

Prototipação de um Framework STEAM para Pensamento Computacional

Fernando Emilio Puntel^{1,2}, Otávio Salomão¹, Gerson Geraldo H. Cavalheiro¹

¹Programa de Pós-graduação em Computação - Universidade Federal de Pelotas
R. Gomes Carneiro, 01 - Balsa, Pelotas - RS, 96010-610 – Pelotas – RS – Brasil

²Faculdade Antonio Meneghetti
Estr. Recanto Maestro, 338, Restinga Sêca - RS, 95010-001

{fepuntel, otavio.sr, gerson.cavalheiro}@inf.ufpel.edu.br

Abstract. *The integration of Computational Thinking (CT) into Basic Education, as proposed by the Brazilian National Common Curricular Base (BNCC), still faces challenges regarding its operationalization in classroom practice. This study presents the partial application of a structured framework designed to integrate CT into secondary education through activities involving fractals. The stages of planning and development of lesson plans and assessment forms aligned with the core pillars of CT were implemented. The experience took place in a secondary school, allowing the analysis of the generated artifacts and their contributions to instructional organization. The experience also enabled a discussion about the potential of the framework to support curricular alignment, the systematization of pedagogical planning, and the organization of educational artifacts related to CT.*

Resumo. *A inserção do Pensamento Computacional (PC) na Educação Básica, prevista na BNCC, ainda enfrenta desafios de operacionalização em sala de aula. Este trabalho apresenta a aplicação parcial de um framework estruturado para integrar o PC ao ensino médio por meio de atividades com fractais. Foram implementadas as etapas de planejamento e construção de planos de ensino e formulários avaliativos alinhados aos pilares do PC. A experiência ocorreu em uma escola de ensino médio, permitindo analisar os produtos gerados e suas contribuições para a organização docente. A experiência permitiu discutir o potencial do framework para apoiar o alinhamento curricular, a sistematização do planejamento pedagógico e a organização de artefatos educacionais relacionados ao PC.*

1. Introdução

A crescente inserção das tecnologias digitais na sociedade contemporânea tem ampliado a necessidade de formar profissionais capazes não apenas de utilizar ferramentas computacionais, mas de compreender os princípios que estruturam sistemas digitais e processos algorítmicos. Nesse contexto, o Pensamento Computacional (PC) consolidou-se como uma competência essencial do século XXI, influenciando diferentes áreas do conhecimento [Li et al. 2020]. O PC é compreendido como um conjunto de processos mentais envolvidos na resolução de problemas, frequentemente operacionalizado em habilidades como abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e construção de algoritmos

[Wing 2006]. Neste trabalho, essas habilidades são articuladas ao modelo proposto em [Ribeiro et al. 2017], que organiza o PC em três dimensões estruturantes: abstração, automação e análise.

Ao longo dos anos, o conceito foi ampliado e aplicado em contextos educacionais. Revisões sistemáticas recentes também destacam a quantidade de instrumentos e formas de validar e mensurar a aplicação do PC, além da necessidade de instrumentos confiáveis e validados para mensuração do PC, enfatizando a importância de abordagens que integrem planejamento pedagógico, implementação e avaliação de resultados [Ye et al. 2023, Corrales-Álvarez et al. 2024].

No contexto brasileiro, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) ¹ estabelece competências gerais relacionadas ao uso crítico das tecnologias digitais, enquanto a BNCC Computação² incorpora explicitamente o desenvolvimento do Pensamento Computacional (PC) no currículo da educação básica. A BNCC Comp organiza essas competências em três eixos estruturantes: PC, Mundo Digital e Cultura Digital, consolidando o PC como elemento relevante na formação básica. Entretanto, apesar do reconhecimento curricular, observa-se uma lacuna entre a prescrição normativa e a operacionalização prática em sala de aula. Um dos pontos de dificuldade é a formação de docentes para incorporar o PC em planos de ensino, atividades estruturadas e instrumentos de avaliação alinhados às diretrizes curriculares [Guarda et al. 2023]. Nesse contexto, o uso de fractais pode atuar como estratégia interdisciplinar para explorar conceitos relacionados ao Pensamento Computacional. Estruturas fractais apresentam características como recursividade, autossimilaridade e geração algorítmica de padrões, favorecendo o desenvolvimento de habilidades associadas à abstração e à decomposição. Além disso, atividades com fractais permitem integrar matemática, computação e expressão artística, aproximando-se de abordagens educacionais orientadas ao STEAM [Ye et al. 2023].

