

Pensamento Computacional em Práticas de Modelagem Matemática na Perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa

Márcia Regina Kaminski

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Cascavel, PR — Brasil

✉ marciarkjf@gmail.com

id [0000-0001-5705-0322](https://orcid.org/0000-0001-5705-0322)

Clodis Boscarioli

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Cascavel, PR — Brasil

✉ boscarioli@gmail.com

id [0000-0002-7110-2026](https://orcid.org/0000-0002-7110-2026)

Tiago Emanuel Klüber

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Cascavel, PR — Brasil

✉ tiagokluber@gmail.com

id [0000-0003-0971-6016](https://orcid.org/0000-0003-0971-6016)



2238-0345 

10.37001/ripec.v15i3.4452 

Recebido • 16/01/2025

Aprovado • 31/07/2025

Publicado • 01/09/2025

Editor • Gilberto Januario 

Resumo: Este artigo expõe resultados que respondem à indagação de pesquisa: Que aspectos do desenvolvimento do Pensamento Computacional emergem de práticas com Modelagem na Educação Matemática na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa? A *Grounded Theory* foi assumida para a produção e análise dos dados decorrentes de aulas desenvolvidas em turmas de 4º e 5º ano do Ensino Fundamental I de uma instituição pública de Cascavel-PR. A teoria emergente resultou em cinco conceitos que explicitam as relações entre a Aprendizagem Significativa e as habilidades para o desenvolvimento do Pensamento Computacional em práticas com Modelagem Matemática desenvolvidas na interação com os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa, evidenciando a centralidade da Abstração e a demanda de práticas pedagógicas que a mobilizem, quando o objetivo é o de desenvolver habilidades para o Pensamento Computacional e facilitar a Aprendizagem Significativa, sendo a Modelagem Matemática um caminho viável para esse fim.

Palavras-chave: *Grounded Theory*. Pensamento Computacional. Modelagem Matemática. Teoria da Aprendizagem Significativa.

Computational Thinking in Mathematical Modeling Practices from the Perspective of Meaningful Learning Theory

Abstract: This article presents results that answer the research question: What aspects of Computational Thinking development emerge from the practice of modeling in Mathematics Education from the perspective of Meaningful Learning Theory? Grounded Theory was used to generate and analyze data obtained from 4th and 5th grade elementary school lessons at a municipal educational institution in Cascavel-PR. The resulting theory led to five concepts that explain the relationships between Meaningful Learning and Computational Thinking development skills in practices involving Mathematical Modeling, which were developed in interaction with the principles of Meaningful Learning Theory. This highlighted the centrality of Abstraction and the need for pedagogical practices that mobilize it when it comes to developing these processes, with Mathematical Modeling being a viable avenue for this purpose.

Keywords: Grounded Theory. Computational Thinking. Mathematical Modeling. Meaningful Learning Theory.

Pensamento Computacional em Práticas de Modelado Matemático desde a Perspectiva da Teoria do Aprendizaje Significativo

Resumen: Este artículo presenta resultados que dan respuesta a la pregunta de investigación: ¿Qué aspectos del desarrollo del Pensamiento Computacional emergen de las prácticas con Modelado en Educación Matemática desde la perspectiva de la Teoría del Aprendizaje Significativo? Se adoptó la Teoría Fundamentada para la producción y análisis de datos resultantes de clases desarrolladas en los cursos de 4º y 5º año de la Enseñanza Fundamental de una institución educativa de la Red Municipal de Cascavel-PR. La teoría emergente resultó en cinco conceptos que explican las relaciones entre el Aprendizaje Significativo y las habilidades para el desarrollo del Pensamiento Computacional en prácticas con Modelado Matemático desarrollado en interacción con los principios de la Teoría del Aprendizaje Significativo, destacando la centralidad de la Abstracción y la necesidad de acciones pedagógicas. Prácticas que la movilicen, cuando el objetivo sea desarrollar estos procesos, siendo la Modelación Matemática un camino viable para tal fin.

Palabras clave: Teoría Fundamentada. Pensamiento Computacional. Modelado Matemático. Teoría del Aprendizaje Significativo.

1 Introdução

Dentre os desafios para a inserção do Pensamento Computacional (PC) na Educação, em particular na Educação Matemática (EM), destacamos a necessidade de explicitar sua relação com outras áreas do conhecimento e a escolha de práticas pedagógicas que favoreçam essa inserção nessa perspectiva (Navarro & Sousa, 2023; Valente, 2016; Vieira, Santana, & Raabe, 2017).

A partir de um estudo sobre a implementação do PC na Educação, reportado em Kaminski, Klüber e Boscarioli (2021), e de evidências de revisão de literatura, nos deparamos com a necessidade da adoção de um aporte teórico-metodológico que subsidiasse práticas pedagógicas para o seu desenvolvimento de forma articulada a outras áreas do conhecimento. Com base nesses resultados, assumimos a articulação entre o PC, a Modelagem Matemática (MM) na EM e a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) como possibilidade para tal, não de maneira arbitrária, mas em função de haver indicativos de que princípios de resolução de problemas são requeridos para o desenvolvimento do PC (Navarro & Sousa, 2023), os quais também estão presentes em práticas de MM e na TAS (Burak & Aragão, 2012).

Com essa compreensão, foram planejadas e desenvolvidas práticas pedagógicas com estudantes do 4º e 5º ano do Ensino Fundamental I, de uma escola pública de Cascavel-PR, durante o ano de 2022. Essa pesquisa de campo, aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), sob o Parecer n.º 3.490.463, de 7 de agosto de 2019, permitiu, a partir do fazer dos estudantes durante as práticas desenvolvidas, a teorização acerca da seguinte interrogação: que aspectos do desenvolvimento do PC emergem de práticas com Modelagem na Educação Matemática na perspectiva da TAS?

Neste artigo¹ explicitamos brevemente o modo como compreendemos o PC, a MM e a Aprendizagem Significativa, e apresentamos a análise dos dados produzidos sob a perspectiva da *Grounded Theory* (GT) (Charmaz, 2009) e a teoria emergente dos dados à luz da articulação

¹ Este artigo compõe a tese de doutorado defendida no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), organizada em formato multipaper, escrita pela primeira autora, orientada pelo segundo autor e coorientada pelo terceiro autor (Kaminski, 2023).

das três áreas estudadas.

2 O Pensamento Computacional, a Modelagem Matemática e a Aprendizagem Significativa

O PC geralmente tem sido compreendido como aplicação de princípios da Computação na resolução de problemas de múltiplas áreas (Wing, 2006). Esses princípios envolvem processos mentais sobre os quais há diferentes interpretações quanto ao que é inerente ao PC ou exclusivo da Computação. Entre os diversos processos identificados na literatura, quatro são amplamente mencionados como associados ao PC: Abstração, Decomposição, Reconhecimento de Padrões e Algoritmos.

A Abstração consiste em isolar elementos essenciais do problema. A Decomposição refere-se à divisão do problema em partes, facilitando sua resolução. O Reconhecimento de Padrões envolve identificar semelhanças com problemas já resolvidos. Os Algoritmos envolvem a criação de uma sequência de passos para solucionar o problema (Brackmann, 2017).

O ensino dessas habilidades no âmbito educacional tem sido alvo de discussão em diversos países, recebendo especial atenção no contexto brasileiro desde a homologação da Resolução que define como obrigatório o ensino de computação nas escolas (Brasil, 2022), complementando os direitos de aprendizagem dos estudantes de Educação Básica definidos na Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018). Ainda que apresentem exemplos de aplicação das habilidades, esses documentos não discutem como articulá-las a outras áreas do conhecimento. Esse ponto é relevante, já que a resolução de problemas envolve múltiplas áreas. Diante da complexidade da realidade atual, na qual se inserem as Tecnologias Digitais (TD) (Morin, 2005), o ensino deve considerar essas inter-relações, evitando abordagens fragmentadas.

Ponderando sobre isso, investigamos como a MM, enquanto metodologia de ensino, pode articular o desenvolvimento do PC à Matemática. Fundamentados em Burak e Aragão (2012), adotamos a MM em diálogo com a TAS, pois compreender o processo de aprendizagem é crucial para planejar estratégias que favoreçam a Aprendizagem Significativa.

A Aprendizagem Significativa, segundo David Ausubel, ocorre quando uma nova informação adquire sentido ao interagir com conhecimentos prévios (subsunçores) do estudante, modificando-os e ampliando sua estrutura cognitiva (Moreira, 2018). Já a alteração do conhecimento prévio pode ocorrer tanto no sentido de abarcar a nova informação (subordinação) quanto de ser abarcado por ela (superordenação), ou ainda, de se relacionar com um conjunto mais amplo de conhecimentos (combinação) (Ausubel, 2003).

Com base nisso, compreendemos que a Aprendizagem Significativa solicita habilidades de certo modo relacionadas ao desenvolvimento do PC. Subordinar uma nova informação a um conhecimento prévio envolve diferenciar progressivamente os significados. Superordenar envolve reorganizar e recombinar esses significados (Ausubel, 2003). Ambos os processos solicitam abstrair informações, decompor e compor ideias e significados, e identificar padrões.

De acordo com Moreira (2018), esses processos da Aprendizagem Significativa ocorrem nos diferentes tipos de aprendizagem propostos pela TAS: representacional (atribuição de significados a símbolos); conceitual (significados atribuídos a símbolos que representam objetos com propriedades comuns); e proposicional (ideias formadas por conceitos). Destacam-se nesses processos a necessidade de Abstração para atribuir significados e a de Reconhecimento de Padrões para identificar propriedades comuns.

Os princípios da TAS evidenciam a relação entre a Aprendizagem Significativa e a linguagem, levando em conta que esta pode favorecer ou dificultar sua ocorrência, dependendo de como é significada pelo aprendiz (Masini, 2008). Assim como a linguagem é essencial à aprendizagem, a Abstração também o é, dada sua estreita ligação com ela (Abbagnano, 1998).

A Aprendizagem Significativa envolve processos mentais alinhados às habilidades associadas ao PC, sendo relevante que os estudantes as desenvolvam para favorecer esse tipo de aprendizagem. No caso da Matemática, elas podem atuar como facilitadoras, pois, segundo Navarro e Sousa (2023), potencializam o pensamento matemático na resolução de problemas.

Cabe ao professor mediar o processo de ensino, buscando metodologias que mobilizem processos mentais favoráveis à Aprendizagem Significativa. Dentre as possibilidades discutidas na literatura, destacam-se aquelas baseadas na resolução de problemas, que favorecem esse tipo de aprendizagem ao exigir e colocar em curso a reorganização dos conhecimentos prévios dos estudantes (Costa, 2008; Assunção, Moreira, & Sahelices, 2018; Moura Junior & Alves, 2023; Puhl, Müller, & Lima, 2020).

Esse princípio pode levar a acreditar que o PC por si só, enquanto estratégia de resolução de problemas, já seria um facilitador da Aprendizagem Significativa. No entanto o PC não se caracteriza como metodologia para organização intencional do ensino fundamentada em pressupostos epistemológicos, psicológicos e pedagógicos. Além disso, em especial na articulação com o ensino da Matemática, é necessário intencional metodologias de resolução de problemas que estimulem “[...] o desenvolvimento do pensamento matemático” (Navarro & Sousa, 2023, p. 86), indo além das habilidades associadas ao desenvolvimento do PC.

Concordamos que a MM é coerente com os princípios da Aprendizagem Significativa, como argumentado por Burak e Aragão (2012), Moura Junior e Alves (2023) e Souza (2021), pois foca a resolução de problemas. As práticas de modelagem têm o potencial de fomentar a interpretação, a classificação, a ordenação, a análise e a síntese de dados utilizando diferentes linguagens e abstrações, ações relevantes quando se deseja mobilizar as habilidades para o desenvolvimento do PC (Navarro & Sousa, 2023). Assim, entendemos que a MM favorece que durante a resolução de problemas os estudantes evoquem habilidades para o desenvolvimento do PC.

