



Mapeando Estratégias de Ensino Metacognitivas Para Educação em Ciências: Revisão Sistemática de Literatura

Pedro Henrique Maraglia  • Mauricio Abreu Pinto Peixoto  • Luciana Rocha dos Santos 

Resumo

A educação científica deve contribuir para melhorar a compreensão dos alunos sobre o mundo. Ela também deve fornecer diferentes competências para a tomada de decisões e solução de problemas. Assim, estratégias metacognitivas são necessárias para envolver os alunos mais ativamente em sua aprendizagem. Esta revisão teve como objetivo identificar estratégias de ensino metacognitivas utilizadas no ensino de ciências, com a finalidade de auxiliar professores a proporcionarem melhores processos de aprendizagem cognitiva. Este artigo apresenta uma compilação de duas revisões sistemáticas realizadas no Portal de Periódicos da CAPES: uma de 1997 a 2017, realizada para uma dissertação de mestrado, tendo sido identificadas 20 estratégias; e outra de 2018 a 2021, com a identificação de 14 adicionais. Esse mapeamento passou por rígidos critérios de inclusão e exclusão, e os artigos foram catalogados no Zotero®. As estratégias foram brevemente descritas e mapeadas em termos de data de publicação, país de origem, nível educacional, conteúdo temático e desenho da pesquisa. Na sua maioria, eram estudos experimentais/quase experimentais, principalmente em relação ao ensino de matemática no Ensino Fundamental. Conclui-se que há potencial para essas estratégias proporcionarem, ao aluno, a autoavaliação, o gerenciamento e a autorregulação do seu processo de aprendizagem.

Palavras-chave: estratégias de ensino metacognitivas, Metacognição, Ensino de Ciências, revisão sistemática

Mapping Metacognitive Teaching Strategies for Science Education: A Systematic Literature Review

Abstract

Science education should help students better understand the world around them. It should also provide different decision-making and problem-solving skills. Metacognitive strategies are thus necessary to engage pupils more purposefully in their learning. The purpose of this review was to identify metacognitive teaching strategies utilized in scientific education in the hopes of assisting teachers in yielding better cognitive learning outcomes. This paper presents a compilation of two systematic reviews available at the CAPES' Periodicals Portal, one from 1997 to 2017, performed for a master's thesis, which revealed 20 strategies, and another from 2018 to 2021, which identified 14 additional ones. This mapping went through stringent inclusion and exclusion criteria before being cataloged using Zotero®. In terms of publication date, country of origin, educational level, subject content, and research design, the strategies were briefly explained and mapped. The majority of papers were experimental or quasi-experimental research, most of which were related to primary school mathematics instruction. It was also possible to draw the conclusion that these strategies have the ability to deliver students with self-assessment, management, and self-regulation of their learning process.

Keywords: metacognitive teaching strategies, Metacognition, Science Teaching, systematic review

Introdução

O ensino de ciências e matemática deve contribuir para que o sujeito compreenda melhor o mundo e não utilize esses conhecimentos apenas de forma automática e sem reflexão. Acima de tudo, o ensino deve contribuir para seu entendimento, seus questionamentos e sua tomada de decisões, levando a uma compreensão sobre os avanços e benefícios do desenvolvimento científico-tecnológico, suas possibilidades, implicações e consequências — tanto para as relações sociais quanto para o meio ambiente (Chassot, 2003).

Ensinar não é tarefa fácil. É uma atividade que requer, dos profissionais da educação, conhecimento sobre estratégias de ensino-aprendizagem que possam potencializar o aprendizado dos discentes. Porém, o que tradicionalmente observamos é a predominância de trabalhos pautados na memorização de conceitos. O objetivo deste artigo, portanto, é apresentar estratégias de ensino metacognitivas aplicadas a contextos de ensino de ciências e mapeadas por meio de revisão sistemática de literatura, visando auxiliar docentes de ciências a desenvolver competências para lidar com os desafios contemporâneos.

No ensino-aprendizagem, deve permear a capacidade de compreender melhor o mundo ao redor e a si próprio. Ademais, é necessário haver dependência com o amadurecimento de processos mentais internos em relação à regulação do aprendizado.

A metacognição, termo apresentado por John Flavell em 1976, em seu artigo “*Metacognitive aspects of problem solving*” (Flavell, 1976), é caracterizada como a capacidade de pensar sobre o pensar, uma cognição sobre a cognição; ou seja, um pensamento de segundo nível sobre a cognição. Dessa forma, a metacognição é um conjunto de operações, atividades e funções de natureza cognitiva que são desenvolvidas pelo indivíduo em situações de planejamento (Peixoto et al., 2021; Rosa & Santos, 2021; Xavier et al., 2021b). Em particular, contém a maneira como deverão ser desenvolvidos os processos de conhecimento, produção e avaliação de informações. A metacognição é central para o autoconhecimento, o controle e a regulação de ações, aperfeiçoando e favorecendo o processo de aprendizado (Rosa, 2014; Rosa et al., 2020).

De acordo com Bransford et al. (2007), a metacognição pode colaborar para processos de inquirição em situações de aprendizagem. Ela permite envolver alunos de forma mais ativa em sua aprendizagem (Veiga et al., 2021), propiciando criticidade e progresso rumo à compreensão em relação ao que aprendemos e de que forma aprendemos.

No entanto, ainda há escassez de pesquisas sobre o desenvolvimento e implicações da abordagem metacognitiva para o ensino-aprendizagem de ciências (Cleophas & Francisco, 2018), bem como estudos que apresentem práticas instrucionais associadas ao ensino de ciências (Rosa et al., 2021). Brabo (2018) reforça que a incorporação de práticas metacognitivas em aulas de ciências colabora para o aumento da motivação e participação do aprendiz nas atividades propostas. A adoção de estratégias metacognitivas podem contribuir duplamente, tanto “para melhorar o processo de ensino do professor,

como também estimulam o aluno a refletir e a raciocinar sobre os modos pelos quais executa uma atividade ou quando resolve uma dada situação-problema” (Cleophas & Francisco, 2018, p. 11).

Algumas iniciativas sobre a inserção de estratégias para ativar a metacognição em contextos educacionais no ensino de Ciências no Brasil foram observadas em: (1) Veiga et al. (2019), ao traçar o panorama da produção científica em Metacognição e Ciências na América Latina entre 2004 e 2017, destacando-se, por exemplo, a proposta de argumentação na sala de aula para o tema radioatividade, estudado na disciplina de química no Ensino Médio (Chiaro & Aquino, 2017); (2) propostas didáticas, voltadas para o ensino médio, envolvendo estratégias metacognitivas para resolução de problemas de física (Rosa & Ghiggi, 2018); e (3) atividade de simulação sobre eletromagnetismo, no Ensino Superior, com uso de *software*, roteiro de perguntas e ficha de observação (Maman et al., 2018).

A metacognição ocorre em certo grau de espontaneidade, mas também pode ser ensinada, visando auxiliar na superação de dificuldades (Rosa et al., 2020). Sua utilização desponta como instrumento para a aprendizagem (Xavier et al., 2021a), em que, gradualmente, o desenvolvimento da capacidade do aluno para resolução de problemas envolve identificar, controlar e desenvolver seus processos cognitivos.

Promover as habilidades metacognitivas estimula a identificação, o monitoramento, a autorregulação e, de forma ativa, a operação de habilidades mentais pelos próprios aprendizes (Peixoto et al., 2021; Rosa & Santos, 2021; Stedile & Friendlander, 2003). Por isso, a metacognição, quando inserida em contextos de ensino, favorece a aprendizagem e, conseqüentemente, a forma como o sujeito atua e entende o ambiente à sua volta.

Ante o exposto, este estudo apresenta 34 estratégias metacognitivas, tendo sido realizado em duas etapas. A primeira é fruto da dissertação de mestrado de um dos autores, que estabeleceu um rigoroso critério de inclusão e exclusão para uma revisão sistemática de literatura, abrangendo o período de 1997 a 2017, com busca no portal Periódicos da CAPES, resultando em 20 estratégias. A segunda etapa buscou verificar, entre 2018 e 2021, o uso das estratégias da primeira etapa e uma possibilidade de atualização, mantendo o método de busca, sendo identificadas 14 novas estratégias.

Estratégia de Ensino Metacognitiva

Caracterizar a estratégia de ensino metacognitiva pressupõe distinguir entre estratégia de aprendizagem e estratégia de ensino. De forma simples, uma estratégia de aprendizagem é um conjunto de ações planejadas para o favorecimento da própria aprendizagem, como dispõem Boruchovitch (1999) e Xavier et al. (2021a).

As estratégias de aprendizagem, segundo Silva e Sá (1997, p. 19), são definidas como “processos conscientes delineados pelos estudantes para atingirem objetivos de aprendizagem e, a um nível mais específico, como qualquer procedimento adotado para a realização de uma determinada tarefa”.

Já as estratégias de ensino podem ser definidas como situações variadas criadas pelo professor para facilitar uma maior aproximação dos alunos com o conhecimento. Moreira (2014) ressalta que essas estratégias são utilizadas pelo professor como meio de intervenção, visando potencializar, de acordo com os seus objetivos educacionais, o envolvimento dos alunos com a aprendizagem (Maraglia, 2018b).

O professor com objetivo manifesto de promover a aprendizagem do aluno fundamenta sua atividade didática nas estratégias de ensino, enquanto as estratégias de aprendizagem são fundamentadas pelo aluno e para o aluno. Ou seja, o educando é fonte e destino dessas estratégias, pois escolhe a estratégia visando seu próprio aprendizado. Ressalta-se que, sob esse ponto de vista, é irrelevante a técnica específica de uma dada estratégia. Conforme o contexto em que é aplicada, uma mesma técnica pode ser classificada como estratégia de ensino ou de aprendizagem.

As estratégias em si são versáteis e podem ser utilizadas em diferentes momentos do processo de ensino-aprendizagem. Portanto, podemos entendê-las como modos de atingir um objetivo e, seu significado aflora na totalidade apenas quando compreendidas no seu contexto específico (Maraglia, 2018b).

