

Metacognição e Ensino de Física: Revisão de Pesquisas Associadas a Intervenções Didáticas

Metacognition and Physics Teaching: Review of Studies Associated with Didactic Interventions

Cleci T. Werner da Rosa  Brasil

Jesús Angel Meneses Villagrà  Espanha

O estudo apoia-se no entendimento de que a metacognição é favorecedora da aprendizagem, na medida em que possibilita aos alunos regular e controlar seu pensamento. Entretanto, nem todos os sujeitos conseguem evocá-la espontaneamente, necessitando de situações explícitas para isso. No contexto escolar, essa explicitação tem exigido uma reorganização didática que tem discutido modos de agregá-la aos conteúdos curriculares. Diante do exposto, busca-se realizar uma revisão em pesquisas que descrevem intervenções didáticas em Física guiadas pela metacognição, de modo a identificar como essa associação tem sido tratada na literatura e quais as contribuições e tendências para sua inserção em sala de aula. De forma específica, pretende-se: descrever aspectos gerais envolvidos nessas pesquisas; identificar como se processam as práticas no ambiente escolar; examinar o modo como o conceito de metacognição se manifesta nos estudos e quais as aproximações teóricas presentes; e esclarecer alguns dos delineamentos metodológicos utilizados nas pesquisas. A seleção dos estudos ocorreu a partir da base de dados ERIC e identificou um universo de 16 pesquisas. Como resultado, dentre outros aspectos, destacam-se o crescimento e a disseminação dos estudos, a concentração de pesquisas envolvendo a resolução de problemas, a diversidade de aproximações teóricas associadas à metacognição e a ênfase dada ao emprego de questionários como forma de avaliar as intervenções para o aumento do uso do pensamento metacognitivo pelos alunos. Além disso, os estudos analisados revelam a necessidade de mais pesquisas que tratem da intencionalidade de investigar as contribuições dessas intervenções para a aprendizagem dos conhecimentos em Física.

Palavras-chave: ensino de Física; intervenções didáticas; metacognição; revisão de estudos.

The study is based on the understanding that metacognition favors learning, as it allows students to regulate and control their thoughts. However, not all subjects can elicit metacognition spontaneously, and require explicit conditions for that. In the school environment, this explanation has demanded a didactic reorganization to discuss ways

of incorporating metacognition into the curricula. Given the above, the study aims to perform a review of studies that describe didactic interventions in Physics guided by metacognition, so to identify how this association has been treated in the literature and which are the contributions and trends required for its insertion in the classroom. More specifically, we aim to describe general aspects involved in such studies, identify how practices are processed in the school environment, analyze how the concept of metacognition is manifested in the studies, what are the theoretical approaches presented, and explain some of the methodological designs used. The studies were selected on the ERIC database, from which a universe of 16 studies was identified. As a result, among other aspects, we highlight the growth and dissemination of studies, the focus of studies on problem solving, the diversity of theoretical approaches associated with metacognition, and the emphasis on the application of questionnaires to assess the interventions for increasing the use of metacognitive thought by students. Moreover, the material analyzed shows that further studies on the intentionality of investigating the contributions of these interventions for learning Physics are required.

Keywords: Physics teaching, didactic interventions, metacognition, review of studies.

Introdu o

Nos últimos anos, a metacogni o tem merecido destaque nas pesquisas no campo da psicologia cognitiva, especialmente pelos resultados que mostram que a habilidade de regular e controlar o pensamento   elemento essencial da aprendizagem (Hennessey, 2003; Wang, Haertel, & Walberg, 1993). Estudos como os desenvolvidos por Chi, Glaser e Rees (1982), Malone (2008), Pol et al. (2009), entre outros, denotam que a utiliza o dessa forma de pensamento   o diferencial entre os estudantes que apresentam facilidade em disciplinas como a Física, por exemplo, e os que demonstram ter dificuldades nessa  rea. Ao denominar de “*experts*” os que integram o primeiro grupo, os autores apontam que esses põem em movimento um conjunto de mecanismos internos identificados com o pensamento metacognitivo que os distingue dos integrantes do segundo grupo, denominado de “*novatos*”. Nessa mesma dire o, Dunning et al. (2003) enfatizam que estudantes com baixas habilidades metacognitivas apresentam dificuldades e baixos rendimentos acadêmicos, o que já não ocorre com os alunos que mostram recorrer a essas habilidades de forma mais intensa e frequente.

Hattie (2012), em um estudo voltado a identificar os aspectos que mais influenciam a aprendizagem, apontou a metacogni o como um dos mais relevantes, justificando que ela permite ter consciência, monitorar e avaliar o próprio pensamento. Fadel, Biliak e Trilling (2016), por sua vez, revelam que a metacogni o   potencializadora da aprendizagem, na medida em que favorece a transferência de competência entre disciplinas – importante para os alunos que estão se preparando para situa es da vida real, onde as divisões bem definidas das disciplinas não fazem sentido. Conforme o autor, a transferência   o objetivo final da educa o, pois o que se espera   que os alunos,

ao internalizarem o que aprendem na escola, possam aplicá-lo à vida.

Outro estudo importante e que corrobora a importância da presença do pensamento metacognitivo na aprendizagem foi o realizado por Smith et al. (2000) envolvendo estudantes de 11–12 anos. Nele, os autores discutem as contribuições do uso de estratégias metacognitivas associadas ao currículo e ressaltam que os alunos apresentam uma visão mais madura em relação à ciência do que seus pares que completaram um currículo tradicional.

O mencionado nos parágrafos anteriores sugere que o uso do pensamento metacognitivo tem implicações significativas para a melhoria da aprendizagem, envolvendo um conjunto de características que trazem como consequência o êxito nos empreendimentos cognitivos. Esses resultados têm sido explorados por diferentes áreas, como a Educação, que passa a se servir da metacognição como uma estratégia para a melhoria na eficácia dos processos educacionais, como referido anteriormente. Especificamente na Educação em Ciências, Zohar e Barzilai (2013) avaliam que as pesquisas têm aumentado nos últimos anos, visto que, entre 2000 e 2012, foram produzidos quatro vezes mais artigos científicos na temática do que no período de 1990 a 2002, considerando os mesmos periódicos analisados. Esse crescimento revela que a vinculação da metacognição com o processo de ensino e de aprendizagem em Ciências tem encontrado respaldo na comunidade científica. Todavia, esse aumento considerável nas investigações não tem se refletido em práticas pedagógicas em sala de aula, especificamente se considerarmos o ensino de Física, como apontaram os dados coletados por Zohar e Barzilai (2013). Embora, segundo as autoras, tenha se ampliado o número de pesquisas envolvendo o processo de intervenção didática em Física associado à metacognição, ainda se observa um distanciamento em relação à sua efetivação no contexto educacional.

McIntyre (2005), após refletir sobre esse distanciamento entre as investigações acadêmicas e a prática docente, elencou fatores que ainda não foram superados na busca por essa aproximação. No entender do autor, as pesquisas precisam: gerar conhecimentos mais próximos da realidade escolar; fornecer indícios mais claros sobre como os professores podem melhorar suas práticas; e fazer sentido para os professores, a fim de persuadi-los a adotar os resultados dessas pesquisas em sua prática pedagógica. Tais constatações, referentes ao campo da Educação de forma geral, pressupõem a existência de uma lacuna nas pesquisas, especialmente em termos de sua vinculação com as práticas pedagógicas dos professores, o que, na sua perspectiva, encontra-se associado ao modo como essas pesquisas são produzidas e divulgadas. Georghiades (2004) mostra que os estudos acadêmicos apontam o valor da metacognição para a aprendizagem, mas as tentativas de trazer a metacognição para dentro da sala de aula são raras. Tais observações podem ser estendidas ao campo do ensino de Física, foco de interesse do presente estudo, no qual a investigação da problemática se revela pertinente, uma vez que, como Mäntylä (2013) mostrou, os professores apresentam dificuldades para recorrer à metacognição no ensino de Física, devido, entre outros fatores, aos escassos

conhecimentos de práticas que possam embasar sua a o didática.

Se por um lado há um cenário de pesquisas emergentes no campo da metacogni o associado ao contexto educacional e, por outro, os professores revelam dificuldades para contemplá-la, surge o questionamento sobre o modo como essas pesquisas têm abordado tal associa o e como elas nutrem as demandas emergentes do sistema educacional.

Para responder a esse questionamento, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática em pesquisas que descrevem interven es didáticas em Física guiadas pela metacogni o e divulgadas em periódicos internacionais, de modo a identificar como essa associa o tem sido tratada na literatura e quais as contribui es e tendências para sua inser o em sala de aula. De forma mais específica, pretende-se: descrever aspectos gerais envolvidos nessas pesquisas; identificar como se processam as práticas no ambiente escolar; examinar o modo como o conceito de metacogni o se manifesta nos estudos e quais as aproxima es teóricas realizadas; e esclarecer alguns dos delineamentos metodológicos utilizados nas pesquisas.

Justifica-se a realiza o do estudo considerando, entre outros aspectos, a necessidade de informa es relevantes relacionadas   forma como as pesquisas têm se ocupado de discutir a presença da metacogni o no contexto das aulas de Física e quais os principais enfoques teóricos e metodológicos adotados nessas investiga es. Sobre isso, destaca-se que a literatura se mostra carente de discussões associadas a interven es didáticas (Zohar, & Barzilai, 2013), e também se verifica a existência de dificuldades em avaliar ou detectar nos alunos a utiliza o dos processos metacognitivos, especialmente por se tratar das circunstâncias em que esse pensamento ocorre e da forma como ele pode ser identificado (White, 1990; Thomas, 2013).

