orientador que, de modo geral, consiste em “um papel diferente do comumente assumido na sala de aula tradicional da matemática escolar” (Luna; Barbosa, 2024, p.297).

Por sua vez, a Educação STEAM constitui-se como uma abordagem que incentiva a aplicação de conhecimentos de diferentes áreas, “com o objetivo de romper com o ensino tradicional passivo de ciências, no qual o aluno pouco interage com o objeto de estudo e não vê conexões com o mundo empírico” (Pugliese, 2020, p. 210). Esse movimento não se limita a um conjunto de disciplinas, mas a uma abordagem educacional integrada que busca conectar conhecimentos e habilidades de forma interdisciplinar (Goos; Carreira, 2025).

Originada nos Estados Unidos, em 1990, introduzida pela *National Science Foundation* (NSF), a abordagem tem se expandido para diferentes países, incluindo o Brasil. Sua aplicabilidade no contexto brasileiro está alinhada às demandas de documentos que orientam o currículo escolar, como a Lei nº 13.415/2017 referente ao Novo Ensino Médio, os Parâmetros Curriculares Nacionais e a Base Nacional Comum Curricular.

De acordo com Hallström e Schönborn (2019), a abordagem STEAM pode ocorrer entre duas ou mais áreas. Para tanto, os autores elucidam a necessidade de que práticas pedagógicas articuladas à Educação STEAM “sejam mais pesquisadas e testadas em ambientes educacionais reais” (Hallström; Schönborn, 2019, p.9). Nesse contexto, a Modelagem Matemática emerge como uma opção promissora para atender a essa demanda, pois, por sua natureza investigativa e contextualizada, pode abrir caminho para discutir diferentes áreas do conhecimento e promover o aprendizado em cenários autênticos. Além disso, conforme apontado por Makar (2024), serve como uma correção para a visão de que a matemática é apenas um conjunto de fatos e procedimentos isolados.

A Educação STEAM visa desenvolver um conjunto de competências de dimensões cognitivas, sociais e afetivas, importantes para o desenvolvimento integral dos alunos e essenciais para os estudantes do século XXI. Conforme Bacich e Holanda (2020), a Educação STEAM contribui para enfrentar desafios

contemporâneos, integrando disciplinas, aplicando conhecimentos e ajudando a desenvolver competências importantes, como a criatividade, o pensamento crítico, a comunicação e a colaboração.

Uma competência se caracteriza pela “mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores” (Brasil, 2017, p.8), para resolver problemas e agir em diferentes contextos. Diferente de um saber isolado, ela implica aplicar o que se sabe de forma criativa, crítica e responsável diante dos desafios que surgem. Nesse sentido, as competências conhecidas como os 4C’s – criatividade, pensamento crítico, comunicação e colaboração –, são amplamente reconhecidas como fundamentais no século XXI. A criatividade refere-se à geração de ideias novas e úteis; o pensamento crítico, à análise reflexiva e fundamentada; a comunicação, à expressão clara de ideias em diferentes meios; e a colaboração, ao trabalho conjunto baseado no respeito e na construção coletiva. Essas competências são consideradas essenciais porque articulam saberes, habilidades e atitudes aplicáveis a múltiplos contextos, centrais à abordagem STEAM.

Em um estudo realizado por English (2024), no qual os alunos foram desafiados a projetar campos de minigolfe e cidades sustentáveis, as competências STEAM foram promovidas de maneira integrada. A criatividade foi fundamental para a elaboração de projetos complexos, permitindo que os estudantes explorassem múltiplas abordagens e soluções inovadoras. O pensamento crítico foi exercitado ao considerar variáveis como medidas, custos, materiais, segurança e estética, exigindo raciocínio analítico para a tomada de decisões. A comunicação mostrou-se essencial na apresentação e defesa das ideias e projetos, enquanto a colaboração foi a base para o trabalho em equipe na construção das propostas, reforçando a natureza interativa e social do aprendizado em STEAM.

Práticas como a apresentada por English (2024), ao utilizarem a Modelagem Matemática para abordar problemas do mundo real, permitem aos alunos adaptar os conhecimentos estudados na escola para o contexto real (Oliveira, 2024). Tal conexão reforça a relevância dos conteúdos e capacita os estudantes a aplicarem o que aprendem em situações que podem estar presentes em suas futuras carreiras profissionais.

Em atividades de Modelagem Matemática articuladas à Educação STEAM, o uso de diferentes recursos semióticos constitui elemento importante para a construção e a comunicação do conhecimento (Pessoa; Silva, 2023). Representações como gráficos, tabelas, diagramas, equações, protótipos físicos e simulações digitais desempenham papel mediador entre o pensamento abstrato e o contexto investigado (Silva; Borssoi; Ferruzzi, 2022). A multiplicidade de signos produzidos amplia as possibilidades de aprendizagem, pois diferentes modos de expressão favorecem o engajamento de estudantes com perfis e estilos cognitivos variados. Na próxima seção, discorreremos sobre recursos semióticos.

RECURSOS SEMIÓTICOS

A semiótica peirceana, abarcada pelo filósofo americano Charles Sanders Peirce, constitui-se em uma doutrina formal que viabilizou a compreensão das estruturas do conhecimento, com base na Filosofia, associada aos métodos analíticos. Trata-se de uma teoria fundamentada na cognição, no pensamento e na compreensão, subsidiada na produção de signos (D’Amore; Pinilla; Iori, 2015).

O signo não “precisa ser uma palavra; pode ser uma ação, um pensamento, ou enfim, qualquer coisa que admita um 'interpretante' – isto é, que seja capaz de dar origem a outros signos” (Peirce, 1972, p.27). Neste sentido, o signo é uma coisa capaz de representar outra (seu objeto), que pode não ser acessível à percepção humana, como é o caso de objetos matemáticos. A função exponencial, por exemplo, pode ser representada por meio de uma expressão algébrica, um gráfico, uma tabela ou considerações em língua natural, ou seja, signos que apresentam algumas especificidades sobre o objeto matemático. O gráfico pode revelar, visualmente, o crescimento ou decrescimento de uma função exponencial que não é tão imediata ao se analisar uma expressão algébrica.