Ao mesmo tempo, a MM pode facilitar a Aprendizagem Significativa da Matemática, por viabilizar o desenvolvimento dos conteúdos que emergem dos problemas, na medida em que possibilita ao estudante ler o mundo por meio dessa ciência. Isso é favorecido pelas etapas da modelagem, pois há a necessidade de estudar e pesquisar o problema, o que pode envolver conhecimentos além da própria Matemática (Burak & Aragão, 2012). Assim, visualizamos convergências entre a MM e alguns princípios da TAS, podendo a MM ser tomada como um eixo condutor de práticas pedagógicas que dão aos estudantes a possibilidade de exercitar as habilidades para desenvolvimento do PC a partir da necessidade de as evocarem em situações-problema, ao mesmo tempo em que mobilizam essas habilidades para que eles desenvolvam o pensamento e aprendam os conceitos matemáticos de modo potencialmente significativo.

Nessa perspectiva, a MM pode ser caracterizada como uma via de mão dupla, pois possibilita que os estudantes aperfeiçoem o pensar matemático ao mesmo tempo em que aprimoram as habilidades para o desenvolvimento do PC, em um processo dialético.

Optamos por apresentar o PC, a MM e a TAS juntos nesta seção, considerando que na pesquisa eles foram analisados em articulação e não de maneira isolada. Munidos dessas reflexões teóricas, em uma pesquisa de campo, passamos a investigar que habilidades emergem a partir de práticas de modelagem desenvolvidas na perspectiva supracitada, conforme detalhado na próxima seção.

3 Os procedimentos da *Grounded Theory*: produção e análise

As análises teóricas que utilizam métodos da *Grounded Theory* (GT) se dão com base em dados reunidos e construídos a partir das observações, interações e reflexões no ambiente de estudo (Charmaz, 2009, p. 19).

Assumimos a GT em nosso estudo levando em conta que ela se alinha epistemologicamente ao modo de produção de dados e ao tensionamento da tríade que constituímos como objeto de estudo (PC, MM e TAS). Em outras palavras, na sala de aula é necessário compreender as ações dos estudantes que participaram do processo. Portanto, os dados emergem de uma situação que pode ocorrer nas aulas em que se desenvolvem práticas com modelagem na perspectiva da Aprendizagem Significativa, o que abre a possibilidade de teorizar um tema que não depende apenas da teoria, mas do próprio fazer dos estudantes.

A pesquisa de campo ocorreu entre setembro e dezembro de 2022, com turmas de 4º e 5º ano do Ensino Fundamental I de uma escola da Rede Municipal de Cascavel-PR. A Tabela 1 mostra a organização das turmas e o perfil etário dos discentes, que representam todas as classes desses anos na escola. Optamos por turmas dos anos finais do Fundamental I por apresentarem maior maturidade cognitiva e avanços em alfabetização e letramento, facilitando a produção e o registro dos dados.

Tabela 1: Turmas participantes da produção de dados

Turma	Período	Qtde. de estudantes	Faixa etária	
			Idade	Qtde.
4º ano	Matutino regular	26	9	12
			10	11
			11	2
			13	1
5º ano	Matutino regular	28	10	20
			11	7
			13	1
4º ano	Vespertino regular	27	9	22
			10	5
5º ano	Vespertino regular	27	10	17
			11	9
			12	1

Fonte: Dados da pesquisa.

As práticas ocorreram durante as aulas semanais de Informática de cada turma, em período regular de ensino, de modo que a pesquisa de campo foi subsidiada pela própria prática docente, na dinâmica da “habitualidade” das aulas. É importante esclarecer que não investigamos a própria prática, sendo ela apenas o veículo da produção de dados de pesquisa em contexto não simulado. Para o registro dos dados produzidos, visando posterior análise baseada na GT, as aulas foram gravadas em vídeo, resultando em 32 horas e 40 minutos, conforme explicitado na Tabela 2. Esses vídeos foram importados para o *software Atlas.ti*², para a organização das análises por meio da codificação e categorização dos dados, sem recorrer à transcrição, dispensada em nosso contexto da construção da teoria fundamentada, uma vez que foi se dando ao longo do processo de registro e análise.

²A versão utilizada do *software* estava devidamente licenciada para o Programa de Pós-Graduação no qual a pesquisa foi desenvolvida.

Tabela 2: Número de aulas e tempo de gravação por turma

Turma	Qtde de aulas	Duração da aula	Total de horas de gravação
4º Ano – Turma 1	12	40min	8h
4º Ano – Turma 2	13	40min	8h40min
5º Ano – Turma 1	12	40min	8h
5º Ano – Turma 2	12	40min	8h
Total	49		32h40min

Fonte: Dados da pesquisa.

Na próxima seção apresentamos uma breve descrição das práticas de modelagem desenvolvidas.

3.1 O Desenvolvimento das Práticas de Modelagem para a Produção dos Dados

As práticas foram desenvolvidas com base nas etapas defendidas por Burak e Aragão (2012, p. 89): “1) escolha de um tema; 2) pesquisa exploratória; 3) levantamento do(s) problema(s); 4) resolução dos problemas e desenvolvimento dos conteúdos no contexto do tema; 5) análise crítica da(s) solução(ões)”.

Iniciamos pela escolha do tema, o qual, segundo os autores, deve partir do interesse dos estudantes, podendo o professor auxiliá-los fornecendo subsídios que contribuam para essa deliberação pelo grupo. Para instigar os aprendizes nessa decisão, buscamos provocá-los perguntando: “quais os problemas existentes no ambiente escolar?”.

A partir dessa provocação, os discentes tiveram uma semana para observar o espaço escolar e registrar questões consideradas por eles como problemas, no sentido de situações difíceis ou incômodas. Ao trazer seus registros na aula seguinte, as situações apontadas por cada uma das turmas foram discutidas e, em uma votação, foram escolhidos os seguintes temas: 1) “Bolinhas de papel higiênico no teto do banheiro”; 2) “Jardim malcuidado (feio)”. Cada um dos temas foi escolhido por duas turmas, sem a ingerência da professora pesquisadora.

Em seguida, passamos à etapa da pesquisa exploratória sobre os temas escolhidos. Tanto para o primeiro quanto para o segundo caso, os estudantes recorreram à busca de informações na *internet* para compreender melhor cada tema, destacando aquilo que julgavam importante, a exemplo da origem do papel higiênico e de aspectos relativos aos cuidados com um jardim para mantê-lo bonito, questões essas que foram discutidas coletivamente para direcionamento da pesquisa exploratória.

A etapa de levantamento dos problemas se deu com base no compartilhamento dos resultados da pesquisa exploratória pelos grupos. Cada grupo apresentou as informações encontradas em suas pesquisas e a partir desse diálogo foram definidos os problemas relativos a cada tema: para o Tema 1, “qual a quantidade de papel e o valor desperdiçado com as bolinhas jogadas no banheiro?”; e para o Tema 2, “como está sendo cuidado o jardim e o que é possível melhorar?”

Os problemas apresentados exigiram um levantamento de dados. Para o primeiro tema, o instrumento construído coletivamente foi uma tabela destinada ao registro da quantidade de “bolinhas de papel” jogadas em cada banheiro da escola durante uma semana. No segundo tema, os estudantes tiveram a iniciativa de entrevistar a diretora, a coordenadora e a professora responsável pelo projeto do jardim na tentativa de identificar se havia alguém com atribuição de cuidar do jardim da escola e os desafios para tanto.

Na etapa correspondente à resolução do problema e ao desenvolvimento do conteúdo matemático no contexto do tema, no caso das “bolinhas” estimamos a quantidade de papel

desperdiçado e o custo envolvido para períodos além da coleta. Para isso, foi necessário realizar novas pesquisas, desenvolver gráficos, tabelas e cálculos que foram feitos em um editor de planilhas eletrônicas. De posse dos resultados e discutidas as diferentes soluções encontradas pelos grupos para essa estimativa, ao final da prática os grupos organizaram uma campanha com cartazes e com um vídeo coletivo da turma com orientações sobre as consequências do desperdício de papel e sobre o uso consciente desse recurso.

No que diz respeito ao Tema 2, o maior problema identificado foi a manutenção da irrigação do jardim, para o que os estudantes sugeriram a construção de um regador automático, o que envolveu uma pesquisa sobre o equipamento e a elaboração da programação necessária para tal. A montagem estrutural e eletrônica do equipamento recebeu suporte de um estudante da graduação de Ciência da Computação em Iniciação Científica, enquanto a programação foi desenvolvida pelos grupos, com mediação da pesquisadora, utilizando o *software MBlock*. Os pormenores desse relato, os quais escapam ao escopo deste artigo, podem ser encontrados na tese (Kaminski, 2023).

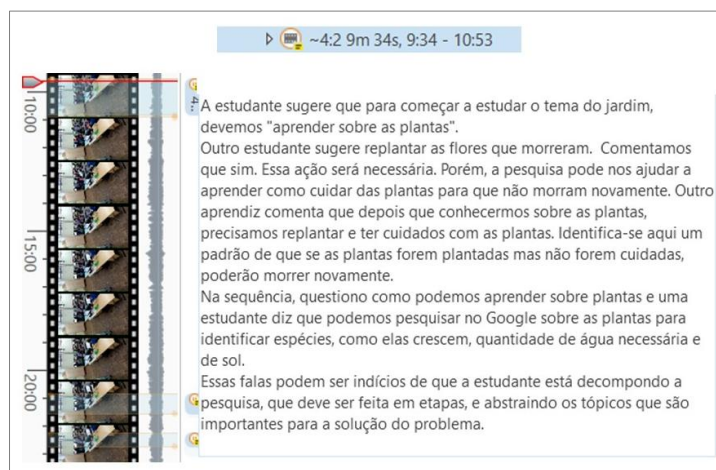
3.2 O processo e os resultados das análises

Na GT a construção da teoria emergente se dá na simultaneidade entre a produção e análises dos dados (Charmaz, 2009). Dessa forma, ao final de cada aula os vídeos eram importados para o *Atlas.ti* e, utilizando a ferramenta “memos” do *software*, um memorando era escrito, registrando tanto a organização da aula quanto as situações de destaque como comentários, interações, questionamentos dos estudantes, e também as primeiras interpretações, os *insights* e as anotações analíticas da pesquisadora a respeito dos dados. A escrita dos memorandos é uma “etapa intermediária fundamental entre a produção de dados e a redação dos relatos de pesquisa [...] porque incentiva a análise dos dados desde o início da investigação” (Charmaz, 2009, p. 107).

Na etapa seguinte, assistimos aos vídeos para destacar os trechos nos quais foram registrados episódios (momentos das aulas) em que ocorreram situações em que foi possível notar nas atitudes dos estudantes durante as ações requeridas na prática de modelagem, a necessidade ou o emprego de habilidades para o desenvolvimento do PC.

O destaque desses trechos ou episódios foi feito por meio da ferramenta “citação livre” do *software Atlas.ti*. Após selecionar o trecho de interesse, inserimos um comentário destacando a situação e a habilidade relacionadas ao PC a elas correspondentes. A Figura 1 ilustra um exemplo de citação livre criada para uma das turmas.

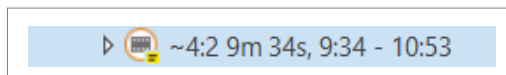
Figura 1: Exemplo das citações livres



Fonte: Dados da pesquisa.

O próprio *software* gera, para cada citação criada, um código de identificação. A Figura 2 exemplifica um desses códigos: a parte inicial (4:2) indica que essa citação é a segunda do documento primário (vídeo) número 4; o restante da codificação (9:34 – 10:53) indica, respectivamente, o tempo inicial e o final do trecho do vídeo (documento primário) de número 4 que foi destacado para a construção dessa citação.

Figura 2: Exemplo das codificações das citações livres



Fonte: Dados da pesquisa.

Seguindo esse processo, chegamos a 256 citações, ou seja, 256 episódios nos quais foi possível identificar, a partir das falas e ações dos estudantes, as habilidades para o desenvolvimento do PC que emergiram em diferentes etapas e momentos da prática de modelagem. Com base nas citações livres, passamos à codificação dos episódios destacados, levando em conta os quatro principais processos associados ao PC, atribuindo um código para “cada palavra, linha ou segmento de dado” (Charmaz, 2009, p. 72), etapa essa correspondente ao movimento do pesquisador em atribuir os primeiros códigos, sendo chamada pela autora de codificação inicial.

Nossos códigos foram elaborados de modo a destacar as habilidades para desenvolvimento do PC identificadas nas situações salientadas nas citações livres, levando em conta a etapa da MM e os princípios da TAS envolvidos no processo, buscando, já na codificação, articular os elementos estudados, no sentido de uma teoria emergente. Isso por entendermos que todos esses elementos não são independentes, mas acontecem no fazer da prática pedagógica enquanto processos relacionados. Ressaltamos que esse processo exigiu muito esforço de análise, pois a relação entre os elementos não estava “pronta” no texto, demandando um movimento dialético entre a tríade teórica e o fazer dos estudantes. A Figura 3 exemplifica o código aplicado na citação livre apresentada na Figura 1.