Cabe registrar que foge ao escopo do texto realizar uma revisão ampla e completa dos estudos na temática em investiga o, limitando-se   análise de uma amostra capaz de apontar elementos que contribuam com a pesquisa em metacogni o e sua efetiva o no contexto escolar. Além disso, destaca-se que as discussões que seguem se restringem a posicionamentos teóricos e metodológicos encontrados na literatura analisada. Admite-se, entretanto, haver outras perspectivas e possibilidades, mas que não se fizeram presentes nos estudos investigados.

Para discorrer sobre os resultados encontrados, o presente texto se estrutura em se es, contemplando inicialmente uma reflexão sobre metacogni o e, na sequência, descrevendo os aspectos metodológicos e o caminho percorrido para a sele o dos dados. A partir disso, são apresentados os resultados a partir de três grandes categorias que buscam fornecer elementos para responder ao questionamento central do estudo. Ao final e a título de fechamento do texto, são tecidos apontamentos decorrentes do trabalho desenvolvido e inferidas perspectivas futuras de trabalhos na  rea.

Reflexões sobre metacogni o

A presente se o tem por objetivo elucidar que a conceptualiza o do termo “metacogni o” tem sido arrolada a múltiplas interpreta es e concep es, levando

a discórdias quando se trata de encontrar um conceito único e suficientemente vasto para esse construto (Veenman, van Hout-Wolters, & Afflerbach, 2006; Rosa, 2011; Muñoz, 2017). Entretanto, em síntese, o termo pode ser vinculado ao “pensamento do pensamento” ou à “cognição da cognição”, como assinalado pelo seu precursor, John Flavell (1971; 1976). Nesse sentido, o que se segue busca ilustrar essas diferenças, demarcando a origem do termo e as perspectivas que sustentam a inferência de que o uso dessa forma de pensamento contribui para qualificar a aprendizagem.

Em linhas gerais, a metacognição encontra-se associada ao entendimento de como os sujeitos elaboram e identificam seus conhecimentos sobre seu próprio processo cognitivo, ou seja, sobre como percebem que aprendem e recordam as informações. Em outras palavras, como esclarecem Flavell, Millar e Millar (1999, p. 123), é “*metacognição* porque seu sentido essencial é ‘cognição acerca da cognição’”. Porém, os autores continuam, mencionando que essa definição é “ampla e um tanto livre, como qualquer conhecimento ou atividade cognitiva que toma como seu objeto, ou regula, qualquer aspecto de qualquer iniciativa cognitiva” (Flavell, Millar, & Millar 1999, p. 123).

O sentido atribuído por Flavell ao termo “metacognição”, e ainda limitado à compreensão do “pensamento do pensamento”, remonta ao artigo “First discussant’s comments: what is memory development the development of?”, de sua própria autoria, publicado em 1971. Com o avanço das pesquisas, ele e seus colaboradores foram refinando o conceito de modo a chegar à definição apresentada anteriormente. Todavia, outros pesquisadores o fizeram no sentido de agregar elementos distintos ao entendimento do autor. Com relação às múltiplas perspectivas da metacognição, Muñoz (2017, p. 9) menciona que “embora mantenham o sentido original proposto por Flavell na década de 1970, se expandem quanto à especificidade da definição e, ainda, incluem novos termos e componentes ao processo metacognitivo”.

Essa diversidade de interpretações dos autores sugere diferenças nas componentes que integram a metacognição e, conseqüentemente, no modelo cognitivo que subjaz a ela. Além disso, as diferenças apontam que a metacognição está ligada a dimensões como motivação e auto eficácia. Outro aspecto identificado na literatura é que alguns pesquisadores, por vezes, entendem um construto como parte da metacognição e, outras vezes, o contrário, isto é, metacognição como parte deste construto. É o caso da autorregulação, que para Flavell (1976) e Brown (1978) é subordinada aos processos metacognitivos, enquanto para Zimmerman (1995) é superordenada à metacognição.

Dentre as diversas interpretações existentes na literatura, algumas são mais frequentemente utilizadas nos processos de intervenção didática, como as de Noël (1991), que realça o processo de tomada de consciência como aspecto que antecede ao conhecimento metacognitivo e dele se distingue; as de Nelson e Narens (1994), que compreendem a metacognição como envolvida especificamente com o monitoramento e o controle das ações num processo de retroalimentação; as de Veenman (2011), que diferencia claramente os processos de conhecimento metacognitivo das habilidades metacognitivas; e as de Zimmerman (1995), que infere a metacognição como integrante

da aprendizagem autorreguladora, a qual compreende, ainda, os processos cognitivos e motivacionais.

Outras possibilidades de associação têm se revelado nos estudos no campo da metacognição, como mencionado por Veenman, van Hout-Wolters e Afflerbach (2006, p. 10):

Um grande grupo de pesquisadores está envolvido em determinar as relações complexas entre, de um lado, experiências metacognitivas, crenças epistemológicas, conhecimento metacognitivo e autorregulação, e de outro, processos motivacionais, autoeficácia e interesse (Boekaerts, 1997; Efklides, & Vauras, 1999; Mason, & Scrivani, 2004; Pintrich, & De Groot, 1990; Pintrich, & Schunk, 2002, Zimmerman, & Martinez-Pons, 1990). Outros estão preocupados na relação entre metacognição e variáveis afetivas, como a ansiedade (Tobias, & Everson, 1997; Veenman et al, 2000). Alguns se concentram no papel da metacognição em distúrbios ou deficiências de aprendizagem (Borkowski, 1992; Harris, Reed, & Graham, 2004; Swanson, Christie & Rubadeau, 1993). A aprendizagem e a metacognição não ocorrem no vazio. Precisamos saber mais sobre como diferenças individuais e fatores contextuais interagem com a metacognição e suas várias componentes.

Nesse rol conturbado de diferentes elementos, a associação da metacognição com os processos educativos sofre variações e indefinições que podem estar acarretando dificuldades àqueles que buscam operacionalizar esse construto na forma de intervenção didática, conforme será explorado neste texto. Apesar disso, os benefícios da metacognição no campo educacional têm sido evidenciados desde os primeiros estudos desenvolvidos por Brown na década de 1970, apontando resultados promissores, especialmente sobre o desempenho dos estudantes no campo da leitura (Palincsar, & Brown, 1984) e resolução de problemas (Georghiades, 2004; Hattie, 2009). Nesse contexto, destacam-se os estudos de laboratório que enfatizam a metacognição como elemento estruturador do pensamento e evidenciam que a melhoria na aprendizagem está relacionada ao fato de que esse pensamento leva ao desenvolvimento de habilidades como as associadas à leitura, à resolução de problemas e ao pensamento de ordem superior. Veenman, Kok e Blöte (2005) ressaltam que os estudantes com habilidades metacognitivas são capazes de alcançar resultados mais exitosos nas tarefas acadêmicas, uma vez que conseguem controlar melhor o seu processo de aprendizagem, planejando, selecionando estratégias, monitorando e avaliando suas escolhas e caminhos – processos tipicamente metacognitivos.

Flavell (1979), embora com pouca base empírica, já afirmava que a metacognição desempenha um papel importante em diversas tarefas associadas à aprendizagem escolar. De acordo com o autor (1979, p. 906):

Os investigadores concluíram recentemente que a metacognição desempenha um papel importante na comunicação oral de informação, persuasão oral, compreensão oral, compreensão de leitura, escrita, aquisição de linguagem, atenção, memória, resolução de problemas, cognição social e vários tipos de autocontrole e autoinstrução; também há indícios claros de que as ideias sobre metacognição estão começando a entrar em

contato com ideias semelhantes nas áreas da teoria da aprendizagem social, modificação do comportamento cognitivo, desenvolvimento da personalidade e educação.

Desde então, os processos que envolvem instrução pautada na metacognição têm se guiado por diferentes perspectivas, mas todas vinculando a metacognição a situações que levam à reflexão e à identificação dos mecanismos que favorecem a aprendizagem. No ensino de Física, os estudos apontam para os benefícios da metacognição, especialmente em se tratando da comparação entre alunos *experts* e novatos, como mencionado na Introdução. Tais estudos, mais focados em investigações clínicas, vêm revelando indícios de que, em suas práticas pedagógicas professores devem considerar momentos de evocação do pensamento metacognitivo como forma de favorecer seu uso. Entretanto, apesar de fornecerem indícios positivos, eles pouco têm repercutido em ações didáticas efetivas, como evidencia a problemática deste estudo.

No contexto da sala de aula, Monereo (2001) mostra que uma das formas de possibilitar que os alunos aprendam a utilizar o pensamento metacognitivo é torná-lo explícito na instrução didática. Para isso, salienta a importância de que os professores associem as estratégias metacognitivas aos conteúdos de suas disciplinas curriculares, ressaltando que não se aprende a utilizar esse pensamento no vazio dos conteúdos, mas sim em consonância com eles. De fato, Kistner et al. (2010), observando professores de matemática na Alemanha, mostraram que os ganhos mais significativos dos alunos em relação à metacognição ocorreram em situações nas quais os docentes usavam explicitamente tais estratégias e em acordo com os conteúdos.

Sobre isso, Zohar e Barzilai (2013) evidenciam a importância de que os professores dominem, desde os cursos de formação inicial, conhecimentos pedagógicos envolvendo metacognição. Porém, Georghiades (2004) pondera que somente isso não basta, pois muitos professores que estão familiarizados com esse conceito, muitas vezes, não dispõem dos recursos para implementá-lo (tanto em termos de materiais de aprendizagem como de tempo). Tal situação remete a uma profunda reflexão sobre a necessidade de disponibilizar mais materiais aos professores, o que será tema na análise dos estudos selecionados para a presente pesquisa discutidos nas próximas seções.

