

Atividades experimentais e simulações computacionais e o pensamento metacognitivo como recursos para o ensino de Física

Experimental activities and computer simulations and metacognitive thinking as resources for teaching Physics

Actividades experimentales y simulaciones por ordenador y pensamiento metacognitivo como recursos para la enseñanza de la Física

Andréia Spessatto De Maman¹
Italo Gabriel Neide²

Resumo

Neste artigo é apresentada parte de uma pesquisa de uma tese de doutorado que teve como objetivo analisar indícios de pensamento metacognitivo de alunos de Engenharia, na disciplina de Física I, quando desafiados a solucionarem situações-problema em que podem fazer uso de material experimental ou de simulação computacional. Serão apresentadas as discussões realizadas sobre a utilização dos diferentes recursos para a solução das situações-problema propostas nos roteiros-guia e a evocação do pensamento metacognitivo, sob uma análise qualitativa descritiva. Os recursos são: materiais para a experimentação prática, links de acesso aos simuladores, materiais de aula, como anotações e resumos, acesso livre à internet e livros didáticos. A análise foi desenvolvida em cada uma das três intervenções didáticas realizadas. Infere-se que, quanto ao uso do recurso, o fato não está diretamente relacionado à quantidade que o sujeito utiliza ou qual, mas sim como ele se autorregula na busca pela solução da situação-problema. Outro resultado relevante é que a tomada de consciência metacognitiva é individual e pessoal e depende de experiências vividas anteriormente pelo indivíduo e, além da experimentação e da simulação, outros recursos podem ser potencializadores do pensamento metacognitivo, como por exemplo, as discussões em grupo.

Palavras-chave: Metacognição. Atividades experimentais. Simulação computacional. Ensino de Física. Pensamento metacognitivo.

Abstract

This article presents part of a research for a doctoral thesis that aimed to analyze evidence of metacognitive thinking of Engineering students, in the discipline of Physics I, when challenged to solve problem-situations in which they can make use of experimental material or computational simulation. The discussions carried out on the use of different resources to solve the problem situations proposed in the activity guide and the evocation of metacognitive thinking will be presented, through a descriptive qualitative analysis. The resources are: materials for practical experimentation, access links to the simulators, class materials, such as notes and summaries, free internet access and textbooks. The analysis was developed in each of the three didactic interventions carried out. It is inferred that, regarding the use of the resource, the fact is not directly related to the frequency that the subject uses or which one, but rather how he self-regulates in the search for a solution to the problem situation. Another relevant result is that metacognitive awareness is individual and personal and depends on the individual's previous

¹ Universidade do Vale do Taquari, Lajeado/RS – Brasil. E-mail: andreiah2o@univates.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5681-9918>.

² Universidade do Vale do Taquari, Lajeado/RS – Brasil. E-mail: italo.neide@univates.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0343-7294>.

experiences and, in addition to experimentation and simulation, other resources can enhance metacognitive thinking, such as group discussions.

Keywords: Metacognition. Experimental activities. Computer simulation. Physics Teaching. Metacognitive thinking.

Resumen

Este artículo presenta parte de una investigación para una tesis doctoral que tuvo como objetivo analizar evidencias del pensamiento metacognitivo de estudiantes de Ingeniería, en la disciplina de Física I, cuando son desafiados a resolver situaciones-problema en las que pueden hacer uso de material experimental o simulación computacional. Se presentarán las discusiones realizadas sobre el uso de diferentes recursos para resolver las situaciones problema propuestas en los guiones guía y la evocación del pensamiento metacognitivo, bajo un análisis cualitativo descriptivo. Los recursos son: materiales para la experimentación práctica, enlaces de acceso a los simuladores, materiales de clase, como apuntes y resúmenes, acceso gratuito a internet y libros de texto. El análisis se desarrolló en cada una de las tres intervenciones didácticas realizadas. Se infiere que, en cuanto al uso del recurso, el hecho no está directamente relacionado con la cantidad que el sujeto utiliza o cuál, sino con la forma en que se autorregula en la búsqueda de una solución a la situación problema. Otro resultado relevante es que la conciencia metacognitiva es individual y personal y depende de las experiencias previas del individuo y, además de la experimentación y la simulación, otros recursos pueden potenciar el pensamiento metacognitivo, como las discusiones grupales.

Palabras clave: Metacognición. Actividades experimentales. Simulación por ordenador. Enseñanza de la Física. Pensamiento metacognitivo.

Introdução

A motivação para este estudo surge quando se observa as dificuldades de alunos de engenharia em resolver problemas da Física. Uma realidade que se repete em outras universidades e reflete-se nos altos índices de reprovação nas disciplinas de Física e Cálculo dos cursos superiores em Engenharia (SILVA et al. 2016; HORA, MESQUITA e GOMES, 2017; CARDOSO et al. 2020). A disciplina de Física é uma das matérias fundamentais na formação dos estudantes de engenharia, sendo responsável por fornecer a base teórica necessária para o entendimento e desenvolvimento de projetos em diversas áreas da engenharia.