Figura 3: Exemplo de codificação inicial criada para a citação livre

~4:2 9m 34s, 9:34 - 10:53

A estudante sugere que para começar a estudar o tema do jardim, devemos "aprender sobre as plantas".

Outro estudante sugere replantar as flores que morreram. Comentamos que sim. Essa ação será necessária. Porém, a pesquisa pode nos ajudar a aprender como cuidar das plantas para que não morram novamente. Outro aprendiz comenta que depois que conhecermos sobre as plantas, precisamos replantar e ter cuidados com as plantas. Identifica-se aqui um padrão de que se as plantas forem plantadas mas não forem cuidadas, poderão morrer novamente.

Na sequência, questiono como podemos aprender sobre plantas e uma estudante diz que podemos pesquisar no Google sobre as plantas para identificar espécies, como elas crescem, quantidade de água necessária e de sol.

Essas falas podem ser indícios de que a estudante está decompondo a pesquisa, que deve ser feita em etapas, e abstraindo os tópicos que são importantes para a solução do problema.

Decomposição, Reconhecimento de Padrões,
Abstração e Algoritmos expressos durante o compartilhamento
de significados do processo de pesquisa {

↓

Código inicial

Citação livre: ~4:2 9m 34s, 9:34 - 10:53

Fonte: Dados da pesquisa.

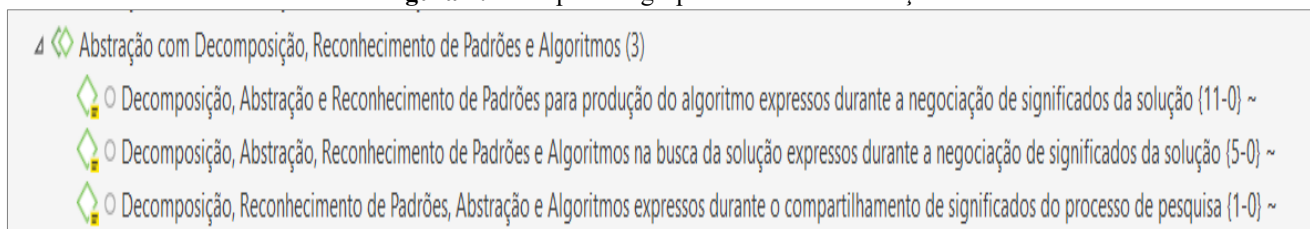
Esse código foi elaborado para essa citação a partir da análise do discurso dos estudantes ao sugerirem as etapas e temas relevantes para condução da pesquisa, no qual identificamos a Decomposição e a Abstração. É possível dizer que os estudantes revelaram a percepção de que

conhecer o tema é importante, visto que apenas replantar as flores sem conhecimento do assunto poderia levá-las à morte. Em outras palavras, eles reconheceram que repetir uma ação pode reproduzir um padrão de resultado. Além disso, um estudante revelou pensar de forma algorítmica quando descreveu a sequência de passos: pesquisar, replantar, cuidar. Essas habilidades foram expressas no diálogo estabelecido entre a docente e os estudantes no compartilhamento de significados durante a etapa de pesquisa exploratória da prática de Modelagem. Nesse código destacamos as habilidades para desenvolvimento do PC identificadas na situação (Decomposição, Reconhecimento de Padrões, Abstração e Algoritmos), o princípio da TAS envolvido no processo (compartilhamento de significados) e a etapa da prática de modelagem em que ocorreu (pesquisa exploratória).

Seguindo esse procedimento metodológico de análise para todos os episódios destacados, chegamos a 96 códigos, sendo que alguns se repetiram em diferentes citações livres, e a partir dessa codificação inicial, na qual já foi possível identificar a predominância da Abstração, passamos para a codificação axial. Segundo Charmaz (2009), “os objetivos da codificação axial são classificar, sintetizar e organizar grandes montantes de dados e reagrupá-los de novas formas após a codificação aberta” (p. 91). Nessa etapa buscamos identificar aspectos convergentes entre os 96 códigos criados, agrupando aqueles em que foram registradas as mesmas habilidades para desenvolvimento do PC em diferentes etapas da prática de Modelagem e em interação com diferentes princípios da TAS.

O código gerado para a situação apresentada na Figura 3, por exemplo, passou a fazer parte de um grupo de códigos identificados em outros episódios, nos quais igualmente foram identificadas as habilidades de Abstração, Decomposição, Reconhecimento de Padrões e Algoritmos. Esse grupo foi denominado “Abstração com Decomposição, Reconhecimento de Padrões e Algoritmos” e abarca os três códigos, referentes a distintos episódios. A Figura 4 ilustra os diferentes códigos que constituíram esse grupo.

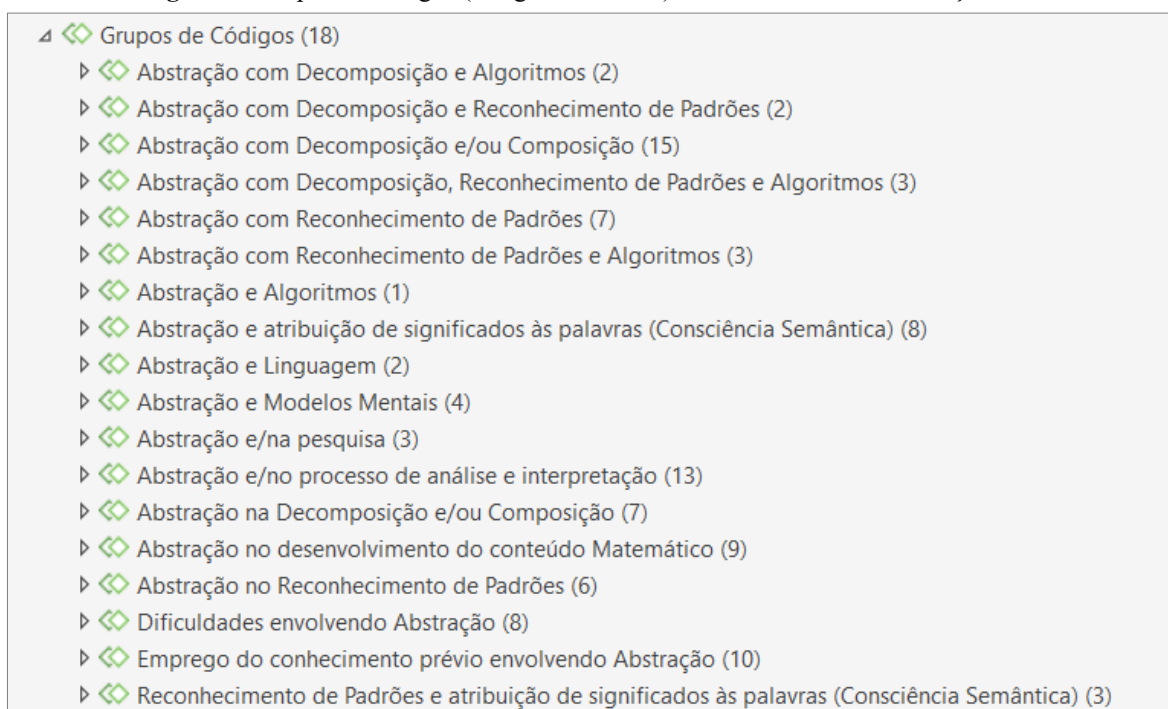
Figura 4: Exemplo de agrupamento das codificações



Fonte: Dados da pesquisa.

O número entre parênteses à frente do nome do grupo indica a quantidade de códigos iniciais que nele foram inseridos, e o número entre chaves à frente de cada código indica a quantidade de vezes que ele foi utilizado para codificar diferentes episódios. Essa análise foi realizada para todos os códigos, buscando reagrupá-los de acordo com as habilidades para desenvolvimento do PC neles destacadas. A Figura 5 mostra os 18 grupos de códigos, que constituem as categorias iniciais, gerados a partir desse reagrupamento feito na codificação axial. Vale salientar que dez desses códigos foram incluídos em dois grupos distintos.

Figura 5: Grupos de códigos (categorias iniciais) criados durante a codificação axial

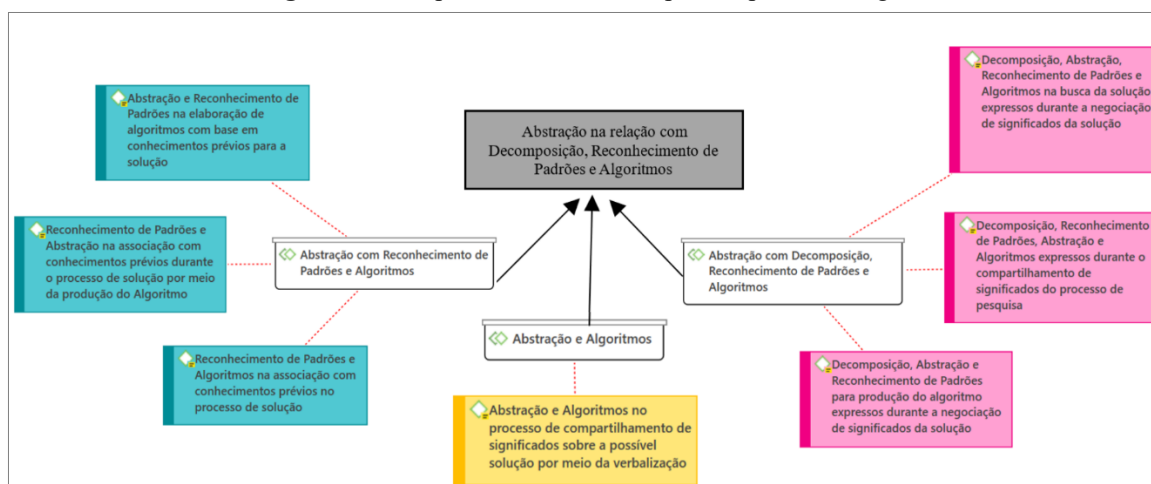


Fonte: Dados da pesquisa.

Com base nesses grupos de códigos realizamos uma nova codificação, a focalizada, com a qual buscamos estabelecer relações entre as categorias geradas, criando um eixo norteador para a análise e a interpretação dos dados em torno de um elemento central nelas recorrente. Assim, criamos as redes unindo grupos de códigos relacionáveis entre si a partir de um elemento comum entre eles.

A Figura 6 ilustra uma dessas redes, na qual foram reunidos três grupos de códigos nos quais foram identificadas relações de forma direta e explícita da Abstração (comum entre todos) com a Decomposição, o Reconhecimento de Padrões e os Algoritmos, ou de forma implícita com a habilidade de Algoritmos, a qual, segundo Brackmann (2017), envolve todas as demais. Em cinza destacamos a rede formada pelos grupos, indicados pelos retângulos em branco, unidos à rede pelas setas em preto. Os códigos pertencentes a cada um deles estão unidos aos grupos por meio de uma linha vermelha pontilhada.

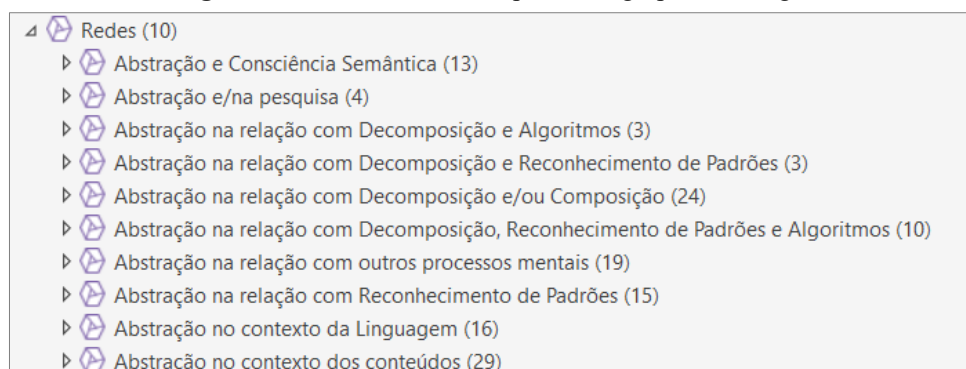
Figura 6: Exemplo de Rede formada por Grupos de Códigos



Fonte: Dados da pesquisa.