É neste contexto que o signo “é aquilo que, sob certo aspecto ou algum modo, representa alguma coisa para alguém” (Peirce, 2005, p.46), segundo certa forma e capacidade. A capacidade expressa por um gráfico para se fazer uma análise do crescimento ou decrescimento não é a mesma ao se analisar a expressão algébrica.

Para que os signos sejam produzidos, de modo geral, se faz necessária a mobilização de recursos semióticos. Os recursos semióticos compõem um conjunto de ações e artefatos que são utilizados no processo de comunicação, fisiologicamente ou com o auxílio de aparatos tecnológicos (Van Leeuwen, 2005).

Para Mavers (2004), o processo de escolha de recursos semióticos que é mais adequado para a produção de signos depende da capacidade que um intérprete possui em adaptá-los a seu favor. Neste contexto, Van Leeuwen (2005) afirma que diferentes tipos de recursos, como a fala, o gesto, um aparato físico e tecnológico, podem ser empregados de forma simultânea, de modo a se obter significado, fornecendo um produto final que atenda às necessidades de quem os utilizam.

Deste modo, o processo de escolha dos recursos semióticos depende da capacidade que um intérprete possui em adaptá-lo a seu favor. Para tanto, Mavers (2004) assinala que um recurso semiótico, de modo geral, não está prontamente apropriado a servir às necessidades de quem o escolheu. Com isso, se faz necessário realizar adaptações para que atinja os objetivos.

Em aulas de matemática, fazemos uso de diferentes tipos de recursos semióticos, tais como gestos, falas, materiais didáticos, instrumentos de medidas, recursos tecnológicos – computador e telefone celular. Essa multiplicidade de recursos semióticos, pertencentes ao ambiente educacional, pode ser explorada pelo estudante, de modo que reconheça as suas potencialidades e limitações (Ranker, 2014), auxiliando na construção do conhecimento. Na representação do gráfico da função exponencial, os recursos do lápis, papel e régua apresentam limitações com relação à dinamicidade que é possibilitada ao se fazer uso de um *software* computacional, por exemplo.

Na literatura referente à Educação Matemática, existem pesquisas que indicam que os recursos semióticos podem mobilizar a construção do conhecimento. Em práticas com modelagem matemática, especificamente, análises que levam em consideração os recursos semióticos “ainda foram pouco exploradas” (Almeida; Castro; Silva, 2021, p.384). Todavia, os resultados apresentados têm revelado que os recursos semióticos viabilizam:

[...] aos alunos examinar os princípios da situação-problema, definir o problema a ser investigado, visualizar o fenômeno mais de uma vez, produzir dados, visualizar o comportamento dos dados,

proporcionando a obtenção, interpretação e validação de uma solução para o problema (Silva; Araki; Borssoi, 2018, p.385).

Além disso, podem se constituir como meios que permitem aos alunos "visualizar, testar e examinar as abordagens matemáticas incorretas existentes, conforme eles progridem no ciclo de modelagem" (Yoon; Miskell, 2016, p.89), o que "influencia no rendimento acadêmico do estudante" (Pessoa; Silva, 2023, p. 18). No que tange ao desenvolvimento de competências STEAM, lançamos um olhar para os recursos semióticos em uma atividade de modelagem matemática desenvolvida com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa foi desenvolvida em um colégio público da rede estadual, localizado no norte do estado do Paraná, com uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental. A turma era composta por 25 alunos, os quais tinham, semanalmente, quatro aulas de Matemática. Uma das autoras da pesquisa é professora da turma desde 2024, o que favoreceu o vínculo com os estudantes.

A atividade investigada, intitulada "Arborização do Lago Dom Pedro Zilli", foi planejada para promover a integração entre as diferentes áreas STEAM. Para isso, os alunos foram desafiados a calcular os custos da arborização do entorno de um lago próximo à escola, utilizando espécies nativas da região. No planejamento, foram previstas algumas ações, como estimar o contorno irregular do lago, considerar o espaçamento adequado entre as mudas, o tempo de crescimento de cada espécie e a viabilidade do projeto como um todo. A escolha do tema buscou aproximar os conteúdos escolares da realidade dos alunos.

A implementação da atividade ocorreu nos dias 14, 15 e 16 de maio de 2025, utilizando três aulas regulares de Matemática. O desenvolvimento seguiu as fases da modelagem matemática descritas por Almeida, Silva e Vertuan (2012), quais sejam: inteiração, matematização, resolução, interpretação de resultados e validação. Para orientar o desenvolvimento da atividade, considerando que as áreas STEAM fossem contempladas, o planejamento foi organizado considerando os encaminhamentos apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Integração STEAM na atividade de modelagem

Áreas STEAM	Encaminhamentos planejados	Fases da modelagem
Ciência	Necessidade de arborização no entorno do lago para gerar sombra aos visitantes. Escolher árvores que fossem nativas à região.	Inteiração
Tecnologia	Uso de aplicativos para identificar a localização do lago e indicar o perímetro a ser arborizado e de softwares que poderiam orientar na elaboração do projeto.	Matematização
Engenharia	Elaboração de projeto de arborização.	Resolução
Artes	Discussão sobre a importância da arborização para os visitantes do lago, estruturação do projeto de engenharia.	Todas as fases
Matemática	Delimitação do perímetro do local a ser arborizado, definição de hipóteses com relação às distâncias que as mudas precisam ser plantadas, resolução do problema com relação ao custo das mudas.	Matematização

Fonte: Autoria própria (2017).

Vale ressaltar que o Quadro 1 serviu de apoio para a professora se atentar e contemplar as fases da modelagem, bem como as áreas STEAM. No entanto, as indicações apresentadas não são excludentes tampouco únicas, ocorrendo intersecções entre elas. Por exemplo, na elaboração do projeto, a Matemática também foi contemplada, assim como a Engenharia, a Tecnologia e as Artes.

