



Edição Especial

X Encontro Paranaense de Modelagem na Educação Matemática
Universidade Estadual do Norte do Paraná – Cornélio Procopio (PR), 2024

MODELAGEM MATEMÁTICA E PENSAMENTO COMPUTACIONAL EM FOCO: UMA INVESTIGAÇÃO COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

*MATHEMATICAL MODELLING AND COMPUTATIONAL THINKING IN FOCUS: AN
INVESTIGATION WITH HIGH SCHOOL STUDENTS*

Thiago Sawada¹

Bianca de Oliveira Martins²

Bárbara Nivalda Palharini Alvim Sousa³

Rudolph dos Santos Gomes Pereira⁴

Resumo

O objetivo do presente artigo é compreender os processos do Pensamento Computacional por meio de uma atividade de Modelagem Matemática. Para isso, se considera como ponto de partida a situação-problema “De que maneira é possível utilizar os softwares de programação em blocos para representar a funcionalidade que o semáforo transmite ao cotidiano dos cidadãos?”. Dados advém de registros escritos e computacionais realizados por estudantes de uma disciplina de Física do Ensino Médio. Os resultados apresentam a possibilidade de articulação entre as fases de uma atividade de Modelagem Matemática e o desenvolvimento dos pilares para o Pensamento Computacional. Em particular, a visualização do modelo matemático por meio de diferentes estruturas, partindo de modelos matemáticos concretos (manipuláveis) para o desenho do algoritmo (computacional). No Ensino Médio a

¹ Mestrando em Programa de Pós-Graduação em Ensino na Universidade Estadual do Norte do Paraná – campus Cornélio Procopio.

² Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina. Professora efetiva na Universidade Estadual do Norte do Paraná.

³ Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina. Professora associada na Universidade Estadual do Norte do Paraná.

⁴ Doutor em Educação pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professor associado na Universidade Estadual do Norte do Paraná.



X EPMEM

Encontro Paranaense de Modelagem
na Educação Matemática

modelagem colabora, ainda, para engajar os estudantes em atividades de programação e solução de problemas.

Palavras-chave: Educação Matemática; Modelos Matemáticos; Software Scratch.

Abstract

The aim of this paper is to understand computational thinking processes through mathematical modeling activities. The question “In what ways is it possible to use block-based programming software to represent the functionality that traffic lights convey to citizens’ daily lives?” is taken as a starting point. Data come from written and computational records produced by high school students during a physics course. Results show aspects that allow us to articulate the phases of mathematical modeling with the development of the pillars of computational thinking. In particular, the analyses conducted highlight the visualization of mathematical models through different structures, from concrete (manipulable) mathematical models to the design of the computational algorithm. In addition, the paper indicates that, in high school, mathematical modeling also helps engage students in programming and problem-solving activities.

Keywords: Mathematics Education; Mathematical Models; Scratch Software.

Introdução

A integração entre distintas áreas do conhecimento no ensino de Matemática se expressa, no cotidiano escolar, por meio de situações que aproximam os conteúdos da vivência dos estudantes. Nessa perspectiva, a Modelagem Matemática desempenha um papel relevante na Educação Básica ao propor problemas contextualizados que conectam os saberes desenvolvidos em sala à diversidade e às experiências dos alunos enquanto sujeitos sociais (Brasil, 2018).

De forma complementar, atividades que exigem organização lógica, precisão e rapidez podem ser ampliadas pela inserção do Pensamento Computacional. Esse conjunto de habilidades permite incorporar à prática pedagógica elementos próprios das inovações tecnológicas atuais, contribuindo para que os estudantes desenvolvam competências adequadas à participação crítica e ativa em uma sociedade cada vez mais digital (Paraná, 2018).

As orientações para o ensino de Matemática na Educação Básica, destacam a importância de propostas que valorizem situações reais e contextualizadas, relacionadas ao cotidiano e aos interesses dos estudantes, sobretudo por meio da Modelagem Matemática. Paralelamente, o avanço das tecnologias digitais, aliado às demandas de raciocínio lógico e à necessidade de inserção dos estudantes em um

mundo cada vez mais informatizado, reforça a relevância do desenvolvimento do Pensamento Computacional.

Embora a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), não apresenta a Modelagem Matemática de forma explícita como tendência metodológica, o documento a caracteriza como um processo matemático fundamental, associado à resolução de problemas, à investigação, à elaboração de projetos e à realização de atividades matemáticas (Brasil, 2018). No âmbito educacional, o Referencial Curricular do Paraná compreende a Modelagem Matemática como uma estratégia pedagógica capaz de promover um trabalho interdisciplinar e contextualizado, articulando conhecimentos intra e extramatemáticos e favorecendo a comunicação entre diferentes áreas (Paraná, 2018).

A Modelagem Matemática, nesse sentido, constitui uma possibilidade de aproximação entre elementos cotidianos e os conceitos matemáticos. Trata-se de um conjunto de procedimentos que orientam a definição de estratégias de ação frente a um problema (Almeida, Silva e Vertuan, 2016). Por isso, atividades de Modelagem Matemática frequentemente representam um desafio para o professor, que precisa propor situações que ultrapassem sua zona de conforto, mesmo quando domina os conteúdos curriculares envolvidos.

O Pensamento Computacional, por sua vez, é definido pela BNCC como o conjunto de capacidades relacionadas a compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas, por meio da criação de algoritmos (Brasil, 2018). A Sociedade Brasileira de Computação (SBC) amplia essa concepção ao enfatizar seu papel no fortalecimento da comunicação, da compreensão de dados e do desenvolvimento do pensamento crítico, atribuindo-lhe uma dimensão formativa relacionada ao desenvolvimento do intelecto humano (SBC, 2019).

Na BNCC, tanto a Modelagem Matemática quanto o Pensamento Computacional são mencionados no campo da Matemática, embora ainda existam lacunas na descrição de como essas abordagens devem ser implementadas. Essa ausência de orientações detalhadas pode gerar, como observam Plewka e Dantas (2023), sentimentos de angústia entre docentes que buscam nos documentos oficiais diretrizes claras para suas práticas, mas não encontram orientações suficientemente transparentes.

Nesse cenário, o uso da Modelagem Matemática como recurso pedagógico pode atuar como fio condutor para o desenvolvimento do Pensamento Computacional

(Kaminski, 2023). Carvalho e Klüber (2021) defendem que o trabalho articulado entre ambas as abordagens amplia o potencial formativo dos estudantes, superando limitações decorrentes do desenvolvimento de habilidades de maneira fragmentada.

No contexto internacional Kallia et al. (2021) investigam a interseção entre o Pensamento Computacional e o Pensamento Matemático. Ambos são compreendidos como processos de resolução de problemas que valorizam a contextualização, isto é, a tradução de situações do mundo real para um modelo matemático ou computacional e, posteriormente, o caminho inverso. Nesse processo, quatro atividades cognitivas distintas podem ser identificadas: (1) traduzir o contexto para um modelo, (2) operar dentro do modelo, (3) converter os resultados do modelo novamente para o contexto e (4) verificar se a solução de fato resolve o problema. De acordo com Bayer et al. (2024), essa caracterização do Pensamento computacional no âmbito da Matemática proposto por Kallia et al. (2021), mostra-se estruturalmente semelhante ao ciclo de Modelagem Matemática, especialmente quando mediado pelo uso de ferramentas digitais apresentado em Greefrath (2011).