Repetindo esse processo foram constituídas dez redes reunindo os grupos de códigos, conforme ilustrado pela Figura 7.

Figura 7: Redes constituídas a partir dos grupos de códigos

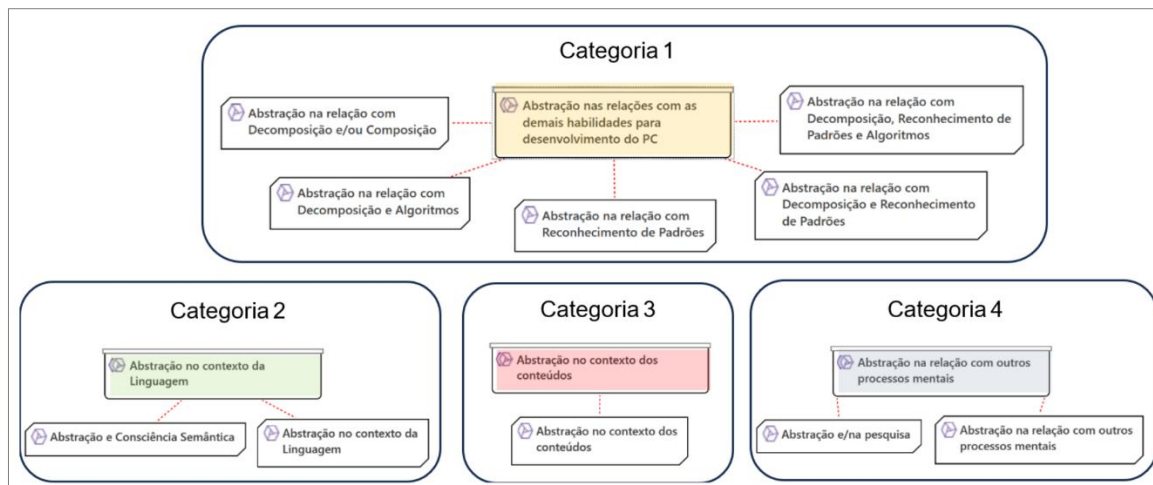


Fonte: Dados da pesquisa.

Com o objetivo de refinar mais as categorias de análise, e identificando novas relações entre as redes estabelecidas, formamos grupos de redes com elementos convergentes, que se constituíram em nossas categorias de análise, conforme representado na Figura 8.

Desse modo, nossas categorias de análise foram estabelecidas em torno da Abstração, que emergiu como a habilidade mais recorrente e com as quais as demais categorias e códigos estão relacionados. As categorias foram assim denominadas: (i) Abstração na relação com as demais habilidades para desenvolvimento do PC; (ii) Abstração no contexto da linguagem; (iii) Abstração no contexto dos conteúdos; (iv) Abstração na relação com outros processos mentais.

Figura 8: Categorias geradas a partir de grupos de redes



Fonte: Dados da pesquisa.

Considerando que todas as categorias têm como centro a Abstração e estão relacionadas entre si, na seção subsequente apresentaremos a teoria fundamentada que emergiu do processo de análise aqui descrito.

4 A teoria fundamentada no Pensamento Computacional e na Educação Matemática por meio da Modelagem Matemática na perspectiva da Aprendizagem Significativa

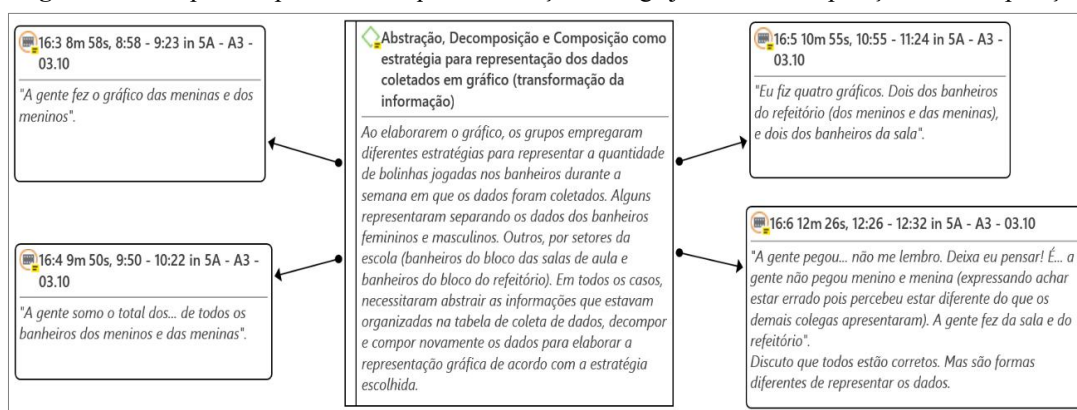
O processo de teorização acerca do PC em práticas de MM na perspectiva da TAS se mostrou, como já afirmamos, centrado nos processos de Abstração. Portanto, o princípio unificador dessa teoria é a Abstração que essas práticas tornam possível desenvolver.

Segundo Abbagnano (1998, p. 13), a Abstração “é a operação mediante a qual alguma coisa é escolhida como objeto de percepção, atenção, observação, consideração, pesquisa, estudo, etc., e isolada de outras coisas com que está em uma relação qualquer”. Para esse autor, não se limita a separação do objeto dos demais elementos com os quais está envolvido, mas envolve a atenção específica nesse objeto isolado. Quando assumida nesse sentido, é possível entender que “a abstração é inerente a qualquer procedimento cognoscitivo e pode servir para descrever todo processo desse gênero”, como apontava (Abbagnano, 1998, p. 13).

Mora (1994) defende um conceito de Abstração mais abrangente, entendendo-a como objetos do pensamento, e discorre que ao abstrairmos algo, esse algo sempre faz parte de um todo em uma relação. É nesse sentido que entendemos a Abstração que emergiu nas práticas de modelagem desenvolvidas, ou seja, uma Abstração que não é isolada, mas que ocorre sempre com os demais processos envolvidos em toda a construção do conhecimento que teve como fio condutor a MM assumida como metodologia e desenvolvida na interação com os princípios da TAS. O que emergiu dos dados produzidos foi que a Abstração é a habilidade que não só está presente em todos os processos envolvidos na construção do conhecimento, mas que, além disso, é precedente a todos eles. Quando as demais habilidades para desenvolvimento do PC emergiram nos episódios, isso sempre aconteceu em conjunto e/ou na relação com a Abstração (Categoria 1), seja implícita ou explicitamente.

Como exemplo, na Figura 9, apresentamos a forma como a Abstração emergiu junto e como parte da Decomposição e Composição, durante a etapa de levantamento dos problemas em uma das práticas, na qual foi levantado o problema do papel. Após a coleta de dados, os estudantes foram provocados a elaborar gráficos que os representassem. Nesse processo, cada grupo empregou diferentes estratégias de representação que estão ligadas às formas como abstrairam os dados e decidiram decompô-los e compô-los novamente até obterem o gráfico desejado.

Figura 9: Exemplo de episódios em que a Abstração emerge junto à Decomposição e à Composição



Fonte: Dados da pesquisa.

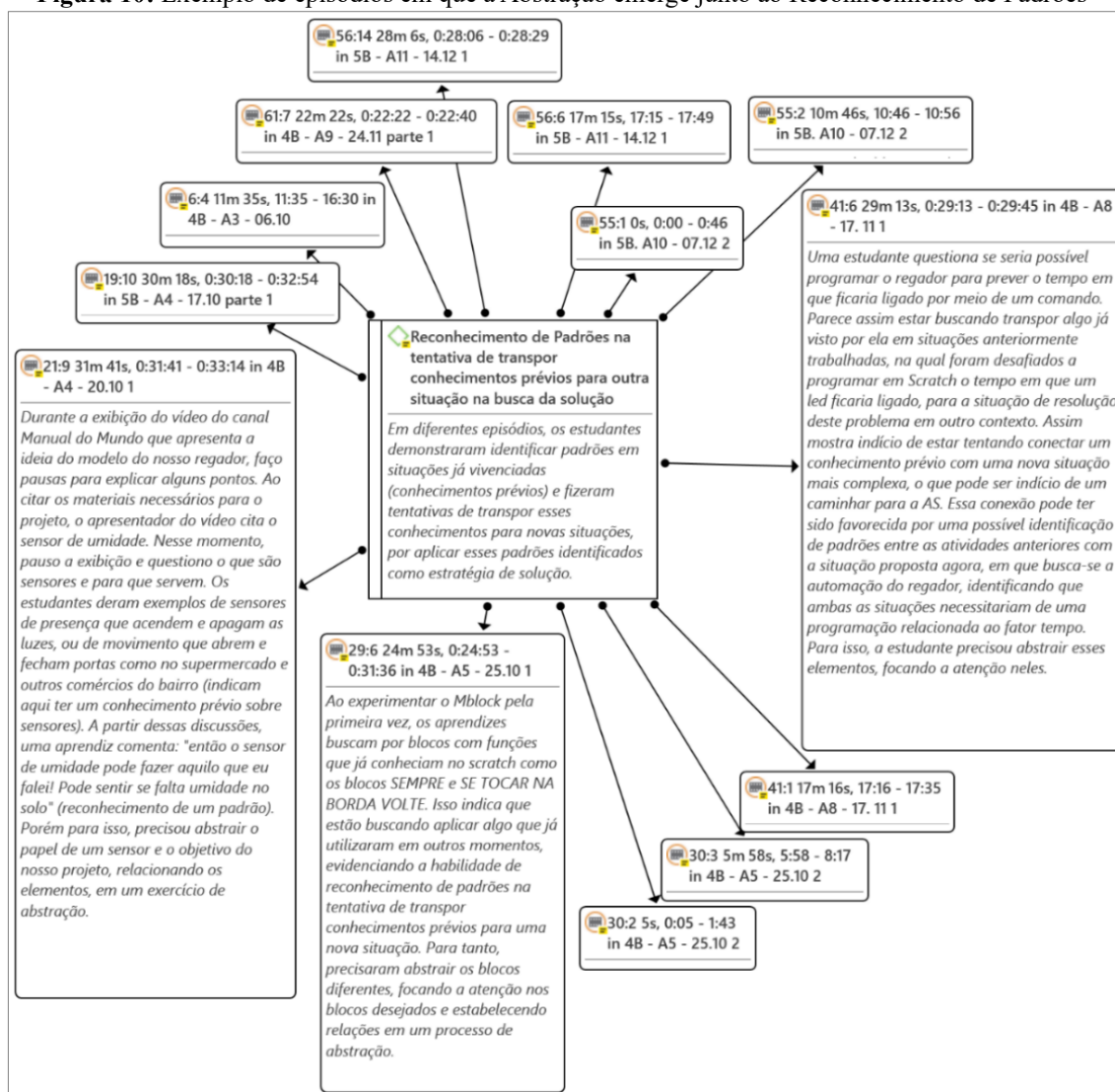
As diferentes representações gráficas foram discutidas e os significados, interpretados. Nesse processo de negociação de significados houve um exercício de Abstração tanto para interpretar quanto para explicar o significado dessa interpretação, verbalizando para os colegas, e para decompor a interpretação em passos. Na Figura 9 são apresentados os códigos empregados em excertos dos episódios que evidenciam diferentes formas de Abstração dos estudantes.

Exemplos de situações em que a Abstração sempre esteve presente ocorreram também com as demais habilidades para desenvolvimento do PC. Na Figura 10 são exemplificadas situações em que a Abstração emerge com e como parte do Reconhecimento de Padrões durante

a etapa da solução do problema do jardim, quando os estudantes estavam iniciando o estudo sobre a forma como o regador automático poderia ser construído e tiveram o contato primário com a *MBlock*, plataforma escolhida para a elaboração do algoritmo necessário ao funcionamento desse regador.

Nesses episódios os estudantes evidenciaram estabelecer relações entre conhecimentos prévios, identificando padrões para tentar transpor esses conhecimentos na solução do problema em questão (nova situação), tentativas essas que podem indicar um caminhar para a Aprendizagem Significativa (Moreira, 2011). Porém, para fazê-las, eles necessitaram abstrair informações, concentrando a atenção em aspectos que os levaram a identificar padrões. Ou seja, eles necessitaram abstrair, por analogia, como esse padrão poderia ser utilizado na nova situação.