De modo a trazer reflexões para a questão de pesquisa – Como os recursos semióticos possibilitam o desenvolvimento de competências STEAM em uma atividade de modelagem matemática? – a coleta de dados foi subsidiada por gravações de áudio, fotografias e registros escritos produzidos pelos estudantes. A professora solicitou, antecipadamente, a autorização da escola e um termo de consentimento livre e esclarecido foi assinado pelos pais. Para garantir o anonimato dos participantes, foram utilizados nomes fictícios ao longo do texto.

A análise qualitativa, de cunho interpretativo (Bogdan; Biklen, 2013), é pautada no quadro teórico e em excertos das transcrições de áudio como forma de revelar as competências STEAM, especificamente, a criatividade, o pensamento crítico, a comunicação e a colaboração mobilizadas pelos recursos semióticos utilizados pelos alunos. Este tipo de análise é subsidiado pelo interesse em vislumbrar compreensões sobre a realidade, que tem característica complexa, dinâmica, inextrincável, via questões que advêm, principalmente, de uma atitude de pesquisa que coloca o pesquisador no meio da cena investigada, contemplando e investigando o processo, de modo que o produto é consequência da articulação teórica em que a investigação está pautada. A atividade de modelagem integrada à Educação STEAM bem como as análises empreendidas são discutidas nas próximas seções.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE DE MODELAGEM SOBRE ARBORIZAÇÃO

A atividade de modelagem matemática, cujo tema foi sugerido pela professora da turma, iniciou-se com a questão: Quanto custaria arborizar o Lago Dom Pedro Zilli utilizando espécies nativas da região? A atividade foi planejada considerando possibilidades de articulação com a Educação STEAM para potencializar a emergência das competências, orientada no ciclo de modelagem.

Para a fase de inteiração, a professora disponibilizou imagens e informações sobre o lago, conforme consta no Quadro 2, destacando sua importância como espaço público da cidade e levantando questionamentos sobre sua infraestrutura, especialmente a ausência de sombra em alguns trechos da pista de caminhada. A partir dessas informações, os alunos foram convidados a refletir sobre possíveis soluções. Nessa fase, também foram feitas coleta de dados pelos alunos no *Google Maps*, leituras e conversas sobre a função da arborização urbana e os benefícios ambientais, sociais e estéticos das árvores em espaços públicos.

Em seguida, passou-se à fase de matematização, na qual os estudantes, organizados em grupos, realizaram a medição do percurso ao redor do lago por meio de tecnologias digitais como aplicativos de GPS e imagens aéreas do *Google Maps*. Com esses dados, cada grupo estimou o perímetro da arborização e compartilhou com os colegas de sala. Também foi realizada uma pesquisa em sites da internet, como da Embrapa e de universidades brasileiras, a fim de conhecer sobre espécies de árvores adequadas para ambientes urbanos, levando em conta critérios como porte, raízes, resistência ao clima local e distância de plantio entre

as mudas. Os alunos traduziram aspectos qualitativos da realidade em variáveis quantitativas, como “distância total”, “quantidade de árvores” e “custo médio por muda”, criando, assim, as primeiras aproximações de um modelo matemático.

Quadro 2 – Informações apresentadas aos alunos

Lago Dom Pedro Zilli
O Lago Dom Pedro Zilli, localizado na cidade de Ibiporã, foi inaugurado no dia 18 de novembro de 2023 e vem se consolidando como um dos principais espaços públicos de convivência, lazer e contato com a natureza. O local é frequentado por famílias, grupos de amigos e praticantes de atividades físicas, como caminhadas, piqueniques e jogos recreativos. Nas proximidades do lago, há uma área de mata nativa protegida, com acesso restrito, que abriga diversas espécies arbóreas características da região, como araucária (pinheiro-do-paraná), cedro-rosa, imbuia, canela-sassafrás, guaçatunga e espinheira-santa. Além disso, também se encontram por lá espécies como ipê-amarelo, aroeira, peroba-rosa, camboatá e louro-silvestre conforme a Figura 1.
Figura 1 – Lago Dom Pedro Zilli 
Fonte: Facebook da Prefeitura Municipal Ibiporã (2025). Disponível em: https://www.facebook.com/prefeituramunicipaldeibipora. Acesso em 05 de agosto de 2025.
Pensando em valorizar ainda mais o espaço e promover a arborização da área aberta ao redor do lago, surge o problema: quanto custaria arborizar o Lago Dom Pedro Zilli utilizando espécies nativas da região?

Fonte: Arquivo da professora (2025).

Durante a fase de resolução, cada grupo utilizou os dados coletados para calcular a quantidade de mudas necessárias para cada trecho, considerando diferentes espaçamentos possíveis. Os alunos também fizeram estimativas de custo com base no valor médio das mudas obtido nas pesquisas, calculando diferentes cenários conforme a espécie escolhida e a quantidade de mudas.

A fase de interpretação dos resultados e validação ocorreu por meio de discussões em sala, nas quais os grupos apresentaram suas propostas e justificaram suas escolhas. Houve um momento coletivo de comparação entre os modelos deduzidos, incentivando a análise crítica quanto à viabilidade ambiental, estética, financeira e matemática das soluções. Embora não tenha havido uma validação empírica no espaço físico real (plantio das mudas de árvores), os alunos foram levados a considerar a coerência de seus modelos e a sua aplicabilidade teórica, por meio de uso de simulação.

RESULTADO E ANÁLISE: OS RECURSOS SEMIÓTICOS E AS COMPETÊNCIAS STEAM

No desenvolvimento da atividade de modelagem, foi possível evidenciar que diferentes competências foram promovidas por meio de recursos semióticos no transitar pelas fases do ciclo de modelagem (Almeida; Silva; Vertuan, 2012). Para

a análise, nos valem de categorias *a priori* relativas às competências STEAM: Criatividade, Pensamento Crítico, Comunicação e Colaboração.