Este trabalho tem como objetivo investigar como a utilização de um framework estruturado pode apoiar o planejamento pedagógico para a integração do PC no ensino médio, por meio de uma sequência didática baseada em fractais. O framework utilizado neste estudo encontra-se em desenvolvimento e tem sido progressivamente estruturado como uma ferramenta de apoio ao planejamento pedagógico, orientando a construção de planos de ensino e formulários de avaliação alinhados à BNCC. Nesse contexto, este trabalho apresenta a aplicação parcial de um framework educacional orientado ao STEAM para o ensino de Pensamento Computacional, analisando os artefatos produzidos durante um estudo de caso realizado em contexto escolar. Ao focalizar a experiência prática de utilização de uma versão inicial desse framework em um contexto real de aplicação, o estudo busca apresentar evidências iniciais sobre o potencial dessa abordagem para apoiar a integração estruturada do PC em atividades interdisciplinares.

O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados; a Seção 3 descreve a metodologia e a estrutura do framework; a Seção 4 apresenta os resultados e a discussão; e a Seção 5 apresenta as conclusões.

¹ <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>

² <https://www.gov.br/mec/pt-br/escolas-conectadas/BNCCComputaoCompletoDiagramado.pdf>

2. Trabalhos relacionados

O PC tem sido amplamente discutido na literatura como uma competência fundamental para o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas no século XXI. Estudos recentes destacam que o PC ultrapassa os limites da Ciência da Computação, podendo ser integrado a diferentes áreas do conhecimento como Matemática, Ciências e Linguagens [Liu 2023, Ye et al. 2023]. Nesse contexto, diferentes estratégias pedagógicas têm sido investigadas com o objetivo de promover o desenvolvimento de habilidades associadas ao PC em ambientes educacionais [Ruiz Recio et al. 2026]. Neste trabalho, tais habilidades são articuladas ao modelo de Ribeiro, Foss e Cavalheiro, que organiza o PC nas dimensões de abstração, automação e análise [Ribeiro et al. 2017].

A integração do PC no Ensino Médio tem sido explorada sob diversas perspectivas no contexto brasileiro, especialmente após a homologação da BNCC. Nesse cenário, têm sido propostos itinerários formativos estruturados para o Novo Ensino Médio, com guias programáticos que buscam alinhar o PC às competências gerais da base nacional [Batista et al. 2023]. Uma linha relevante de investigação envolve a integração do PC em disciplinas tradicionais do currículo escolar. Trabalhos recentes têm explorado a inserção do PC no ensino de Matemática, evidenciando que conceitos como padrões, iteração e estruturas recursivas podem ser explorados por meio de atividades interdisciplinares [Ferreira et al. 2021, Junior et al. 2025]. Nesse cenário, o uso de fractais tem se mostrado uma estratégia promissora, pois permite explorar conceitos matemáticos e computacionais de forma visual e exploratória, favorecendo a compreensão de estruturas recursivas e padrões auto-semelhantes. Quando associado a abordagens educacionais interdisciplinares, como propostas orientadas ao STEAM, o uso de fractais pode contribuir para aproximar conceitos computacionais de contextos matemáticos e artísticos, favorecendo experiências de aprendizagem mais exploratórias.

Além disso, a literatura tem apontado a importância de estruturas de apoio pedagógico que auxiliem docentes na integração do PC ao currículo escolar. Estudos recentes destacam que muitos professores enfrentam dificuldades para transformar diretrizes curriculares em práticas pedagógicas concretas, especialmente no que diz respeito ao planejamento de atividades e à construção de instrumentos avaliativos e à limitada familiaridade com conceitos da área de Computação [Izidio et al. 2025]. Nesse sentido, abordagens que sistematizam o planejamento pedagógico podem atuar como suporte à organização de atividades educacionais voltadas ao desenvolvimento do PC.

Nesse cenário, o presente trabalho contribui com essas iniciativas ao explorar uma sequência didática baseada em fractais, estruturada a partir de um framework em desenvolvimento, no contexto de uma abordagem interdisciplinar inspirada no STEAM, buscando analisar como essa estratégia pode apoiar a integração do PC no ensino médio.