Com o intuito de compreender os processos do Pensamento Computacional de estudantes nas aulas de Física no terceiro ano do Ensino Médio a modelagem matemática foi escolhida como uma alternativa que pode favorecer a compreensão das múltiplas aplicações dos conteúdos teóricos trabalhados. Nesse contexto, propõe-se o desenvolvimento de habilidades vinculadas ao Pensamento Computacional a partir de uma atividade de Modelagem Matemática, tomando como exemplo as demandas locais relacionadas à implantação de semáforos nas vias públicas para o controle do tráfego de automóveis.

Tal perspectiva será discutida ao longo deste artigo, por meio da proposição de uma atividade de Modelagem Matemática e sua transposição para software de programação em blocos, de modo a favorecer o desenvolvimento das habilidades de Pensamento Computacional delineadas por Brackmann (2017).

Nesse contexto, este artigo tem por objetivo compreender os processos do Pensamento Computacional por meio de uma atividade de Modelagem Matemática, a partir da situação-problema “De que maneira é possível utilizar os softwares de programação em blocos para representar a funcionalidade que o semáforo transmite ao cotidiano dos cidadãos?”⁵.

⁵ O presente artigo é uma versão revisada e ampliada do trabalho apresentado no X Encontro Paranaense de Modelagem em Educação Matemática (X EPMEM).

O artigo está organizado de forma a contemplar, inicialmente, aspectos teóricos sobre a Modelagem Matemática na Educação Básica e sobre o desenvolvimento do Pensamento Computacional. Em seguida, apresentam-se os procedimentos metodológicos adotados, a análise de dados obtidos e a discussão dos resultados. Por fim, são apresentadas considerações finais que destacam potencialidades, limitações e perspectivas futuras da pesquisa.

Modelagem Matemática na Educação Matemática

Na Educação Matemática, as pesquisas em Modelagem Matemática são variados, a literatura aponta sua presença desde a Educação Básica até o Ensino Superior (Borromeo Ferri, 2018; Frejd; Bergsten, 2018; Blum, 2015; Martins, 2024; entre outros).

No âmbito da Educação Básica, Almeida, Silva e Vertuan (2016) compreendem a Modelagem Matemática como uma alternativa que utiliza a matemática para a resolução e compreensão de situações-problema que não são, em sua essência, matemáticas. Nesse processo, os estudantes participam de uma investigação que exige o emprego da matemática, a construção de modelos matemáticos e a previsão ou descrição de resultados adequados a determinada realidade, além da avaliação e validação desses resultados em relação à matemática e ao problema analisado.

O percurso da Modelagem Matemática compreende diferentes fases que, embora não se desenvolvam de maneira linear, contribuem para a organicidade da atividade: inteiração, matematização, resolução, interpretação dos resultados e validação. I) Inteiração: corresponde ao momento em que os estudantes exploram a situação-problema, buscando compreender suas características e desafios. Nessa etapa, o objetivo é definir claramente o problema, estabelecer metas para solucioná-lo e reunir informações relevantes sobre o tema. II) Matematização: consiste na tradução do problema real para a linguagem matemática. Envolve a formulação de hipóteses, a seleção das variáveis mais significativas e a simplificação de aspectos complexos, de modo a construir uma representação matemática da situação. III) Resolução: nesta fase, desenvolve-se o modelo matemático que descreve a situação e permite analisar seus elementos centrais. O modelo deve oferecer respostas às questões levantadas durante a investigação. IV) Interpretação e validação dos

resultados: os resultados obtidos são examinados para verificar se o modelo responde adequadamente ao problema. Essa etapa inclui tanto a avaliação da precisão matemática quanto a análise da aplicabilidade do modelo à realidade investigada.

Esse percurso evidencia possibilidades para a prática da Modelagem Matemática em sala de aula, que, em diferentes níveis de escolaridade, pode favorecer o desenvolvimento de competências e habilidades vinculadas à matemática (Almeida; Zanin, 2016). Além disso, permite o trabalho com temas que, na Educação Básica, encontram-se frequentemente fragmentados em componentes específicos, como Resolução de Problemas, Educação Financeira e Pensamento Computacional.

Por conseguinte, a Modelagem Matemática pode constituir-se como uma porta de entrada para o desenvolvimento das habilidades associadas ao Pensamento Computacional, uma vez que ambas as abordagens compartilham processos cognitivos semelhantes, tais como a decomposição de problemas, a abstração, o reconhecimento de padrões e a elaboração de algoritmos (Blum, 2015; Grover; Pea, 2018; Carvalho; Klüber, 2021; Kaminski, 2023, Bayer et. al., 2024).

Sobre o desenvolvimento do Pensamento Computacional

O Pensamento Computacional tem sido destacado em documentos oficiais que orientam a Educação Básica, como a BNCC e o Referencial Curricular do Paraná. Nesses documentos, ele é apresentado como uma possibilidade para o desenvolvimento humano por meio do uso de recursos tecnológicos e da aplicação prática do conhecimento teórico adquirido ao longo da formação escolar. Dessa forma, o indivíduo é incentivado a exercitar, praticar e criar a partir do que aprende. No contexto da Educação Básica, a inserção das tecnologias se configura como uma alternativa pedagógica relevante, especialmente quando se busca favorecer aprendizagens alinhadas à realidade da sociedade contemporânea.

A ideia de Pensamento Computacional começou a ganhar forma com Seymour Papert (1980), na obra *Midstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. Papert defendia que os computadores poderiam aprimorar o desenvolvimento e a compreensão do próprio pensamento. À época, vivia-se um momento de transição, em que os computadores passavam a ser incorporados ao cotidiano das famílias. Foi nesse cenário que ele criou a linguagem LOGO, caracterizada como uma proposta simples e poderosa, permitindo que os usuários criassem programas,

desenvolvessem estratégias de resolução de problemas e explorassem tanto o pensamento convergente quanto o divergente (Miranda, 1990, p. 117).

O interesse por dar visibilidade ao Pensamento Computacional no campo educacional retornou com força a partir de Wing (2006). A autora apresentou como uma habilidade essencial para todas as pessoas, ressaltando que seu propósito não é “pensar como uma máquina”, mas utilizar a computação como uma ferramenta para resolver problemas. Mais tarde, em 2014, Wing reformulou sua definição compreendendo o Pensamento Computacional como os processos de pensamento envolvidos na formulação de um problema e na expressão de sua(s) solução(ões) de tal forma que um computador, humano ou máquina possa efetivamente executá-lo (Wing, 2014).

Na procura por caracterizar os elementos necessários para resolver problemas por meio da computação, Brackmann (2017, p. 35) definiu Pensamento Computacional com base em quatro pilares fundamentais: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos. Esses pilares orientam a formulação de soluções a partir dos sistemas computacionais e organizam o processo de modelagem e resolução de problemas de maneira sistemática.