A literatura ainda diferencia estratégia de aprendizagem cognitiva e estratégia de aprendizagem metacognitiva. Estratégias cognitivas correspondem a comportamentos e pensamentos que influenciam diretamente o processo de aprendizagem, principalmente na forma como a informação será armazenada. Já as estratégias metacognitivas se referem, genericamente, a “um conjunto de práticas e procedimentos, com potencial para aprimorar o processo do aprendizado” (Corso et al., 2013, p, 21). Apresentam-se como variados procedimentos individuais, entre os quais estão elaboração e planejamento, monitoramento e regulação (Boruchovitch, 2001; Xavier et al., 2021a). A atividade de resumir, por exemplo, pode ser considerada uma estratégia cognitiva, quando o aluno a utiliza para melhorar sua aquisição de informações sobre algum conteúdo; ou uma estratégia metacognitiva, quando utilizada para enfatizar um processo de pensamento ou raciocínio (Maraglia, 2018b; Veiga, 2021).

Boruchovitch (1999) considera que as “estratégias metacognitivas são procedimentos que o indivíduo usa para planejar, monitorar e regular o seu próprio pensamento” (p. 4). Em outras palavras, são ações planejadas com o intuito de potencializar a reflexão e a introspecção do indivíduo, fazendo com que ele pense sobre o próprio processo de aprendizagem, permitindo a elaboração de estratégias diferenciadas conforme o grau de dificuldade.

Essa categorização em relação às estratégias de ensino — estratégia cognitiva ou estratégia metacognitiva — não é encontrada na literatura. Entretanto, a decisão de usar estratégias metacognitivas estaria vinculada apenas a aprendizes? O professor deveria propor o uso de estratégias metacognitivas com intuito de melhorar a aprendizagem dos educandos?

Para Ribeiro (2003), o professor só tem a ganhar ao estimular a metacognição, multiplicando as situações abertas de investigação e resolução de problemas complexos. Com isso, oportuniza, sobretudo aos alunos com dificuldades, formas de conduzir suas próprias operações cognitivas de maneira refletida (Maraglia, 2018b). Do ponto de vista deste estudo, entendemos estratégia de ensino metacognitiva como

[...] um conjunto de ações pedagógicas planejadas e empregadas pelo professor que, além trabalhar conteúdos, potencializam a autoconsciência de alunos em contextos de aprendizagem, propondo um discurso de segundo nível sobre a cognição, promovendo assim, a aprendizagem autorregulada (Maraglia, 2018a, p. 35).

Diante disso, é razoável pensar em estratégias que possam ser empregadas pelo professor para desenvolver ou promover, por meio de estratégias de ensino metacognitivas, capacidades metacognitivas no aluno.

Desenvolvimento

Metodologia

Este estudo apresenta uma revisão sistemática (Higgins & Green, 2008) exploratória e abordagem qualitativa (Sampieri et al., 2006).

Para esta revisão, o procedimento de coleta de artigos nas bases de dados de pesquisa, seguiu um protocolo próprio (Figura 1) — apoiado, inicialmente, no protocolo de Tractenberg (2011), inspirado em EPPI-Centre (2006). O protocolo adotado, foi dividido em três categorias (Maraglia, 2018a). Todas elas são compatíveis com as recomendações do protocolo PRISMA 2020 (Page et al., 2021)¹, quais sejam: (a) planejamento da revisão, que consistiu em determinar a necessidade da revisão, seus objetivos e a definição do plano de metodologia a ser seguido; (b) realização da busca pelo material de análise e produção da síntese; e (c) a publicação dos resultados alcançados (Figura 1).

1 PRISMA (principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises) é um conjunto mínimo de itens com base em evidências para realizar revisões sistemáticas e meta-análises. É adotado principalmente em estudos que avaliam os efeitos das intervenções em saúde, mas também é usado para intervenções sociais ou educacionais. A lista de verificação PRISMA 2020 inclui sete seções com 27 itens, que contemplam, por exemplo, definição do escopo, critérios de elegibilidade, inclusão e exclusão, bases de pesquisa, seleção e resultados (Page et al., 2021). <http://www.prisma-statement.org/>

Figura 1*Protocolo para a realização da revisão sistemática*

<p>A - Planejando a revisão</p> <p>1 - Identificação da necessidade da revisão</p> <p>2 - Objetivos e questões norteadoras</p> <p>3 - Equipe responsável e interesses</p> <p>4 - Plano de metodologia</p> <p>B - Conduzindo a revisão</p> <p>5 - Metodologia</p> <p>5.1 - Identificação e seleção dos estudos</p> <p>5.1.1 - Fontes de busca;</p> <p>5.1.2 - Termos e expressões de busca;</p> <p>5.1.3 - Ferramentas de pesquisa e manipulação das referências;</p> <p>5.1.4 - Procedimentos de obtenção dos textos completos;</p> <p>5.1.5 - Critérios de seleção de referências (inclusão e exclusão);</p> <p>5.1.6 - Critérios para avaliação da relevância do estudo;</p> <p>5.1.7 - Os filtros.</p> <p>5.2 - Classificação e análise dos dados da qualidade e relevância dos estudos</p> <p>5.2.1 - Critérios de classificação para criação de mapa sistemático;</p> <p>5.2.2 - Síntese dos dados;</p> <p>5.2.3 - Análises em profundidade dos estudos empíricos selecionados.</p> <p>C - Apresentação do relatório/divulgação dos resultados</p> <p>6 - Redação das conclusões e relatório final</p> <p>6.1 - Resultados e discussões;</p> <p>6.2 - Conclusões.</p> <p>7 - Divulgação dos resultados.</p>

A fonte de busca deste estudo foi o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que disponibiliza acesso a 57 bases de dados relacionadas ao tema Educação e 32 bases relacionadas ao tema Ensino de Ciências e Matemática. Os termos de busca utilizados se organizaram em nove equações de busca (Figura 2).

Figura 2

Equações de busca utilizadas no Portal de Periódicos da CAPES.

Metacognition AND (“Metacognitive strategy” OR “Learning Strategies” OR “Teaching Methods” OR “Teaching Strategies”) AND (“Science Education” OR “Science Instruction” OR “Science Teaching”)
Metacognition AND (“Metacognitive strategy” OR “Learning Strategies” OR “Teaching Methods” OR “Teaching Strategies”) AND (“Physics Teaching” OR “Chemistry Teaching” OR “Biology Teaching” OR “Mathematics Teaching”)
Metacognition AND “Metacognitive strategy” AND (“Learning Strategies” OR “Teaching Methods” OR “Teaching Strategies”) AND (“Science Education” OR “Science Instruction” OR “Science Teaching”)
Metacognition AND “Metacognitive strategy” AND (“Learning Strategies” OR “Teaching Methods” OR “Teaching Strategies”) AND (“Physics Teaching” OR “Chemistry Teaching” OR “Biology Teaching” OR “Mathematics Teaching”)
“Metacognitive Learning Strategies” AND (“Science Education” OR “Science Instruction” OR “Science Teaching”)
“Metacognitive Strategy Instruction” AND (“Science Education” OR “Science Instruction” OR “Science Teaching”)
“Metacognitive Learning Strategies” AND (“Physics Teaching” OR “Chemistry Teaching” OR “Biology Teaching” OR “Mathematics Teaching”)
“Metacognitive Strategy Instruction” AND (“Physics Teaching” OR “Chemistry Teaching” OR “Biology Teaching” OR “Mathematics Teaching”)
Metacognition AND (“Metacognitive strategy” OR “Learning Strategies” OR “Teaching Methods” OR “Teaching Strategies”) AND (“Physics” OR “Chemistry” OR “Biology” OR “Mathematics”)

Para organização, gerenciamento, classificação e análise das referências bibliográficas, foi utilizado o gerenciador de referências bibliográficas Zotero®, por conta de sua ampla capacidade para organizar e gerar referências. Além disso, foi utilizado o Microsoft Excel® para montar o mapa sistemático, possibilitando, além de uma maior organização, a geração de gráficos e a realização de análises estatísticas quando necessário.

Basicamente, os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados de duas formas: manualmente (examinando de fato a referência) ou automaticamente (diretamente no portal de periódicos por meio dos filtros que ele disponibiliza), visando refinar as buscas (Figura 3).

Figura 3

Critérios de inclusão e exclusão e modo de implementação

Critérios de inclusão e exclusão	Modo de aplicação
Critério 1 – Tipo de publicação: Inclusão de artigos <i>peer reviewed</i> .	Automático
Critério 2 – Período: Inclusão de artigos publicados no espaço de tempo delimitado entre 1997 a 2017.	Automático
Critério 3 – Idioma: Inclusão de artigos em língua inglesa e portuguesa.	Automático
Critério 4 – Artigos duplicados: Exclusão de artigos duplicados, por meio dos próprios sítios de busca e por seleção manual.	Automático e Manual
Critério 5 – Referência incompleta ou indisponível: Exclusão de artigos restritos em sua totalidade ou em partes, bem como de artigos que não tenham identificação de autor/es, resumo ou palavras-chave.	Automático e Manual
Critério 6 – Relação com o ensino de ciências da natureza e matemática: Exclusão de artigos que não abordavam o ensino de ciências da natureza ou matemática.	Manual
Critério 7 – Definição de metacognição: Exclusão de artigos sem relação com a definição de metacognição: “um pensamento de segundo nível sobre a cognição, portanto, uma cognição sobre a cognição” (Flavell, 1979).	Manual
Critério 8 – Conter e descrever uma estratégia de aprendizagem ou ensino: Exclusão de artigos que claramente não tinham relação com a definição de estratégia de aprendizagem — “processos conscientes delineados pelos estudantes para atingirem objetivos de aprendizagem e, a um nível mais específico, como qualquer procedimento adotado para a realização de uma determinada tarefa” (Flavell, 1981 citado em Silva & Sá, 1997) — ou ensino como situações variadas, criadas pelo professor para facilitar, aos alunos, a interação com o conhecimento (Masetto, 2003); bem como aqueles que apresentavam avaliações de estratégias por meio de testes, sem descrevê-las.	Manual
Critério 9 – Conter e descrever uma estratégia de ensino metacognitiva: Exclusão de artigos que não continham a descrição de uma estratégia de ensino metacognitiva em seu conteúdo, conforme a seguinte definição: “ações pedagógicas planejadas e empregadas pelo professor que além trabalhar conteúdos, potencializem a autoconsciência de alunos em contextos de aprendizagem, propondo um discurso de segundo nível sobre a cognição, promovendo assim, a aprendizagem autorregulada” (Maraglia, 2018a). E artigos que apresentavam avaliação de estratégias por meio de testes, sem descrevê-las.	Manual

Em relação à relevância dos estudos, foram definidos cinco critérios, aplicados por meio da leitura completa dos trabalhos (Figura 4).