Na fase de inteiração, a competência da **comunicação** esteve presente logo nos momentos iniciais, quando os alunos, reunidos em grupos, expressaram por meio dos signos falados e gesticulados suas impressões sobre o espaço do lago, mediados pelo acesso ao mapa digital. O mapa digital, acessado pelos alunos via televisão e computadores da escola (Figura 2), se configurou como recurso semiótico que permitiu a observação do formato do local cujo projeto de arborização seria elaborado, promovendo a comunicação e a troca de ideias, uma vez que uma visita *in loco* não foi realizada.

Figura 2 – Alunos na inteiração com a situação em estudo



Fonte: Arquivo da professora (2025).

De fato, para conhecer melhor o que seria investigado, o contato com as imagens do mapa digital, permitiu que os alunos produzissem signos com relação às informações disponibilizadas pela professora em detrimento da problemática – arborizar uma área urbana. No entanto, a imagem estática da impressão e do que estava sendo projetado não foram suficientes para os alunos que buscaram outros meios para se inteirarem. O mapa digital revelou suas potencialidades e limitações (Ranker, 2014) para os alunos investigarem a situação.

Os grupos, então, acessaram o *Google Maps*, com o intuito de realizar uma visita virtual nos entornos do lago, em que visualizaram a necessidade do plantio de mudas. A professora provocou os grupos com perguntas que exigiam justificativas, incentivando os alunos a explicarem suas ideias de forma coerente. Essa exigência, via observações permeadas pelo recurso do *Google Maps*, sugeriu a necessidade de produção de signos para que a **comunicação** com a professora fosse efetivada. Nesse momento, também foi possível perceber a **colaboração**, pois as decisões iniciais sobre os possíveis focos do projeto foram tomadas coletivamente, com base em diálogos no grupo. Decorrente da visita virtual, subsidiada pelo recurso semiótico do *Google Maps*, os alunos decidiram que uma parte do lago não precisaria receber mudas, pois estava arborizada.

O acesso ao *Google Maps* foi uma iniciativa dos próprios alunos, diante da impossibilidade de realização de uma visita presencial. Essa ação os fez “refletir o que estava acontecendo no mundo real, além de ser uma adaptação da realidade sob condições controladas, uma busca pela semelhança com a realidade” (Carreira; Baioa, 2018, p. 203). Conjecturamos que isso revelou uma das potencialidades que o acesso ao computador e à internet tem provocado na sociedade contemporânea, de estar em um local, mas não presencialmente.

Os alunos discutiram suas percepções sobre o espaço urbano, compartilharam conhecimentos e organizaram os primeiros passos coletivos para investigar a situação, em que buscaram “conhecer as características e especificidades da situação” (Almeida; Silva; Vertuan, 2012, p.15).

A **criatividade** emergiu com mais evidência na fase de matematização, quando os alunos foram desafiados a transformar o problema em termos matemáticos. À medida que os grupos propuseram soluções distintas, selecionaram diferentes espécies de árvores e modelaram distâncias de plantio com base em critérios diversos, como o tipo de solo, o crescimento da copa, o custo de manutenção, bem como os aspectos estéticos, como relatado por Maria: “[...] vai ter mais sombra, mais espaço bonito para sentar, descansar”. Ao tratar das abordagens, agora na linguagem matemática, o grupo buscou a “compreensão de fenômenos ou de respostas para problemas da realidade física, social e cultural que envolve o homem” (Almeida; Silva; Vertuan, 2012, p.15).

Considerando as informações de um folder da Embrapa e de uma cartilha da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – Plantas Medicinais Nativas de Uso Popular no Rio Grande do Sul –, os alunos pesquisaram informações sobre o desenvolvimento de árvores nativas para a cidade de Ibiporã, no Paraná, em que o lago a ser arborizado se encontra. As informações coletadas sobre nome da árvore, valor da muda, tempo de crescimento, altura atingida, largura da copa e distância de plantio entre as mudas, foram organizadas pelos estudantes em um quadro (Figura 3) que subsidiou a troca de ideias e a **colaboração** para a escolha da árvore que seria a considerada para a investigação.

Figura 3 – Quadro organizado pelo Grupo 1 sobre informações das árvores

Espécie	Preço (R\$)	Tempo de crescimento	Altura máxima (m)	Largura da copa (m)	Distância entre as árvores (m)
Araucária	13,50 - 32,5	12 - 15 anos	10 - 35	4 - 6	6 - 8
Cedro-rosa	14,99 - 33,00	10 - 15 anos	20 - 30	4 - 6	6 - 8
Imbuia	13,50 - 25,00	20 - 30 anos	20 - 30	4 - 6	6 - 8
Canela-sassafrás	27,55 - 49,90	15 - 20 anos	15 - 25	3 - 5	4 - 6
Guaçatunga	24,30 - 71,25	4 - 6 anos	10 - 15	3 - 5	4 - 6
Espinheira-santa	28,90 - 40,66	5 - 10 anos	2 - 5	1 - 3	2 - 4

Fonte: Relatório do Grupo 1 (2025).

A escolha pelo quadro para apresentar as informações representou um “recurso já reconhecido [pelos alunos] de outros sistemas semióticos” (Almeida; Castro; Silva, 2021, p.400), presentes nas aulas da professora. Diante desse recurso semiótico, que se materializou em signo sobre dados das árvores, os alunos, em **colaboração**, optaram por abarcar uma das espécies, a Guaçatunga, conforme excerto transcrito a seguir:

Maria: A araucária é linda, mas demora demais para crescer. E se plantarmos só ela, vai demorar anos para fazer sombra.

Ana: É... mas ela cresce, é muito alta! Dá uma sombra boa.

André: Só que não ia combinar com o lago. A guaçatunga parece melhor. Cresce mais rápido. Só que na pesquisa que fizemos deu para ver que não é tão barata.

Vitor: É, cresce até 6 metros, e em uns 4 a 6 anos já está grande.

André: Mas será que aguenta o calor daqui? E o solo perto do lago?

Vitor: Aqui fala que ela é resistente, sim. Se adapta bem a diferentes tipos de solo e aguenta até seca.

Ana: Mas claro que ela vai se adaptar, já estava plantada aqui antes.

Maria: Então é melhor escolher essa! Cresce rápido e vai resolver o problema da falta de sombra.