Segundo Brackmann (2017), o Pensamento Computacional envolve a capacidade de reconhecer um problema amplo e dividi-lo em partes menores e manejáveis, processo conhecido como decomposição. Após essa divisão, cada componente pode ser examinado, permitindo identificar semelhanças com situações já resolvidas anteriormente, etapa denominada reconhecimento de padrões. Em seguida, concentra-se apenas nos aspectos realmente relevantes do problema, deixando de lado informações que não contribuem para a solução, o que caracteriza a abstração. Por fim, elaboram-se instruções para solucionar cada uma das partes, do problema, formando o algoritmo. Esse conjunto de procedimentos facilita a criação de códigos compreensíveis por sistemas computacionais e possibilita a resolução eficiente de desafios complexos, independente da área profissional.

A construção das propriedades, definições e transformações a esse construto teórico tem acompanhado tanto o desenvolvimento histórico quanto as demandas sociais, especialmente no que se refere ao uso de tecnologias para atender às necessidades dos indivíduos. Esse processo contribuiu para que o tema passasse a ser reconhecido como uma tendência no currículo da Educação Básica.

Nesse artigo, adotamos a perspectiva de Modelagem Matemática apresentada por Almeida, Silva e Vertuan (2016) como base para analisar uma atividade dessa natureza. A partir dela, articulamos o desenvolvimento do Pensamento Computacional conforme compreendido por Brackmann (2017), delineando as conexões propostas ao longo do artigo.

Diante desse cenário, percebe-se que o Pensamento Computacional possui potencial de aplicação em diferentes áreas do conhecimento, em situações cotidianas e em diversos campos científicos. Assim, torna-se necessário que a educação promova discussões e iniciativas que favoreçam sua inserção no ambiente escolar, ampliando as possibilidades pedagógicas e contribuindo para o desenvolvimento dessas capacidades nos estudantes.

Aspectos Metodológicos

Os dados utilizados para embasar as análises deste estudo foram obtidos junto a estudantes do terceiro ano do Ensino Médio noturno, durante as aulas de Física em uma escola estadual localizada no norte do Paraná. A turma contava com cinquenta e cinco estudantes, todos envolvidos na realização de uma atividade cujo tema foi proposto pelo professor, também autor deste artigo.

O planejamento das aulas, disponibilizado pela Secretaria de Esporte e Educação, previa o estudo de conteúdos relacionados a ligações em série e circuitos elétricos. Considerando essa orientação, a atividade foi estruturada para incentivar os estudantes a vivenciarem uma experiência investigativa. Para isso, foram organizados 17 grupos de três integrantes e um grupo com quatro. O presente estudo analisou os registros produzidos por oito desses grupos. Os materiais coletados incluíam anotações escritas, algoritmos construídos no software Scratch, relatórios finais e protótipos de semáforos montados pelos estudantes.

A análise dos dados adotou um procedimento de caráter exploratório e interpretativo. Esse processo envolveu três etapas principais:

- Uma leitura inicial de todo o conjunto de registros, com o objetivo de compreender o panorama geral do material.
- A seleção de elementos que evidenciassem o percurso realizado pelos estudantes — linear ou não — ao longo das fases da atividade de Modelagem Matemática descritas na literatura.

- Por fim, a articulação entre esses registros e os pilares do Pensamento Computacional apresentados no referencial teórico.

Conforme aponta Creswell (2018), a análise qualitativa em pesquisas na área educacional busca interpretar os significados atribuídos pelos participantes às suas experiências, valorizando os processos e os contextos em que eles ocorrem. Nesse artigo, a leitura e interpretação dos registros escritos, dos algoritmos elaborados no Scratch e dos relatórios seguiram uma abordagem descritiva e interpretativa, com o intuito de identificar relações entre a Modelagem Matemática e o Pensamento Computacional.

Análise dos dados e Discussão dos Resultados

No início da atividade, os estudantes foram convidados a explorar e discutir como os semáforos funcionam, refletindo tanto sobre sua importância para a organização do trânsito quanto sobre os elementos que compõem sua estrutura. A Figura 1 ilustra trechos do material utilizado para orientar essa etapa inicial de investigação.

Após essa etapa de familiarização com o funcionamento dos semáforos, propôs-se que os estudantes construíssem um protótipo físico, inspirado no modelo apresentado por Paraná (2022), que contém um tutorial detalhado para essa finalidade. Para a montagem, os grupos utilizaram uma folha de papel sulfite impressa como gabarito, papel alumínio e colchetes para funcionar como condutores, uma bateria como fonte de energia, cola para fixação e lâmpadas LEDs representando as luzes do semáforo (Figura 1).

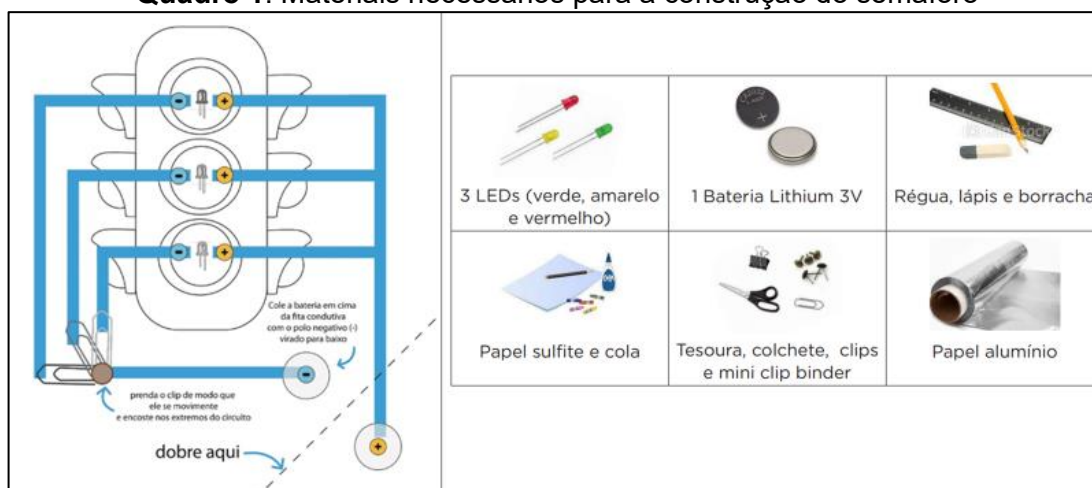
Figura 1: Texto da atividade de Modelagem Matemática “Semáforos”

<p>O semáforo de lâmpadas de gás para uso noturno foi uma solução criada na Inglaterra, em 1868. Para facilitar o tráfego o semáforo continha duas cores, sendo vermelho e verde, porém como resultado dos testes de implementação desta criação, vieram as explosões das lâmpadas que interromperam o seu desenvolvimento até meados da década de 30 com a implementação no Reino Unido do semáforo automático nos padrões modernos, ou seja, o dispositivo era controlado por um temporizador que permitia o tráfego dos veículos.</p> <p>E com o avanço da tecnologia, os semáforos passaram por melhorias e atualmente um dos modelos encontrados na região Norte do Paraná é o desenvolvido pelo maringaense Divino Bortolotto. O semáforo possui um ciclo visual que informa o tempo de espera aos motoristas que consequentemente, diminuem a ansiedade e aumenta a segurança dos cidadãos, conforme figura a seguir.</p>	<p>Para a construção do semáforo é necessário um circuito elétrico composto por lâmpadas de led, resistores, bateria, fios e uma placa responsável pela recepção do sinal e distribuição de energia. No entanto, existe a necessidade da programação do sistema de envio dos sinais para a placa presente no semáforo, como por exemplo, o temporizador.</p> <p>Em relação ao circuito elétrico, uma questão a se pensar refere-se à programação da placa, mais especificadamente:</p> <p>Que maneira é possível utilizar os <i>softwares</i> de programação em blocos para representar essa funcionalidade que o semáforo transmite para o cotidiano dos cidadãos?</p>
--	---

Fonte: Os autores

No contexto da atividade de Modelagem Matemática, as discussões iniciais sobre a situação proposta situam-se na fase de inteiração, fase em que os estudantes têm o primeiro contato com o problema e começam a reunir as informações necessárias para compreensão. Nessa etapa, os estudantes procuram identificar e entender os elementos que compõem o funcionamento de um semáforo, realizando um levantamento preliminar e organizando os dados que servirão de base para as etapas seguintes.