3. Framework

O presente estudo apresenta a aplicação parcial de um framework em desenvolvimento para apoiar a integração do PC no ensino básico, alinhado às diretrizes da BNCC e da BNCC Comp. A proposta organiza o processo de aplicação do PC em quatro grandes etapas (preparação, planejamento e plano de ensino, aplicação e análise) cada uma delas subdividida em ações, métodos e técnicas. Essa organização busca sistematizar desde o diagnóstico inicial até a interpretação dos resultados, fornecendo um roteiro operacional

que auxilia docentes na organização pedagógica e na construção de instrumentos avaliativos, além de favorecer o registro estruturado das atividades desenvolvidas, facilitando sua documentação, reutilização e reprodução em outros contextos educacionais.

A Figura 1 apresenta uma visão geral da estrutura do framework proposto. Cada etapa do processo contempla um conjunto de ações que auxiliam o docente desde a preparação da atividade até a análise dos resultados obtidos. O framework também se aproxima do modelo proposto por [Ribeiro et al. 2017], ao contemplar abstração, automação e análise, acrescidas de uma etapa inicial de Preparação. Os exemplos apresentados na figura não representam a totalidade das possibilidades de aplicação, mas ilustram práticas recorrentes associadas a cada fase do processo pedagógico.

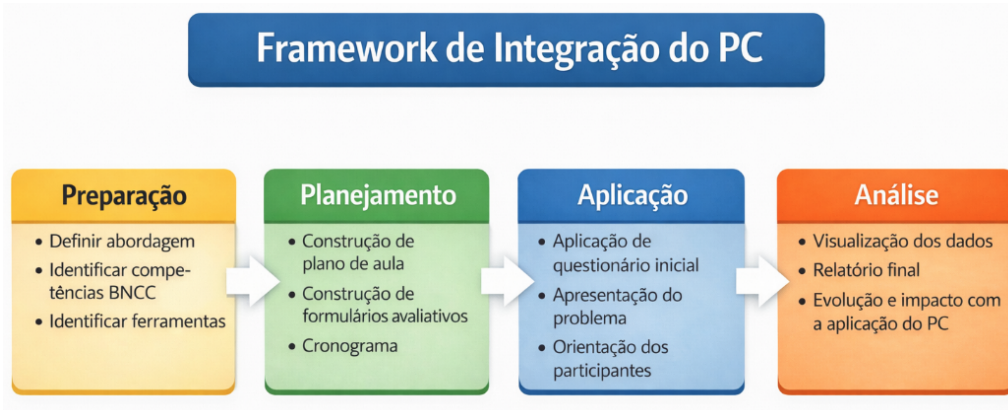


Figura 1. Estrutura do framework para integração do PC no ensino básico, com exemplos de ações pedagógicas relacionadas a cada etapa do processo.

Na etapa de preparação, o docente realiza o alinhamento inicial da atividade com as diretrizes curriculares, identificando as competências da BNCC relacionadas ao PC e definindo a abordagem pedagógica a ser adotada. Também são selecionadas ferramentas e recursos que poderão apoiar o desenvolvimento das atividades em sala de aula. A etapa de planejamento envolve a organização didática da intervenção, incluindo a elaboração dos planos de aula, definição do cronograma das atividades e construção dos instrumentos avaliativos que serão utilizados durante a experiência pedagógica.

Na fase de aplicação, ocorre a execução das atividades planejadas com os estudantes. Nessa etapa podem ser realizadas ações como aplicação de questionários iniciais, apresentação do problema ou desafio proposto e orientação dos participantes durante o desenvolvimento das tarefas. Por fim, a etapa de análise contempla a organização e interpretação dos dados coletados durante a intervenção. Isso pode incluir a visualização dos resultados obtidos, elaboração de relatórios e reflexão sobre o impacto da atividade no desenvolvimento das habilidades relacionadas ao PC.

Embora o framework contemple etapas relacionadas à coleta e análise de dados educacionais, este artigo não teve como objetivo validar empiricamente impactos de aprendizagem ou apresentar resultados quantitativos da intervenção, uma vez que o foco recaiu especificamente sobre a prototipação da estrutura pedagógica e sua utilização como mecanismo organizacional para o planejamento docente. Foram mobilizadas principalmente as etapas de preparação e planejamento, com ênfase na construção dos planos de aula e na elaboração dos instrumentos de avaliação (questionários pré, pós-aplicação

e ficha de avaliação para o aplicador). Assim, o foco desta investigação recaiu na análise de sua contribuição como ferramenta organizadora para o docente, especialmente no processo de tradução das competências da BNCC em objetivos ensináveis e avaliáveis no contexto do ensino médio.