Figura 4*Critérios para avaliação da relevância do estudo*

	Itens	Discriminação das ações
1	Objetivo(s) da pesquisa	Objetivo(s) da pesquisa
2	Questões e hipóteses da pesquisa	Principais questões e hipóteses de pesquisa
3	Descrição	Descrever como se deu a estratégia
4	Contexto	Qual contexto
5	Aplicação	Como se aplica a contextos de aprendizagem

A coleta de material para a revisão contou com um esquema de três filtros para refinamento da seleção dos artigos (Figura 5).

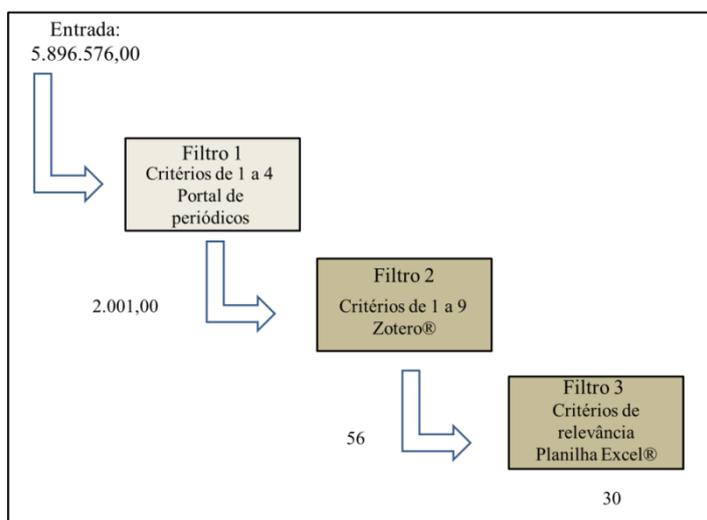
Figura 5*Filtros de refinamento de seleção de artigos*

Filtros	Modo de aplicação
Filtro 1: Aplicado considerando os critérios de 1 a 4 (Figura 3). Os itens que passaram nesse filtro foram submetidos ao filtro 2.	Manual e Automático
Filtro 2: Aplicado de acordo com todos os critérios de seleção (Figura 3). Foram avaliados o título, as palavras-chave e o resumo. Os itens que geravam dúvidas quanto à inclusão ou à exclusão, foram levados ao filtro 3.	Realizado no Zotero®
Filtro 3: Realizado contando com todos os critérios de seleção (Figura 3); porém, os artigos foram avaliados em sua totalidade por meio de leitura aprofundada do texto, seguindo os critérios de avaliação da relevância do estudo (Figura 4).	Leitura flutuante

Ressalta-se que esse protocolo de revisão sistemática foi utilizado sem alterações para os dois períodos de busca, ou seja, de 1997 a 2017 e de 2018 a 2021 (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5).

Os Resultados

Em relação ao primeiro período (1997–2017), os resultados de busca superaram 5 milhões. Neste montante, foram encontradas muitas citações, entrevistas, livros e outros. Por isso, coube a implementação do sistema de critérios e filtros de seleção, como apresentado na Figura 6, que mostra também os resultados de cada filtro.

Figura 6*Filtros e resultados (1997–2017)*

Já em relação ao segundo período, as buscas levaram a 1.022 documentos, dos quais foram excluídos 283 artigos duplicados, conforme filtro 1 (Figura 3), resultando em 749 artigos. Após aplicação do filtro 2, foram selecionados 84 artigos para análise e avaliação. E, aplicado o filtro 3, restaram 12 artigos para leitura na íntegra (Figura 3).

As Estratégias Identificadas

Como destacado anteriormente, do primeiro período de buscas, resultaram 30 artigos para leitura na íntegra, sendo catalogados no Zotero®. Nessa etapa, após leitura detalhada, 20 estratégias foram identificadas e brevemente descritas (Figura 7), conforme o que se extraiu de cada um dos artigos compulsados.

Figura 7*Estratégias de ensino metacognitivas (1997–2017)*

Estratégia de ensino metacognitiva	Descrição sucinta
4E x 2	A proposta do “4Ex2” consiste em um modelo instrucional para a promoção do aprendizado, ligando o conhecimento conceitual a experiências de aprendizagem por investigação. O 4E representa os termos <i>Engage</i> , <i>Explore</i> , <i>Explain</i> e <i>Extend</i> , e o 2 representa os termos <i>Reflect</i> e <i>Assess</i> . (Modelo instrucional)
Anotar	A anotação é tida como uma atividade significativa para a aprendizagem, capaz de fomentar a metacognição. Neste caso específico, os autores apresentam um sistema de anotação <i>online</i> que permite a criação de revisões de anotações e tarefas de casa, desenvolvido para auxiliar a aprendizagem.

Figura 7*Estratégias de ensino metacognitivas (1997–2017) (continuação)*

Estratégia de ensino metacognitiva	Descrição sucinta
Autoavaliação	A autoavaliação pode ser entendida como um processo no qual os estudantes coletam informações sobre o seu próprio desempenho e progresso, podendo comparar e definir critérios, metas ou padrões em conformidade com suas expectativas. É um tipo de avaliação formativa; não deve ser realizada como forma de determinar o próprio rendimento com fins puramente numéricos. Como tal, os propósitos da autoavaliação se enquadram em identificar os potenciais e debilidades, buscando promover a aprendizagem.
Autocorreção	Esta estratégia se baseia no pressuposto de que a autocorreção pode conferir ao aluno a capacidade de verificar o que tem sido efetivo ou não efetivo na sua aprendizagem durante a checagem das respostas e identificação das fontes de erros. Permite também uma autoavaliação de sua atividade enquanto aprendiz.
EMP NOS	EMP NOS é o acrônimo representando a sentença <i>Embedded Metacognitive Prompts based on Nature of Science</i> . Consiste em um conjunto de etapas sequenciais, contanto com <i>checklists</i> , questionamentos e atividades práticas com os alunos que integram processos metacognitivos com temas científicos, tratados como veículo para enfatizar a natureza da ciência.
IMPROVE	O IMPROVE tem como objetivo estimular a aprendizagem autorregulada pela utilização do autoquestionamento. É um acrônimo do termo completo: <i>Introducing the new concepts, Metacognitive questioning, Practicing, Reviewing and reducing difficulties, Obtaining mastery, Verification, and Enrichment</i> . A estratégia busca fazer conexões entre o conhecimento prévio e o conhecimento a ser aprendido, bem como utilizar estratégias apropriadas de resolução dos problemas, de forma a refletir todo o processo de resolução.
Jogo (GAME)	Nesta estratégia, ocorre a utilização de um jogo, um <i>game</i> , que utiliza conceitos científicos na resolução de problemas para superação de obstáculos. É nesta resolução e na tomada de decisão que se busca estimular o pensamento metacognitivo.
Diário de aprendizagem	Esta estratégia se baseia na escrita de um diário como elemento de motivação para estudantes, de forma a fazer com que o interesse pela ciência aumente. A metacognição se apresenta como meio de fomentar a motivação.
KWL	É um do acrônimo das três categorias de <i>Know</i> (o que já sei) <i>Want to know</i> (o que quero aprender) e <i>Learned</i> (o que aprendi). É uma estratégia de leitura que busca combinar o conhecimento prévio com a nova informação a ser aprendida; nesse processo, a metacognição é fundamental.
Mapa conceitual	O mapa conceitual é uma estratégia de representação visual de conceitos que possui uma organização hierárquica específica entre os conteúdos. Permite a explicitação do que se sabe e do que não se sabe, preenchendo lacunas existentes. Essa explicitação é muito importante para o desenvolvimento metacognitivo.