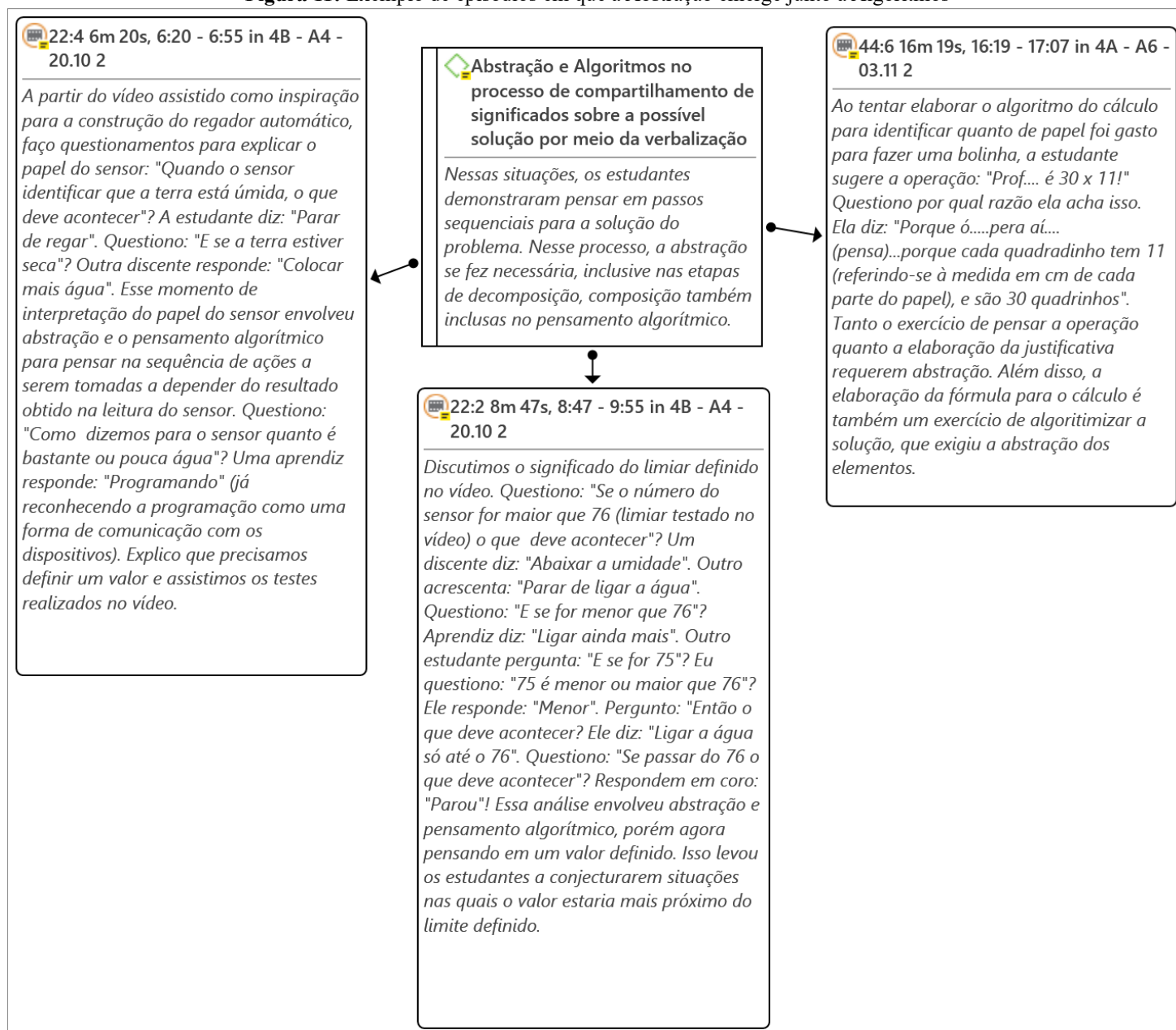
Figura 10: Exemplo de episódios em que a Abstração emerge junto ao Reconhecimento de Padrões



Fonte: Dados da pesquisa.

A Abstração emergiu junto à habilidade Algoritmos, conforme exemplos apresentados na Figura 11. Nesses episódios os estudantes abstraíram diferentes situações para pensar na sequência de passos do algoritmo.

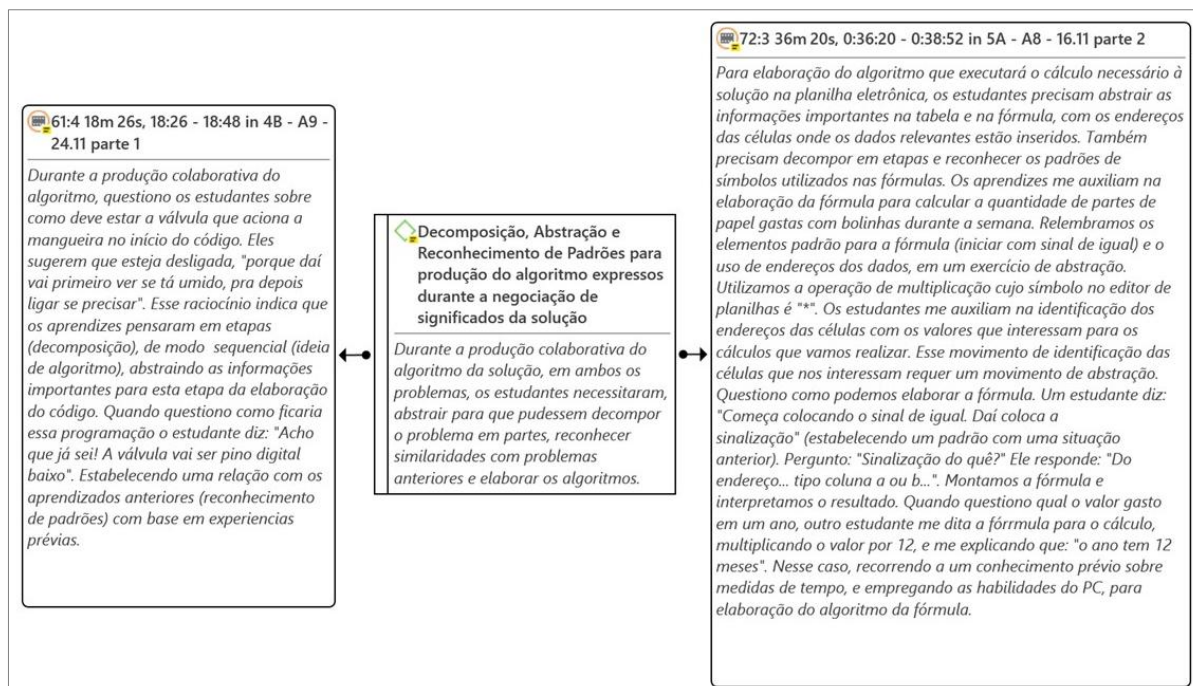
Figura 11: Exemplo de episódios em que a Abstração emerge junto a Algoritmos



Fonte: Dados da pesquisa.

Além de evidenciados os pares formados pela habilidade de Abstração com cada uma das demais habilidades para desenvolvimento do PC, conforme exemplificado nas Figuras 9, 10 e 11, em várias etapas da prática de Modelagem as habilidades emergiram em conjunto, a exemplo da Figura 12, que apresenta momentos em que a Abstração emerge com a Decomposição, o Reconhecimento de Padrões e os Algoritmos.

Figura 12: Exemplo de episódios em que a Abstração emerge com a Decomposição, o Reconhecimento de Padrões e os Algoritmos



Fonte: Dados da pesquisa.

Nossos dados corroboram e esclarecem a afirmação de Wing (2008), que defende que a “abstração é a essência do pensamento computacional” (p. 3717). Entretanto, percebemos que as práticas atuais com PC têm dado ênfase muito forte na habilidade de Algoritmos. Ressaltamos que a nossa análise se sustenta em dados empíricos que contribuem para compreender o movimento da abstração ao longo da ação dos estudantes.

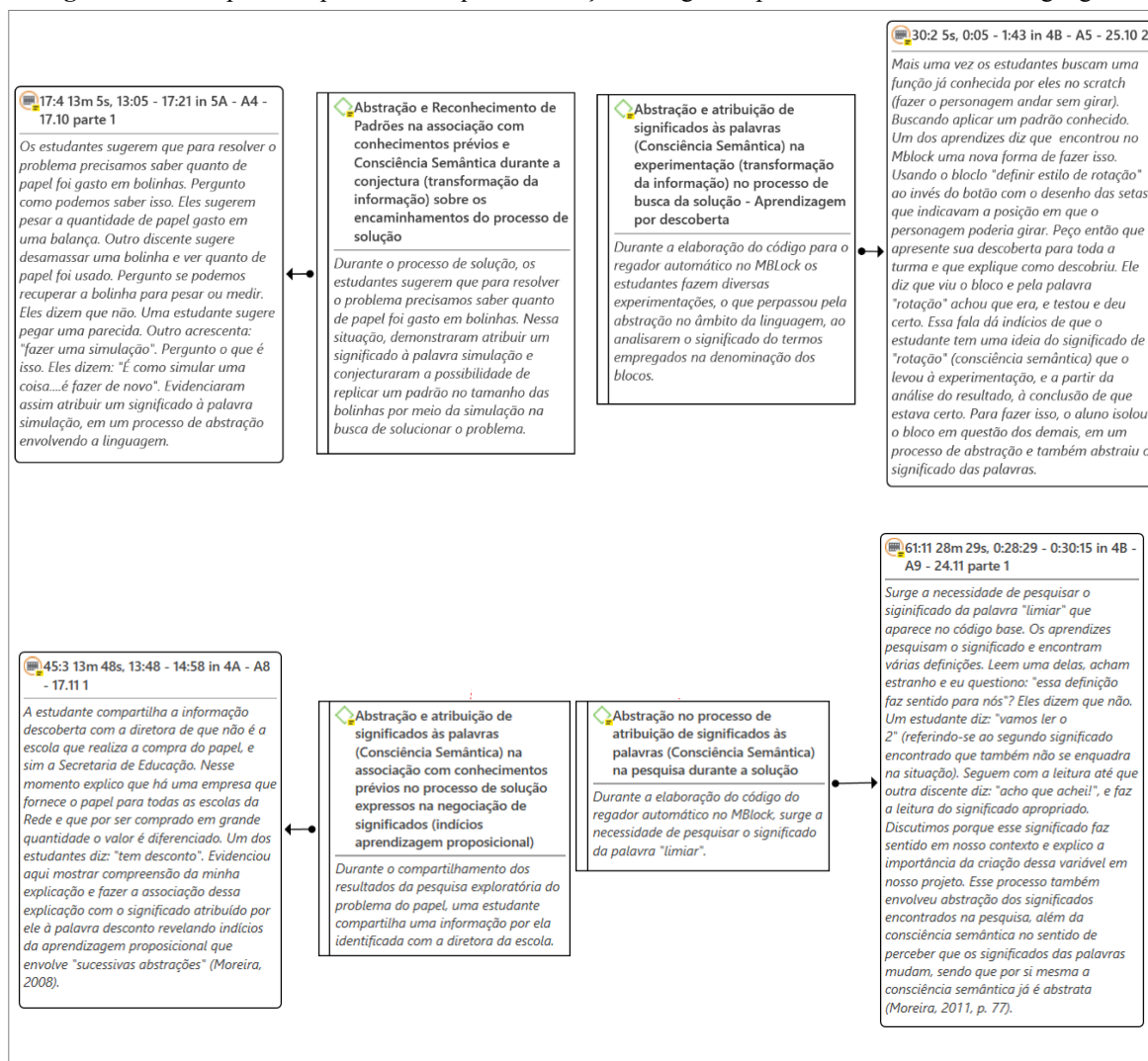
Essa ênfase da literatura também nos levou a acreditar inicialmente que Algoritmos seria a habilidade central de nossas categorias. Porém essa hipótese não se sustentou, uma vez que a Abstração emergiu como habilidade de destaque, mostrando-se tanto como precedente como articulada às demais. Além disso, de maneira sistemática e com a teoria emergente, evidenciamos os diferentes sentidos da Abstração no âmbito do PC.