Metodologia

Para o desenvolvimento da pesquisa, toma-se como referencial uma abordagem qualitativa seguindo o anunciado por Bogdan e Biklen (1994), ao salientarem que o objetivo desse tipo de investigação está em compreender e descrever significados. Além disso, o estudo está descrito como do tipo “estado do conhecimento”, que, segundo Romanowski e Ens (2006, p. 40), visa abordar “apenas um setor das publicações sobre o tema estudado”. No entender dos autores, esse recorte se mostra válido por mapear e discutir certa produção acadêmica,

[...] tentando responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares, de que formas e em que condições têm sido produzidas certas dissertações de mestrados e teses de doutorado, publicações em periódicos e

comunica es em anais de congressos e seminários (Romanowski, & Ens, 2006, p. 46).

Tal identifica o subsidia o estudo que toma como *locus* para coleta de dados a base Education Resources Information Center (ERIC), considerada uma das mais completas e a mais antiga base de dados com voca o especial no campo da investiga o em Educa o. A ERIC cont m mais de 1,3 milhão de referências bibliográficas e mais de 317 mil artigos em texto integral desde 1966 oferecendo, assim, boa e sistemática cobertura de publica es educacionais. A ERIC engloba o periódico *Metacognition Learning*, considerado o mais especializado na área de aprendizagem envolvendo processos metacognitivos. Além disto, a abordagem para levantamento de dados exige o uso de descritores que estão praticamente todos disponíveis em sua base, o que não ocorre em outras, como o Google Scholar. Assim, embora a decisão de se concentrar em artigos de periódicos revisados por pares e indexados na ERIC possa ser entendida como delimitador, acredita-se que algum tipo de viés sempre existirá em qualquer escolha de amostra. Dessa forma, entende-se que o *locus* selecionado para coleta dos dados  , pelo menos, bem definido, e suas limita es são claras.

No banco de dados, foi utilizada como descritor a expressão “(metacognition OR metacognitive) AND physics”, estabelecendo-se o recorte de 2000 a 2017, ou seja, os últimos dezoito anos. Os descritores correspondem   delimita o do estudo, sendo os termos mais utilizados nas investiga es envolvendo metacogni o, de acordo com Zohar e Barzilai (2013). O recorte temporal se justifica com base nas indica es das mesmas autoras, pois, segundo elas, foi a partir dos anos 2000 que as pesquisas na temática aumentaram significativamente.

A busca, feita conforme os critérios mencionados, resultou em um conjunto de 111 ocorr ncias¹, que foram analisados, descartando-se os referentes a anais de eventos, teses e disserta es, tendo em vista que o foco estava na produ o publicada em periódicos. Nesse primeiro recorte, foram excluídos 22 textos. Dos demais, foram lidos os títulos, as palavras-chave e os resumos, com o intuito de identificar os que envolviam artigos científicos relativos a processos de interven o didática. Esses processos foram entendidos como aqueles vinculados a atividades projetadas para aumentar a metacogni o e nos quais ela está explicitada intencionalmente na atividade. Com tais restri es, o número ficou reduzido a 35 artigos. Estes, por sua vez, foram lidos na integra, identificando-se 16 que atendiam aos critérios estabelecidos, ou seja, apresentavam como objetivo desenvolver a metacogni o a partir de um processo de interven o didática explicitamente orientado para isso.

Seguindo o mencionado nos parágrafos anteriores, as características dos 16 artigos que constituem o *locus* de investiga o do estudo podem ser assim sintetizadas: a) disponíveis em periódicos que integram a base de dados ERIC; b) publicados no período de 2000 a 2017; c) vinculados ao ensino de Física; d) associados   interven o didática em que a metacogni o está explicitada intencionalmente, seja como elemento norteador (central) ou coadjuvante (periférico) do processo; e) publicados em inglês.

¹ Dados referentes   busca realizada em setembro de 2017.

Sobre essa última particularidade, sua presença não corresponde a um limitador, mas surge em decorrência dos resultados a partir dos demais critérios de seleção.

Como critério de análise dos artigos, tomam-se como referência os objetivos específicos propostos para o estudo, procedendo-se à descrição de modo a enaltecer a forma como a metacognição está presente. Em outras palavras, adotam-se como categorias os aspectos mencionados como objetivos específicos a serem alcançados, circunscrevendo a discussão com os artigos que atendem à categoria, bem como com reflexões advindas de pesquisas associadas ao tema. Sobre isso, salienta-se que o intuito não está em apresentar uma sequência descritiva dos 16 estudos, mas destacar os aspectos que os fazem pertencer a uma dada categoria. Em razão disso, em alguns casos, opta-se por não descrever todos os artigos que integram as categorias, todavia, um mesmo artigo pode aparecer em mais de uma delas. Nessas ocorrências, a descrição do estudo enfatiza o aspecto em análise na categoria. Tais artigos constituem o foco desta investigação e são discutidos na continuidade.

Resultados e discussões

A presente seção se ocupa de discutir as pesquisas selecionadas para análise, buscando capturar elementos que permitem contemplar o objetivo do estudo.

Visão geral das pesquisas relativas às intervenções didáticas

A Figura 1 lista os artigos identificados na base de dados ERIC (2000-2017) e que cumprem os requisitos mencionados na seção anterior e que, portanto, foram analisados no presente artigo.

Anderson, D., & Nashon, S. (2007). Predators of knowledge construction: Interpreting students' metacognition in an amusement park physics program. <i>Science Education</i> , 91(2), 298–320. https://doi.org/10.1002/sce.20176
Chang, S. H., Chen, M. L., Kuo, Y. K., & Shen, Y. C. (2011). A Simulation-Based LED Design Project in Photonics Instruction Based on Industry–University Collaboration. <i>IEEE Transactions on Education</i> , 54(4), 582–589.
Coleoni, E., & Buteler, L. (2009). Students thinking during physics problem solving: identifying the resources with which they learn. <i>Journal of Science Education</i> , 10(1), 10–14.
Huang, K., Ge, X., & Eseryel, D. (2017). Metaconceptually-enhanced simulation-based inquiry: effects on eighth grade students' conceptual change and science epistemic beliefs. <i>Educational Technology Research and Development</i> , 65(1), 75–100. https://doi.org/10.1007/s11423-016-9462-5
Johnson, N (2012). Examining self-regulated learning in relation to certain selected variables. <i>Acta Didactica Napocensia</i> 5(3), 1–12.
Kalman, C. S., Sobhanzadeh, M., Thompson, R., Ibrahim, A., & Wang, X. (2015). Combination of Interventions Can Change Students' Epistemological Beliefs. <i>Physical Review Special Topics - Physics Education Research</i> , 11(2), 020136-1-020136-17. https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020136
Koch, A. (2001). Training in metacognition and comprehension of physics texts. <i>Science Education</i> , 85(6), 758–768

Figura 1. Lista dos artigos que constituem a amostra da pesquisa (continua)

Moser, S., Zumbach, J., & Deibl, I. (2017). The effect of metacognitive training and prompting on learning success in simulation based physics learning. <i>Science Education</i> , 101(6), 944–967. https://doi.org/10.1002/sce.21295
Nielsen, W. S., Nason, S., & Anderson, D. (2009). Metacognitive engagement during field trip experiences: A case study of students in an amusement park physics program. <i>Journal of Research in Science Teaching</i> , 46(3), 265–288. https://doi.org/10.1002/tea.20266
Peters, E. E. (2012). Developing content knowledge in students through explicit teaching of the nature of science: Influences of goal setting and self-monitoring. <i>Science & Education</i> , 21(6), 881–898. https://doi.org/10.1007/s11191-009-9219-1
Ryan, Q. X., Frodermann, E., Heller, K., Hsu, L., & Mason, A. (2016). Computer problem-solving coaches for introductory physics: Design and usability studies. <i>Physical Review Physics Education Research</i> , 12(1), 0101051-17. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010105
Taasobshirazi, G., & Farley, J. A. (2013). Multivariate Model of Physics Problem Solving. <i>Learning and Individual Differences</i> , 24, 53–62. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.05.001
Thomas, G. P. (2013). Changing the metacognitive orientation of a classroom environment to stimulate metacognitive reflection regarding the nature of physics learning. <i>International Journal of Science Education</i> , 35(7), 1183–1207. https://dx.doi.org/10.1080/09500693.2013.778438
Verpoorten, D., Castaigne, J. L., Westera, W., & Specht, M. (2014). A quest for meta-learning gains in a physics serious game. <i>Education and Information Technologies</i> , 19(2), 361–374. https://doi.org/10.1007/s10639-012-9219-7
Yuruk, N., Beeth, M. E., & Andersen, C. (2009). Analyzing the effect of metaconceptual teaching practices on students' understanding of force and motion concepts. <i>Research in Science Education</i> , 39(4), 449–475. https://doi.org/10.1007/s11165-008-9089-6
Zepeda, C. D., Richey, J. E., Ronevich, P., & Nokes-Malach, T. J. (2015). Direct instruction of metacognition benefits adolescent science learning, transfer, and motivation: An in vivo study. <i>Journal of Educational Psychology</i> , 107(4), 954–970. http://dx.doi.org/10.1037/edu0000022

Figura 1. Lista dos artigos que constituem a amostra da pesquisa (continua o)

Fonte: dados de pesquisa, 2017.

A Figura 2 identifica os periódicos e o ano de publica o em que as pesquisas se concentram, evidenciando uma significativa variedade.

A distribu o por ano considerando o período estabelecido para a análise; revela um incremento de estudos associados a interven es didáticas nos últimos anos, corroborando a constata o de Zohar e Barzilai (2013). Apesar da existência de uma indefini o com rela o   metacogni o e ao modo como ela pode se fazer presente no contexto educacional, pesquisadores vêm timidamente apostando nessa perspectiva, especificamente em rela o aos processos de interven o didática, conforme revela o presente estudo.