Figura 7

Estratégias de ensino metacognitivas (1997–2017) (continuação)

Estratégia de ensino metacognitiva	Descrição sucinta
MORE	O MORE é um acrônimo de <i>Model, Observe, Reflect, Explain</i> . A proposta desta estratégia é tornar o aluno mais autoconsciente por meio da análise de evidências experimentais. É na reflexão que a metacognição é de grande importância nesta estratégia.
Portfólio	O portfólio consiste em uma espécie de diário mantido pelo estudante. Porém, é um diário especial, porque se refere ao processo de aprendizagem do aluno. Este catálogo permite a compreensão e a avaliação do processo de aprendizagem.
Questionar	Nesta estratégia, o questionamento é direcionado a uma forma de pensamento de ordem superior, cujo objetivo central é a compreensão, o monitoramento e o controle do processo de aprendizagem. Nestes processos de monitoramento e controle da aprendizagem, está presente a metacognição.
Quiz	Baseia-se na elaboração de pequenos testes na forma de <i>quiz</i> , contendo 5 questões produzidas pelos próprios alunos e respondidas pelos demais colegas. Este <i>quiz</i> tem como objetivo promover a aprendizagem autorregulada.
Solution Plan	É uma estratégia composta por 4 passos: (a) compreender a tarefa; (b) buscar o procedimento matemático; (c) usar o procedimento; e (d) explicar os resultados. Utilizando esses passos, o aluno pode detectar as suas falhas (como uma forma de autodiagnóstico) e, assim, estimular o pensamento metacognitivo.
Solve It	Esta estratégia baseia na execução de 7 passos para a resolução de problemas: (a) ler para compreender; (b) parafrasear; (c) visualizar uma figura ou diagrama; (d) criar uma hipótese de plano para resolver o problema; (e) estimar a resposta; (f) realizar os cálculos; e (g) conferir o procedimento e os resultados. Ao seguir esses passos, o aluno é capaz de regular a própria performance de aprendizado.
STARTUP	Acrônimo de <i>START, Understand and Planning</i> . É uma estratégia que possui um diagrama de passos (início, dados, busca, imagem e heurística) no formato de uma estrela, que estimula o pensamento metacognitivo.
Sublinhar	Consiste na seleção ativa de partes de textos. Essa seleção confere, ao aluno, maior concentração ao identificar informações importantes no decorrer do texto. Isso depende do ativo funcionamento das capacidades metacognitivas.
V de Gowin	É uma estratégia iconográfica que permite que o aluno relacione o domínio conceitual e metodológico, buscando implementar a aprendizagem significativa por meio da relação entre conhecimentos prévios e os conteúdos a serem aprendidos.
Visualização	Consiste em estimular os estudantes a fazer representações dos conteúdos a serem aprendidos. Esta estratégia facilita a organização e integração num processo ativo de aquisição de informações, pois o aluno, por meio destas representações, atinge outros níveis de compreensão do conteúdo estudado.

No segundo período de buscas (2018–2021), foi possível observar que algumas das estratégias de ensino metacognitivas anteriormente encontradas vêm sendo utilizadas com destaque no ensino de ciências da natureza e matemática. São elas: Jogo (*Game*),

IMPROVE, Autoavaliação, Mapa conceitual, Portfólio, *Solve it*, KWL e Questionar. A estratégia Jogo ocorreu em maior número de trabalhos, havendo ainda mais ocorrências se acrescentarmos o termo “Gamificação” à busca.

Nesse mesmo período, também foram identificadas 14 outras estratégias de ensino metacognitivas, como apresentado a seguir (Figura 8).

Figura 8

Estratégias de ensino metacognitivas (2018–2021)

Estratégia de ensino metacognitiva	Descrição sucinta
Pensar em voz alta (<i>Think aloud</i>)	Divide o problema em 4 estágios: (a) compreender o problema; (b) elaborar um plano; (c) executar o plano; e (d) refletir. Por meio de autoquestionamento apoiado em uma lista de questões, problemas matemáticos são resolvidos. Os resultados visam desenvolver habilidades de pensamento como compreensão, reflexão e confiança.
<i>Prompts</i> metacognitivos	<i>Prompts</i> metacognitivos ajudam os alunos a monitorar e avaliar sua aprendizagem. A partir de problemas, comandos e representações gráficas, os alunos são estimulados a analisar, interpretar e explicar a química por trás das representações, abordando o macroscópico, o microscópico e a química de processo.
Modelo 5E	Modelo 5E (<i>Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration, and Evaluation</i>). Tarefas de aprendizagem definidas no estudo orientam, sequencialmente, reconhecer conceitos anteriores, explorar o contexto real, explicar fenômenos observados, aplicar à sua vida real e, após, fazer avaliações pessoais de desempenho de aprendizagem e das estratégias empregadas.
Modelo 7E	O modelo instrucional 7E foi uma extensão do modelo 5E. Possui 7 fases: <i>Elicitation, Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration, Evaluation and Extension</i> . Em relação ao 5E, foram adicionadas: examinar o conhecimento prévio dos alunos; e aplicação do conhecimento adquirido na vida diária ou transferência de aprendizagem em uma nova situação.
MSCL	<i>Metacognitive Strategy combined with Cooperative Learning</i> . Realizada em duas etapas: (a) identificação de concepções por meio de folha de autocompreensão e avaliação para respostas relacionadas aos tópicos estudados, seguido de debate em grupo e respostas às questões de conteúdo; e (b) nova folha de autocompreensão e avaliação para registro de mudança de pensamento e pontuação da autoavaliação.
I&R	<i>Inquiry and Reflection</i> . Após as sessões de laboratório, os alunos respondem a 7 questões para avaliar habilidades de compreensão, objetivos, interpretação e contradição; e a 11 questões para avaliar habilidades de argumentação, indução, dedução, conflitos, ambiguidade e incerteza.

Figura 8

Estratégias de ensino metacognitivas (2018–2021) (continuação)

Estratégia de ensino metacognitiva	Descrição sucinta
Intervenções curriculares	Compreende: (a) tarefas pré-aula ou lição de casa guiadas, com pergunta metacognitiva de conhecimento prévio e avaliação ou relato de seu nível de confiança sobre os conceitos; (b) trabalho colaborativo de três a cinco indivíduos, com discussão sobre o questionário e avaliação própria e dos colegas; e (c) revisão de exames para correção das questões erradas, avaliar fontes, diagnosticar as razões de erros; e (d) reflexão sobre os resultados e comparação do próprio desempenho com o inicial.
TBIT	<i>Thinking-Based Instruction Theory</i> . Baseado em 5 princípios de ensino (estimular o interesse e a motivação; conflito cognitivo; construção do conhecimento; autorregulação e metacognição; e aplicação e transferência) e 6 etapas básicas de instrução (criação de situação; questionamento; inquérito independente; cooperação e comunicação; resumo e reflexão; e aplicação e transferência).
Programa de intervenção baseado em narrativas	Realizada em 3 sessões: (1) Narrativa pelo professor: as crianças são incentivadas a discutir as estratégias e mensagens embutidas na narrativa por meio de reflexões direcionadas (por exemplo, Por que a personagem está com medo? É comum ter medo de algo? Como você lida com seus medos? Que estratégias podemos usar para superar o medo do fracasso na escola?). (2) Recontação interativa pelos participantes, mediados pelo professor: as reflexões das sessões anteriores são lembradas. (3) Consolidação com atividade individual/grupal para promoção da autorregulação.
MS-PDCA	<i>Metacognitive learning Strategy (Preparing, Doing, Checking, and Assessing & following-up)</i> . A estratégia consiste em 4 fases: preparar para estudar; facilitar aprendizado ativo; refletir sobre o processo de aprendizado; e avaliar o progresso frente aos objetivos.
FACT + R ² C ²	FACT (<i>Figure out a plan, Act, Compare, Tie</i>) and R ² C ² (<i>Restate, Reasons, Counterclaim, Conclusion</i>). A partir de gráficos e problemas matemáticos, estudantes são conduzidos a criar um plano, agir de acordo com ele, comparar o raciocínio com um colega e amarrar o argumento. Ainda, utilizam perguntas direcionadas que incentivam autoquestões, argumentos e explicação justificada.
POW+TREE	<i>POW (Pick my idea, Organize my notes, Write and say more) and TREE (Topic, Reasons, Explanations, Ending)</i> . A estratégia se baseia em escolher uma ideia, organizar anotações e escrever algo mais. Aliada com a escrita sobre o tópico, ajuda a apontar razões, explicar razões e redigir resultado final.
TRAP	A estratégia TRAP (<i>Think, Read, Ask, Paraphrase</i>) é adequada para textos da área de ciências. Inclui 4 etapas: pensar antes de ler; ler o parágrafo, perguntar a si mesmo a ideia principal e parafrasear.
FAST DRAW	FAST DRAW (<i>Find, Ask, Set up, Tie down, Discover, Read, Answer, Write</i>) é uma estratégia em 8 passos para resolução de problemas em que o professor orienta os alunos a pensar sobre os problemas, levando-os à compreensão e à resolução.

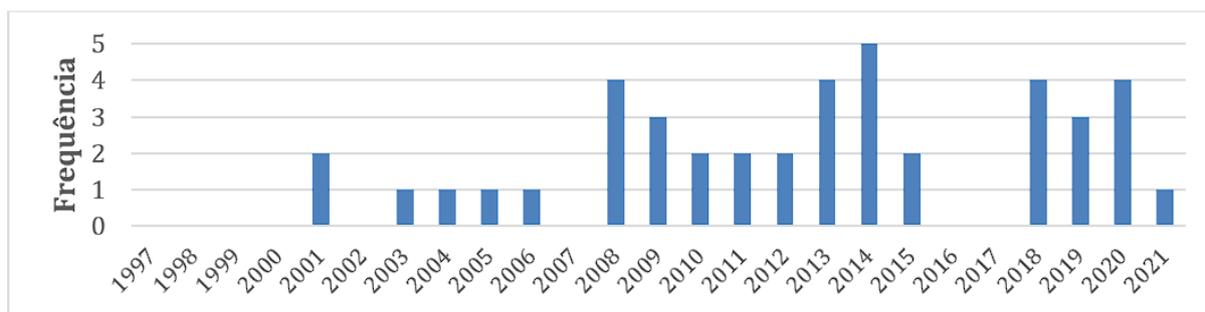
É importante destacar que muitos estudos apresentaram análises comparativas de estratégias ou validação de estratégia sem trazer informações suficientes sobre como a estratégia metacognitiva foi elaborada e implementada. Sendo assim, tais estudos foram excluídos, conforme Figura 3.