Dessa forma, o framework funcionou, neste estudo, como um mecanismo estruturante do planejamento pedagógico, auxiliando na coerência entre objetivos, habilidades curriculares, dimensões do PC e instrumentos de avaliação. Ainda que aplicado parcialmente, evidenciou potencial como instrumento de apoio à prática docente, indicando possibilidades de expansão futura para contemplar de maneira mais ampla as etapas de aplicação e análise em diferentes contextos escolares.

4. Metodologia

Esta seção descreve os procedimentos metodológicos adotados para a aplicação parcial do framework no contexto do ensino médio. São apresentados o contexto de aplicação, a estrutura das aulas desenvolvidas, os instrumentos de avaliação utilizados e os procedimentos de análise dos dados.

4.1. Delineamento do estudo

O estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada de abordagem qualitativa, conduzida na forma de um estudo de caso educacional, o foco da investigação concentrou-se na estruturação pedagógica proporcionada pelo framework e na construção dos artefatos educacionais, e não na mensuração de ganhos de aprendizagem ou validação estatística dos instrumentos. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob o parecer nº 7.872.088. A investigação concentrou-se na operacionalização das etapas de planejamento e aplicação do framework, sem contemplar todas as fases previstas em sua estrutura completa, além disso, surgiu de apoio instrucional para o pesquisador que realizou as aplicações em sala de aula.

4.2. Contexto da aplicação

A experiência analisada neste estudo foi realizada no Colégio Estadual Nosso Senhor do Bonfim, localizado no município de Morro Redondo–RS. Sendo a cidade com caráter predominantemente rural, a escola não dispõe de um currículo de disciplinas voltadas à Computação. A intervenção foi realizada com uma turma regular composta por aproximadamente 30 estudantes, selecionados por conveniência por se tratar de uma atividade realizada em parceria com a escola, majoritariamente do 2º e 3º anos, com faixa etária entre 16 e 18 anos.

A sequência didática foi organizada em três encontros, realizados entre os dias 06 e 27 de novembro de 2025. A primeira e a terceira aulas ocorreram nas dependências da própria escola, enquanto a segunda foi realizada no Campus Anglo da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), em laboratório de informática do curso de Computação. O tempo total da intervenção foi de aproximadamente cinco horas, com o primeiro e o último encontros tendo duração de 90 minutos, e a segunda aula tendo sido estendida para cerca de 120 minutos.

Os três encontros tiveram uma grande variação no número de estudantes presentes entre elas. A segunda aula teve um número limitado de participantes, com aproximada-

mente 20 alunos, enquanto as outras duas aulas contaram com quase 50 alunos. Os motivos dessa flutuação na presença dos alunos são variados. Além do problema de logística envolvido principalmente na segunda aula, com transporte e permissão para o deslocamento intermunicipal, o período do ano letivo também foi um agravante. Sendo no final do mês de novembro, a escola já havia concluído a checagem e divulgação das notas, então muitos acabaram não comparecendo e participando de todas as atividades.

Antes do início da coleta de dados, foram apresentados aos estudantes e à direção da escola os termos de consentimento e assentimento, garantindo a participação voluntária e o cumprimento dos protocolos éticos. A condução das atividades envolveu momentos desplugados e atividades mediadas por computador, articulando exposição conceitual, experimentação prática e uso de software de geração de fractais, conforme descrito na aplicação da intervenção.

No presente artigo, entretanto, o foco recai especificamente sobre a aplicação parcial do framework, com ênfase na etapa de planejamento pedagógico e na construção dos instrumentos avaliativos, não contemplando a totalidade das atividades mediadas por software descritas no estudo original.

4.3. Estrutura das aulas

A sequência didática composta por três encontros foi elaborada a partir das diretrizes do framework proposto, que orientou sistematicamente a construção dos planos de aula, a definição dos objetivos pedagógicos e a organização dos instrumentos avaliativos. Em vez de estruturar as aulas de maneira intuitiva ou fragmentada, o framework funcionou como um guia organizacional, auxiliando o aplicador na definição de etapas claras, na explicitação dos pilares do PC a serem trabalhados e na articulação entre conteúdos, estratégias e avaliação.