A distribu o das pesquisas por um conjunto de periódicos evidencia que o tema tem recebido espaço em vários deles. Entretanto, chama a aten o a ausência de estudos focados em interven es didáticas no periódico *Metacognition Learning*, especializado em investiga es relativas   metacogni o, conforme mencionado na se o anterior.

Periódicos	Ano										
	2001	2007	2009	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Acta Didactica Napocensia					X						
Education and Information Technologies							X				
Educational Technology Research and Development										X	
IEEE Transactions on Education				X							
International Journal of Science Education						X					
Journal of Educational Psychology								X			
Journal of Research in Science Teaching			X								
Journal of Science Education			X								
Learning and Individual Differences						X					
Physical Review Special Topics - Physics Education Research								X	X		
Research in Science Education			X								
Science & Education					X						
Science Education	X	X								X	

Figura 2. Periódico e ano de publicação do estudo

Fonte: dados de pesquisa, 2017.

Outra característica percebida é que o nível de escolaridade mais buscado nos estudos é o universitário (ensino superior), correspondendo a 50% (8:16) das pesquisas. O foco tem sido a Física Introdutória – especificamente os conteúdos de Mecânica (4:8) –, seguida por estudos envolvendo a Ótica (1:8) e a Física Moderna (1:8). Além desses estudos, há outros dois desenvolvidos no ensino superior que não informam o conteúdo abordado na intervenção. Em termos dos tópicos contemplados no ensino médio, observa-se a mesma tendência por conteúdos de Mecânica (4:5), seguidos dos de Ótica, com um estudo, situação que se repete quando se analisam as pesquisas envolvendo o oitavo e nono anos de escolaridade, aqui designados como ensino fundamental (2:3).

Os achados evidenciam a preocupação com a aprendizagem em tópicos vinculados à Mecânica, justificada pelo fato de este ser um dos conteúdos em que os alunos apresentam maior dificuldade, independentemente do nível de escolarização. No superior, por exemplo, conforme Parisoto (2014), são alarmantes os elevados índices de reprovação, especialmente quando tais conteúdos são ministrados nos níveis iniciais, como é o caso das Engenharias. Tal preocupação tem levado à busca por alternativas didáticas que possam auxiliar os estudantes em seus processos de aprendizagem, dentre as quais estão as de orientação metacognitiva como as apresentadas neste texto.

Outra característica importante dos estudos identificados é que eles provêm de diferentes países, envolvendo os cinco continentes, embora haja predominância

dos Estados Unidos (6) e do Canadá (4), seguidos de Argentina (1), Índia (1), Israel (1), Taiwan (1), Áustria (1) e França (1). Tais resultados mostram que o tema não está associado a centros de investiga o específicos, ainda que existam focos de estudos na temática, especialmente nos Estados Unidos. Essa identifica o de que há pesquisas em diferentes países aponta para a amplitude e a importância do tema, ao mesmo tempo em que evidencia a mobiliza o e sensibiliza o em torno do uso da metacogni o como alternativa para qualificar a aprendizagem em Física.

Em termos das estratégias de ensino, as pesquisas selecionadas mostram uma tendência pela resolu o de problemas. Dos 16 estudos, 12 designam aten o especial a essa estratégia (cinco no ensino superior, cinco no ensino médio e dois no ensino fundamental). E, ainda, outros dois estudos (um no ensino fundamental e outro no superior) discutem o processo de interven o envolvendo um conjunto de estratégias, entre as quais, a resolu o de problemas.

A concentra o de estudos mencionada   condizente com o que apontam Bransford, Sherwood, Vye e Rieser (1986), Fávero e Souza (2001), entre outros autores, ao mostrarem a demanda significativa de investiga es envolvendo a resolu o de problemas, tanto na literatura nacional como internacional. A razão dessa demanda pode estar associada ao fato de que a resolu o de problemas   a estratégia mais utilizada pelos professores de Física, bem como às dificuldades que os alunos apresentam nesse tipo de atividade (Ryan et al., 2016). Com efeito, a resolu o de problemas está entre os objetivos do ensino de Física e tem sido vista como uma maneira de familiarizar os alunos com a cultura da ciência. Ela   uma tarefa que privilegia a aprendizagem, em que se produz conhecimento e se associam os novos conhecimentos a diferentes situa es, além de gerar um mecanismo em que o estudante combina informa es teóricas com procedimentos, como c culos aritméticos e algébricos, interpreta o de gráficos, proje o de hipóteses e, também, com a motiva o relacionada   atividade (Hinojosa, & Sanmarti, 2016).

Embora seu papel esteja claro no ensino de Física, há vários problemas em torno de sua utiliza o como estratégia didática, como   o caso das dificuldades dos estudantes nesse tipo de atividade, o que tem levado a uma intensa busca por alternativas para amenizar essa problemática. Dentre elas, estão as de orienta o metacognitiva, foco de discussão deste texto, cuja análise revelou interven es didáticas que lançam mão de duas modalidades de problemas: os tradicionais problemas do tipo lápis e papel, como os apresentados no livro didático, e os projetos de ensino que associam problemas reais e vivenciados pelos alunos. A primeira modalidade se revela a mais presente nos estudos investigados, e sua alternativa didática centra-se no uso de *prompts*, guias orientativos, andaimes ou *coaches* (treinadores) metacognitivos, que servem de apoio para os alunos, auxiliando-os durante a resolu o dos problemas. A segunda modalidade diz respeito a estudos envolvendo situa es-problemas associados a questões vivenciadas pelos estudantes, na forma de projeto, no qual a soluço perpassa um conjunto de investiga es e discussões entre os alunos.

No primeiro grupo, foram identificadas oito pesquisas, dentre as quais, a de Moser, Zumbach e Deibl (2017), desenvolvida com alunos do ensino médio na Áustria e que associou o uso de andaimes metacognitivos a um software, com o objetivo de servir de alerta aos estudantes no processo de resolução de problemas referentes à conservação de energia. Com base na análise de pré- e pós-teste em grupos de controle e experimental, os autores revelam haver impactos positivos no uso desses andaimes, porém chamam a atenção para o fato de que a diferença entre os grupos que utilizaram os andaimes (experimental) e o de controle não é significativa, apontando para a necessidade de ampliar os estudos e realizar novas medidas.

Ryan et al. (2016), por sua vez, desenvolveram um estudo especificamente voltado a analisar as contribuições de *coaches* metacognitivos para melhorar a resolução de problemas e as habilidades metacognitivas dos estudantes universitários de Física e Engenharia em Minnesota, Estados Unidos. O estudo apoia-se na utilização do computador como *coaches* e atribui a esse equipamento a função de favorecer a reflexão metacognitiva dos estudantes de modo a promover a constante avaliação na tomada de decisão frente às situações apresentadas pelo simulador e vinculadas à resolução de problemas em Mecânica. Como resultado do estudo, os autores apontam que os *coaches* contribuíram para a tomada de decisão crítica quanto às ações executivas. Além disso, esses *coaches* proporcionaram o aumento da confiança dos alunos em relação a seus conhecimentos, considerada fundamental para a melhoria da aprendizagem.

No contexto da resolução de problemas vinculadas a projetos de ensino referentes a situações reais e vivenciais, destacam-se duas intervenções. A primeira é o estudo apresentado por Chang et al. (2011), realizado no contexto da disciplina de Física Introdutória em uma universidade de Taiwan, no qual os estudantes foram instigados a propor melhor design e eficiência para os LEDs, recorrendo à combinação de parâmetros em um simulador computacional. A investigação, que oportunizou intensos diálogos virtuais entre os pares, teve um grupo experimental com instruções guiadas pela metacognição e um grupo de controle isento desse recurso. De acordo com o artigo, o grupo experimental teve um desempenho melhor do que o grupo de controle. Contudo, os autores ressaltam o fato de que as atividades propostas podem ser melhoradas especialmente em termos das instruções para resolver problemas que não estão bem estruturados e que exigem maior dedicação dos alunos. Além disso, o estudo enfatiza a importância de manter os estudantes motivados durante o projeto, alegando que problemas mal estruturados ou intervenções em que haja análise e avaliação por pares exigem mais atenção por parte dos professores.

Outro exemplo de resolução de problemas na forma de projetos de ensino é apresentado no estudo de Anderson e Nashon (2007), posteriormente reproduzido por Nielson, Nashon e Anderson (2009). Ambos os trabalhos enfocaram a resolução de problemas por alunos do ensino médio no Canadá em um parque de diversões. As atividades foram estruturadas de forma que os alunos trabalhassem colaborativamente e dentro de um processo de reflexão metacognitiva durante as atividades. Os problemas

apresentados estavam relacionados às situa es de cinemática presentes no parque e foram avaliados mediante a aplica o desses conhecimentos em novos problemas, no momento em que os alunos retornaram para a sala de aula. Os resultados dos dois estudos, realizados por meio de pesquisa qualitativa e quantitativa com pré-teste e entrevistas, apontaram para a importância das intera es sociais e do trabalho colaborativo para estimular a reflexão metacognitiva, assim como para a crescente tomada de consciência dos alunos sobre seus conhecimentos e o que precisam fazer para aprender. Ainda, em ambas as investiga es, os autores chamam a aten o para a importância da sele o adequada do tipo de problema a ser proposto e consideram o estímulo para a reflexão metacognitiva um diferencial na qualidade da aprendizagem apresentada pelos alunos.