Dados Bibliométricos

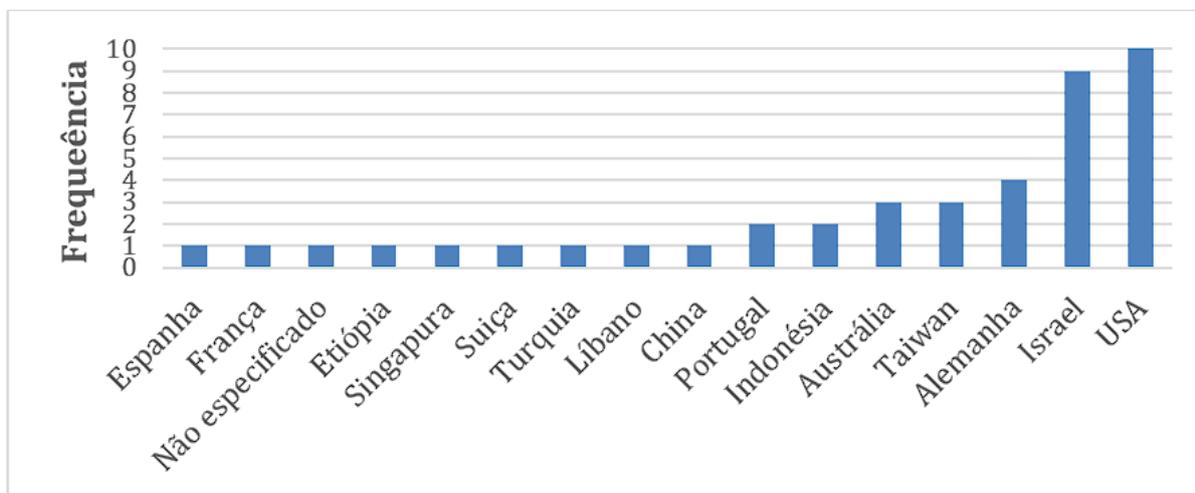
Os dados bibliométricos representam os dois períodos de busca, ou seja, equivalem ao período de 1997 a 2021. Dentre os estudos selecionados, os primeiros datam de 2001, sendo observada uma discreta expansão no número de produções a partir do ano de 2008. A produção se mostrou bastante inconstante, com elevações e quedas entre os anos de 2008 e 2015 e, posteriormente, entre 2018 e 2021, não sendo estabelecida tendência de crescimento ou decréscimo (Figura 9).

Figura 9

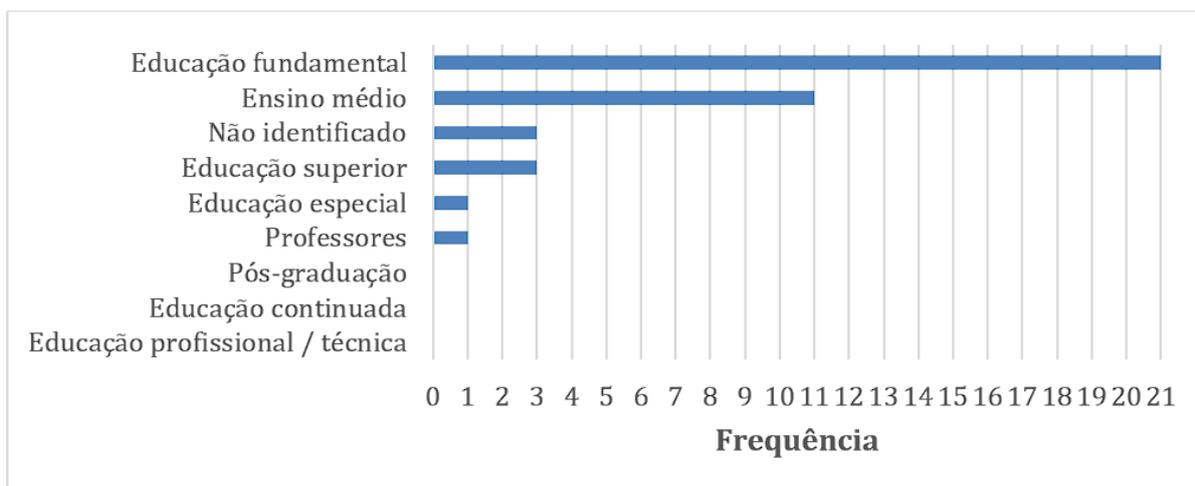
Ano de publicação dos estudos e sua frequência



Os estudos, em sua maioria, foram conduzidos em Israel, nos Estados Unidos e na Alemanha (Figura 10). Cabe ressaltar que a produção israelense (8) teve como origem um único pesquisador, demonstrando que talvez não seja, de fato, essa a realidade do país. Observou-se também a pequena produção asiática e a ausência de pesquisas realizadas em países latinos.

Figura 10*Países e frequência de estudos*

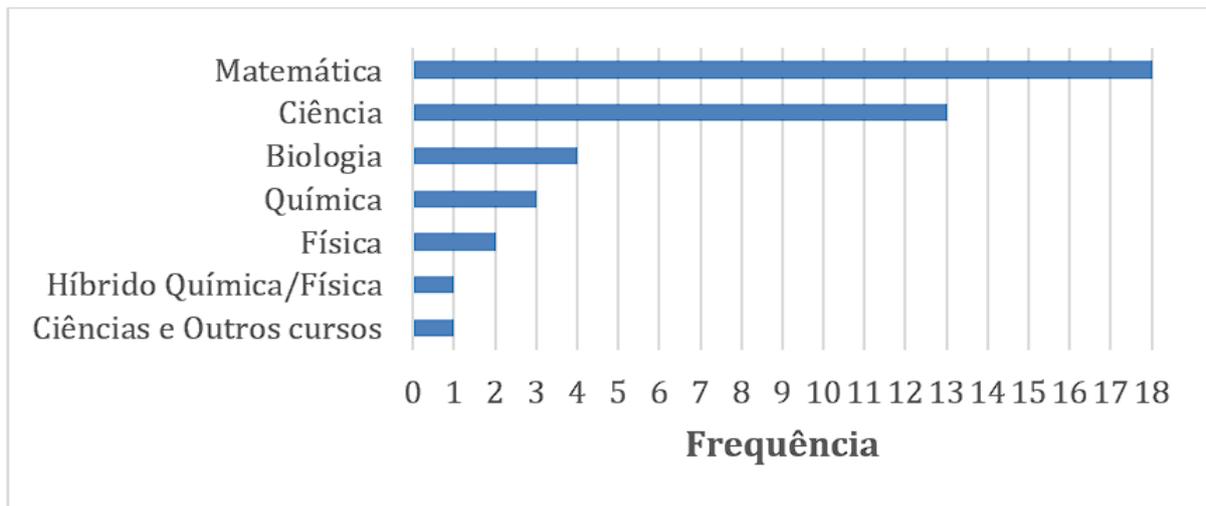
Nesta revisão de literatura, foram identificados apenas estudos de outros países. No entanto, visando construir uma interface com a realidade brasileira, decidimos identificar, em cada artigo, a adequada correspondência do público-alvo original com os níveis de ensino brasileiros. Dessa forma, pudemos verificar que a maior parte dos estudos se concentrou na Educação Fundamental (21), seguida pelo Ensino Médio (11). A produção voltou-se para a aplicação de estratégias de ensino metacognitivas no âmbito escolar, sendo pouco utilizada em contextos de Educação Superior. Foi registrado também um estudo em Educação Especial e um relato de experiência de professores (Figura 11), apontando modesta produção nessas áreas.

Figura 11*Público-alvo, equivalente aos níveis de ensino brasileiros e frequência de estudos*

A maior parte dos trabalhos se concentrou nas áreas de Matemática e Ciências, o que é compatível com a maior utilização dessas estratégias na educação Fundamental. Chama atenção o pequeno número de trabalhos nas áreas de Física e Química, sugerindo que esses campos ainda são pouco explorados (Figura 12).

Figura 12

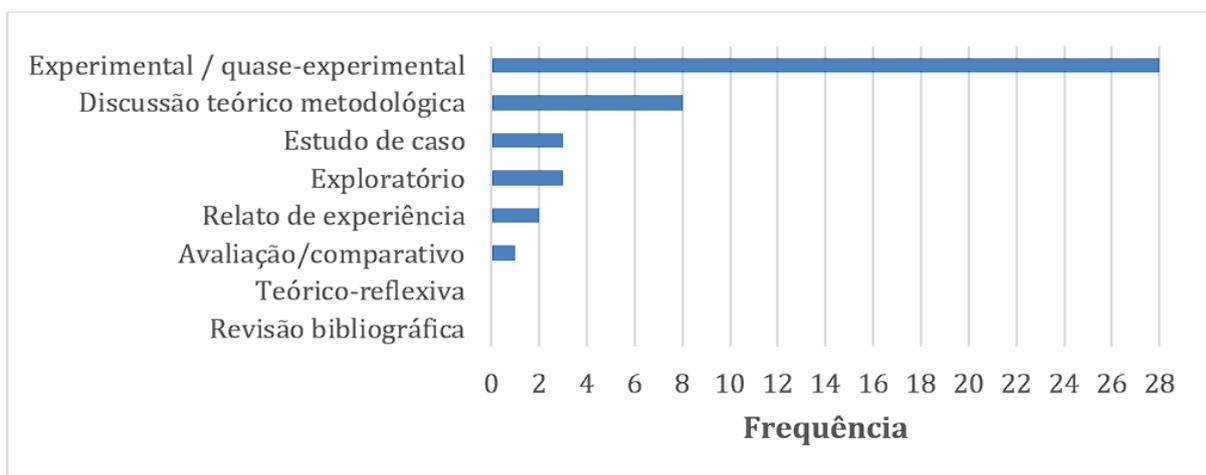
Área de concentração e frequência de estudos



Os estudos foram predominantemente de natureza experimental/quase-experimental. Em geral, caracterizaram-se como caso-controle (alunos realizando ou não as estratégias) e, por vezes, fazendo uso de distribuição randomizada entre os grupos (Figura 13).

Figura 13

Natureza do estudo e frequência



Discussão

A inexistência de trabalhos que buscam integrar informações sobre a operacionalização da metacognição impede a realização de comparações, o que seria de grande valor nas discussões dos resultados desta pesquisa. Por outro lado, isso é um forte argumento em defesa da originalidade desta pesquisa.

Esta revisão partiu de mais de 5 milhões de referências e terminou com apenas 42 artigos (Figura 14), o que pode ser um indicador da pouca especificidade das equações de busca, que resultou em grande quantidade de artigos pouco aderentes ao foco desta pesquisa. Entretanto, de forma geral, essa maior sensibilidade da busca não foi particularmente deletéria, somente demandou maior trabalho de seleção nos filtros, resultando em maior esforço de processamento. Argumento adicional foi o fato de termos localizado o total de 34 estratégias mapeadas, superando nossas expectativas, o que reforça a proposição de que a alta sensibilidade permitiu compensar a baixa especificidade das equações de busca.