Quadro 1: Materiais necessários para a construção do semáforo



Fonte: Paraná (2022)

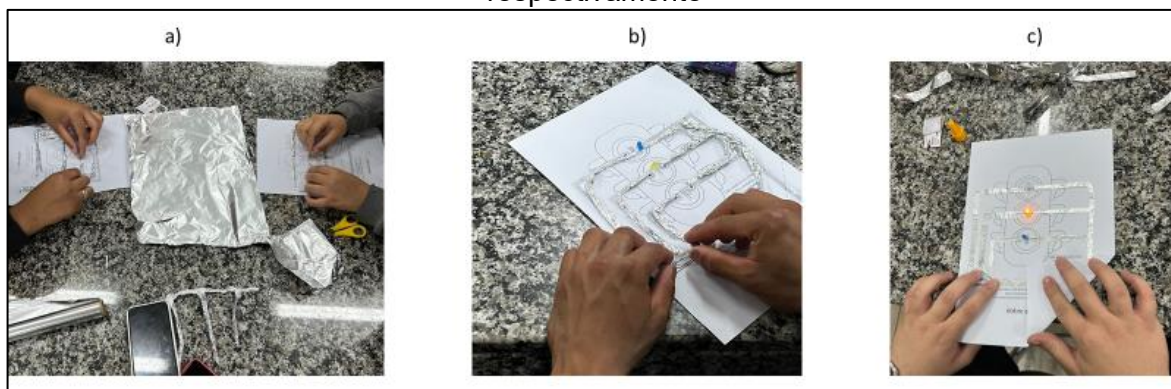
Na disciplina de Física, o planejamento previa o estudo de ligações em série entre resistores e circuitos elétricos residenciais. Nesse cenário, a aproximação entre o conteúdo curricular e a situação-problema ocorreu a partir das dificuldades demonstradas pelos estudantes em compreender os conhecimentos necessário para construir um semáforo. Esse movimento permitiu que a teoria fosse aplicada na prática durante a elaboração do protótipo manipulável.

A relação entre a situação-problema e os conceitos de Física envolvidos na construção do semáforo surgiu da necessidade de os estudantes representarem o circuito elétrico. Dessa forma, a fase de matematização da Modelagem Matemática ficou evidente quando os estudantes transformaram descrições em linguagem natural para representações próprias da linguagem científica e matemática.

Para iniciar a construção do protótipo, os estudantes levantaram questionamentos que orientaram sua investigação, tais como: *“De que forma a energia será conduzida pelo papel alumínio?”*, *“O papel alumínio realmente funciona como condutor elétrico?”* e *“É possível acender as lâmpadas apenas com essa bateria*

e o papel alumínio?”. Parte dessas indagações e reflexões está registrada no Quadro 2.

Quadro 2: Construção dos semáforos dos grupos (6), (7) e (8) sendo (a), (b) e (c), respectivamente



Fonte: Registro dos Grupos (6), (7) e (8)

Em a), os estudantes esclareceram suas dúvidas com base nos conhecimentos sobre ligações em série de resistores, compreendendo que, nesse tipo de associação, a corrente elétrica mantém o mesmo valor em todos os pontos do circuito. A partir dessa compreensão, foram orientados a testar o funcionamento das lâmpadas utilizando apenas a bateria, verificando, na prática, o comportamento do material construído.

Em b), a turma avançou para a fase de análise e testes relacionados ao uso do papel alumínio como condutor. Os grupos discutiram se seria mais adequado cortar pequenos fios ou utilizar tiras maiores para permitir a passagem de corrente elétrica. Após definirem a estratégia, iniciaram a fixação dos componentes do semáforo sobre o papel sulfite. Durante esse processo, observaram que algumas lâmpadas de LED acendiam enquanto outras permaneciam apagadas, o que levou os estudantes a deduzirem que o correto posicionamento entre polos positivos e negativos é fundamental para garantir a condução da energia.

O percurso de montagem do circuito, no qual os estudantes construíram o protótipo do semáforo, caracteriza a fase de resolução da Modelagem Matemática. Nessa fase, o objetivo central é descrever e materializar uma possível resposta para a situação-problema, permitindo analisar e testar hipóteses elaboradas ao longo da atividade.

Em c), alguns grupos conseguiram concluir o circuito elétrico de forma satisfatória, fazendo com que as luzes do semáforo acendessem conforme a

movimentação de um colchete, utilizado como parte do sistema condutor. À medida que o primeiro grupo finalizou a atividade, os demais, que ainda enfrentavam dificuldades, foram incentivados a observar os erros, revisar procedimentos e realizar novas tentativas. A principal dificuldade encontrada dizia respeito à condução adequada da corrente elétrica para acender todas as lâmpadas de LED. Mesmo assim, parte da proposta foi concluída, uma vez que os estudantes conseguiram elaborar um circuito funcional, representando a alternância das luzes de um semáforo. Essa etapa evidencia novamente a fase de resolução da Modelagem Matemática, pois o modelo matemático emergiu a partir da aplicação dos conceitos de circuitos elétricos ao protótipo físico, conforme registrado em c) do Quadro 2.

Após a conclusão pelo primeiro grupo, seus integrantes se dividiram para auxiliar os colegas que ainda não haviam solucionado o problema. Nesse processo, confeccionaram novos recortes de papel alumínio, verificaram conexões entre polos, testaram LEDs e revisitaram etapas anteriores, contribuindo para que todos finalizassem a construção do semáforo, assegurando a passagem da corrente elétrica e o acendimento correto das lâmpadas.

Na sequência, ocorreu a fase de interpretação e validação, características da Modelagem Matemática, na qual se analisa se a construção realizada responde ao problema proposto. Essa etapa se manifestou tanto nas discussões entre os grupos quanto nas revisões feitas coletivamente, quando os estudantes verificaram se o circuito representava o funcionamento de um semáforo.

Contudo, a atividade de Modelagem Matemática não se encerrava com a construção física do modelo, pois ainda era necessário transpor esse percurso investigativo para uma linguagem de programação, transformando o modelo elaborado em um algoritmo capaz de simular o funcionamento do semáforo em um ambiente computacional. Para isso, os estudantes iniciaram a produção de relatórios reflexivos sobre o processo desenvolvido, registros que serviriam de apoio para a elaboração dos algoritmos. Esse movimento também favoreceu, de modo indireto, o exercício dos quatro pilares do Pensamento Computacional, segundo a concepção de Brackmann (2017).