Ainda no âmbito das estratégias didáticas, mencionam-se os estudos de Y r k et al. (2009) e de Huang, Ge e Eservel (2017), que investigaram a eficácia de um processo de interven o didática orientado   melhoria da compreensão de conceitos de Força e Movimento, por meio de estratégias metaconceituais envolvendo diversos recursos didáticos. Tais estratégias apoiam-se na perspectiva elucidada por Y r k et al. (2009) sobre o papel da metacogni o na compreensão conceitual, especialmente frente a situa es que exigem uma reorganiza o de suas estruturas cognitivas, como   o caso dos conceitos construídos intuitivamente. A perspectiva teórica retomada e aprofundada neste texto serviu de suporte para traçar estratégias implementadas na pesquisa de Y r k (2009) no ensino médio e de Huang, Ge e Eservel (2017) no oitavo ano escolar. O foco de ambas as pesquisas estava em promover a melhoria da compreensão conceitual dos alunos e, ao mesmo tempo, do uso de suas habilidades metacognitivas. Como resultado, os dois estudos apontaram para a viabilidade da utiliza o de estratégias metacognitivas como suporte   reestrutura o cognitiva dos estudantes, especialmente em termos da tomada de consciência sobre suas concep es e crenças, bem como sobre a monitora o e a avalia o da compreensão frente a um novo conceito que exige mudanças nas ideias.

A metacogni o presente nas interven es didáticas em Física

A segunda categoria refere-se   forma como a metacogni o se revela presente nos estudos analisados. Nesse sentido, buscou-se identificar as aproxima es teóricas realizadas com o construto, estabelecendo um diálogo com as discussões feitas na se o “Reflexões sobre a metacogni o”, especialmente com a diversidade de interpreta es e associa es possíveis e verificadas na literatura.

A análise sobre as pesquisas revelou que seis dos 16 estudos dedicam uma ou mais se es a discutir, de forma mais aprofundada, o conceito de metacogni o, abrangendo aspectos decorrentes da sua origem, defini o, componentes e aproxima es teóricas. Os demais se limitam a utilizar o termo como sin nimo de um processo reflexivo de tomada de consciência, vinculando-o diretamente às habilidades metacognitivas (Anderson, & Nashon, 2006; Caleoni, & Buteler, 2009; Chang et al., 2011; Kalman et al., 2015; Peters, 2012; Ryan et al., 2016; Verpoorten et al., 2014), às estratégias metacognitivas (Moser, Zumbach, & Deibl, 2017), aos processos autorregulatórios (Johnson, 2012) ou ao

monitoramento da compreensão (Koch, 2001).

No que concerne aos seis estudos que se dedicam a discutir o entendimento de metacognição, observa-se uma variedade de aproximações e enlaces teóricos, como previsto anteriormente neste texto. Todavia, também se verifica que, em ambos os estudos, há uma associação da metacognição com o processo de tomada de consciência do sujeito sobre seus próprios conhecimentos e sobre o modo como procede para realizar ações executivas, relacionando o conceito à definição de Flavell (1976; 1979). Esse entendimento, de certa forma, também perpassa os estudos que não destinam uma seção específica para aprofundamento teórico, mas que, nas discussões relativas à aplicação das propostas didáticas e aos resultados, explicitam tal compreensão.

Nos que apresentam uma discussão mais ampla sobre metacognição, o destaque fica por conta das aproximações e ênfases feitas pelos respectivos autores e que permitem visualizar o vasto campo de aplicação e atuação desse construto. O estudo de Zepeda et al. (2015), por exemplo, apresenta uma discussão que aproxima metacognição e motivação, de forma a enfatizar aspectos relativos às habilidades metacognitivas como vinculadas aos processos autorregulatórios, como crenças de automotivação, autocontrole e autojulgamento. De acordo com os autores, o treinamento metacognitivo favorece, entre outras coisas, uma série de construções motivacionais, inclusive o sentimento de auto eficácia. As discussões teóricas oferecidas pelo estudo permitem analisar possibilidades de aproximação entre a metacognição e a dimensão motivacional, aspecto que tem ganhado espaço nas pesquisas da área (Efklides, 2006). O trabalho realizado com estudantes do oitavo ano apontou que a intervenção metacognitiva embora tenha contribuído pouco para aumentar o uso da metacognição por parte dos alunos, se mostrou eficiente para melhorar a motivação e a capacidade de transferência do conhecimento.

A auto eficácia também é ressaltada, nas pesquisas de Anderson e Nashon (2007) e de Nielson, Nashon e Anderson (2009), como uma componente metacognitiva. Os autores salientam a existência de diferentes interpretações para a metacognição, porém é mantida a compreensão de que ela está associada à conscientização e ao controle dos próprios processos cognitivos. A diferença no entendimento dos autores se situa nos elementos que integram essa dimensão, a saber, conscientização, controle, avaliação, planejamento, monitoramento e auto eficácia, os quais embasaram o estudo desenvolvido, que apontou a importância das situações de interação social e de aprendizagem colaborativa como favorecedoras da metacognição.

Taasoobshirazi e Farley (2013b), embora não façam uma aproximação teórica direta entre os conceitos de metacognição e de motivação, associam tais dimensões durante as investigações sobre uma intervenção didática com alunos universitários. Apoiando-se na perspectiva de que os estudantes considerados com expertise em resolução de problemas em Física recorrem de forma mais intensa e profícua a seus recursos metacognitivos, quando comparados aos novatos, os autores defendem, entre outros aspectos, a importância da motivação como elemento favorecedor da aprendizagem e vinculado à metacognição. Neste sentido, a motivação foi descrita como

estando conectada a fatores intrínsecos – vinculados a questões como interesse pessoal – e extrínsecos – relacionados a objetivos como a recompensa por notas, por exemplo. Além desses aspectos, os autores associam a autodeterminação e a auto eficácia à motivação e, em seu entendimento, à metacognição. A autodeterminação refere-se ao controle da aprendizagem pelos alunos e à atribuição que lhes julgam ser conferida; a auto eficácia, por sua vez, remete às crenças dos alunos sobre suas capacidades em uma área específica, o que influencia a escolha das atividades a serem realizadas. Tais elementos, somados a outros, sustentaram os achados de Taasobshirazi e Farley (2013b), em termos de que a motivação favorece o uso do pensamento metacognitivo e contribui para a qualificação da aprendizagem – no caso do estudo, favorece a resolução de problemas em Física.

Ainda no que concerne ao entendimento de metacognição, destaca-se o estudo de Yürük et al. (2009), referência para o de Huang, Ge e Eservel (2017), que discute a metacognição na constituição dos conceitos, inferindo o termo “metaconceituais”. Esse é utilizado para designar o “conhecimento e processos metacognitivos que atuam e se relacionam com o próprio sistema conceitual de outros conhecimentos e processos” (Yürük et al., 2009, p. 452). Apoiando-se nos trabalhos de Thorley (1990) e de Hewson, Beeth e Thorley (1998), os autores referem que os metaconceitos estão relacionados aos processos de pensamento que atuam sobre as concepções dos alunos e enfatizam que, ao discutir, comparar, contrastar explicações, tendo por referência argumentos que levem a explicações e ao confronto entre os conceitos já existentes na estrutura cognitiva e os novos, o sujeito está realizando uma atividade metaconceitual. Essas atividades, que estão diretamente ligadas à metacognição, são constituídas dos seguintes elementos: conhecimento metaconceitual (conhecimento estável e que influencia a aquisição dos novos), consciência metaconceitual (consciência e reflexão sobre os conceitos e elementos existentes), monitoramento metaconceitual (gera informações sobre o estado cognitivo) e avaliação metaconceitual (julgamentos sobre a capacidade das concepções concorrentes para explicar o fenômeno real). Além disso, Huang, Ge e Eservel (2017), apoiando-se no estudo de Yürük et al. (2009), inferem que o pensamento metaconceitual compreende o conhecimento sobre como se aprendem os conceitos e os fatores que influenciam a aprendizagem. Os autores elencam três processos de pensamento ativo: “(a) consciência do status da ecologia conceitual, incluindo conceitos existentes e passados; (b) monitoramento ativo da compreensão conceitual e processo de pensamento; e (c) avaliação consciente de concepções concorrentes” (p. 78–79).

A taxionomia apresentada para as atividades metaconceituais implicadas nas mudanças conceituais serviu de referência para o processo de intervenção realizado por Yürük et al. (2009) e Huang, Ge e Eservel (2017), no qual cada um dos elementos foi considerado. Como resultados atinentes à relação da metacognição com a mudança conceitual (atividades metaconceituais), os estudos apontaram que as intervenções metaconceituais favoreceram a compreensão conceitual, uma vez que os alunos passam a estar cientes de suas ideias, modelos mentais construídos e pressupostos relacionados a essas ideias e construções. Além disso, revelaram que, conscientemente, esses sujeitos

os comparam e os contrastam com informações provenientes de diferentes fontes, avaliando a sua pertinência e validade, o que se mostra importante para que os novos conceitos sejam aceitos e assimilados.

Por fim, os estudos relatados nesta seção apresentam a compreensão de metacognição em duas direções: a primeira se volta a uma definição mais geral, embebida em poucas discussões sobre seus fundamentos teóricos; e a segunda, ao fazer essas discussões, abrange outros construtos associados a ela, como crenças, motivação, auto eficácia e mudança conceitual. Tal identificação permite inferir que a metacognição ainda permanece carente de um referencial teórico suficientemente amplo, capaz de atender às demandas relacionadas a ela, como assinalado por Veenman, van Hout-Wolters e Afflerbach (2006), Larkin (2006) e outros pesquisadores da área.

Além disso, foi possível constatar que poucos trabalhos centram a intervenção didática nos elementos metacognitivos, e que, em alguns, é difícil identificar os elementos específicos ou as construções teóricas em questão. Outro aspecto observado em relação à parte teórica é que nenhum deles foca a intervenção exclusivamente na metacognição, mantendo-a como um referencial teórico único. Disso decorre que as intervenções analisadas, embora estejam direcionadas à melhoria do uso dos processos metacognitivos nos alunos, pouco se apoiam em suas discussões ou em um aprofundamento teórico, evidenciando uma lacuna nessa área de pesquisa, conforme já mencionado.