A partir dessa organização, foram definidos objetivos específicos relacionados à abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e pensamento algorítmico, bem como a progressão das atividades ao longo dos encontros. A sequência iniciou com atividades introdutórias e desplugadas, incluindo a aplicação do questionário pré-intervenção e a simulação de L-Systems por meio de regras iterativas executadas manualmente, possibilitando a vivência prática de conceitos algorítmicos. Essas atividades foram utilizadas para introduzir os estudantes ao conceito de geração iterativa de padrões, base para a construção de fractais. A simulação manual das regras permitiu que os alunos compreendessem como pequenas instruções repetidas podem gerar estruturas complexas, princípio presente em diversos fractais clássicos.

Em seguida, as aulas avançaram para atividades mediadas por software em laboratório de informática, permitindo a visualização computacional da geração de fractais e a manipulação de parâmetros e regras formais. A sequência foi concluída com atividades de consolidação interdisciplinar e aplicação do questionário pós-intervenção. Durante essa etapa, os estudantes puderam modificar parâmetros e regras de geração, observando como alterações nas instruções produzem diferentes padrões fractais. Essa exploração permitiu discutir conceitos de recursividade, iteração e reconhecimento de padrões, relacionando diretamente a visualização dos fractais aos pilares do PC.

4.4. Construção dos instrumentos avaliativos

A construção dos instrumentos de coleta de dados foi orientada pelas dimensões do framework relacionadas à avaliação.

O instrumento pré-intervenção foi composto por sete questões, contemplando:

- familiaridade prévia com o PC;
- autopercepção quanto à decomposição;
- identificação de padrões;
- organização de passos lógicos
- colaboração;
- motivação;
- expectativas em relação à atividade.

Foram utilizadas questões de múltipla escolha utilizando a escala Likert de cinco pontos e uma questão aberta. Todos os formulários foram impressos para facilitar a resposta por meio dos alunos.

O instrumento pós-intervenção foi aplicado ao final do terceiro encontro e foi estruturado para avaliar:

- interesse na atividade;
- motivação;
- percepção de desenvolvimento nos pilares do PC;
- colaboração em grupo;
- aprendizagem percebida;
- dificuldade ou sugestões de melhoria.

4.5. Procedimentos de Análise

Os dados foram obtidos por meio dos questionários pré e pós-intervenção, bem como dos registros produzidos durante as atividades. As respostas foram catalogadas e organizadas de acordo com as dimensões do PC trabalhadas na sequência didática, especialmente decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e pensamento algorítmico. O framework auxiliou tanto na construção dos instrumentos quanto na organização analítica dos dados, ao oferecer categorias previamente estruturadas que orientaram a sistematização das informações coletadas. Além disso, foi considerada a percepção do aplicador quanto à utilização do framework no planejamento e condução das aulas, analisando-se aspectos como clareza organizacional, coerência entre objetivos e atividades e apoio à tomada de decisão pedagógica. A análise teve caráter descritivo e qualitativo, buscando evidenciar a contribuição do framework para a organização e interpretação da experiência.

5. Discussão sobre a aplicação parcial do framework

A aplicação parcial do framework exigiu a produção de artefatos pedagógicos essenciais para viabilizar a intervenção com fractais no ensino médio, em especial: (i) planos de aula com organização recorrente e os objetivos explícitos, (ii) um plano de ensino alinhado à BNCC, (iii) instrumentos de avaliação (pré e pós) estruturados para capturar percepções relacionadas aos pilares do PC; e (iv) um modelo de ficha de percepção do aplicador.

No contexto da intervenção, os fractais atuaram como um recurso didático para tornar visíveis conceitos abstratos do PC. A geração progressiva das estruturas fractais

permitiu que os estudantes identificassem padrões, compreendessem processos iterativos e discutissem a lógica de construção das figuras. Dessa forma, os fractais funcionaram como um elemento mediador entre conceitos computacionais e representações visuais acessíveis aos alunos.