Em relação à Decomposição, Descartes (1596-1650), um dos principais nomes da Filosofia Moderna, já a destacava como processo importante para a produção do conhecimento (Meneghetti & Bicudo, 2003). Porém, é necessário abstrair os aspectos de um problema para que consigamos decompô-lo em partes menores e mais facilmente gerenciáveis. É o movimento da Abstração que possibilita visualizar as partes do problema separadamente para então decompô-lo. De acordo com Abbagnano (1998, p. 14), “a limitação da nossa mente faz que não possamos compreender as coisas compostas senão considerando-as nas suas partes e contemplando as faces diversas com que elas se apresentam: isto é o que geralmente se costuma chamar conhecer por Abstração”. Desse modo, a Decomposição é abarcada pela Abstração, sendo esta última um processo necessário à primeira.

Em relação à Decomposição, destacamos que apesar de contribuir para a solução de alguns problemas, o processo de composição das soluções das partes é igualmente importante, uma vez que são processos complementares. Assim, é importante ajudar os estudantes a decomporem os problemas quando isso for pertinente, mas também evidenciar a importância da composição para a solução, para que a visão do todo não seja perdida, uma vez que vivemos em um mundo no qual os problemas estão inseridos dentro de um todo complexo (Morin, 2005).

A Abstração está envolvida no Reconhecimento de Padrões, uma vez que para identificar um padrão é importante isolar cada especificidade de uma determinada situação e nos concentrarmos nela. A Abstração também é necessária à elaboração de Algoritmos (Wing, 2008; Brackmann, 2017). A partir dos dados produzidos foi possível concluir que mais do que abranger a Decomposição e o Reconhecimento de Padrões, a elaboração de um Algoritmo depende desses processos, que são subsidiados pela Abstração. Assim, além da própria construção do passo a passo do Algoritmo ser um processo de Abstração, ela está presente desde a Decomposição do problema e o Reconhecimento de Padrões até a produção do Algoritmo.

Figura 13: Exemplos de episódios em que a Abstração emerge nos processos envolvendo a linguagem



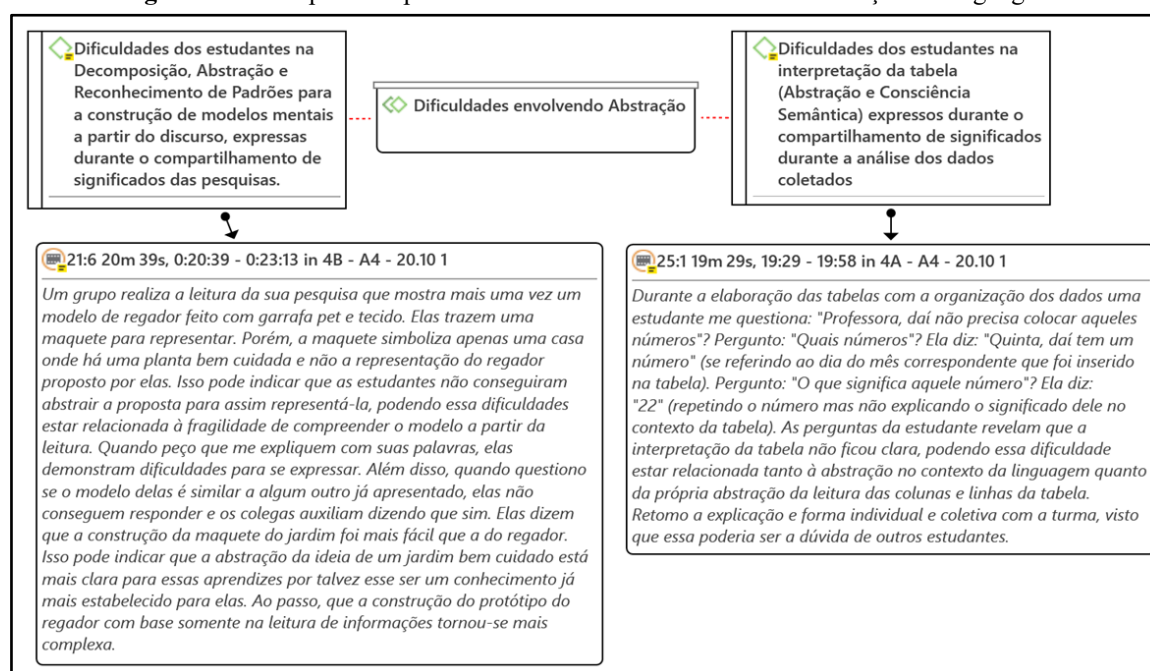
Fonte: Dados da pesquisa.

Não sendo própria e exclusiva do PC, além de ser precedente às demais habilidades, a Abstração emergiu durante as práticas como parte de outros processos, entre eles no contexto da linguagem (Categoria 2, conforme Figura 8), essencial para qualquer prática de ensino e aprendizagem especialmente para a Aprendizagem Significativa (Moreira, 2011). A linguagem subsidiou todo o desenvolvimento das práticas de modelagem, estando presente sobretudo na negociação de significados, conforme preconiza a TAS (Moreira, 2011). Nesse processo, a Abstração emergiu como fundamental, pois a linguagem está estritamente associada a ela (Abbagnano, 1998). Na Figura 13 apresentamos exemplos de excertos de episódios nos quais a Abstração se manifesta de modo integrado à consciência semântica relacionada à linguagem.

A Abstração no contexto da linguagem é central para a Aprendizagem Significativa, visto que os significados que o estudante possui em relação às palavras e às situações influenciarão diretamente a compreensão da matéria de ensino, sendo essencial que o docente promova a negociação de significados para captar os significados que os aprendizes estão desenvolvendo (Masini, 2008). Essa negociação contribuirá para que o docente faça a mediação do processo.

As dificuldades dos estudantes em relação à linguagem, exemplificadas na Figura 14, emergiram durante as práticas em momentos em que, por meio da negociação de significados, percebemos as limitações da compreensão deles quanto ao que foi proposto e possibilitado pelo diálogo decorrente da metodologia da Modelagem.

Figura 14: Exemplos de episódios envolvendo dificuldades na Abstração na linguagem



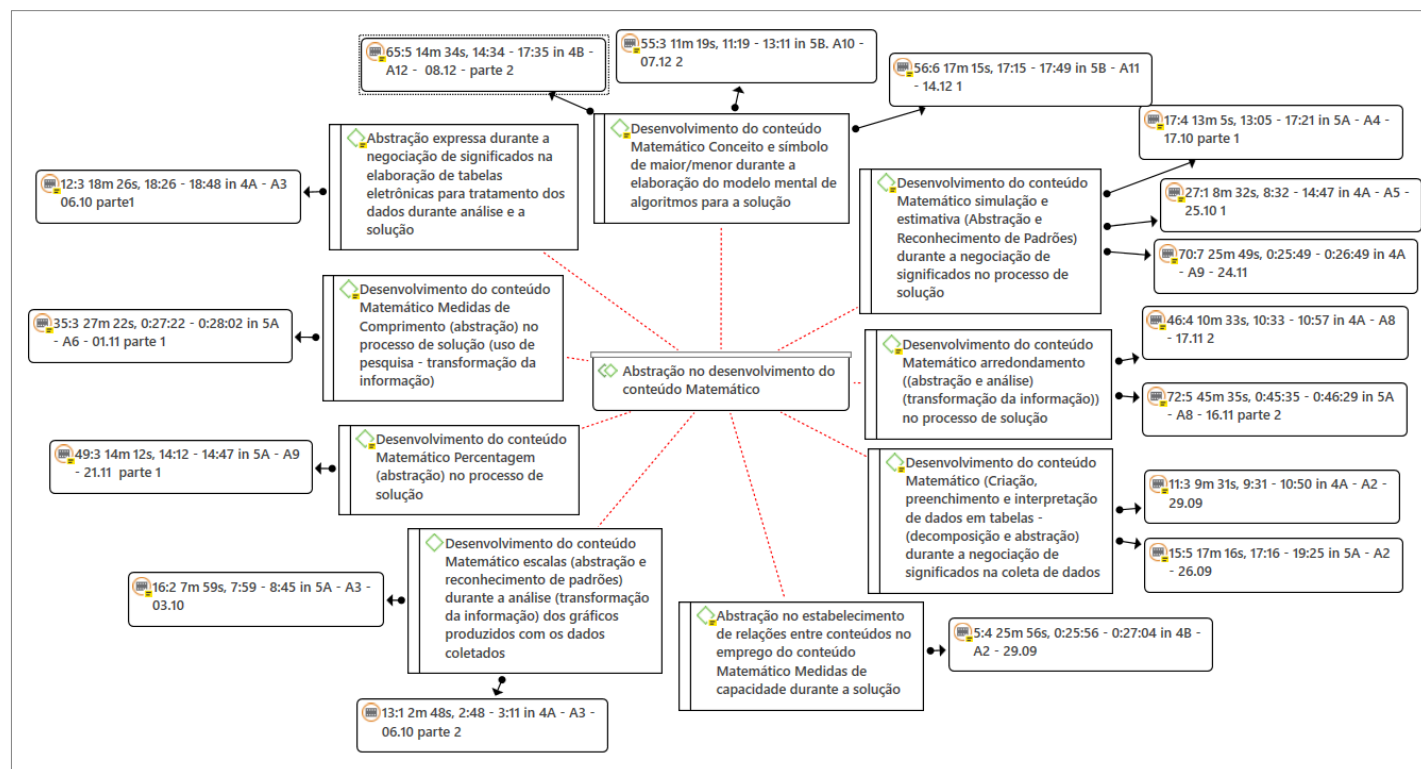
Fonte: Dados da pesquisa.

No Episódio 21:6 a Abstração necessária à compreensão da linguagem escrita, a partir da leitura, e à transposição dessa compreensão para a linguagem verbal necessária para explicar o modelo de regador pesquisado, além da Abstração para transpor essas ideias para a maquete, mostraram-se frágeis, dificultando a compreensão do todo. No Episódio 25:1 a incompreensão da tabela pode estar ligada à dificuldade com a linguagem e com a Abstração dos elementos da tabela (linhas e colunas) e da relação entre eles, além dos aspectos implícitos do pensamento necessário para compreender a organização tabular. Ambos os casos exigiram a mediação por meio do diálogo, para tentar tornar mais clara a ideia para as estudantes.

No contexto dos conteúdos matemáticos trabalhados (Categoria 3), a Abstração esteve fortemente presente, o que não é de surpreender, dado que, como já afirmado por Mora (1994) e Abbagnano (1998), ela faz parte do conhecimento matemático. Durante o desenvolvimento dos conteúdos matemáticos que emergiram como necessários para solução dos problemas, a Abstração foi requerida para que os estudantes pudessem elaborar as soluções. A partir daí, foi constituída a categoria "Abstração no contexto dos conteúdos". As categorias foram construídas a partir de grupos de redes, sendo que a rede "Abstração no contexto dos conteúdos" formou uma categoria com esse mesmo nome, por não haver outras redes a ela agrupadas. Essa rede foi formada por grupos de códigos distintos relacionados com a Abstração e com os conteúdos matemáticos explorados nas práticas de Modelagem, sendo constituída pelos grupos de

códigos: Abstração no desenvolvimento do conteúdo matemático; Dificuldades envolvendo Abstração; e Emprego do conhecimento prévio envolvendo a Abstração. A Figura 15 apresenta o exemplo de um dos nós – cada um dos grupos que faz parte da rede – evidenciando maneiras como a Abstração emergiu no contexto dessa categoria.