A fala de André: “Mas será que aguenta o calor daqui? E o solo perto do lago?”, pareceu se configurar um reconhecimento da necessidade das árvores a serem plantadas, aliando aspectos da área de Ciência. Para Baioa e Carreira (2019) atividades de modelagem sob uma integração STEAM podem possibilitar abordar questões ambientais no contexto de aulas de matemática.

A partir da escolha pela Guaçatunga, os alunos tomaram como hipótese que, para o desenvolvimento da árvore, as mudas teriam de ser plantadas com 4 ou 6 metros de distância, conforme indicações dos documentos pesquisados. Assim, os grupos partiram para a realização de cálculos, buscando estabelecer estimativas e simulações. A competência de **pensamento crítico** foi fortemente acionada, principalmente quando os estudantes confrontaram suas estratégias com os dados disponíveis, revisaram estimativas e refletiram sobre os limites e potencialidades de suas soluções. Esse encaminhamento foi possível em virtude do uso do recurso semiótico subsidiado por ferramentas tecnológicas do *Google Maps* (Figura 4), em que os alunos determinaram, usando linhas, o perímetro de parte do lago (704,01 metros) em que as mudas de árvores poderiam ser plantadas.

Figura 4 – Determinação do perímetro e disponibilização de mudas de árvores



Fonte: Arquivo da professora (2025).

Entendemos que os alunos realizaram uma simplificação para determinar o perímetro do lago, uma vez que as linhas foram estruturadas seguindo suas escolhas. De certo modo, podemos considerar que o *Google Maps* permitiu aos alunos “cercar-se de informações sobre a situação por meio de coleta de dados quantitativos e qualitativos” (Almeida; Silva; Vertuan, 2012, p.15), mediante contatos indiretos com o fenômeno em estudo.

Na Figura 4 também foi possível evidenciar que os alunos consideraram diferentes distâncias entre as mudas, representando-as por meio de pontos sobre

o perímetro do mapa digital. Essas considerações foram mediadas por elementos presentes no lago, como bancos fixos e entrada rebaixada para veículos. Esse procedimento revelou a capacidade de propor caminhos próprios e inovadores nas restrições estabelecidas, articulando conhecimentos de diferentes áreas. Novamente o mapa digital foi retomado e se configurou como um recurso semiótico, uma vez que foi um aparato para a inserção de possíveis locais de plantio, a partir dos pontos destacados.

A busca de solução para o problema de quanto custaria arborizar o Lago Dom Pedro Zilli utilizando espécies nativas da região, estava vinculada às escolhas de posicionamento das mudas para definir a quantidade necessária para o plantio. Com isso, o núcleo das ideias para a resolução do problema foi “elicitado e operado para produzir um modelo de solução” (English; Mousoulides, 2015, p.534). Se considerassem distâncias de plantio de 4 metros ou 6 metros, seriam necessárias 176 ou 117 mudas, respectivamente. Essa escolha causaria impactos consideráveis nos custos de arborização, conforme consta na planilha elaborada no software Excel e apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Captura de tela do *software* Excel com informações sobre valores e quantidade de mudas

	A	B	C	D	E
1	Distância entre as árvores	Quantidade de árvore	Custo total para R\$ 24,30	Custo total para R\$ 71,25	Diferença de custo em relação ao preço das mudas
2	4 metros	176	R\$ 4.276,80	R\$ 12.540,00	R\$ 8.263,20
3	6 metros	117	R\$ 2.843,10	R\$ 8.336,25	R\$ 5.493,15
4	Diferença de custo em relação à quantidade de mudas		R\$ 1.433,70	R\$ 4.203,75	

Fonte: Relatório do Grupo 1 (2025).

Depois de montarem a planilha com os comandos para os cálculos, os alunos começaram a analisar as vantagens e desvantagens de cada escolha, olharam não só o custo, mas também a quantidade de sombra e a estética do espaço.

Pedro: Será que vale a pena plantar mais árvores e gastar mais, ou melhor economizar e plantar menos?

Maria: Eu acho que quanto mais árvores, melhor! Vai ter mais sombra, mais espaço bonito para sentar, descansar.

Vitor: Mas também a gente não sabe se a prefeitura vai querer gastar tudo isso, pode ser que nem aceitem.

Maria: Verdade, deu muita diferença por causa do preço das mudas, olha só a planilha.

Vitor: Se a gente olhar bem, deu mais diferença por causa do preço das mudas do que pelo tanto de muda.

Pedro: Daí se a gente conseguir comprar por R\$24,30 compensa comprar as 176 árvores.

Maria: Então, talvez seja melhor mostrar as duas opções, com o espaço de 4 m e o de 6 m, daí a gente explica sobre a quantidade de sombra e a diferença de preço.

Pedro: Boa! Assim quem for decidir vê o que é melhor.

A produção de signos mediada pela planilha construída com os valores das mudas, revelou a **colaboração** e o **pensamento crítico** dos estudantes com relação ao que seria melhor para a sociedade em detrimento das implicações para as decisões dos órgãos públicos para uma possível arborização do lago. De certo modo, a planilha se configurou como um recurso semiótico para a tomada de decisões no que diz respeito aos encaminhamentos e conclusões a serem empreendidas, cujos "eventos representacionais [são] moldados por práticas sociais, históricas e culturais" (Mavers, 2004, p.55).

Já na fase de interpretação dos resultados e validação, a **comunicação** voltou a se destacar, pois cada grupo apresentou oralmente seus resultados, utilizando planilhas e esquemas para sua proposta de arborização. A exposição para os colegas exigiu clareza e organização das ideias, além da escuta para receber comentários e sugestões. A **colaboração** também foi retomada nessa fase, uma vez que os grupos precisaram reorganizar informações, negociar ajustes nas propostas e, em alguns casos, reformular decisões com base nas críticas recebidas.