Como a proposta possui caráter interdisciplinar, a elaboração desses materiais demandou decisões didáticas e de integração curricular que, muitas vezes são realizadas sem uma estrutura pedagógica previamente sistematizada. Nesse cenário, a principal evidência deste estudo é que o framework atuou como um guia organizacional para reduzir ambiguidade no planejamento e tornar mais explícitas as escolhas pedagógicas, fornecendo um fluxo de preparação mais estável e replicável.

A estruturação dos planos de aula foi feita seguindo uma organização em comum: primeiro a introdução teórica, seguido da introdução prática. Todas as aulas seguiram esse padrão estrutural, mesmo em aulas mais focadas para atividades práticas, como a segunda, ocorreu um momento de revisão teórica dos conteúdos previamente aplicados. Um ponto frequentemente descrito como desafio quando docentes tentam inserir PC em aulas não estritamente de Computação. Revisões e estudos de apoio docente destacam que a integração de PC a educação básica depende fortemente de suporte ao professor em tarefas como co-planejamento, organização do tempo e seleção de estratégias didáticas, justamente para evitar que a prática se torne episódica ou improvisada [Liu et al. 2024].

O plano de ensino foi elaborado buscando conectar os conceitos vistos em sala com os presentes na BNCC. Para isso então, fez-se uma seleção entre as habilidades expostas para o Ensino Médio e foram escolhidas aquelas que mais se relacionavam com os conteúdos da Geometria Fractal. As principais habilidades trabalhadas foram aquelas presentes no framework, a abstração, a decomposição e o reconhecimento de padrões. Na literatura recente, evidencia-se um distanciamento entre o reconhecimento do PC como competência essencial e sua efetiva operacionalização no currículo escolar. Esse descompasso configura um problema recorrente: enquanto o debate avança no plano conceitual, docentes ainda carecem de instrumentos concretos e formações que lhes permitam traduzir diretrizes curriculares em objetivos de aprendizagem claros, sequências didáticas estruturadas e evidências consistentes de aprendizagem [Liu 2023, Sunday et al. 2025]. Assim, embora este estudo não tenha como foco medir ganhos de desempenho, os artefatos gerados indicam que o framework funcionou como um mecanismo prático de tradução entre diretrizes e planejamento, um aspecto valioso especialmente em contextos que exigem interdisciplinaridade e justificativa curricular.

Para a avaliação do conhecimentos e evolução dos alunos, os questionários foram construídos utilizando o framework como principal ferramenta norteadora. Neles, as questões foram arranjadas de modo a avaliar quantitativa (escala de Likert) a evolução dos alunos, mas também de forma qualitativa, focando no engajamento e nos principais pontos de interesse dos estudantes. O quadro 1 apresenta exemplos de questões realizadas no início da intervenção na escola.

Os instrumentos de acompanhamento, utilizados para manter anotações sobre a participação e as observações feitas em aula, também foram montados seguindo orientações apresentadas no projeto. Isso permitiu a padronização dos registros, tornando a ação de anotar os eventos das aulas em algo sistemático, sendo repetido o mesmo padrão

Tabela 1. Exemplos de perguntas do questionário inicial aplicado no início da intervenção com fractais no ensino médio.

Nº	Pergunta	Tipo de Resposta
1	Você já ouviu falar em Pensamento Computacional (PC)?	Múltipla escolha (3 opções)
2	Você se sente confiante para resolver problemas dividindo-os em partes menores?	Escala Likert (5 pontos)
3	Você acha que consegue perceber padrões ou repetições em situações ou problemas?	Escala Likert (5 pontos)
4	Você já tentou organizar um problema em passos lógicos para resolver?	Múltipla escolha (3 opções)
5	Você gosta de trabalhar em grupo para resolver problemas?	Escala Likert (5 pontos)
6	O quanto você se sente motivado(a) em aprender coisas novas em sala de aula?	Escala Likert (5 pontos)
7	O que você espera aprender ou vivenciar com as próximas atividades?	Resposta aberta

em todas as aulas, guiados pelas instruções do framework. Os diários, como foram chamados os instrumentos de acompanhamento, foram utilizados como forma de avaliação qualitativa, servindo para retomar os acontecimentos das aulas e permitindo o controle sobre o engajamento dos alunos, contendo as principais dificuldades, momentos de maior interação e as atividades mais interessantes para os alunos.