A revisão inicial (1997–2017) permitiu encontrar 20 estratégias a partir de um protocolo de revisão sistemática estabelecido com rigoroso critério de inclusão e exclusão. A segunda revisão (2018–2021) possibilitou verificar o uso de algumas das estratégias de ensino inicialmente identificadas, como as metacognitivas: Jogo (*Game* e Gamificação), IMPROVE, Auto avaliação, Mapa conceitual, Portfólio, *Solve it*, KWL e Questionar. Além disso, a partir do mesmo protocolo de revisão, foram identificadas 14 novas estratégias, perfazendo 34 estratégias mapeadas em um total de 42 artigos.

Chama a atenção o fato de que a revisão realizada no Portal de Periódicos da CAPES não encontrou produção alguma no contexto brasileiro de pesquisa. Isso causa certo estranhamento, pois, antes da realização desta revisão sistemática, já havia publicação pertinente (Maraglia et al., 2016; 2017). Ademais, os autores desta revisão sabem (a partir de sua rede acadêmica informal de comunicação) da existência de pesquisas em metacognição e artigos passíveis de inclusão neste estudo. Apenas como exemplo ilustrativo, trazemos o caso da “Amazônia — Revista de Educação em Ciências e Matemática” que, desde 2016, publicou 11 artigos cujo assunto principal foi a metacognição, ainda mais, especificamente nesse rol, havia uma pesquisa com potencial de inclusão neste estudo que não foi identificada pelo algoritmo².

No entanto, discutir a “invisibilidade” da produção nacional extrapola a presente revisão. Mas é inevitável apontar a contradição entre o quase absoluto financiamento público da pesquisa no Brasil e seu “desaparecimento” no portal da CAPES, igualmente financiado pelo governo.

De forma geral, os estudos tratam do potencial que as estratégias têm para proporcionar, aos estudantes, a autoavaliação do processo de aprendizado, como forma de manter, alterar e iniciar comportamentos que venham potencializar sua aprendizagem. E nessa ação de gerenciamento, ocorre a autorregulação da aprendizagem, um processo altamente ativo do aluno.

2 Tavares, L. C., Müller, R. C. S., & Fernandes, A. C. (2018). O uso de mapas conceituais como ferramenta metacognitiva no Ensino de Química. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 14(29), 63–78. <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v14i29.5561>

Atrelado à atuação ativa do aluno na realização de uma estratégia metacognitiva, está a sua mobilização. Segundo Stedile e Friendlander (2003), ao voltar-se para a dinâmica cognitiva, monitorando, autorregulando e refletindo, o aprendiz tende à maior autoconsciência de suas limitações, valores e disposições. O processo de autorregulação pode levar ao incremento de motivação e desempenho (Zimmerman, 2002), envolvendo, além de metacognição e motivação, o afeto. A motivação é um parâmetro no processamento cognitivo que pode implicar no engajamento ou não, na priorização e no esforço de realização (Efklides & Metallidou, 2020). Assim, como apontado na estratégia “Pensar em voz alta”, há melhoria da confiança e da autoeficácia quando os aprendizes percebem que têm habilidades de controle e regulação de seus processos cognitivos, o que reforça o afeto positivo sobre eles mesmos e suas capacidades.

Nesse sentido, o professor tem muito a contribuir ao chamar a atenção dos alunos para aspectos que possam motivá-los a se mobilizar na realização das estratégias. Além disso, o professor pode realizar o papel de mediador entre os conteúdos e objetivos instrucionais e as condições e contextos particulares dos seus alunos. Em sintonia com a literatura metacognitiva e as metas explícitas das estratégias de ensino metacognitivas, as estratégias analisadas nesta revisão sistemática apresentaram a intencionalidade de fomentar a reflexão na atuação do aluno.

Uma característica predominante dentre as estratégias selecionadas foi o uso de “*prompts*”, identificados nas estratégias Diário de aprendizagem, EMPNOS, IMPROVE, MORE, Startup, Sublinhar, Pensar em voz alta, *Prompts* metacognitivos, I&R, Intervenções curriculares, TBIT, Programa de intervenção baseado em narrativas e FACT + R²C².

Os “*prompts*” são comandos ou perguntas propostas para guiar o processo de reflexão do aprendiz (Maraglia, 2018a). Com seu uso, é possível direcionar a atenção do aluno para o monitoramento e avaliação, proporcionando, de forma intencional, maior aproximação dos conhecimentos abordados na atividade, conhecimentos prévios, habilidades e experiências, como destacado na estratégia “*Prompts* metacognitivos”. Nesse processo, a autoconsciência do aprendiz para compreensão ou sua ausência envolve: identificação com conhecimentos metacognitivos da pessoa, da tarefa e de estratégias; habilidades metacognitivas de planejamento, monitoramento e avaliação; e experiência metacognitivas, como sentimento de saber ou não, e sensação de estímulo ou não (Flavell, 1979; 1976; Santos & Rosa, 2021).

Outra característica frequente foi a abordagem metacognitiva de forma colaborativa, presente nas estratégias Autocorreção, KWL, MORE, Quiz, V de Gowin, Anotar, Mapa conceitual, Programa de intervenção baseado em narrativas, FACT + R²C² e MSCL. Muito embora tenha prevalecido a abordagem individual, o trabalho em grupo permite a co-regulação do processo de aprendizagem e ativa a metacognição social (Efklides & Metallidou, 2020; Maraglia, 2018a). Essa característica foi observada na fala do participante após realizar a estratégia “MSCL”: “*Gosto de aprender com esse método porque consigo reconhecer minhas respostas incorretas e praticar vários tipos de exercícios de genética com meus amigos. Acho que posso obter uma pontuação melhor e ficar mais entusiasmado em aprender com esse método*”.

Em geral, os resultados apontam melhoria no desempenho de aprendizagem, planejamento, monitoração, autoavaliação, autoeficácia, bem como: aumento na tendência de busca por ajuda e informações e gerenciamento de tempo (Modelo 5E); compreensão do problema, reflexão e confiança (Pensar em voz alta); avaliação entre pares, potencializando a aceitação social, solidariedade e engajamento entre os alunos em tarefas complexas (MSCL); melhoria na qualidade da argumentação, estímulo investigação, habilidades de pensamento e pensar divergente, co-desenvolvimento de estratégias de raciocínio e conhecimento de domínio (I&R); desenvolvimento do pensar científico, melhoria de habilidades de operação experimental e bases conceituais para experimentos científicos (TBIT); incentivo organização do aprendizado, aprimoramento da capacidade de construir explicações em meio a interação social de alunos e professores (MS-PDCA); e auxílio no desenvolvimento do pensamento matemático e a capacidade de construção de argumentos mediante evidências, de forma individual, colaborativa e compartilhada (FACT + R²C²).

Alguns estudos analisados enfatizam os resultados estatísticos, fornecendo poucos detalhes quanto à dinâmica de execução das estratégias junto aos aprendizes. Contudo, tal fato não invalida a possibilidade de adaptação das estratégias ora apresentadas nem sua aplicação em salas de aulas brasileiras de acordo com o currículo e o planejamento docente.

Observamos, ainda, que os artigos identificados apontam para direção diversa da que vem sendo trabalhada frequentemente em salas de aula, ou seja, uma abordagem tradicional, conteudista, pouco crítica e reflexiva. Abordagem essa, que no dizer de Fourez (2003) tem suas raízes fincadas na conjuntura atual, capitalista e industrial.

Diante disso, acreditamos ser muito mais proveitoso pensar na diversidade, na “ecologia” de abordagens a serem utilizadas de acordo com o conteúdo em um planejamento desenvolvido pelos atores do contexto do ensino. Não se trata aqui de monopolizar, mas pluralizar. Dessa forma, as 34 estratégias apresentadas (pode haver outras) compõem parte da pluralidade de formas de trabalho que o contexto de ensino pode ter.

Na Figura 12, nota-se uma quantidade muito pequena de trabalhos na área da Química, Biologia e Física, enquanto Matemática e Ciências têm maior quantidade de estudos desenvolvidos e de estratégias realizadas. Essa concentração pode estar relacionada à maior quantidade de estudos e estratégias dirigidas ao Ensino Fundamental. A Matemática pode ser entendida como uma linguagem que se expressa por meio dos números e operações; seu ensino é constantemente baseado na resolução de problemas, os *word problems*, o que se refletiu nos estudos analisados.

O aluno deve acessar processos mentais para resolução desses problemas e empregar modelos que já aprendeu. Tudo isso deve ser feito em nível de pensamento abstrato, pouco visível na realidade; e aí está uma importante interface com a metacognição. Talvez isso explique o interesse do pesquisador da área de Matemática em buscar formas de pesquisa e trabalho focadas no pensamento e na reflexão.

Evidentemente, nas áreas da Física, Química e Biologia, é também fundamental certo nível de abstração. Mas, diferentemente da matemática, essa abstração pode ter o apoio de fenômenos observáveis. Não por acaso, essas áreas possuem fortes campos de investigação em experimentação. Há ainda uma questão cultural, que existe desde o início dos trabalhos nessas áreas: elas estão profundamente ligadas às evidências produzidas empiricamente. É muito comum observar essa ligação, por exemplo, quando se espera que um químico realize experimentos em aula. No entanto, não se trata aqui de afirmar que a abstração seja dispensável por conta da experimentação. Ilustração disso são os estudos que propõem atividade experimental metacognitiva (por exemplo, EMPNOS e V de Gowin).

Conclusão

É na busca por levar o aluno a refletir sobre o próprio processo de aprendizagem que as estratégias vêm sendo empregadas no campo do ensino de ciências da natureza e matemática. Quando se fala em reflexão sobre os próprios processos de aprendizagem, trata-se de um aluno ativo, motivado, que constrói conhecimento e utiliza isso para sua vida. Conquanto, reside aí a importância de se pesquisar e compreender essas estratégias.