A escola do software Scratch partiu dos próprios alunos, que já possuíam familiaridade em disciplinas anteriores, incluindo a de Pensamento Computacional. Desenvolvido pelo grupo *Lifelong Kindergarten* do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), permite criar histórias interativas, jogos e animações por meio da

programação em blocos, funcionando como uma ponte entre a construção física e a simulação digital do circuito. Nesse ambiente, os estudantes puderam reinterpretar o que haviam desenvolvido com materiais concretos e propor soluções para a situação-problema inicial.

A Tabela 1 sintetiza elementos da análise, articulando as fases da atividade de Modelagem Matemática com os pilares do Pensamento Computacional.

Tabela 1: Interlocução entre as fases da Modelagem Matemática e o Pensamento Computacional

Fases de uma atividade de Modelagem Matemática	Pilares do Pensamento Computacional	Comentários durante o desenvolvimento do circuito Elétrico
Inteiração	⇒ Decomposição	⇒ Grupo (1): <i>"Quais são os personagens que serão utilizados para a construção do circuito elétrico"</i>
Matematização	⇒ Reconhecimento de padrões	⇒ Grupo (1): <i>"Conferimos todos os materiais necessários para o circuito, [...]"</i>
Resolução	⇒ Abstração	⇒ Grupo (1): <i>"Encaixamos os led's entre os alumínios, [...]"</i> ; e Grupo (2): <i>"[...] e colocamos as 'luizinhas' no lugar indicado, [...]"</i>
Interpretação dos Dados e Validação	⇒ Algoritmo	⇒ Grupo (3): <i>"Apesar de ter sido complicado no início, na segunda vez que fiz consegui realizá-lo" e "A parte de programar foi difícil, foi necessárias duas tentativas, contudo, com o papel e o relatório ficou fácil, pois tivemos um norte"</i>

Fonte: Os autores

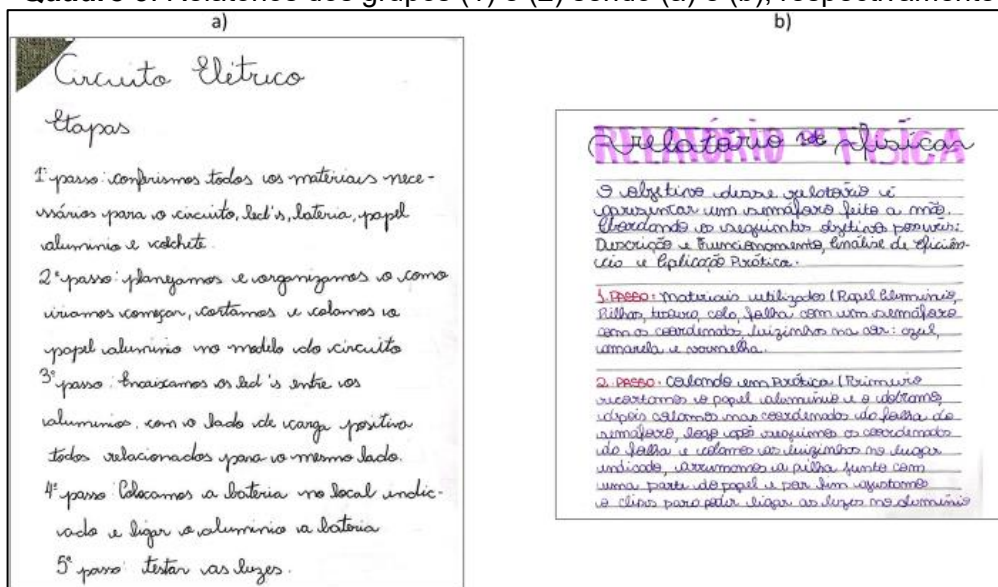
A fase de inteiração da Modelagem Matemática manifesta-se quando os estudantes estabelecem metas para orientar a resolução da atividade, como a elaboração do relatório, e retomam conhecimentos já construídos para sustentar novas aprendizagens. Esse movimento é exemplificado pela escolha do software Scratch, selecionado pela familiaridade adquirida em experiências anteriores, o que facilitou sua utilização na atividade.

No que se refere ao processo de decomposição, a necessidade de transpor o funcionamento do semáforo físico para o ambiente de programação exigiu dividir o desafio em partes menores, que pudessem ser analisadas com clareza. Entre as dúvidas levantadas pelos estudantes surgiram questões como: *"Quais personagens podem representar o circuito elétrico no programa?"*. A imagem do semáforo e o colchete utilizado na condução da energia tornaram-se elementos-chave para a criação do algoritmo. Essa etapa também se vincula à fase de inteiração, pois envolveu a compreensão dos requisitos necessários para transformar a montagem física do semáforo em uma representação digital.

Com o relatório finalizado e os procedimentos organizados, iniciou-se um processo associado ao pilar de abstração do Pensamento Computacional. Nesse processo, os estudantes realizaram uma filtragem dos dados, buscando identificar quais informações eram essenciais para a representação do semáforo no Scratch. O objetivo era preservar a coerência da situação-problema original, mantendo apenas os elementos indispensáveis e evitando a perda de informações relevantes.

Além disso, o registro apresentado no Quadro 3, item a), evidencia a presença da fase de matematização, especialmente quando se menciona: “*conferimos todos os materiais necessários para o circuito, [...]*”. Essa ação indica que a situação-problema já havia sido reconhecida e organizada durante a fase de inteiração, incluindo a identificação dos personagens e demais componentes fundamentais para a construção do algoritmo no ambiente de programação.

Quadro 3: Relatórios dos grupos (1) e (2) sendo (a) e (b), respectivamente



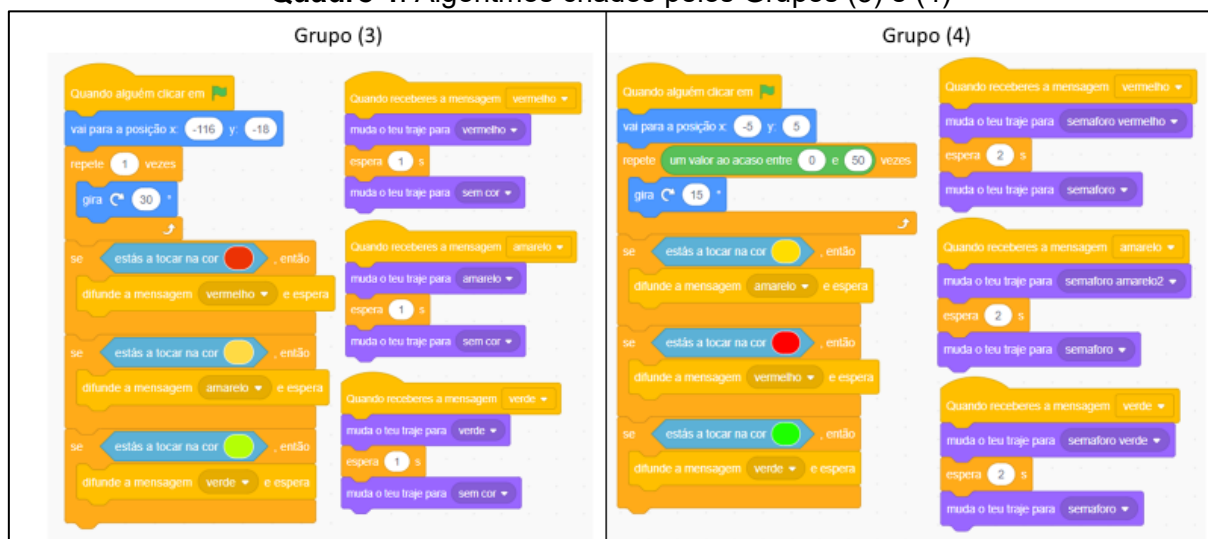
Fonte: Registros dos Grupos (1) e (2)