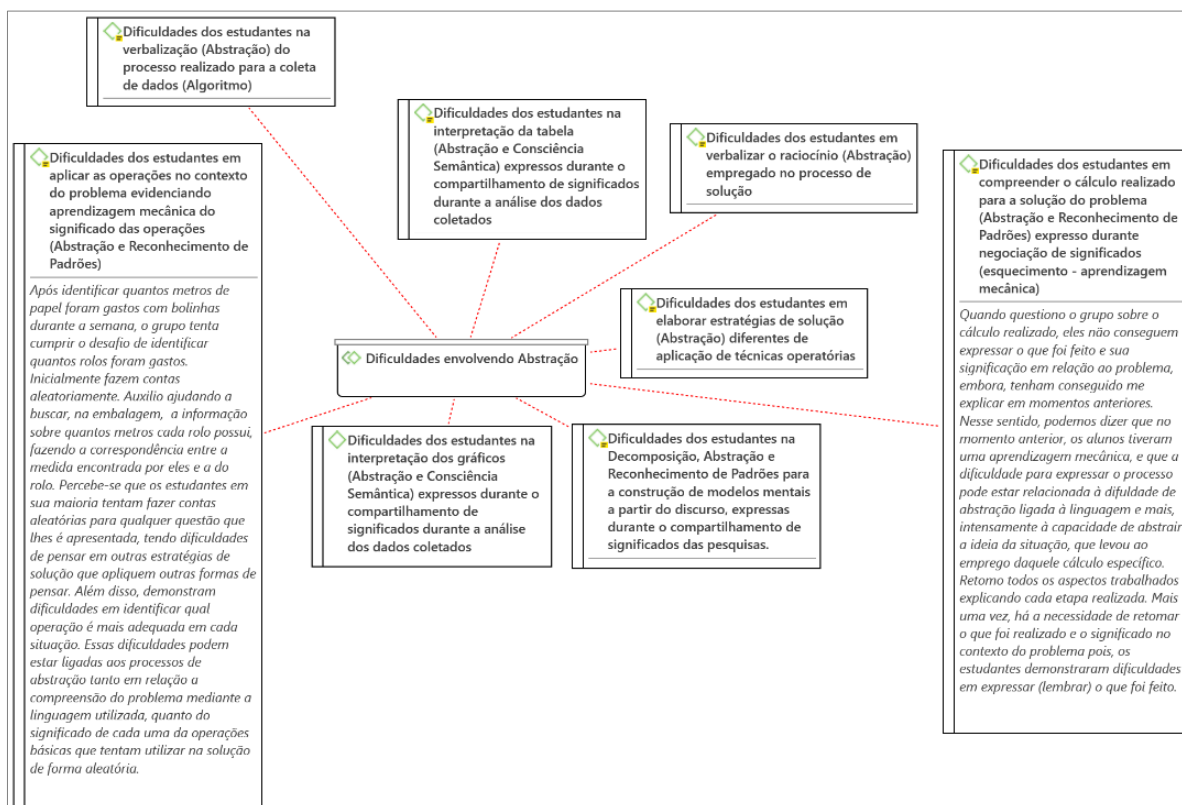
Figura 15: Exemplo de nó da Rede Abstração no contexto dos conteúdos (Abstração no desenvolvimento do conteúdo Matemático)



Fonte: Dados da pesquisa.

Fizeram parte dos nós dessa rede tanto os episódios em que a Abstração emergiu durante a aplicação dos conhecimentos prévios pelos estudantes no processo de solução quanto os conteúdos em que eles apresentaram dificuldades em desenvolver no contexto do problema, sendo essas relacionadas à Abstração, como ilustrado na Figura 16.

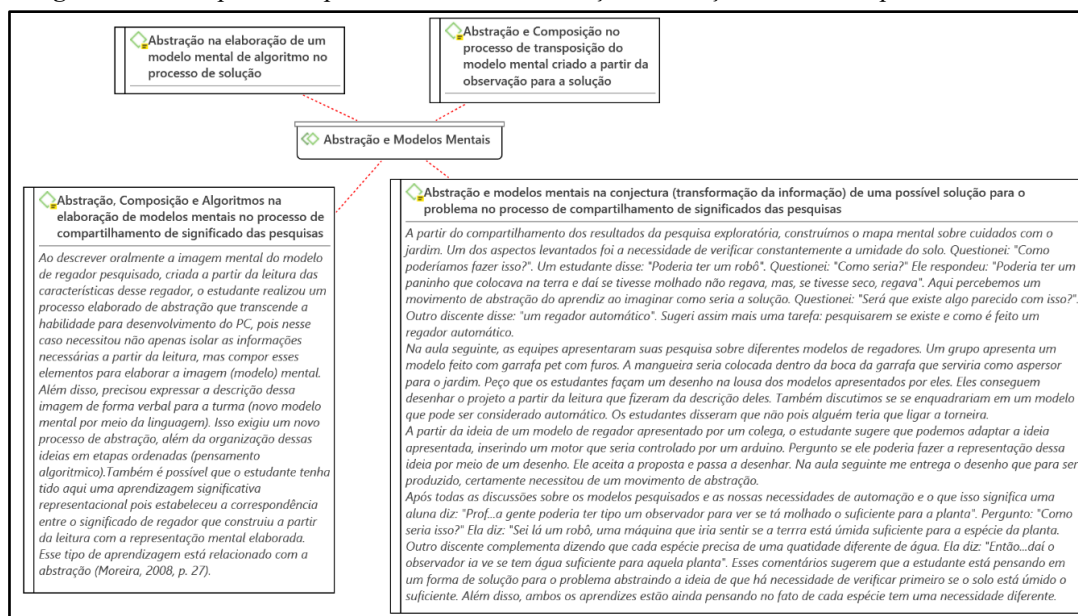
Figura 16: Exemplo de nó da Rede Abstração no contexto dos conteúdos (Dificuldades envolvendo a Abstração)



Fonte: Dados da pesquisa.

Além dos conteúdos, a Abstração emergiu na relação com outros processos cognitivos envolvidos no decurso da solução (Categoria 4), como nas análises e interpretações dos resultados e na elaboração dos modelos mentais, conforme apresentado na Figura 17. A Abstração emergiu como parte da elaboração de modelos mentais, da análise, da interpretação e da depuração de resultados, processos cognitivos esses que estão envolvidos na Aprendizagem Significativa (Costa, 2008).

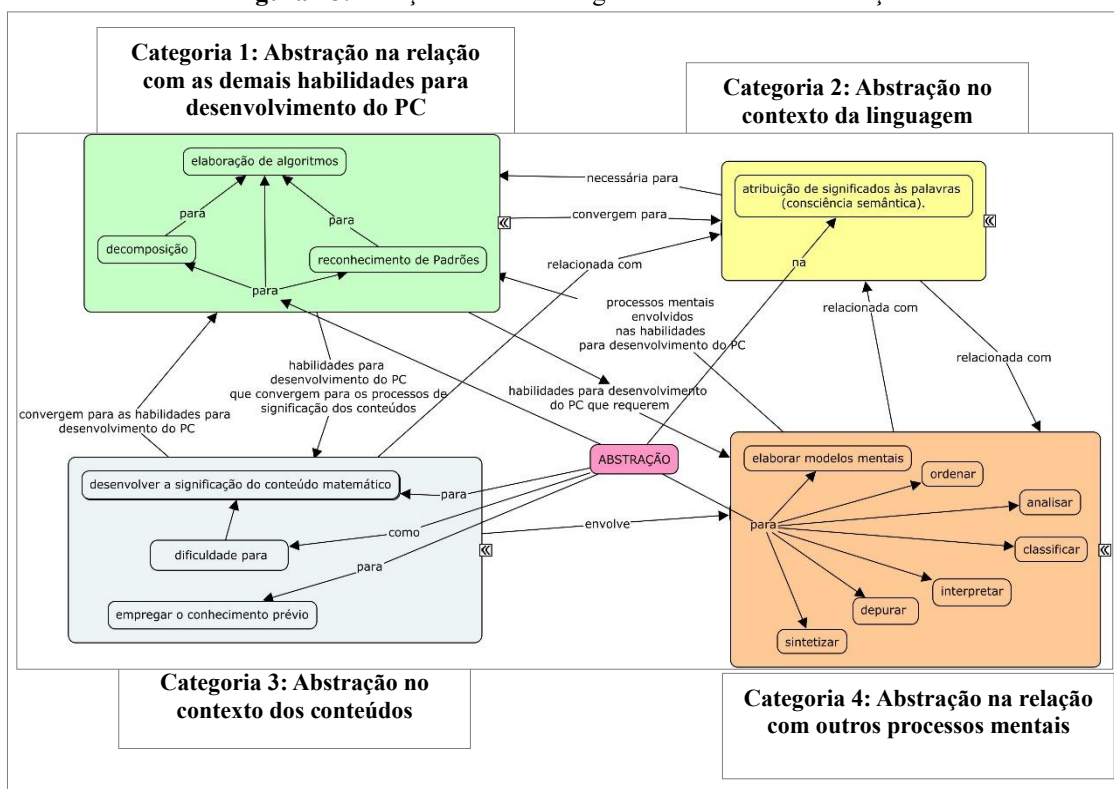
Figura 17: Exemplo de nó pertencente à rede Abstração na relação com outros processos mentais



Fonte: Dados da pesquisa.

Apesar de termos exposto alguns excertos de cada categoria separadamente, essa apresentação é apenas para facilitar o entendimento do leitor em relação aos componentes das categorias, que não são independentes e isoladas. É de se ressaltar que a Abstração se mostrou presente não somente em todos os processos que compõem cada categoria, mas nas relações entre elas. A Figura 18 resume as relações entre as categorias.

Figura 18: Relações entre as categorias centradas na Abstração



Fonte: Elaborada pelos autores.

Todas as categorias se relacionam com a Categoria 2 – “Abstração no contexto da linguagem”, porque a linguagem é uma função social, formada e transformada ao longo da vida, envolvida na organização do pensamento, e dela depende todo o processo cognitivo, o desenvolvimento cognitivo e a apropriação do conhecimento (Moreira, 2011).

Qualquer processo cognitivo, seja a mobilização das habilidades para o desenvolvimento do PC, seja a interpretação, a análise ou outros elementos citados na Categoria 4, assim como o desenvolvimento dos conteúdos, estará diretamente relacionado com a linguagem e dependerá da atribuição de significados que não está nas palavras em si, mas nas pessoas (Moreira, 2008). Por sua vez, a Abstração, que é própria da linguagem, está diretamente ligada a todas as categorias.

A Categoria 1 – “Abstração na relação com as demais habilidades para desenvolvimento do PC” também está relacionada à Categoria 3 – “Abstração no contexto dos conteúdos”, porque a Aprendizagem Significativa envolve processos como a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora em diferentes tipos de aprendizagem como a representacional, a proposicional e a combinatória (Ausubel, 2003), que convergem para habilidades como decompor e compor ideias, identificar padrões e pensar de forma algorítmica, que por sua vez solicitam a Abstração. Dessa forma, as habilidades para desenvolvimento do PC, centradas na Abstração, são aspectos que podem facilitar a Aprendizagem Significativa, ao mesmo tempo em que os processos envolvidos na Aprendizagem Significativa convergem para as habilidades que permitem o desenvolvimento do PC, podendo mobilizar o desenvolvimento delas. Assim,

bidirecionalmente o desenvolvimento do PC pode contribuir para a Aprendizagem Significativa, e esta favorece o desenvolvimento do PC por fazer emergir a necessidade de evocar as habilidades para seu desenvolvimento.

A Categoria 1 está relacionada com a Categoria 4 – “Abstração na relação com outros processos mentais”, dado que as habilidades para o desenvolvimento do PC requerem outros processos mentais para a solução dos problemas, como a análise, a classificação, a interpretação, a ordenação de dados, a sintetização, a depuração de ideias, de dados e de resultados, além da elaboração de modelos mentais, sendo que todos eles são centrados na Abstração. Assim, as categorias estão relacionadas entre si, de modo que os processos cognitivos envolvidos em cada uma delas estão relacionados.

Em todas as etapas da Modelagem a Abstração foi requerida junto às demais habilidades para o desenvolvimento do PC que emergiram nos processos da Aprendizagem Significativa, sendo possível concluir, a partir desses dados e das nossas reflexões sobre eles, que a Abstração está no cerne do desenvolvimento do PC e dos processos da Aprendizagem Significativa. Portanto, há influência recíproca do desenvolvimento do PC e da TAS nos processos de aprendizagem mediados pela Modelagem.

5 Síntese da teoria

Considerando as características da GT não apresentaremos considerações finais, mas a síntese da teoria, destacando os aspectos fundamentais que emergiram das análises, explicitando o “conceito” e seu conteúdo.

Habilidades para o desenvolvimento do PC: as habilidades, muitas vezes chamadas de habilidades do PC, não são sua exclusividade. Vale ressaltar que a Abstração e a Decomposição são habilidades inerentes à produção do conhecimento (Abbagnano, 1998; Meneghetti & Bicudo, 2003) e, portanto, tão antigas quanto ele e mais antigas do que a Computação (Fonseca Filho, 2007). No que diz respeito ao Reconhecimento de Padrões, suas ideias há muito são utilizadas pela humanidade, mesmo em nível de senso comum, a exemplo de quando o homem buscava aplicar essa habilidade em situações cotidianas como na agricultura, sendo há tempos utilizado na medicina para diagnósticos. Além disso, ele está relacionado com o Pensamento Algébrico (Navarro & Sousa, 2023), tendo raízes na Matemática. A ideia de Algoritmo igualmente tem suas origens na Matemática, sendo, portanto, anterior à Computação. Um exemplo é o algoritmo de divisão proposto por Euclides, o que pode ser considerado “o começo da busca da automatização do raciocínio e do cálculo” (Fonseca Filho, 2007, p. 42).