De forma geral, os estudos sobre estratégias de ensino metacognitivas se concentraram, majoritariamente, nas áreas da matemática e ciências, tendo como público alvo o Ensino Fundamental. Embora ainda seja uma questão não resolvida, podemos supor que o predomínio nas pesquisas em ensino de matemática seja devido à grande demanda por processos de abstração nesse campo.

Observamos que na grande maioria dos estudos analisados (Figura 7 e 8), o uso de estratégias metacognitivas foi apresentado na perspectiva dos autores, como resultado positivo; foram predominantemente descritos como favorecimento da capacidade de reflexão e autorregulação da aprendizagem do aluno. Cabe enfatizar que tais resultados vão ao encontro da proposta deste trabalho, no sentido de apresentar estratégias de ensino que possam ser trabalhadas pelo professor com esses objetivos. Ou seja, desenvolver a capacidade metacognitiva do aprendiz, fomentando um espírito mais reflexivo e alinhado ao que se desenha nos documentos norteadores da base curricular - um aluno protagonista e centro do processo de ensino-aprendizagem. Assim, entendemos que a utilização dessas estratégias no campo do ensino de ciências da natureza e matemática pode ser muito importante no desenvolvimento da capacidade reflexão e autorregulação da aprendizagem do aluno; portanto, deve ser incentivada.

No entanto, um limite da presente pesquisa foi a não ocorrência de estudos nacionais. Essa lacuna e as possibilidades de adequação de estratégias e contextos resultaram em um estudo de doutorado recentemente aprovado (Xavier, 2022), que será submetido à publicação.

Ademais, a identificação das 34 estratégias de ensino metacognitivas, é um resultado muito positivo, dado o equilíbrio obtido entre a sensibilidade e a especificidade por conta da metodologia utilizada. Assim, consideramos que esta pesquisa cumpre seu

objetivo, elaborando uma síntese de variadas estratégias de ensino metacognitivas, que podem ser adaptadas e agregadas ao planejamento de ensino de ciências, facilitando o desenvolvimento de aprendizagem.

Lista dos Artigos Identificados Nesta Revisão

Figura 14

Artigos por estratégias

Estratégias	Artigos
4E x 2	Marshall, J. C., Horton, B., & Smart, J. (2009). 4E × 2 instructional model: uniting three learning constructs to improve praxis in science and mathematics classrooms.
Anotar	Wu-Yuin, H., Nian-Shing, C., Shadiev, R., & Jin-Sing, L. (2011). Effects of reviewing annotations and homework solutions on math learning achievement.
Auto-avaliação	Andrade, H., & Valtcheva, A. (2009). Promoting learning and achievement through self-assessment.
Auto-correção	Ramdass, D., & Zimmerman, B. J. (2008). Effects of self-correction strategy training on middle school students' self-efficacy, self-evaluation, and mathematics division learning.
Diário de aprendizagem	Schmidt, K., Maier, J., & Nückles, M. (2012). Writing about the personal utility of learning contents in a learning journal improves learning motivation and comprehension.
EMPNOS	Peters, E., & Kitsantas, A. (2010). The effect of nature of science metacognitive prompts on science students' content and nature of science knowledge, metacognition, and self-regulatory efficacy.
Game	Verpoorten, D., Castaigne, J.-L., Westera, W., & Specht, M. (2014). A quest for meta-learning gains in a physics serious game.
IMPROVE	Eggert, S., Ostermeyer, F., Hasselhorn, M., & Bögeholz, S. (2013). Socioscientific decision making in the science classroom: the effect of embedded metacognitive instructions on student learning outcomes.
IMPROVE	Kramarski, B., & Friedman, S. (2014). Solicited versus unsolicited metacognitive prompts for fostering mathematical problem solving using multimedia.
IMPROVE	Kramarski, B., Mevarech, Z. R., & Lieberman, A. (2001). Effects of multilevel versus unilevel metacognitive training on mathematical reasoning.
IMPROVE	Kramarski, B., & Mevarech, Z. R. (2003). Enhancing mathematical reasoning in the classroom: the effects of cooperative learning and metacognitive training.
IMPROVE	Kramarski, B., & Mizrachi, N. (2006). Online discussion and self-regulated learning: effects of instructional methods on mathematical literacy.

Figura 14*Artigos por estratégias (continuação)*

Estratégias	Artigos
IMPROVE	Kramarski, B., & Zoldan, S. (2008). Using errors as springboards for enhancing mathematical reasoning with three metacognitive approaches.
IMPROVE	Kramarski, B. (2004). Making sense of graphs: does metacognitive instruction make a difference on students' mathematical conceptions and alternative conceptions?
IMPROVE	Kramarski, B. (2008). Promoting teachers' algebraic reasoning and self-regulation with metacognitive guidance.
IMPROVE	Kramarski, B. (2009). Developing a pedagogical problem solving view for mathematics teachers with two reflection programs.
KWL	Tok, Ş. (2013). Effects of the know-want-learn strategy on students' mathematics achievement, anxiety and metacognitive skills.
Mapa Conceitual	Syh-Jong, J. (2010). The impact on incorporating collaborative concept mapping with coteaching techniques in elementary science classes.
Mapa Conceitual	Leopold, C., & Leutner, D. (2015). Improving students' science text comprehension through metacognitive self-regulation when applying learning strategies. ³
Mapa Conceitual	Chevron, M.-P. (2014). A metacognitive tool: theoretical and operational analysis of skills exercised in structured concept maps.
MORE	Carillo, L., Lee, C., & Rickey, D. (2005). Enhancing science teaching.
Portfólio	Rickards, W. H., Diez, M. E., Ehley, L., Guilbault, L. F., Locker, G., Hart, J. R., & Smith, P. C. (2008). Learning, reflection, and electronic portfolios: stepping toward an assessment practice.
Questionar	García, F. C., García, Á., Berbén, A. B. G., Pichardo, M. C., & Justicia, F. (2014). The effects of question-generation training on metacognitive knowledge, self regulation and learning approaches in science.
Questionar	Gillies, R. M., Nichols, K., Burgh, G., & Haynes, M. (2012). The effects of two strategic and meta-cognitive questioning approaches on children's explanatory behaviour, problem-solving, and learning during cooperative, inquiry-based science.
Quis	Warburton, N., & Volet, S. (2013). Enhancing self-directed learning through a content quiz group learning assignment.
Solution Plan	Schukajlow, S., Kolter, J., & Blum, W. (2015). Scaffolding mathematical modelling with a solution plan.

³ O artigo "Improving students' science text comprehension through metacognitive self-regulation when applying learning strategies" aparece 3 vezes na tabela por conter 3 estratégias diferentes e individuais.

Figura 14*Artigos por estratégias (continuação)*

Estratégias	Artigos
Solve It	Krawec, J., Huang, J., Montague, M., Kressler, B., & Alba, A. M. de. (2013). The effects of cognitive strategy instruction on knowledge of math problem-solving processes of middle school students with learning disabilities.
Solve It	Montague, M., Enders, C., & Dietz, S. (2011). Effects of cognitive strategy instruction on math problem solving of middle school students with learning disabilities.
Startup	Lee, N. H., Yeo, D. J. S., & Hong, S. E. (2014). A metacognitive-based instruction for primary four students to approach non-routine mathematical word problems.
Sublinhar	Leopold, C., & Leutner, D. (2015). Improving students' science text comprehension through metacognitive self-regulation when applying learning strategies.
V de Gowin	Francisco Junior, W. E., & Gama, E. J. S. (2001). Utilização do "v de gowin" como estratégia no ensino da física e da química.
Visualização	Leopold, C., & Leutner, D. (2015). Improving students' science text comprehension through metacognitive self-regulation when applying learning strategies.
Pensar em voz alta	Di Camillo, K., & Dawson, V. (2020). Using metacognitive strategies to support the application of mathematics skills of three years 11 physics students.
Prompts metacognitivos	Avargil, S. (2019). Learning Chemistry: Self-Efficacy, Chemical Understanding, and Graphing Skills.
Modelo 5E	Lai, C.-L., Hwang, G.-J., & Tu, Y.-H. (2018). The effects of computer-supported self-regulation in science inquiry on learning outcomes, learning processes, and self-efficacy.
Modelo 7E	Wodaj, H., & Belay, S. (2021). Effects of 7E instructional model with metacognitive scaffolding on students' conceptual understanding in biology.
MSCL	Susantini, E., Sumitro, S. B., Corebima, A. D., & Susilo, H. (2018). Improving learning process in genetics classroom by using metacognitive strategy.
I&R	Farah, N., & Ayoubi, Z. (2020). Enhancing the critical thinking skills of grade 8 chemistry students using an inquiry and reflection teaching method.
Intervenções curriculares	Dang, N. V., Chiang, J. C., Brown, H. M., & McDonald, K. K. (2018). Curricular activities that promote metacognitive skills impact lower-performing students in an introductory biology course.
TBIT	Li, Y., Zhang, X., Dai, D. Y., & Hu, W. (2021). Curriculum innovation in times of the COVID-19 pandemic: the thinking-based instruction theory and its application.

Figura 14*Artigos por estratégias (continuação)*

Estratégias	Artigos
Programa de intervenção baseado em narrativas	Pereira, A., Rosário, P., Lopes, S., Moreira, T., Magalhães, P., Núñez, J. C., Vallejo, G., & Sampaio, A. (2019). Promoting school engagement in children with cerebral palsy: a narrative based program.
MS-PDCA	Parlan, P., Ibnu, S., Rahayu, S., & Suharti, S. (2018). Effects of the metacognitive learning strategy on the quality of prospective chemistry teacher's scientific explanations.
FACT + R ² C ²	Hacker, D. J., Kiuahara, S. A., & Levin, J. R. (2019). A metacognitive intervention for teaching fractions to students with or at-risk for learning disabilities in mathematics.
POW+TREE	Rogers, M., Hodge, J., & Counts, J. (2020). Self-regulated strategy development in reading, writing, and mathematics for students with specific learning disabilities. ⁴
TRAP	Rogers, M., Hodge, J., & Counts, J. (2020). Self-regulated strategy development in reading, writing, and mathematics for students with specific learning disabilities.
FAST DRAW	Rogers, M., Hodge, J., & Counts, J. (2020). Self-regulated strategy development in reading, writing, and mathematics for students with specific learning disabilities.