Na etapa de interação com os blocos de programação do Scratch, conforme descrito no Quadro 3, itens a) e b), os estudantes relataram ações como: “*encaixamos os LEDs entre os alumínio, [...]*” e “*[...] colocamos as ‘luizinhas’ no lugar indicado, [...]*”, representando as luzes do semáforo por meio de um único objeto no ambiente digital. Durante a construção do código, os grupos perceberam que a lógica utilizada para acender a luz vermelha se repetia, com poucas variações, para programar as luzes amarela e verde. Essa observação revela o uso do reconhecimento de padrões, pilar do Pensamento Computacional que consiste em identificar semelhanças e

regularidades para tornar o processo de resolução eficiente, conforme apresentado no Quadro 4, item a.

Além disso, o processo de escolha das variáveis e a simplificação das informações revelam para o funcionamento do semáforo digital também dialogam com a fase de matematização da Modelagem Matemática. Nesse momento, a situação-problema passa por uma organização conceitual, sendo representada de maneira estruturada e compatível com a linguagem matemática necessária para a elaboração do algoritmo.

Quadro 4: Algoritmos criados pelos Grupos (3) e (4)



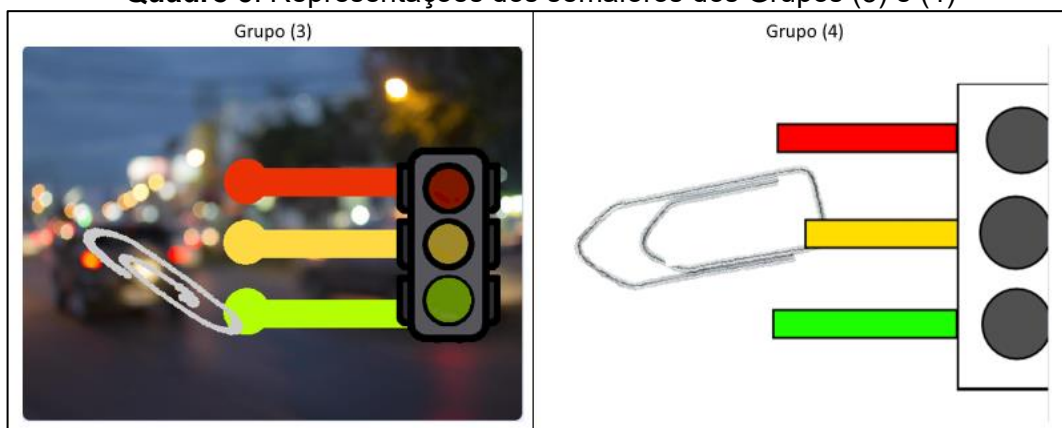
Fonte: Registros dos Grupos (3) e (4)

Após concluírem as etapas de decomposição, reconhecimento de padrões e abstração, os estudantes avançaram para o último pilar do Pensamento Computacional: a elaboração do algoritmo. Nesse momento, o foco passou a ser a criação de uma sequência lógica de instruções capaz de fazer funcionar a simulação do semáforo no ambiente digital. Esse processo envolveu tanto a definição dos formatos dos personagens, como o modelo do semáforo e os cliques utilizado como condutor, quanto a organização dos blocos de programação responsáveis por permitir a interação entre esses elementos, conforme apresentado no Quadro 5.

Nesse cenário, o modelo matemático assume o papel de representação do circuito elétrico e do protótipo do semáforo construído na etapa inicial da atividade, agora transposto para a lógica de um algoritmo em linguagem de programação. Ao elaborarem o código no software de blocos, os estudantes retornam de forma não linear, à fase de resolução da Modelagem Matemática, uma vez que passam a

expressa digitalmente a funcionabilidade do semáforo e a consolidar uma solução final para o problema proposto.

Quadro 5: Representações dos semáforos dos Grupos (3) e (4)



Fonte: Registros dos Grupos (3) e (4)

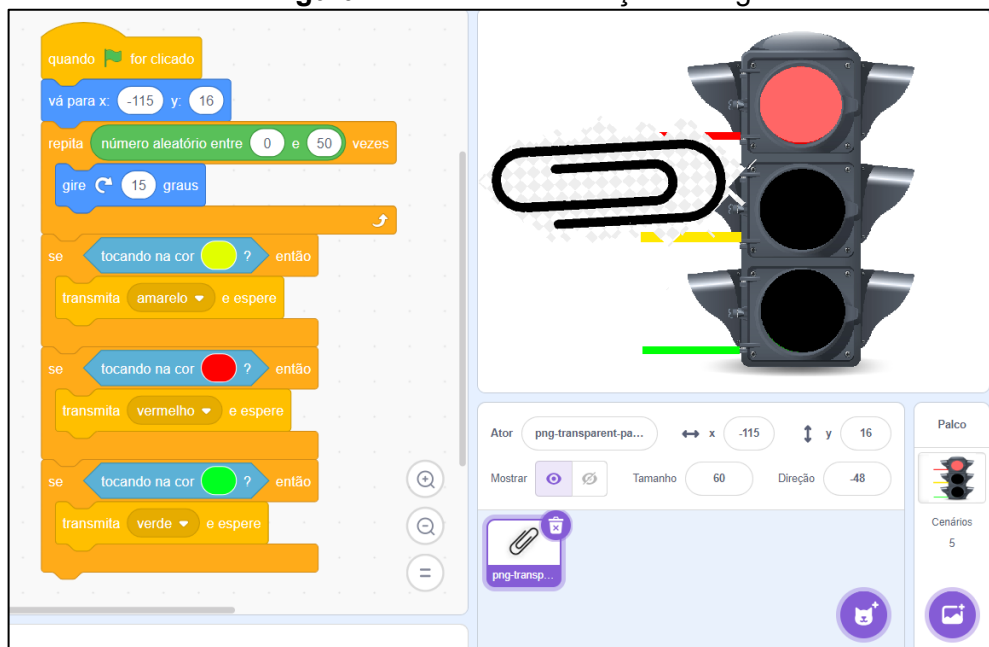
O desenvolvimento do algoritmo foi apontado como a etapa de maior complexidade pelos estudantes, especialmente devido à necessidade de operar com programação em blocos. Alguns grupos precisaram refazer o código mais de uma vez, como evidenciam depoimentos dos próprios participantes: *“apesar de ter sido complicado no início, na segunda vez que fiz consegui fazer”* e *“a parte de programar foi difícil, foi necessárias duas tentativas, contudo, com o papel e o relatório ficou fácil, pois tivemos um norte”*.