No entanto, muitos estudantes enfrentam dificuldades em aprender os conceitos da física e aplicá-los aos problemas práticos (GERAB e VALÉRIO, 2014). As dificuldades de aprendizagem na disciplina podem ter diferentes causas, como a falta de uma base sólida em matemática, a complexidade dos conceitos e a dificuldade em visualizar os fenômenos físicos. Além disso, a forma como a disciplina é ensinada, muitas vezes focada apenas na memorização de equações e conceitos, pode não ser suficiente para que os estudantes compreendam os fundamentos da física e consigam aplicá-los em situações reais. Essas dificuldades podem ter um impacto significativo no desempenho dos estudantes de engenharia, afetando não só o aprendizado da matéria, mas também a capacidade de aplicar os conhecimentos em outras disciplinas do curso e na futura carreira profissional. Nesse contexto, faz-se necessário pensar em estratégias para auxiliar os estudantes a transpor as dificuldades e minimizar a taxa de reprovação na graduação em Engenharia. E pensando nisso é que foi desenvolvida esta pesquisa.

Este artigo apresenta análises de uma pesquisa de doutoramento que teve como objetivo analisar indícios de pensamento metacognitivo de alunos de Engenharia, na disciplina de Física I, quando desafiados a solucionar situações-problema em que podem fazer uso de material experimental ou de simulação computacional. Neste artigo será apresentado a análise de um dos objetivos específicos, o de “explorar como o uso de diferentes recursos, em especial a experimentação e a simulação podem evocar o pensamento metacognitivo”. Foram aplicadas três intervenções didáticas em uma turma de estudantes de Engenharia na disciplina de Física I, em uma universidade no Rio Grande do Sul. Tais intervenções foram elaboradas para investigar indícios de pensamento metacognitivo de alunos de Engenharia, quando são desafiados a solucionar situações-problema nas quais podem fazer uso de material experimental ou de simulação computacional.

Os aportes teóricos deste artigo estão embasados nas atividades experimentais, nas simulações computacionais e na metacognição. Por isso, inicia-se definindo o entendimento de cada um dos conceitos. As atividades experimentais possuem diferentes concepções na literatura, por isso nesta pesquisa a base está em Hodson (1994), o qual sustenta que as atividades experimentais se referem a “qualquer trabalho em que os alunos estejam ativos e não passivos”. Nesta investigação, utiliza-se a expressão atividades experimentais em todas as atividades que envolveram material concreto e manipulável para os alunos. Da mesma maneira, quando citadas, as inferências e ideias relacionadas ao ensino de Ciências podem ser aplicadas de forma idêntica ao ensino de Física.

No ensino de Física, as atividades experimentais geralmente se fazem presentes, pois é por meio delas que é possível fazer demonstrações de fenômenos que nos cercam, verificar dados ou ainda divulgar acontecimentos. Araújo e Abib (2003) apontam possibilidades de as atividades experimentais serem desenvolvidas como estratégias de ensino na Física. Os autores acrescentam que estas podem se focar apenas em verificações de leis ou teorias, ou em situações em que o aluno necessita refletir e repensar ideias a respeito do fenômeno e conceitos envolvidos, na expectativa de atingir um nível de aprendizado que lhe permita reestruturar seus modelos para a explicação do fenômeno.

Dessa forma, o propósito é que o aluno atinja a autonomia ao manipular equipamentos, expor suas ideias, confrontá-las com dados encontrados e reorganizá-las num processo contínuo como é o aprender. Por conseguinte, é fundamental desenvolver atividades experimentais acompanhadas de reflexões sobre os motivos pelos quais elas podem auxiliar os estudantes a alcançarem os objetivos de aprendizagem estabelecidos. Para Heidemann, Araújo e Veit (2016), as atividades experimentais no ensino de Física possibilitam trabalhar com metodologias que tornam os estudantes protagonistas de suas aprendizagens e, dessa forma, em algum nível, conquistam a liberdade de direcionar suas ações com o intuito de sanar suas curiosidades. Além do mais, é importante que lhes seja concedida a oportunidade de desempenharem um papel ativo nas aulas experimentais, visto que, possivelmente, isso os levará a compreender que os conhecimentos científicos podem ser mobilizados no enfrentamento de problemas relacionados a eventos reais. Em

efeito, as atividades experimentais estimulam o estudante a participar ativamente da aula, levantar hipóteses e propor soluções para o fenômeno que está observando.