Outro aspecto basilar em relação ao campo teórico que subsidia as pesquisas analisadas está relacionado à associação da metacognição com aspectos socioculturais, e não limitados a discussões envolvendo aprendizagens individuais. Por exemplo, os estudos de Anderson e Nashon (2007), Nielson, Nashon e Anderson (2009) e Thomas (2013) enfatizam o aspecto sociocultural que influencia no desenvolvimento conceitual dos alunos, estabelecendo intervenções didáticas guiadas pela metacognição, mas, ao mesmo tempo, apoiadas na compreensão de que a identidade sociocultural do indivíduo e do grupo ao qual pertence, em grande parte, determina as ferramentas de aprendizagem que ele usa para dar sentido ao mundo. Dentre essas ferramentas ou estratégias, os autores ressaltam a metacognição.

Questionários de orientação metacognitiva usados nas intervenções didáticas

O modo como a presença dessa forma de pensamento é avaliada nas investigações é outro aspecto relevante e que possibilita identificar características dos estudos em metacognição. Como mencionado na Introdução, essa avaliação tem se revelado um problema nesses estudos e, juntamente com a falta de um corpo teórico consistente e amplo, pode estar contribuindo para limitar as pesquisas na área.

No universo analisado, identificou-se que 12 das 16 pesquisas recorrem aos questionários na forma de pré- e pós-testes ou apenas pós-teste. Esses questionários abrangem a métrica de diferentes dimensões como a metacognição, conhecimentos específicos em Física ou crenças epistemológicas. Dentre os questionários utilizados, há

os especificamente desenvolvidos para a pesquisa em questão e os que já foram validados e divulgados na literatura (testes padronizados). Em termos desses últimos, identificam-se os apresentados na Figura 3 e que foram agrupados de acordo com a categoriza o mencionada neste parágrafo, sendo incluída a categoria “outros” para questionários que não se encaixam nas demais.

Categorias	Questionários
Metacognitivos	Metacognitive Orientation Learning Environment Scale-Science – MOLES-S Metacognitive Awareness Inventory – MAI Metacognition Baseline Questionnaire – MBQ
Conhecimentos específicos	Koch and Eckstein physics test – KE Test of Electricity-Magnetism Knowledge – TEMK Force Concept Inventory – FCI
Cren�as epistemológicas	Discipline Focused Epistemological Beliefs Questionnaire – DFEBQ Epistemological Beliefs Survey – EBS
Outros	Physics Motivation Questionnaire – PQM Students Attitude Questionnaire in learning Physics – SAQ Physics Problem solving ability Questionnaire – PPS Checklist on Students Knowledge towards – ICT Constructivist Project based Learning Environment Survey – CPLES

Figura 3. Testes padronizados na literatura e utilizados nas pesquisas de interven o didática

Fonte: dados de pesquisa, 2017.

Os testes apresentados na Figura 3 foram utilizados individualmente ou concomitantemente a outros, dependendo dos objetivos de cada pesquisa. O estudo de Johnson (2012), por exemplo, recorre a um conjunto de quatro testes para avaliar as contribui es de um processo de interven o guiado por a es de autorregula o e controle junto a alunos universitários na  ndia. Os testes incluem medidas do uso de estratégias de autorregula o (entre elas, as metacognitivas), de atitudes na aprendizagem em Física, das destrezas na resolu o de problemas em Física e de conhecimentos sobre tecnologia de informa o e comunica o. Com medidas de pr - e pós-teste, o autor infere que a interven o guiada por m dias digitais e orientada pelas estratégias de autorregula o contribuiu significativamente para a melhoria tanto dos processos autorregulatórios como das atitudes dos alunos em rela o   disciplina de Física, além de ter aumentado a capacidade de resolu o de problemas nessa  rea.

De modo particular e de interesse deste texto, analisam-se, na continuidade, os testes padronizados utilizados nos estudos e que auxiliam na análise da eficácia dos processos de interven o didática em Física em termos de favorecimento do pensamento metacognitivo. Tais testes foram empregados na forma de pr - e, em alguns casos, p s-interven o e buscaram, como exemplificado no parágrafo anterior, avaliar as contribui es desses processos, considerando a repercussão no uso da metacogni o.

No contexto dos estudos, identificam-se dois que utilizam o Metacognitive Orientation Learning Environment Scale-Science (MOLES-S) (Thomas, 2013; Ryan et al., 2016), dois que recorrem ao Metacognition Baseline Questionnaire (MBQ) (Anderson, & Nashon, 2007; Nielsen, Nashon, & Anderson, 2009); um que opta pelo Metacognitive Awareness Inventory (MAI) (Zepeda et al., 2015) e outro que adota o Self-regulatory Awareness Inventory for Physics Students (SRA) (Johnson, 2012).

O MOLES-S é um teste de orientação metacognitiva desenvolvido e validado por Thomas (2003) com o objetivo de avaliar a consciência metacognitiva dos alunos em aulas de Ciências mediadas por situações de aprendizagem social. Ele é estruturado na forma de escala Likert e contém 35 assertivas, divididas em sete tópicos, cada qual com cinco itens. Cada tópico avalia um aspecto elencado pelos autores como presentes em ambientes de aprendizagem em Ciências associados a dimensões sociais, como o trabalho coletivo. Tais tópicos buscam avaliar se os estudantes estão conscientes do modo como aprendem e como podem melhorar sua aprendizagem (demandas metacognitivas); se discutem seus processos de aprendizagem entre si (discurso aluno-aluno); se os discutem com o professor (discurso aluno-professor); se sentem que são capazes de discutir o planejamento das aulas com o professor (a voz do aluno); se colaboram com o professor para planejar as atividades à medida que se tornam mais autônomos em sua aprendizagem (controle compartilhado); se são encorajados pelo professor para melhorar seus processos de aprendizagem em Ciências (incentivo e apoio dos professores); e se há acompanhamento emocional dos alunos em relação à aprendizagem (dimensão emocional). Tais categorias foram amparadas em uma revisão sobre o conceito de metacognição, especialmente nos estudos que apontam sua vinculação com o construtivismo social.

O estudo de Thomas (2013) utiliza o teste como forma de avaliar, em aulas de Física no Canadá, a ação de um professor que busca estimular a reflexão metacognitiva dos alunos. O professor recorre a uma mudança pedagógica associada ao ambiente da sala de aula, incluindo o uso de um quadro representacional e de metáforas que conduzem os alunos a refletir metacognitivamente acerca de suas opiniões sobre a Física e sobre como sabiam que a haviam aprendido. O questionário foi utilizado juntamente com outros instrumentos de pesquisa (entrevistas, gravações de vídeos e observações), possibilitando identificar a potencialidade da tomada de consciência dos alunos sobre seu próprio processo de aprendizagem. Por fim, o autor argumentou que as explicações dirigidas por professores sobre estratégias de pensamento e raciocínio são fundamentais para promover a metacognição nos estudantes.

O MAI, elaborado e validado por Gregory Schraw e Rayne Sperling Dennison (1994), é um teste que permite examinar, nos moldes de autorrelato, a consciência metacognitiva dos jovens e adultos frente à realização de diferentes ações. O instrumento construído na forma de escala Likert é composto por 52 assertivas e subdividido nas duas componentes metacognitivas indicadas por Flavell (1979): conhecimento do conhecimento e controle executivo e autorregulador. A primeira com 17 itens

subdivididos nas três variáveis indicadas por Flavell e Wellmann (1977): pessoa, tarefa e estratégia. A segunda   integralizada no questionário por 35 itens subdivididos em cinco elementos: planejamento, organiza o, monitoramento, depura o e avalia o. O teste tem sido amplamente utilizado em diversas áreas e   considerado um dos clássicos na avalia o dos conhecimentos e das habilidades metacognitivas, com excelente grau de confiabilidade, conforme mencionado por Pintrich, Wolters e Baxter (2000).

Zepeda et al. (2015) utilizaram o MAI especificamente para os itens planifica o, monitoramento e avalia o, e buscaram mapear os níveis de consciência metacognitiva dos alunos antes e depois da interven o. A análise dos resultados do teste revelou que a interven o orientada pela metacogni o contribuiu pouco para ampliar a consciência metacognitiva nos itens avaliados, mas foi favorecedora da motiva o e da capacidade de transferência do conhecimento.

OMBQ, elaborado e validado por Anderson e Nashon (2007), avalia o envolvimento autodeclarado dos alunos em situa es de aprendizagem envolvendo metacogni o dentro de configura es de ensino formal e não formal. O instrumento compreende 53 itens distribuídos em seis dimensões e construído na forma de escala Likert de cinco pontos. Os seis elementos são subdivididos de modo a avaliar a consciência dos alunos sobre a forma como aprendem (tomada de consciência); o modo como procedem   autorregula o das a es (controle); a capacidade de avaliar as estratégias de que dispõem para solucionar problemas (avalia o); a sua consciência sobre os caminhos a serem seguidos (planifica o); e a auto percep o sobre sua capacidade de aprendizagem (auto eficácia). Para a constru o do questionário, os autores tomam como referencial de Flavell (1976), Brown (1978), White (1998) e de auto eficácia em Biggs (1988).

Os estudos de Anderson e Nashon (2007) e de Nielson, Nashon e Anderson (2009) recorreram ao MQB como pré-teste. Os estudos já descritos anteriormente tomaram tais questionários como referência para a identifica o dos perfis metacognitivos individuais dos alunos investigados e serviram de indicadores para observar o comportamento de aprendizagem de cada um,   medida que resolviam problemas durante a viagem ao parque de diversões. Os dados fornecidos pelo MQB foram confrontados com os dados de áudio dos grupos de alunos em processo de intera es e, também, com as entrevistas individuais, evidenciando que, embora alguns não apresentassem um perfil metacognitivo apurado no início da atividade, com o desenvolver da tarefa conseguiram ser conscientes e monitorar suas a es.