Esses relatos demonstram o vínculo desse momento com a fase de interpretação de resultados e validação da Modelagem Matemática. Os erros cometidos levaram os estudantes a revisarem o modelo matemático (algoritmo) e a perceber onde ajustes eram necessários. Esse processo aparece, por exemplo, na observação de um dos grupos: *“[...] recomendo desenhar os cliques!”*, evidenciando que as revisões foram fundamentais para a conclusão da tarefa.

Entretanto, nem todos os grupos conseguiram finalizar a atividade. Alguns apresentaram dificuldades relacionadas ao pilar de abstração, o que se refletiu diretamente na fase de interpretação dos resultados e validação, conforme ilustrado na Figura 2. Nesses casos, apenas um personagem foi inserido na programação, e o semáforo acabou sendo utilizado apenas como “palco”, compondo o cenário, mas sem estabelecer a interação necessária para que o algoritmo representasse o funcionamento real do sistema.

O esperado era que os estudantes programassem a interação entre os cliques e o semáforo, pois essa relação era essencial para simular o acionamento das luzes. Contudo, como essa articulação não foi abstraída por alguns grupos, o semáforo passou a desempenhar apenas um papel estático, resultando em uma repetição de imagens, sem representar a dinâmica funcional prevista na atividade.

Figura 2: Tentativa de criação do algoritmo



Fonte: Registros do Grupo (5)

Dessa maneira, o processo de validação presente na Modelagem Matemática estabelece uma relação direta com o Pensamento Computacional. Isso ocorre porque, ao testar e ajustar o algoritmo, os estudantes verificam se conseguem executar corretamente os passos e regras definidos para resolver cada um dos subproblemas identificados ao longo da atividade, em outras palavras, asseguram que o código funcione e que as luzes do semáforo acendam e apaguem conforme o previsto.

Com o objetivo de organizar e sistematizar essa articulação entre as fases da Modelagem Matemática, conforme descritas por Almeida, Silva e Vertuan (2016) e os pilares do Pensamento Computacional apresentados por Brackmann (2017), elaborou-se a Tabela 2. Nela, são apresentadas as conexões entre ambas as abordagens, acompanhadas de exemplos de habilidades desenvolvidas pelos estudantes durante a realização da atividade analisada.

Tabela 2: Relação entre as fases da Modelagem Matemática (Almeida, Silva e Vertuan, 2016) e os pilares do Pensamento Computacional (Brackmann, 2017)

Fase da Modelagem	Pilar do Pensamento Computacional	Atividade exemplar (Semáforos)
Inteiração	Decomposição	Dividir o problema em "circuito físico" + "programação".
Matematização	Abstração	Selecionar variáveis (tempo das luzes, conexões elétricas).
Resolução	Reconhecimento de Padrões	Identificar sequência fixa (vermelho → amarelo → verde).
Validação	Algoritmo	Programar no Scratch a troca de luzes.

Fonte: Elaborado pelos autores

As conexões evidenciam como cada etapa da Modelagem Matemática estimula habilidades específicas do Pensamento Computacional. Para além dos resultados obtidos pelo processo analítico, Grover e Pea (2018) defendem a relação entre matematização e abstração, enquanto Weintrop et al. (2016) articulam a etapa de validação com a criação de algoritmos.

A atividade do semáforo demonstrou, por exemplo, como os estudantes foram capazes de decompôr o problema físico em etapas computacionais (indicando pensamento algorítmico) e como a validação do modelo concreto os levou a realizar ajustes no código — um processo iterativo característico da Modelagem Matemática, conforme apontado por Blum (2015).

Os dados qualitativos coletados revelaram não apenas a aquisição de habilidades técnicas, mas também o desenvolvimento da criatividade e da colaboração entre os grupos, aspectos considerados fundamentais para o Pensamento Computacional segundo Resnick (2017).

Por meio das análises apresentadas, a articulação proposta entre as fases da Modelagem Matemática e os pilares do Pensamento Computacional pode ter proximidade com teóricos que dialogam com essa interface. Em Kallia et al. (2021), a interseção entre o Pensamento Computacional e o Pensamento Matemático, entendendo ambos como processos de tradução entre o mundo real e um modelo (matemático ou computacional), envolvendo atividades cognitivas de tradução, operação, conversão e verificação, pode auxiliar na identificação de um ciclo que possui similaridade estrutural com o ciclo de modelagem matemática, especialmente quando mediado por ferramentas digitais, como destacado por Bayer et al. (2024) com base em Greefrath (2011).

Similaridades também podem ser identificadas em Weintrop et al. (2016, p.133), é importante ressaltar que os autores apresentam um conjunto inicial de

habilidades de pensamento computacional que por meio da análise realizada nesta pesquisa é possível identificar semelhanças entre a modelagem matemática e o pensamento computacional. Por exemplo, a “capacidade de lidar com problemas abertos”, é uma habilidade em comum que pode ser identificada. A “persistência em trabalhar em problemas desafiadores” também foi identificada, visto que os estudantes no processo de criação do algoritmo precisaram realizar mais de uma tentativa. A habilidade de “Representar ideias de maneira computacionalmente significativa” foi o produto desta atividade em que as transições entre mundo real, linguagem matemática e programação em blocos. “Dividir grandes problemas em problemas menores” que ocorreu na transposição do semáforo para o software de programação em blocos, em particular na programação dos personagens um a um. Na resolução identificou-se também as habilidades de “Gerar soluções algorítmicas e Reconhecer e lidar com ambiguidades em algoritmos”, os estudantes, durante a programação do semáforo, identificaram um padrão na construção do código: os mesmos procedimentos aplicados para acender a luz vermelha foram reutilizados para as luzes amarela e verde. Essas habilidades, fundamentadas no pensamento computacional e defendidas por Weintrop et al. (2016), revelam-se, a partir do exercício analítico realizado, como elementos também presentes no processo de modelagem matemática.

Considerações finais

Este artigo teve como objetivo analisar como os processos característicos do Pensamento Computacional podem emergir a partir do desenvolvimento de uma atividade de Modelagem Matemática. A investigação se baseou na situação-problema: *“De que maneira é possível utilizar os softwares de programação em blocos para representar a funcionalidade que o semáforo transmite ao cotidiano dos cidadãos?”*.

A atividade foi realizada com estudantes do Ensino Médio, no âmbito da disciplina de Física, e permitiu observar de que forma as etapas da Modelagem Matemática se relacionam e dialogam com os pilares do Pensamento Computacional. Ao longo do artigo, foi possível evidenciar como cada fase, desde o primeiro contato com a situação-problema até a elaboração e validação do algoritmo, contribuiu para o desenvolvimento das habilidades previstas em ambas as abordagens.

Os resultados indicam que, no desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática, as etapas de inteiração, matematização, resolução e validação podem ser diretamente relacionadas aos pilares do Pensamento Computacional – decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos. Em relação aos modelos matemáticos, verificou-se que podem assumir diferentes formas e estruturas, enfatizando tanto a construção de protótipos concretos quanto a elaboração de algoritmos analíticos. Essa perspectiva dialoga com Bayer et al. (2024), que destacam como projetos de modelagem na educação básica favorecem o surgimento espontâneo de práticas de Pensamento Computacional.