Todavia, os alunos não se deram por satisfeitos com a validação acontecendo somente com seus argumentos aos colegas, via imagens de inserção das mudas no mapa digital e das planilhas de cálculo de valores. Eles queriam realizar, na prática, o plantio no lago para visualizar como ficariam as mudas. Porém, diante dessa impossibilidade para o momento de mobilizar os órgãos públicos, bem como do tempo necessário para o crescimento de uma árvore que, no caso da Guaçatunga, é de 4 a 6 anos, os próprios alunos sugeriram algumas possibilidades:

Ana: A gente podia fazer uma maquete com isopor! Tipo, o lago a gente faz com gel e coloca palitinho com folha verde para as árvores.

Vitor: Nossa, ia ficar muito legal! Igual aquelas de feira de ciências!

Márcia: Ah, mas ia dar muito trabalho. Imagina só fazer quase 200 árvores de palitinho?

André: E a gente ia gastar muito material também. E depois nem ia usar para mais nada.

Maria: Verdade, depois ia ficar só ocupando espaço.

Pedro: E se a gente fizer no *Minecraft*? Eu já vi vídeo de gente fazendo parque, floresta.

Atentar-se para o fato de que a produção de uma maquete geraria o custo com material bem como um uso limitado a um momento, refletiu o **pensamento crítico** dos estudantes revelando a preocupação com o meio ambiente. No entanto, com a intenção de não gerar material físico, Pedro sugeriu o uso de um *software* educacional, possibilitando a realização de simulação. A simulação permite "refletir o que está acontecendo no mundo real, [...], uma busca pela semelhança com a realidade e uma maneira de verificar como a prática funciona na realidade" (Carreira; Baioa, 2018, p. 203). A professora, aproveitando o interesse dos alunos com o uso do *Minecraft*, propôs o *Tinkercad*, conforme transcrição:

Professora: Quero mostrar para vocês uma ferramenta *online* chamada *Tinkercad*. Ela permite montar projetos em 3D, e dá para

acessar pelo computador ou até pelo celular. Pode ser uma outra opção, que tal?

Pedro: Nossa, nunca ouvi falar, mas parece interessante!

Ana: Se der para mexer pelo celular, já ajuda!

Vitor: Vou ver isso em casa, prof! Se for fácil, acho que dá para fazer o lago certinho.

[No dia seguinte]

Vitor: Prof, mexi no *Tinkercad* ontem, é bem legal! Dá para puxar o chão, levantar, colocar a árvore. E dá para girar a imagem, ver o lago de todos os lados. Bem melhor que fazer desenho só no papel!

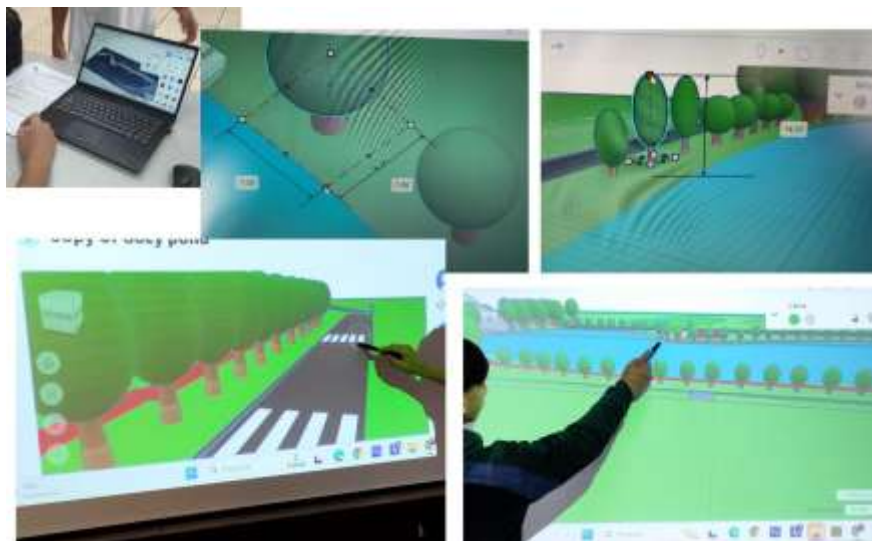
Maria: E um vai medindo e o outro vai montando.

Professora: Que ótimo! Vamos ao laboratório de informática para fazer isso.

Levando em consideração as propriedades do *Tinkercad*, Vitor se antecipou para conhecer a ferramenta para evidenciar se as indicações da professora eram viáveis. A interface do *software* serviu como recurso semiótico para o aluno vislumbrar possibilidades de geração de signos figurais para a representação da arborização. Os alunos tiveram dinamicidade nas produções que poderiam ter se mantido no âmbito do mapa digital, mas que não foram suficientes para os propósitos dos estudantes que não se deram por satisfeitos em considerar as árvores como pontos sobre a linha do perímetro determinado. Considerando esse interesse, a atividade de modelagem se ampliou para uma abordagem computacional em que um projeto foi organizado para apresentar uma solução por cada um dos grupos. A professora levou os estudantes ao laboratório de informática da escola para que a estruturação do projeto fosse realizada.

Neste momento de discussão e trabalho em grupo, a **criatividade** se revelou uma competência fundamental, tanto com relação à insatisfação dos alunos que, em certa medida, revelou **pensamento crítico** quanto na sugestão de fazer uma simulação. No entanto, para além de ser um projeto que revelasse como ficaria o espaço arborizado, teria de corresponder às exigências determinadas pelo grupo para o plantio – distância de 4 a 6 metros entre as mudas – e o crescimento das árvores – 10 a 15 metros de altura (Figura 6).

Figura 6 – Construção do projeto de arborização no *Tinkercad* de um dos grupos



Fonte: Arquivo da professora (2025).

A escolha de cada grupo para a organização do projeto de arborização correspondeu ao “recurso mais próximo que estava disponível em seu repertório semiótico” (Mavers, 2004, p.60) e com os quais tinham mais familiaridade e conhecimento. O *Tinkercad* se mostrou um recurso semiótico que permitiu a criação de um projeto de arborização, em que Engenharia, Tecnologia e Matemática se aliaram no que competiu às questões relacionadas à organização das árvores. Vale destacar que aspectos de Artes foram evidenciados nas negociações dos integrantes dos grupos como em aproximar o projeto da realidade, inserindo elementos como pista de caminhada e o lago, trazendo um aspecto elegante para a representação final.