Os testes de orienta o metacognitiva mencionados foram os utilizados nos estudos em análise neste texto, mas não são os únicos disponíveis na literatura. O Physics Metacognition Inventory (PMI), por exemplo, que não foi citado nos estudos, consiste em um teste padronizado que avalia o uso do pensamento metacognitivo dos estudantes durante a resolu o de problemas em Física. Desenvolvido por Taasobshirazi e Farley (2013a), ele apresenta 24 itens divididos nas duas componentes indicadas por Flavell (1976): conhecimento do conhecimento e controle executivo e autorregulador. Cada componente   subdividida seguindo as categorias adotadas por Schraw e Dennison

(1994) no MAI e está estruturada na forma de escala Likert de cinco pontos. A distinção entre os dois testes está no fato de que o PMI apresenta uma estrutura voltada a assertivas vinculadas à resolução de problemas em Física, com itens do tipo “Eu sei por que os diagramas de corpo livre são importantes para a resolução de problemas físicos” ou “Ao resolver um problema de Física, me pergunto se estou cumprindo meus objetivos”.

O uso de testes padronizados como os referidos nesta seção se revela recorrente nos estudos analisados, incitando a discussão sobre a forma como a metacognição pode ser avaliada em processos de intervenção didática. Nesse sentido, 13 dos 16 artigos estão assentados sobre uma metodologia quantitativa cuja ênfase está na análise estatística dos dados coletados, o que se mostra uma tendência para as pesquisas em metacognição, pelo menos em relação ao universo investigado. Esse tipo de pesquisa, que não reflete a opção da maioria dos pesquisadores do campo da Educação em Ciências no Brasil (Carvalho, & Rezende, 2009), aponta para uma análise voltada à busca por resultados mais sólidos, e não tão profundos e reais, como assinalado por Greca (2000). A autora indica a combinação entre as abordagens quantitativa e qualitativa como alternativa para dar robustez aos resultados. Na mesma direção, Gatti (2004, p. 13) pondera que essa combinação pode “vir a enriquecer a compreensão de eventos, fatos, processos. As duas abordagens demandam, no entanto, o esforço de reflexão do pesquisador para dar sentido ao material levantado e analisado”. No caso das pesquisas analisadas, o que se observou foi uma tendência em discorrer sobre dados obtidos pelo uso dos questionários, com isso limitando-se a inferir, ao final, comparação entre grupos experimentais e de controle, bem como resultados que mostram, a partir de índices, se a intervenção alcançou ou não seu objetivo.

Tal conclusão se revela um dos achados deste estudo que, associados aos demais já mencionados, constituem os apontamentos finais da pesquisa, conforme se apresenta na continuidade.

Considerações finais

A metacognição tem assumido destaque nos processos educativos por favorecer uma aprendizagem que se estende ao longo da vida, não se limitando às questões específicas de um dado momento em sala de aula. Ao terem contato com os processos metacognitivos, os estudantes aprendem a aprender, ou seja, aprendem a identificar os caminhos que os levaram a aprender, tornando-se autônomos em seus processos de aprendizagem.

Partindo dessa premissa, identificou-se um conjunto de estudos que apresentaram como objetivo melhorar os processos metacognitivos dos estudantes por meio de intervenções didáticas, a fim de repercutir em melhoria da aprendizagem em Física. Tais investigações permitiram identificar, entre outros atributos, que o uso da metacognição favorece a compreensão conceitual (Anderson, & Nashon, 2007; Nielsen et al., 2009) e o confronto entre conceitos (Huang, Ge, & Eservel, 2017; Yürük et al., 2009;); melhora a leitura e o monitoramento da compreensão textual (Koch, 2001); e proporciona maior

motiva o para a aprendizagem (Taasoobshirazi, & Farley 2013b; Thomas, 2013; Zepeda et al., 2015). Tais elementos ampliam o anunciado na introdu o deste texto, ou seja, a ideia de que a metacogni o contribui para melhorar a capacidade de resolu o de problemas em Física, aspecto também presente nos trabalhos examinados (Caleoni, & Buteler, 2009; Johnson, 2012).

De um modo geral, pode-se dizer que as investiga es se revelam metodologicamente bem constituídas, embora focadas em uma abordagem quantitativa com pouca discussão e aprofundamento dos resultados – sendo esse um problema nas pesquisas em metacogni o e que precisa ser discutido em estudos futuros, conforme mencionado no texto e reforçado por Avargil, Lavi e Dori (2018). Os resultados mostraram ganhos metacognitivos, ainda que nas pesquisas de Zepeda et al. (2015) e de Moser, Zumbach e Deibl (2017) tenham sido tímidos. Em termos dos ganhos cognitivos, os resultados variaram, mas na maioria acompanharam os metacognitivos, com exce o dos estudos de Johnson (2012) e Verpoorten et al. (2014), que apontaram ganhos metacognitivos significativamente melhores que os cognitivos.

Acerca das contribui es das pesquisas para subsidiar a prática pedagógica dos professores, uma vez que se tratavam de estudos envolvendo interven es didáticas, a maioria se mostrou insipiente, apesar de indicarem importantes possibilidades de contemplar a metacogni o associada a outras dimensões teóricas. Em outras palavras, nos estudos analisados não foi possível identificar descri es detalhadas sobre os processos de interven o realizada.

Em suma, os resultados apontam que a reflexão metacognitiva auxilia na tomada de consciência dos estudantes sobre seus conhecimentos, podendo repercutir em melhorias na aprendizagem. Por outro lado, as investiga es analisadas fornecem pouca contribui o para o uso da metacogni o no contexto escolar, decorrendo disso a necessidade de realizar mais pesquisas nesse campo e buscar alternativas para que ela possa se fazer presente em sala de aula. Sobre esse último aspecto, destaca-se a possibilidade de que os professores, durante sua forma o inicial ou continuada, desenvolvam conhecimentos em metacogni o e conhecimentos pedagógicos associados aos processos didáticos guiados pelo pensamento metacognitivo, como mencionado por Zohar e Barzilai (2013). Segundo as autoras, há uma lacuna nessa área, sobre a qual os professores têm demonstrado pouco conhecimento. Nesse sentido, emana a possibilidade de investigar a forma como esses conhecimentos podem ser discutidos nos cursos de forma o de professores e quais as suas contribui es para a efetiva presença da metacogni o no ensino de Física.

Referências

Anderson, D., & Nashon, S. (2007). Predators of knowledge construction: Interpreting students' metacognition in an amusement park physics program. *Science Education*, 91(2), 298–320. <https://doi.org/10.1002/sce.20176>

- Avargil, S., Lavi, R., & Dori, Y. J. (2018). Students' metacognition and metacognitive strategies in science education. In Y. J. Dori, Z. R. Mevarech, & D. R. Baker (Orgs) *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education* (pp. 33–64). Dordrecht, The Netherlands: Springer-Verlag.
- Bransford, J., Sherwood, R., Vye, N., & Rieser, J. (1986). Teaching thinking and problem solving: Research foundations. *American psychologist*, 41(10), 1078–1089.
- Biggs, J. B. (1988). The role of metacognition in enhancing learning. *Australian Journal of Education*, 32(2), 127–138. <https://doi.org/10.1177/000494418803200201>
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Brown, A. L. (1978). Knowing when, where, and how to remember: a problem of metacognition. In R. Glaser (Org.), *Advances in instructional psychology* (pp. 77–165). NJ: LEA.
- Carvalho, R. C., & Rezende, I. O. (2009). Tendências da pesquisa na área de educação em Ciências: uma análise preliminar da publicação da ABRAPEC. In *Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências* (pp. 1–8). Florianópolis, SC.
- Chang, S. H., Chen, M. L., Kuo, Y. K., & Shen, Y. C. (2011). A Simulation-Based LED Design Project in Photonics Instruction Based on Industry–University Collaboration. *IEEE Transactions on Education*, 54(4), 582–589.
- Chi, M. T., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. J. Sternberg (Org.). *Advances in the psychology of human intelligence*. v. 1 (pp. 7–75). N.J.: Erlbaum.
- Coleoni, E., & Buteler, L. (2009). Students thinking during physics problem solving: identifying the resources with which they learn. *Journal of Science Education*, 10(1), 10–14.
- Dunning, D., Johnson, K., Ehrlinger, J., & Kruger, J. (2003). Why people fail to recognize their own incompetence. *Current Directions in Psychological Science*, 12(3), 83–87.
- Efklides, A. (2006). Metacognition and affect: What can metacognitive experiences tell us about the learning process? *Educational Research Review*, 1(1), 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2005.11.001>
- Fadel, C., Biliak, M., & Trilling, B. (2016). *Educação em quatro dimensões: as competências que os estudantes precisam ter para atingir sucesso*. Tradução Lilian Bacich. São Paulo: Instituto Ayrton Senna.
- Fávero, M. H., & Sousa, C. M. S. G. (2001). A resolução de problemas em Física: revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 6(2), 143–196.