Referências

Boruchovitch, E. (1999). Estratégias de aprendizagem e desempenho escolar: considerações para a prática educacional. *Psicologia Reflexão e Crítica*, 12(2). <https://doi.org/10.1590/S0102-79721999000200008>

Boruchovitch, E. (2001). Algumas estratégias de compreensão em leitura de alunos do ensino fundamental. *Psicologia Escolar e Educacional*, 5(1), 19–25. <https://doi.org/10.1590/S1413-85572001000100003>

Brabo, J. C. (2018). Metacognição, ensino-aprendizagem e formação de professores de ciências. *AMAZÔNIA — Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 14(29), 1–9. <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v14i29.5898>

Bransford, J., Rodney, R., & Brown, A. (2007). *Como as pessoas aprendem*. Editora Senac.

Chassot, A. (2003). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, (22). <https://doi.org/10.1590/S1413-24782003000100009>

⁴ O artigo “Self-regulated strategy development in reading, writing, and mathematics for students with specific learning disabilities” aparece 3 vezes na tabela por conter 3 estratégias diferentes e individuais.

- Chiaro, S. de, & Aquino, K. A. da S. (2017). Argumentação na sala de aula e seu potencial metacognitivo como caminho para um enfoque CTS no ensino de química: uma proposta analítica. *Educação e Pesquisa*, 43(2), 411–426. <https://doi.org/10.1590/S1517-9702201704158018>
- Cleophas, M. das G., & Francisco, W. (2018). Metacognição e o ensino e aprendizagem das ciências: uma revisão sistemática da literatura (RSL). *AMAZÔNIA — Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 14(29), 10–26. <https://doi.org/10.18542/amazrecm.v14i29.5512>
- Corso, H. V., Sperb, T. M., Jou, G. I. de, & Salles, J. F. (2013) Metacognição e funções executivas: relações entre os conceitos e implicações para a aprendizagem. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 29(1), 21–29. <https://doi.org/10.1590/S0102-37722013000100004>
- Efklides, A., & Metallidou, P. (2020). Applying Metacognition and Self-Regulated Learning in the Classroom. *Oxford Research Encyclopedia of Education*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264093.013.961>
- EPPI-Centre. (2006). *Systematic Research Synthesis*. Institute of Education, University of London. <https://eppi.ioe.ac.uk/cms/>
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. B. Resnik (Ed.), *The nature of intelligence* (pp. 231–235). Lawrence Erlbaum.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognition monitoring: a new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Fourez, G. (2003). Crise no ensino de ciências. *Investigações em ensino de ciências*, 8(2), 109–123. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/542/337>
- Higgins, J. P. T., & Green, S. (2008). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Wiley-Blackwell.
- Maman, A. S. de, Quartieri, M. T., & Neide, I. G. (30 de Outubro a 01 de Novembro, 2018). *Contribuições da metacognição para o ensino de eletromagnetismo*. Congresso Iberoamericano de Docencia Universitaria (CIDU 2018), Porto Alegre, Rio Grande do Sul. <https://www.aidu-asociacion.org/contribuicoes-da-metacognicao-para-o-ensino-de-eletromagnetismo/>
- Maraglia, P. H. (2018a). *Estratégias de ensino metacognitivas: uma revisão sistemática de literatura* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro). <http://objdig.ufrj.br/55/dissert/870072.pdf>
- Maraglia, P. H. (2018b). *Estratégias Metacognitivas — Definição e Conceito*. Grupo de Estudos em Aprendizagem e Cognição - GEAC. <https://sites.google.com/site/geacufrjpublico/textos-basicos/estrategias-metacognitivas---definicao-e-conceito?authuser=0>

- Maraglia, P. H., Peixoto, M. A. P., & Assis, M. R. (5–7 de Outubro, 2016). Produção bibliográfica sobre a metacognição na formação de professores: mapeando o cenário brasileiro. *III Congresso Nacional de Educação*, Natal, Rio Grande do Norte. https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2016/TRABALHO_EV056_MD1_SA4_ID9657_11082016102347.pdf
- Maraglia, P. H., Peixoto, M. A. P., & Assis, M. R. (2017). Metacognição, tecnologia educacional na formação docente de ciências: mapeando as produções brasileiras. *Revista Tecnologia & Cultura*, (28), 37–45. <http://www.cefet-rj.br/attachments/article/195/revista%2028%20completa-min.pdf>
- Masetto, M. T. (2003). *Competência pedagógica do professor universitário*. Summus.
- Moreira, A. E. da C. (2014). *Relações entre as estratégias de ensino do professor, com as estratégias de aprendizagem e a motivação para aprender de alunos do ensino fundamental* (Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná). Biblioteca Digital da Produção Científica, Tecnológica, Artística e Cultural da Universidade Estadual de Londrina. <http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000190126>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(71). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Peixoto, M. A. P., Brandão, M. A. G., & Tavares, B. F. (2021). Construção de definições operacionais em Metacognição. *Psicologia Escolar e Educacional*, 25, e224728, 1–10. <https://doi.org/10.1590/2175-35392021224728>
- Ribeiro, C. (2003). Metacognição: um apoio ao processo de aprendizagem. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 16(1) 109–116. <https://doi.org/10.1590/S0102-79722003000100011>
- Rosa, C. T. W. da, & Ghiggi, C. M. (2018). Resolução de problemas em física envolvendo estratégias metacognitivas: análise de propostas didáticas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(3), 30–59. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n3p31>
- Rosa, C. T. W. da, & Santos, A. C. T. dos. (2021). Metacognição e as Atividades Experimentais em Ciências: Análise da Produção em Periódicos Estrangeiros. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 21(u), e27016, 1–24. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u14351458>
- Rosa, C. T. W. da, Corrêa, N. N. G., Passos, M. M., & Arruda, S. de M. (2020). Metacognição e seus 50 anos: uma breve história da evolução do conceito. *Revista Educar Mais*, 4(3), 703–721. <https://doi.org/10.15536/reducarmais.4.2020.2063>

- Rosa, C. T. W. da. (2014). *Metacognição no ensino de física*. UPF Editora. <http://editora.upf.br/index.php/e-books-topo/49-fisica-area-do-conhecimento/91-metacognicao-no-ensino-de-fisica>
- Rosa, C., Corrêa, N., Passos, M., & Arruda, S. (2021). Metacognição e seus 50 anos: cenários e perspectivas para o Ensino de Ciências. *Revista brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 4(1), 267–291. <https://doi.org/10.5335/rbecm.v4i1.12194>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2006). *Metodologia de Pesquisa* (3ª ed.). McGraw Hill.
- Silva, A. L. Da, & Sá, I. (1997). *Saber estudar e estudar para saber* (2ª ed.). Porto Editora.
- Stedile, N. L. R., & Friendlander, M. R. (2003). Metacognição e ensino de enfermagem: uma combinação possível. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, 11(6). <https://doi.org/10.1590/S0104-11692003000600014>
- Tractenberg, L. E. F. (2011). *Colaboração docente e ensino colaborativo na educação superior em ciências, matemática e saúde – contexto, fundamentos e revisão sistemática* (Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro). http://objdig.ufrj.br/55/teses/NUTES_D_LeonelEstevaoFinkelsteinasTractenberg.pdf
- Veiga, L. L. de A. da, Peixoto, M. A. P., & Silva, C. X. (2021). Diários de campo, metacognição e aprendizagem: o que podemos observar em alunos de uma disciplina do tipo “aprender a aprender”. *Debates em Educação*, 13(31), 719–743. <https://doi.org/10.28998/2175-6600.2021v13n31p719-743>
- Veiga, L. L. de A. da. (2021). *Metacognição e aprendizagem: estudo de caso de uma disciplina para aprender a aprender* (Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro). <http://www.ppgecs.nutes.ufrj.br/wp-content/uploads/Tese-LUCIANA-LIMA-DE-ALBUQUERQUE-DA-VEIGA.pdf>
- Veiga, L. L. de A. da, Assis, M. R. de, Pereira, L. B., & Peixoto, M. A. P. (25–28 de Junho, 2019). *Metacognição e Ensino de Ciências: panorama da produção científica na América Latina*. XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Natal, Rio Grande do Norte.
- Xavier, C. S. (2022). *Metacognição e estratégias de ensino metacognitivo: uma revisão de literatura analítica* (Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro). Repositório Institucional — IFES. <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/2469>
- Xavier, C. S., Peixoto, M. A. P., & Veiga, L. L. de A. da. (2021a). Embedded metacognitive prompts based on the nature of science: Potentialities, limitations, conditions and possibilities. *Research, Society and Development*, 10(7), e43010716829, 1–17. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16829>

Xavier, C. S., Peixoto, M. A. P., & Veiga, L. L. de A. da. (2021b). Interfaces entre a teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget e o pensamento metacognitivo. *Revista Querubim*, 45(1), 58–65. <https://periodicos.uff.br/querubim/issue/view/2565/637>

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

 **Pedro Henrique Maraglia**

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil
pedromaraglia29@hotmail.com

 **Mauricio Abreu Pinto Peixoto**

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil
geac.ufrj@gmail.com

 **Luciana Rocha dos Santos**

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil
lurochas@yahoo.com.br

Editora Responsável

Alice Alexandre Pagan

Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e de Isenção de Interesse

Os autores declaram ter cuidado de aspectos éticos ao longo do desenvolvimento da pesquisa e não ter qualquer interesse concorrente ou relações pessoais que possam ter influenciado o trabalho relatado no texto.