No desenvolvimento da atividade de modelagem matemática sobre a arborização de um lago, a Tecnologia como recurso semiótico foi transversal, uma vez que recursos tecnológicos mediarão o reconhecimento do local investigado, a busca de informações, a organização dos dados em planilhas eletrônicas, a estruturação de um projeto. De modo geral, o uso desses diferentes recursos semióticos revelou que os alunos apresentaram “versatilidade de mudar os recursos semióticos [...] em termos de reconhecimentos para o recurso” (Thomas; Yoon; Dreyfus, 2009, p.545).

De forma geral, a atividade revelou-se como um espaço para o desenvolvimento de competências fundamentais no contexto da educação contemporânea e, especificamente, as competências STEAM. A partir das falas dos alunos foram evidenciadas condições para a expressão da criatividade, o exercício do pensamento crítico, a construção de uma comunicação significativa e a vivência de práticas colaborativas, em que recursos semióticos, principalmente, tecnológicos se mostraram cruciais para a abordagem da situação em sala de aula, desde a reconhecer aspectos da situação em estudo até a simular uma arborização final do ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo a trazer para o debate avanços para a contemporaneidade das pesquisas desenvolvidas no âmbito do PPGMAT, mais especificamente, por integrantes do GEPMIT, nos colocamos em parceria para trazermos reflexões para a questão: Como os recursos semióticos possibilitam o desenvolvimento de competências STEAM em uma atividade de modelagem matemática?

Diante de uma atividade de modelagem matemática planejada para ser desenvolvida de forma integrada à Educação STEAM, os alunos de uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental entraram em contato com uma situação que fazia parte da realidade do município em que residiam: a arborização do lago. Com os resultados, pudemos inferir que a prática com modelagem matemática, quando foi orientada de forma intencional e contextualizada, ofereceu um ambiente que promoveu a articulação entre o conhecimento matemático e as competências da Educação STEAM, valorizando o protagonismo dos alunos nas soluções para problemas baseados na realidade e subsidiados por signos produzidos pela manipulação de recursos semióticos, provenientes, principalmente, da tecnologia.

No trabalho com recursos semióticos como *Google Maps*, *Google Earth*, planilhas digitais e *Tinkercad*, os alunos foram desafiados a formular representações matemáticas da situação-problema, a interpretar e analisar dados reais, a construir modelos para estimar custos e quantidades de mudas a serem plantadas e a comunicar suas soluções de forma fundamentada. Os recursos tecnológicos se configuraram como recursos semióticos que fizeram emergir as competências STEAM de criatividade, pensamento crítico, comunicação e colaboração.

O fato de atividades de modelagem ser essencialmente colaborativas, em que o trabalho em grupo é o aporte (Almeida; Silva; Vertuan, 2012), a colaboração e a comunicação se fizeram presentes em praticamente todas as fases de desenvolvimento, pois os alunos trabalharam em conjunto e chegaram a um consenso para o que estavam investigando. No tocante ao pensamento crítico, as discussões se enveredaram para a necessidade de arborizar um parque de uso comum da população e fazer um projeto utilizando um *software* ao invés de uma maquete. Esse encaminhamento revelou empreendimentos que colocaram os alunos em argumentações, em que conhecimentos de diferentes naturezas se fizeram presentes. A criatividade se fez relevante na abordagem, via matematização e resolução, em que os estudantes se mostraram autônomos seja na pesquisa por informações qualitativas – será que a árvore tem bom desenvolvimento no solo do lago? – quanto quantitativas – distância de plantio, tempo para chegar à fase adulta, altura da árvore, quantidade de mudas e valor a ser investido na arborização. Todavia, o ponto crucial da criatividade foi a insatisfação dos alunos quanto à validação dos resultados, em que se prontificaram a produzir um projeto por meio de aspectos visuais em que o *Tinkercad* foi mobilizado.

Há de se considerar um destaque para a tecnologia como recurso semiótico da produção de signos para o que nos propusemos a investigar, todavia um olhar mais específico para falas, gestos, registros escritos têm sido considerado para uma posterior investigação, em que os alunos escolhem a temática a ser investigada e competências STEAM são reveladas.

Semiotic resources and STEM Competencies in mathematical modelling activities

ABSTRACT

In this paper, we present the results of a study aimed at highlighting how semiotic resources enable the development of STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) competencies in a mathematical modelling activity. The theoretical framework that supported our investigation is linked to mathematical modelling as a pedagogical alternative that can enable integration between the areas of knowledge in STEAM Education, through semiotic resources as the chosen means for producing signs. The qualitative and interpretative analysis was supported by written records and audio and video transcripts from a 9th-grade class at a public school in the interior of Paraná, in 2025. Based on the theme suggested by the teacher: the afforestation of a city lake, semiotic resources were mobilized by the students in their search for information, using qualitative and quantitative data, in which STEAM competencies of creativity, critical thinking, communication, and collaboration were developed. The results indicated that semiotic resources linked to technology were crucial in the development of STEAM competencies, especially creativity and critical thinking, since the students, in groups, discussed aspects related to the purchase of seedlings for tree planting and designed, through software, a simulation of the arrangement of the trees, after their growth.