- Flavell, J. H. (1971). First discussant's comments: what is memory development the development of? *Human Development*, 14(4), 272–278. <https://doi.org/10.1159/000271221>
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence* (pp. 231–236). NJ: LEA.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Flavell, J. H., & Wellman, H. (1977). Metamemory. In R. V. Kail, & J. W. Hagen (Eds.), *Perspectives on the development of memory and cognition* (pp. 3–33). Mahwah, NJ: LEA.
- Flavell, J. H., Miller, P. H., & Miller, S. A. (1999). *Desenvolvimento cognitivo*. Tradução de Cláudia Dornelles. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul.
- Gatti, B. (2004). Estudos quantitativos em educação. *Educação e Pesquisa*, 30(1), 11–30.
- Georgiades, P. (2004). From the general to the situated: Three decades of metacognition. Research report. *International Journal of Science Education*, 26(3), 365–383. <https://doi.org/10.1080/0950069032000119401>
- Greca, I. M. (2000). Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em ensino de ciências: algumas questões para refletir. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(1), 73–82.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. NY: Routledge.
- Hattie, J. (2012). *Visible learning for teachers: maximizing impact on learning*. New York: Routledge.
- Hennessey, G. (2003). Metacognitive aspects of students' reflective discourse: Implications for intentional conceptual change teaching and learning. In G. Sinatra & P. Pintrich (Eds.), *Intentional conceptual change* (pp. 103–132). Mahwah, NJ: LEA.
- Hewson, P. W., Beeth, M. E., & Thorley, N. R. (1998). Teaching for conceptual change. In B. J. Fraser, & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 199–218). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Hinojosa, J., & Sanmartí, N. (2016). Promoviendo la autorregulación en la resolución de problemas de física. *Ciência & Educação*, 22(1), 7–22. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320160010002>
- Huang, K., Ge, X., & Eseryel, D. (2017). Metaconceptually-enhanced simulation-based inquiry: effects on eighth grade students' conceptual change and science epistemic beliefs. *Educational Technology Research and Development*, 65(1), 75–100. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9462-5>
- Johnson, N. (2012). Examining self-regulated learning in relation to certain selected variables. *Acta Didactica Napocensia*, 5(3), 1–12.

- Kalman, C. S., Sobhanzadeh, M., Thompson, R., Ibrahim, A., & Wang, X. (2015). Combination of Interventions Can Change Students' Epistemological Beliefs. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2), 020136-1-020136-17. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020136>
- Kistner, S., Rakoczy, K., Otto, B., Dignath-van Ewijk, C., Buttner, G., & Klieme, E. (2010). Promotion of self-regulated learning in classrooms: investigating frequency, quality, and consequences for student performance. *Metacognition and Learning*, 5(2), 157–171. <https://doi.org/10.1007/s11409-010-9055-3>
- Koch, A. (2001). Training in metacognition and comprehension of physics texts. *Science Education*, 85(6), 758–768. <https://doi.org/10.1002/sce.1037>
- Malone, K. L. (2008). Correlations among knowledge structures, force concept inventory, and problem-solving behaviors. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 4(2), 020107-1-15. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.4.020107>
- Mäntylä, T. (2013). Promoting Conceptual Development in Physics Teacher Education: Cognitive-Historical Reconstruction of Electromagnetic Induction Law. *Science & Education*, 22(6), 1361–1387. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9460-x>
- McIntyre, D. (2005). Bridging the gap between research and practice. *Cambridge Journal of Education*, 35(3), 357–382. <https://doi.org/10.1080/03057640500319065>
- Monereo, C. (2001). La enseñanza estratégica: enseñar para la autonomía. In C. Monereo (Org.). *Ser estratégico y autónomo aprendiendo* (pp. 11–27). Barcelona: Graó.
- Moser, S., Zumbach, J., & Deibl, I. (2017). The effect of metacognitive training and prompting on learning success in simulation based physics learning. *Science Education*, 101(6), 944–967. <https://doi.org/10.1002/sce.21295>
- Muñoz, Á. V. (2017) ¿Qué hay de nuevo en la metacognición? Una revisión del concepto y su aplicación en los procesos de lectura y escritura. Venezuela. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/306079274>
- Nelson, T., & Narens, L. (1994). Why investigate metacognition. In M. Janet, & A. Shimamura (Org). *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 1–25). Cambridge: ABB.
- Nielsen, W. S., Nashon, S., & Anderson, D. (2009). Metacognitive engagement during fieldtrip experiences: A case study of students in an amusement park physics program. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(3), 265–288. <https://doi.org/10.1002/tea.20266>
- Noël, B. (1991). *La métacognition*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Palincsar, A. S., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension fostering and comprehension monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1(2), 117–175. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0102_1

- Parisoto, M. (2014). *Ensino de Termodinâmica a partir de situa es da Engenharia: integrando as metodologias de projetos e as unidades de ensino potencialmente significativas*. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Pintrich, P. R., Wolters, C. A., & Baxter, G. P. (2000). Assessing metacognition and self-regulated learning. In G. Schraw, & J. C. Impara (Orgs.), *Issues in the measurement of metacognition* (pp. 43–97). Lincoln, NE: Buros Institute of Mental Measurement.
- Peters, E. E. (2012). Developing content knowledge in students through explicit teaching of the nature of science: Influences of goal setting and self-monitoring. *Science & Education*, 21(6), 881–898. <https://doi.org/10.1007/s11191-009-9219-1>
- Pol, H. J., Harskamp, E. G., Suhre, C. J., & Goedhart, M. J. (2009). How indirect supportive digital help during and after solving physics problems can improve problem-solving abilities. *Computers & Education*, 53(1), 34–50. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.12.015>
- Romanowski, J. P., & Ens, R. T. (2006). As pesquisas denominadas do tipo “Estado da Arte”. *Revista Di logo Educacional*, 6(19), 37–50.
- Rosa, C. T. W. (2011). *A metacogni o e as atividades experimentais no ensino de Física*. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Ryan, Q. X., Frodermann, E., Heller, K., Hsu, L., & Mason, A. (2016). Computer problem-solving coaches for introductory physics: Design and usability studies. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 0101051-17. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010105>
- Schraw, G., & Dennison, R. S. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary educational psychology*, 19(4), 460–475. <https://doi.org/10.1006/ceps.1994.1033>
- Smith, C., Maclin, D., Houghton, C., & Hennessey, G. (2000). Sixth-grade students’ epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*, 18(3), 349–422. https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1803_3
- Taasoobshirazi, G., & Farley, J. (2013a). Construct validation of the physics metacognition inventory. *International Journal of Science Education*, 35(3), 447–459. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.750433>
- Taasoobshirazi, G., & Farley, J. A. (2013b). Multivariate Model of Physics Problem Solving. *Learning and Individual Differences*, 24, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.05.001>

- Thomas, G. P. (2003) Conceptualisation, Development and Validation of an Instrument for Investigating the Metacognitive Orientation of Science Classroom Learning Environments: The Metacognitive Orientation Learning Environment Scale – Science (MOLES-S). *Learning Environments Research*, 6(2), 175–197. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.750433>
- Thomas, G. P. (2013). Changing the metacognitive orientation of a classroom environment to stimulate metacognitive reflection regarding the nature of physics learning. *International Journal of Science Education*, 35(7), 1183–1207. <https://dx.doi.org/10.1080/09500693.2013.778438>
- Thorley, N. R. (1990). *The role of conceptual change model in the interpretation of classroom interactions*. (Dissertação Mestrado). Universidade de Wisconsin, Madison.
- Veenman, M. V. J. (2005). The assessment of metacognitive skills: What can be learned from multimethod designs? In C. Artelt, & B. Moschner (Orgs.), *Lernstrategien und Metakognition: Implikationen für Forschung und Praxis* (pp. 75–97). Münster: Waxmann.
- Veenman, M. V. J. (2011). Learning to self-monitor and self-regulate. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Orgs.), *Handbook of research on learning and instruction* (pp. 197–218). NY: Routledge.
- Veenman, M. V. J., Kok, R., & Blöte, A. W. (2005). The relation between intellectual and metacognitive skills in early adolescence. *Instructional Science*, 33(3), 193–211. <http://doi.org/10.1007/s11251-004-2274-8>
- Veenman, M. V. J., van Hout-Wolters, B. H. A. M., & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, 1(1), 3–14. <https://doi.org/10.1007/s11409-006-6893-0>
- Verpoorten, D., Castaigne, J. L., Westera, W., & Specht, M. (2014). A quest for meta-learning gains in a physics serious game. *Education and Information Technologies*, 19(2), 361–374. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9219-7>
- Wang, M., Haertel, G., & Walberg, H. (1993). Toward and knowledge base for school learning. *Review of Educational Research*, 63(3), 249–294. <https://doi.org/10.3102/00346543063003249>
- White, R. T. (1990). Metacognition. In J. Keeves, (Org.). *Educational Research, Methodology and Measurement: An international handbook* (pp. 70–75). Oxford: Pergamon Press.
- White, R. T. (1998). Decisions and problems in research on metacognition. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Orgs.), *International Handbook of Science Education* (pp. 1207–1213). London: Kluwer.

Y r k, N., Beeth, M. E., & Andersen, C. (2009). Analyzing the effect of metaconceptual teaching practices on students' understanding of force and motion concepts. *Research in Science Education*, 39(4), 449–475. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9089-6>

Zepeda, C. D., Richey, J. E., Ronevich, P., & Nokes-Malach, T. J. (2015). Direct instruction of metacognition benefits adolescent science learning, transfer, and motivation: An in vivo study. *Journal of Educational Psychology*, 107(4), 954–970. <http://dx.doi.org/10.1037/edu0000022>

Zimmerman, B. J. (1995). Self-efficacy and educational development. In A. Bandura (Org.), *Self-efficacy in changing societies* (pp. 202–231). Cambridge: Cambridge University Press.

Zohar, A., & Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education: current and future directions. *Studies in Science Education*, 49(2), 121–169. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.847261>

Cleci T. Werner da Rosa

 <http://orcid.org/0000-0001-9933-8834>

Universidade de Passo Fundo
Departamento de Física
Passo Fundo, Brasil
cwerner@upf.br

Jesús Angel Meneses Villagr 

 <http://orcid.org/0000-0003-4839-0418>

Universidad de Burgos
Departament de Didactica das Ciencias Experimentales
Burgos, Espa a
msestes@ubu.es

Submetido em 19 de Março de 2018

Aceito em 29 de Junho de 2018

Publicado em 27 de Julho de 2018