De modo similar nesta pesquisa o mesmo ocorre na transposição da construção física de um semáforo para um algoritmo em Scratch. Nesse sentido, a integração entre Modelagem Matemática e Pensamento Computacional mostra-se capaz de engajar os estudantes na resolução de problemas complexos, como a construção e a funcionalidade de um semáforo.

Complementarmente, Weintrop et al. (2016) propõem uma taxonomia de práticas de Pensamento Computacional para aulas de Matemática e Ciências, categorizando atividades como simulação, análise de dados e programação, que se sobrepõem naturalmente às etapas de matematização e resolução na Modelagem. Dessa forma, a integração não é meramente instrumental, mas epistemológica, pois ambas as abordagens compartilham um cerne comum: a representação e a resolução sistemática de problemas contextualizados. Além disso, os autores também elencam dez habilidades do pensamento computacional em que nesta pesquisa quatro se revelaram também presentes no processo de modelagem matemática.

As análises evidenciam a potencialidade da modelagem matemática no Ensino Médio para engajar os estudantes em processos de programação e resolução de problemas.

Segundo Brackmann (2017), o Pensamento Computacional não deve ser confundido com o simples uso de aplicativos ou dispositivos eletrônicos, mas sim entendido como a capacidade de identificar problemas complexos, decompô-los em partes menores e analisá-los em profundidade, favorecendo sua resolução. Essa concepção foi observada na atividade proposta, em que os procedimentos realizados pelos estudantes e suas análises individuais contribuíram para o desenvolvimento de habilidades computacionais.

Destacam-se, contudo, as dificuldades encontradas durante a execução da atividade, como a ausência de equipamentos adequados para a construção do protótipo do semáforo e a falta de computadores suficientes para todos os estudantes. Para superar essas limitações, foi necessário solicitar materiais com antecedência, utilizar espaços alternativos – como o laboratório de química – e organizar os estudantes em grupos, distribuindo funções de modo a garantir a participação de todos.

Por fim, este artigo reforça que atividades de Modelagem Matemática articuladas ao Pensamento Computacional constituem um caminho promissor para diversificar práticas pedagógicas e ampliar as experiências dos estudantes para além das aulas tradicionais. Os resultados corroboram com pesquisas recentes (Kaminski, 2023; Bayer et al., 2024), ao demonstrar que tais atividades estimulam não apenas habilidades técnicas, mas também criatividade, colaboração e engajamento. No entanto, ressalta-se a necessidade de novos estudos e da produção de materiais didáticos que explorem a integração entre Modelagem Matemática e Pensamento Computacional, de modo a atender às necessidades dos estudantes e favorecer a consolidação dessas habilidades em contextos escolares.

Referências

ALMEIDA, L. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na Educação Básica**. São Paulo: Editora Contexto, 2012.

ALMEIDA, L. W.; ZANIN, A. P. L. Competências dos alunos em atividades de modelagem matemática. **Educação Matemática Pesquisa Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 759-782, 2016.

BAYER, L.; BRACKE, M.; LANTAU, J.M.; THEOBALD, M. Explorando aspetos do pensamento computacional em projetos de modelação matemática: Ideias decorrentes de uma semana de projetos numa escola secundária alemã. **Quadrante**, 33(2), 130–150, 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRACKMANN, C. P. **Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na Educação Básica**. [Tese de doutorado em Informática da Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul], 2017.

BLUM, W. Quality Teaching of Mathematical Modelling: What Do We Know, What Can We Do? S.J. Cho (ed.), **Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education: Intellectual and Attitudinal Changes**, p. 73–96, New York: Springer. 2015.

BORRAMEO FERRI, R. **Learning How to Teach Mathematical Modeling in School and Teacher Education**. Springer International Publishing, 2018.

CARVALHO, F. J. R.; KLÜBER, T. E. Modelagem Matemática e programação de computadores: uma possibilidade para a construção de conhecimento na educação básica. **Educação Matemática Pesquisa Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática**, São Paulo, v. 23, n.1, p. 297-323, 2021.

CRESWELL, J. W. **Qualitative Inquiry and Research Design**. 4^a ed. (2018), que destaca a análise temática.

DIRETRIZES PARA O ENSINO DE COMPUTAÇÃO NA EDUCAÇÃO BÁSICA. **Sociedade brasileira de computação (SBC)**, Porto Alegre-RS, 01, de novembro de 2019. Disponível em: <https://www.sbc.org.br/educacao/diretrizes-para-ensino-de-computacao-na-educacao-basica>. Acesso em agosto de 2024.

FRED, P.; BERGSTEN, C. Professional modellers' conceptions of the notion of mathematical modelling: ideas for education. **ZDM**, 50, p. 117–127. 2018.

GROVER, S.; PEA, R. **Computational Thinking: A Competency Whose Time Has Come**. 2018.

KALLIA, M.; VAN BORKULO, S. P.; DRIJVERS, P.; BARENDSEN, E.; TOLBOOM, J. Characterising computational thinking in mathematics education: A literature-informed Delphi study. **Research in Mathematics Education**, 23(2), 159–187, 2021.

KAMINSKI, M. R. **O pensamento computacional no âmbito da modelagem matemática na perspectiva da aprendizagem significativa**. [Tese de doutorado em Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual do Oeste do Paraná], 2023. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/7060>. Acesso em agosto de 2024.

MARTINS, B. O. **Modelagem matemática em ação: uma discussão sobre o seu potencial na sala de aula**. [Tese de Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática – Universidade Estadual de Londrina]. 2024.

MIRANDA, G. L. **Linguagem Logo**. *Análise Psicológica*, 8, p. 117-120, 1990.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Diretoria de Tecnologia e Inovação. **Robótica: primeiros passos – Módulo 1: circuito elétrico**. Curitiba, PR: SEED/PR, 2022. Disponível em: https://aluno.escoladigital.pr.gov.br/sites/alunos/arquivos_restritos/files/documento/2023-02/aula10_robotica_primeiros_passos_m1_circuito_eletrico3_versao2.pdf. Acesso em agosto de 2024.

PAPERT, S. **Mindstorms**. New York: Basic Books, 1980.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Referencial curricular do Paraná: princípios, direitos e orientações**. Curitiba, PR: SEED/PR, 2018.

PLEWKA, V. G.; DANTAS, S. C. Concepções acerca do pensamento computacional presentes na bncc e do referencial curricular do Paraná no ensino médio. **Anais... III EPTM Encontro Paranaense de Tecnologia na Educação Matemática, SBEM**, 2023. Disponível em: <<https://sbemparana.com.br/iiieptm/anais/1569-7658-1-PB.pdf>>. Acesso em agosto de 2024.

RESNICK, M. **Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play**. 2017

WEINTROP, D.; BEHESHTI, E.; HORN, M.S.; ORTON, K., JONA, K.; TROUILLE, L.; WILENSKY, U. Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. **Journal of Science Education and Technology**, 25, 127-147, 2016.

WING, J. M. Computational thinking. **Communications of the ACM**, 49, (3), p. 33-35, 2006.

WING, J. M. Computational thinking benefits society. **40th Anniversary Blog of Social Issues in Computing**, 2014.