KEYWORDS: STEAM Education. Peircean Semiotics. Simulation. Tinkercad.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. M. W.; CASTRO, É. M. V.; SILVA, M. H. Recursos semióticos em atividades de modelagem matemática e o contexto on-line. **Alexandria**, v.14, n.2, p.383-406, 2021.
- ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. A. P. A ação dos signos e o conhecimento dos alunos em atividades de modelagem matemática. **Bolema**, v.31, n.57, p.202-219, 2017.
- ALMEIDA, L. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na Educação Básica**. São Paulo, SP: Contexto, 2012.
- ARAKI, P. H. H. **Atividades Experimentais Investigativas em contexto de aulas com Modelagem Matemática**: uma análise semiótica. 2020. Dissertação de (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2020.
- BACICH, L.; HOLANDA, L. **STEAM em sala de aula**: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica. Porto Alegre, RS: Penso, 2020.
- BAIOA, A. M.; CARREIRA, S. Modelação matemática experimental para um ensino integrado de STEM. **Educação e Matemática**, n.152, p.9–12, jun. 2019.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2017.
- CARREIRA, S.; BAIOA, A. M. Mathematical modelling with hands-on experimental tasks: on the student's sense of credibility. **ZDM - Mathematics Education**, Berlim, v.50, n.1-2, p.201–215, dez. 2018.
- D'AMORE, B.; PINILLA, M. I. F.; IORI, M. **Primeiros elementos de semiótica**: sua presença e sua importância no processo de ensino-aprendizagem da matemática. São Paulo, SP: Livraria da Física, 2015.
- ENGLISH, L. Design-Based Mathematical Modelling Within STEM Contexts. In: ANDERSON, J.; MAKAR, K. (Ed.). **The Contribution of Mathematics to School STEM Education**. Singapore: Springer, 2024. p. 11.
- ENGLISH, L. D.; MOUSOULIDES, N. G. Bridging STEM in a Real-World Problem. **Mathematics Teaching in the Middle School**, v.20, n.9, p.532–539, maio 2015.
- GOOS, M.; CARREIRA, S. Conceptualising the Relationship Between Mathematical Modelling and Interdisciplinary STEM Education. In: IKEDA, T.; SAEKI, A; GEIGER, V; KAISER, G. (Eds.). **International Horizons in Mathematics Modelling Education**. Switzerland: Springer, 2025. p.21-46.
- GRECA, P. C. B. **Aprendizagem semiótica em portfólios avaliativos de atividades de modelagem matemática no 6º ano do ensino fundamental**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2024.
- HALLSTRÖM, J.; SCHÖNBORN, K. J. Models and modelling for authentic STEM education: reinforcing the argument. **International Journal of STEM Education**, v.6, n.1, p.1-10, 2019.

LUNA, A. V. A.; BARBOSA, J. C. O sequenciamento e o ritmo em um ambiente de Modelagem Matemática. **Ensino e Tecnologia em Revista**, v.8, p.295-317, 2024.

MAKAR, K. The Role of Mathematical Modelling for Developing STEM Competencies. *In*: ANDERSON, J.; MAKAR, K. (Ed.). **The Contribution of Mathematics to School STEM Education**. Singapore: Springer, 2024.

MAVERS, D. E. **Multimodal design**: the semiotic resources of children's graphic representation. 2004. PhD Thesis (University College London) - University of London, London, 2004.

PEIRCE, C. S. **Escritos coligidos**. 4. ed. São Paulo, SP: Nova Cultural, 1989.

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. São Paulo, SP: Perspectiva, 2005.

PEIRCE, C. S. **Semiótica e Filosofia**. São Paulo, SP: Cultrix, 1972.

PESSOA, T. C. **Conhecimentos matemáticos mobilizados por recursos semióticos em atividades de modelagem matemática integradas à educação STEAM**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2024.

PESSOA, T. C.; SILVA, K. A. P. Recursos semióticos em uma atividade de modelagem matemática integrada à educação STEAM. **Perspectivas da Educação Matemática**, v.16, n.43, p.1-21, 2023.

PINILLA, M. I. F. **Múltiples Aspectos del aprendizaje de la matemática**. Evaluar e intervenir em forma mirada y específica. [S. l.]: Cooperativa Editorial Magisterio, 2010.

PUGLIESE, G. O. STEM education: um panorama e sua relação com a educação brasileira. **Currículo sem Fronteiras**, v.20, n.1, p.209-232, 2020.

OLIVEIRA, W. P. Elementos sobre a prática de Modelagem Matemática: uma experiência na curricularização da extensão. **Ensino e Tecnologia em Revista**, v.8, p.135-154, 2024.

RANKER, J. The emergence of semiotic resource complexes in the composing processes of young students in a literacy classroom context. **Linguistics and Education**, v.25, n.1, p.129–144, abr. 2014.

SILVA, K. A. P.; ARAKI, P. H. H.; BORSSOI, A. H. Tecnologias como Recurso Semiótico no desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática**, v.2, n.3, p.362–386, dez. 2018.

SILVA, K. A. P.; BORSSOI, A. H.; FERRUZZI, E. C. Integration of STEM Education in Differential and Integral Calculus classes: Aspects Evidenced in a Mathematical Modelling Activity. **Revista Acta Scientiae**, v.24, p.116-145, 2022.

THOMAS, M. O. J.; YOON, C.; DREYFUS, T. Multimodal Use of Semiotic Resources in the Construction of Antiderivative. **Proceedings of the 32nd Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia**, v.2, p.539–546, 2009.

TRINDADE, S. L. **Análise semiótica de componentes da aprendizagem em atividades de modelagem matemática no 8º ano do ensino fundamental**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2023.

VAN LEEUWEN, T. **Introducing social semiotics**. Nova Iorque: Routledge, 2005.

YOON, C.; MISKELL, T. Visualising cubic reasoning with semiotic resources and modeling cycles. *In*: SÁENZ-LUDLOW, A.; KADUNZ, G. (Eds.). **Semiotics as a tool for learning mathematics: how to describe the construction, visualisation, and communication of mathematical concepts**. Rotterdam: Sense, 2016. p. 89-109.

Recebido: 10 agosto 2025.

Aprovado: 21 novembro 2025.

DOI: <http://dx.doi.org/10.3895/etr.v9n3.20711>.

Como citar:

SILVA, Karina Alessandra Pessoa da; SIMÃO, Juliana Aparecida; CARUZO, Ariely Aparecida; PESSOA, Tatiane Cristine. Recursos semióticos e competências STEAM em atividades de modelagem matemática. **Ens. Tecnol. R.**, Londrina, v. 9, n. 3, p. 511-531, set./dez. 2025. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/etr/article/view/20711>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Karina Alessandra Pessoa da Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino da Matemática. Avenida João Miguel Caram, 3131 Jd. Morumbi. Bloco A - Sala 101 - 1º andar. Londrina, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