Esse procedimento de criação dos instrumentos pode ser algo repetitivo e complexo, em que é necessário levar em consideração as nuances de cada aula e turma de aplicação. Para isso, o framework apresentou-se como essencial na facilitação desse processo. O trabalho serviu como ferramenta guia, auxiliando na replicabilidade entre aulas e reduzindo a improvisação. Além disso, mostrou-se eficiente para as construções alinhadas à BNCC, principalmente para o presente conteúdo, envolvendo diversas disciplinas dentro de um plano de ensino. De forma semelhante, o framework também serve como guia para a análise dos dados coletados, no pós intervenção. Assim, o educador tem a possibilidade de aplicar as instruções nele presentes em toda a etapa metodológica, servindo como suporte contínuo e incremental.

Entretanto, é necessário considerar a complexidade inerente às etapas do framework. Docentes com menor formação em Computação ou com limitado letramento digital podem enfrentar dificuldades durante a elaboração dos planos de ensino, especialmente na fase de desenvolvimento e aplicação de atividades centradas no PC. Nesse sentido, sugere-se como aprimoramento a elaboração de um material complementar opcional, por exemplo, um guia anexo ao documento principal, que ofereça orientações mais detalhadas e exemplos práticos para apoiar professores com menor familiaridade na área. Além disso, propõe-se a simplificação estrutural do framework por meio da reorganização de suas etapas em subetapas modulares, aumentando sua flexibilidade e reduzindo o tempo necessário para preparação e planejamento das atividades. Essas observações decorrem da análise da aplicação parcial do framework no contexto deste estudo e indicam possibilidades de aprimoramento para futuras versões da proposta.

6. Conclusão

Este estudo apresentou a aplicação parcial de um framework estruturado para apoiar a integração do PC no ensino médio por meio de atividades envolvendo fractais. O estudo concentrou-se especialmente nas etapas de planejamento pedagógico e construção de instrumentos avaliativos, analisando como o framework pode auxiliar docentes na organização de planos de ensino e na elaboração de estratégias de avaliação alinhadas às competências do PC. Ao propor uma estrutura sistematizada para o planejamento pedagógico, o framework contribuiu para reduzir a lacuna frequentemente observada entre as diretrizes curriculares e sua implementação prática em sala de aula. Além disso, a aplicação do framework em contexto real permitiu observar aspectos práticos de sua utilização, oferecendo subsídios iniciais para o aprimoramento de sua estrutura e organização.

A experiência sugere que o framework contribuiu para sistematizar o processo de planejamento das aulas, favorecendo a coerência entre objetivos pedagógicos, habilidades previstas na BNCC e instrumentos de avaliação, evidenciando que as dimensões de abstração, automação e análise ([Ribeiro et al. 2017]) também orientam a própria concepção do framework. A utilização do modelo também facilitou a construção de materiais didáticos e registros de acompanhamento, permitindo maior organização na condução das atividades e potencial de replicabilidade da proposta em outros contextos educacionais. Além disso, a experiência relatada sugere que a utilização de estruturas organizacionais explícitas pode apoiar docentes no processo de integração do PC em atividades interdisciplinares, especialmente em contextos em que a Computação não constitui uma disciplina curricular formal. Nesse sentido, o estudo de caso realizado também funcionou como um processo exploratório de validação qualitativa, permitindo identificar pontos de melhoria e ajustes necessários no framework.

Entretanto, observou-se que a complexidade de algumas etapas do framework pode representar um desafio para docentes com menor formação em Computação ou com menor familiaridade com ferramentas digitais. Nesse sentido, recomenda-se o desenvolvimento de materiais complementares de apoio, bem como a simplificação e modularização das etapas do modelo, de modo a facilitar sua adoção em contextos escolares diversos. A disponibilização de guias práticos, exemplos de aplicação e modelos de instrumentos avaliativos pode contribuir para ampliar o acesso e a aplicabilidade do framework em diferentes realidades educacionais. Essas observações, derivadas da aplicação inicial do modelo, constituem elementos importantes para orientar o refinamento do framework.