Utilizadas na produção de conhecimento de outras áreas, essas habilidades foram incorporadas pela Computação aos seus processos de resolução de problemas e construção de conhecimento. Logicamente, essa área viabilizou muitas contribuições ao desenvolvimento científico e, em se tratando dessas habilidades, podemos dizer que contribuiu mais significativamente em relação às diferentes possibilidades de elaboração e execução de algoritmos, por meio de linguagens próprias da Computação, o que proporcionou importantes avanços.

Talvez por essa razão, o trabalho com algoritmos tenha recebido destaque quando se fala em práticas para desenvolvimento do PC na escola, considerando que as discussões sobre isso na atualidade partiram de movimentos propostos por pesquisadores da Computação. De fato, o processo de algoritmização é parte do PC e é uma contribuição significativa, pois pode tornar a solução dos problemas viável e rápida, reduzindo esforços repetitivos e demasiados. É de se ressaltar, no entanto, que esse processo depende em parte das demais habilidades, sem as quais não é possível chegar ao PC.

Desconsiderar esse movimento histórico e entender essas habilidades como próprias do PC e da Computação pode levar à sua inserção em sala de aula de forma “empirista, tecnicista e utilitarista” (Navarro & Sousa, 2023, p. 106). Entendemos que são habilidades para o desenvolvimento do PC e não propriamente suas, por não serem dele exclusivas, e, assim como Navarro e Sousa (2023), compreendemos que devem ser trabalhadas em sala de aula com o objetivo de contribuir para que os estudantes sejam capazes de resolver problemas de diversas áreas, por meio de diversas estratégias que podem culminar na elaboração de algoritmos.

Centralidade nos processos de Abstração: dentre as habilidades investigadas neste estudo, a Abstração emergiu como base dos demais processos envolvidos no desenvolvimento do PC, sendo necessária para a Decomposição e a Composição, para o Reconhecimento de Padrões (em especial no sentido de pensar no que não está dado imediatamente) e para a elaboração de Algoritmos, processo esse que solicita a mobilização de todas essas habilidades, embora seja secundário às demais. A partir de todo o esforço analítico empreendido por meio da GT concluímos que essas habilidades são interdependentes e centradas no processo de Abstração, sendo pertinente abordá-las com os estudantes nessa mesma perspectiva, e não de modo isolado, visto que no contexto dos problemas reais elas estão sempre interligadas. Nesse sentido, promover o desenvolvimento do PC em sala de aula requer que sejam pensadas ações didático-pedagógicas que propiciem aos estudantes a mobilização da Abstração para resolução de problemas em diferentes modos, níveis e contextos.

A prática pedagógica sob o aporte da TAS mobiliza a Abstração e as demais habilidades para o desenvolvimento do PC: tendo como um de seus princípios norteadores a resolução de problemas (Costa, 2008), a prática pedagógica sob o aporte da TAS faz emergir a necessidade de evocar no processo de solução as habilidades para o desenvolvimento do PC centradas na Abstração, entre outras estratégias e formas de pensamento. Além disso, quando assumida a linguagem para fundamentar as ações em sala de aula, ela, que tem importante função nessa teoria, traz a negociação de significados como elemento central, dando constante lugar ao diálogo entre os aprendizes e o docente com objetivo de apreender significados atribuídos pelos estudantes ao que está sendo ensinado e verificar se esses significados são os aceitos no contexto da matéria de ensino, o que permite realizar uma mediação que facilite a Aprendizagem Significativa (Moreira, 2011).

Nesse processo, a Abstração inerente à linguagem é constantemente requerida e mobilizada. Levando em conta os princípios da TAS, além da linguagem são valorizadas práticas que solicitam dos aprendizes processos mentais como a análise, a síntese, a depuração de resultados e a elaboração de modelos mentais, sendo esses centrados nos processos de Abstração. Assim, a prática pedagógica na TAS tem o potencial de mobilizar a Abstração em diferentes modos, níveis e contextos.

Habilidades para o desenvolvimento do PC convergem para os processos de Aprendizagem Significativa: as habilidades para o desenvolvimento do PC convergem para os processos cognitivos necessários à Aprendizagem Significativa como diferenciação progressiva e reconciliação integradora, que evocam a Decomposição, a Composição, o Reconhecimento de Padrões e principalmente requerem a Abstração necessária à Significação dos conteúdos, desde que não sejam trabalhadas de maneira meramente expositiva ou como técnicas de pensamento.

Essas habilidades estão envolvidas nos processos cognitivos de produção de conhecimento e convergem para os processos de aprendizagem, em especial, na Significativa. Assim, promover práticas pedagógicas que mobilizem essas habilidades é mais um elemento que pode facilitar a Aprendizagem Significativa. Do mesmo modo, é pertinente promover práticas que possibilitem ao aprendiz desenvolver a Abstração, visto que a Aprendizagem

Significativa pode ser comprometida pela ausência do *background* concernente a essa habilidade.

A MM na Perspectiva da TAS se configura como metodologia articuladora entre o desenvolvimento do PC e a EM: a MM visa contribuir para a formação crítica dos estudantes. Todavia as práticas podem não levar à mobilização de processos de pensamento que conduzam a essa formação. Nesse sentido, o aporte teórico da TAS é um diferencial, dado que os princípios dessa teoria, quando compreendidos e colocados em prática em sala de aula, potencializam as práticas de Modelagem no sentido de mobilizar ações tanto do docente quanto dos aprendizes, que de fato são o fio condutor para essa formação crítica. Entre essas ações, destacamos o diálogo, a reflexão-ação, a pesquisa, a análise, a argumentação, a criatividade, a aplicação do aprendido em novas situações e a aprendizagem dos conhecimentos matemáticos em contextos de resolução de problemas que fazem sentido aos estudantes.

O desenvolvimento do PC pode ser favorecido nesse processo, visto que as práticas de Modelagem assim desenvolvidas fazem emergir a necessidade de colocar em movimento a Abstração em seus diferentes níveis, do mais simples até os mais complexos. Ao mesmo tempo, tanto a Abstração quanto as demais habilidades para desenvolvimento do PC convergem para os processos cognitivos da Aprendizagem Significativa. Simultaneamente a essas práticas, a mobilização dessas habilidades pode ser mais um facilitador da Aprendizagem Significativa em um processo que demanda do estudante a progressão da aprendizagem dos conteúdos matemáticos e do desenvolvimento do PC, em um processo de mútua contribuição.

Assim sendo, é possível concluir que mobilizar a Abstração em diferentes modos e contextos é o elemento central para que os estudantes possam ter facilitados tanto o desenvolvimento do PC quanto a Aprendizagem Significativa dos conteúdos, de modo que um contribua com o outro, sendo que a MM como metodologia em interação com os princípios da TAS se configura como o fio condutor nesse processo.

Destacamos que o presente estudo se limitou a uma instituição escolar, refletindo, portanto, especificidades desse contexto. Ainda assim, entendemos que ele oferece subsídios relevantes para inspirar reflexões em outras realidades, considerando-se as devidas adaptações.

Os dados produzidos permitem análises adicionais acerca dos indícios de Aprendizagem Significativa dos estudantes durante as práticas de MM, as quais serão realizadas em trabalhos futuros.

Referências

- Abbagnano, N. (1998). *Dicionário de filosofia*. Tradução de A. Bosi. (2. ed.). São Paulo, SP: Martins Fontes.
- Assunção, J. A.; Moreira, M. A. & Sahelices, C. C. (2018). Aprendizagem Significativa: Resolução de Problemas e Implicações para Aprendizagem de Função. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 8(2), 30-44.
- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Tradução de L. Teopisto. (1. ed.). Lisboa, PT: Paralelo.
- Brackmann, C. P. (2017). *Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica*. 2017. 226f. Tese (Doutorado em Informática na Educação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.
- Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF.

- Brasil. Conselho Nacional de Educação. Câmara da Educação Básica. (2022). *Resolução n. 1, de 4 de outubro de 2022*. Normas sobre a Computação na Educação Básica – Complemento à BNCC. Diário Oficial da União, Seção 1, 33-33. Brasília, DF.
- Burak, D. & Aragão, R. M. R. (2012). *A modelagem matemática e as relações com a aprendizagem significativa*. (1. ed.). Curitiba, PR: CRV.
- Charmaz, K. (2009). *A construção da teoria fundamentada – guia prático para análise qualitativa*. Tradução de J. E. Costa. (1. ed.). Porto Alegre, RS: Artmed.
- Costa, S. S. C. (2008). O aprender pela resolução de problemas. In: E. F. S. Masini & M. A. Moreira (Org.). *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos* (1. ed., pp. 193-208). São Paulo, SP: Vetor.
- Fonseca Filho, C. (2007). *História da computação: o caminho do pensamento e da tecnologia*. (1. ed.). Porto Alegre, RS: EdiCTuers.
- Kaminski, M. R. (2023). *O Pensamento Computacional no âmbito da Modelagem matemática na Perspectiva da Aprendizagem Significativa*. 2023. 248f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Educação Matemática). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, PR.
- Kaminski, M. R.; Klüber, T. E. & Boscaroli, C. (2021). Pensamento Computacional na Educação Básica: Reflexões a partir do Histórico da Informática na Educação Brasileira. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 29, 604-633. <https://doi.org/10.5753/rbie.2021.29.0.604>
- Masini, E. F. S. (2008). Lacunas e comprometimentos no aprender. In: E. F. S. Masini & M. A. Moreira (Org.). *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos* (1. ed., pp. 109-136). São Paulo, SP: Vetor.
- Meneghetti, R. C. G. & Bicudo, I. (2003). Uma discussão sobre a constituição do saber matemático e seus reflexos na educação matemática. *Bolema*, 16(19), 2-14.
- Mora, J. F. (1994). *Dicionário de filosofia: Tomo I*. São Paulo, SP: Loyola.
- Moreira, M. A. (2008). A teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. In: E. F. S. Masini & M. A. Moreira (Org.). *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos* (1. ed., pp. 15-44). São Paulo, SP: Vetor.
- Moreira, M. A. (2011). *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. (1. ed.). São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Moreira, M. A. (2018). *Teorias de aprendizagem*. (2. ed.). São Paulo, SP: E.P.U.
- Morin, E. (2005). *Ciência com consciência*. Tradução de M. D. Alexandre & M. A. S. Dória. (8. ed.). Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil.
- Moura Junior, L. C. S. & Alves, D. B. (2023). Das Práticas em Sala de Aula com Modelagem Matemática Significativa Crítica. *Vidya*, 43(2), 19-38. <https://doi.org/10.37781/vidya.v43i2.4551>
- Navarro, E. R. & Sousa, M. C. (2023). *Qual o conceito de pensamento computacional para a educação matemática?* São Paulo, SP: Dialética.
- Puhl, C. S.; Müller, T. J. & Lima, I. G. (2020). Contribuições teóricas da Teoria de Aprendizagem Significativa e do ensino por meio da resolução de problemas para qualificar o processo de ensino. *Debates em Educação*, 12(27), 125-140. <https://doi.org/10.28998/2175-6600.2020v12n27p125-140>

- Souza, J. S. S. (2021). Modelagem Matemática e Aprendizagem Significativa: uma Relação Subjacente. *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*, 14(2), 241-247. <https://doi.org/10.17921/2176-5634.2021v14n2p241-247>
- Valente, J. A. (2016). Integração do pensamento computacional no currículo da educação básica: Diferentes estratégias usadas e questões de formação de professores e avaliação do aluno. *Revista e-Curriculum*, 14(3), 864-897.
- Vieira, M. F. V.; Santana, A. L. M. & Raabe, A. L. A. (2017). Do Logo ao pensamento computacional: O que se pode aprender com os resultados do uso da linguagem Logo nas escolas brasileiras. *Tecnologias, Sociedade e Conhecimento*, 4(1), 82-106. <https://doi.org/10.20396/tsc.v4i1.14486>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of The Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717-3725. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>