Como trabalhos futuros, pretende-se ampliar a aplicação do framework contemplando todas as suas etapas, incluindo a execução completa das atividades e a análise aprofundada dos dados coletados. Além disso, novas aplicações em diferentes escolas e contextos educacionais poderão contribuir para avaliar a robustez e a adaptabilidade do modelo, fortalecendo sua utilização como ferramenta de apoio à prática docente no ensino de PC. Espera-se que investigações futuras também possam explorar a relação entre a utilização do framework e o desenvolvimento efetivo das habilidades associadas ao PC nos estudantes, contribuindo para o avanço das práticas pedagógicas nessa área. Espera-se, assim, que a continuidade dessas investigações permita consolidar e aprimorar o framework, ampliando sua consistência metodológica e sua aplicabilidade em diferentes contextos educacionais.

7. Declaração sobre uso de Inteligência Artificial

Ferramentas de Inteligência Artificial generativa (ChatGPT e Gemini) foram utilizadas apenas como apoio auxiliar durante o processo de revisão do manuscrito. Especificamente, tais ferramentas foram empregadas para correção gramatical e de concordância em trechos do texto, bem como para auxílio pontual na formatação de elementos em \LaTeX , como a organização de tabelas.

Nenhuma ferramenta de IA foi utilizada para geração de conteúdo científico, elaboração de argumentos, interpretação de resultados ou produção de partes substanciais do texto do artigo. Todas as decisões relacionadas ao conteúdo, análise e redação científica foram realizadas integralmente pelos autores, que assumem total responsabilidade pelo material apresentado neste trabalho.

Referências

- Batista, S. L. C., Machado, É. P., dos Santos, M. C. N., Sena, A. L. S., and Palito, T. T. (2023). Pensamento computacional: Uma proposta de itinerário formativo para o ensino médio. In *Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe (ERBASE)*, pages 140–147. SBC.
- Corrales-Álvarez, M., Ocampo, L. M., and Cardona Torres, S. A. (2024). Instruments for evaluating computational thinking: A systematic review. *TecnoLógicas*, 27(59).
- Ferreira, G. V., Maria, W. D. P., and de Melo, A. R. (2021). Introdução à geometria fractal no ensino médio técnico: Uma abordagem com programação python. *Anais do Computer on the Beach*, 12:543–546.
- Guarda, G., Stella, A., Oliveira, G., Trigo, G., Cruz, L., Brito, M., Silva, L., and Silveira, I. (2023). Trabalhando habilidades da bncc computação: Jogo não digital com foco no desenvolvimento do pensamento computacional desplugado. In *Anais do XXIX Workshop de Informática na Escola*, pages 810–820, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Izidio, T. E., de Almeida, D. H., Medeiros, I. G., da Silva, J. F., Alves Filho, S. E., and Morais, C. G. (2025). Pensamento computacional na educação básica brasileira: um panorama pré e pós resolução n. ° 1/2022. In *Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*, pages 539–551. SBC.
- Junior, A. d. O. C., Rivera, J. A., and Guedes, E. B. (2025). Pensamento computacional e licenciatura em física: Um relato de experiência sobre a compreensão de acadêmicos. In *Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*, pages 993–1007. SBC.
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., and Duschl, R. A. (2020). Computational thinking is more about thinking than computing. *Journal for STEM Education Research*, 3(1):1–18.
- Liu, Z., Gearty, Z., Richard, E., Orrill, C. H., Kayumova, S., and Balasubramanian, R. (2024). Bringing computational thinking into classrooms: A systematic review on supporting teachers in integrating computational thinking into k-12 classrooms. *International Journal of STEM Education*, 11(1):51.
- Liu, Z. L. (2023). Integrating computational thinking into k-12 education: Bridging the gap between theories and practices. *STEM Education Review*.

- Ribeiro, L., Foss, L., and Cavalheiro, S. A. d. C. (2017). Entendendo o Pensamento Computacional. *Preprint arXiv:1707.00338*.
- Ruiz Recio, M. I., Molina-Ayuso, Á., and Adamuz-Povedano, N. (2026). Integrating computational thinking into secondary school mathematics teaching: A literature review. *Review of Education*, 14(1):e70142.
- Sunday, A. O., Agbo, F. J., and Suhonen, J. (2025). Co-design pedagogy for computational thinking education in k-12: A systematic literature review. *Technology, knowledge and learning*, 30(1):63–118.
- Ye, H., Liang, B., Ng, O.-L., and Chai, C. S. (2023). Integration of computational thinking in k-12 mathematics education: A systematic review on ct-based mathematics instruction and student learning. *International Journal of STEM Education*, 10(1):3.