Para Carvalho (2006, p.6), “quando as ideias espontâneas dos alunos ou explicações de fenômenos são colocadas em conflito com fenômenos observáveis nascem aprendizagens efetivas”. E quando isso acontece, os discentes conseguem construir sua própria compreensão acerca dos fenômenos observados, estabelecendo conexões entre conceitos, sua matematização e relações causais. Na visão epistemológica de Bunge (1974), para ensinar ciências nessa perspectiva científica, poderia ser usada a modelagem, um processo pelo qual o aluno constrói seu próprio modelo a partir de seus conhecimentos, levantando hipóteses e testando-as para chegar à resolução de um problema.

No que se refere a simulação computacional, Araújo, Veit e Moreira (2012, p.6), nos processos de ensino e de aprendizagem de Física, distinguem as atividades computacionais de simulação e modelagem pelo acesso que os alunos têm aos parâmetros que compõem o modelo computacional. Nesta pesquisa, considerou-se o que Araújo, Veit e Moreira (2012) chamam de “Atividade exploratória de simulação”, denominando-a apenas simulação ou simulação computacional, que é caracterizada pela observação, análise e interação do sujeito com modelos já construídos, que permitem que sejam alterados valores iniciais e parâmetros.

Souza e Silva (2019) declaram que a utilização de simulações, no ensino de Física, vem aumentando com o passar dos anos e que o movimento não provoca a ilusão de que elas (as simulações) possam um dia suceder os experimentos reais. Heidemann, (2011), Dorneles, Veit, Araújo (2009) já enunciavam que elas não devem substituir as atividades experimentais, mas sim, complementá-las de modo a auxiliar os alunos na compreensão das relações entre os objetos reais e virtuais. Para Dullius e Neide (2023), as tecnologias devem estar integradas as atividades experimentais, esta integração favorecem o processo de aprendizagem e de construção de conhecimento. Os autores defendem que a tecnologia não deve ser utilizada apenas como motivação para o aluno. O professor precisa refletir e planejar como a tecnologia de fato possibilita potencializar a aprendizagem para o aluno.

Porém, ao trabalhar com tecnologias, assim como com atividades experimentais, deve-se ter o cuidado de não apenas inseri-las na sala de aula para estimular os alunos, pois a motivação faz parte do processo. Entretanto, não é só ela que promove a aprendizagem; os usos desses recursos devem ir além; é necessário que tenham um propósito, um objetivo, uma exploração baseada em cientificidade (NEIDE e QUARTIERI, 2016). Dito de outra forma, é preciso desenvolver o conteúdo por meio do recurso, explorando ao máximo as possibilidades que ele oferece, além de dedicar mais atenção às discussões que envolvem o fenômeno do que para o método da sua realização.

Neste sentido a metacognição vem a contribuir com a investigação, no sentido de fazer o aluno refletir sobre suas escolhas e o seu pensar. A metacognição é entendida como o conhecimento que o sujeito tem quanto à sua cognição, associando a reflexão aos seus conhecimentos e ao sentimento destes em relação à estratégia utilizada para a resolução de uma atividade (FLAVELL, 1979; ROSA, 2014). Estratégias de aprendizagens metacognitivas podem atuar como mecanismos para diagnosticar falhas de compreensão

dos alunos, o que possibilitaria identificar o motivo da incompreensão, levando-os a buscar outras soluções viáveis (CAMPANARIO e OTERO, 2000).

No âmbito educacional, a metacognição tem se mostrado como uma ferramenta valiosa para o aprimoramento das práticas de ensino, considerando os potenciais que o conhecimento metacognitivo pode proporcionar (MAMAN, 2021; MAMAN, et al. 2021; MAMAN, QUARTIERI e NEIDE, 2022). De acordo com Rosa e Villagrà (2018), a utilização do pensamento metacognitivo pode contribuir para a aprendizagem, sendo uma estratégia eficaz para a melhoria desses processos. Para os autores, a aprendizagem é mais efetiva quando os alunos conseguem refletir e agir de forma ativa em relação a atividades de resolução de problemas, tendo a capacidade de desenvolver e regular estratégias para lidar com elas.

Por sua vez, ações metacognitivas são utilizadas para potencializar o processo metacognitivo. Referem-se ao desenvolvimento da atividade, que pode tencionar a reprodução de experiências metacognitivas e resultados cognitivos quando elabora ações e avalia o procedimento em termos do resultado obtido, ou quando visa apenas atingir um objetivo cognitivo. Neste caso, planejar as ações e avaliar somente o resultado sem se preocupar com o processo. Atividades de planejamento, supervisão ou regulação e avaliação fazem parte desse modelo de monitoramento cognitivo.

Para Maman, Quartieri e Neide, (2022) em uma análise sobre ações de pensamento metacognitivo realizada em uma intervenção didática, aplicada a alunos de engenharia, com base nos elementos metacognitivos: pessoa, tarefa, estratégia, planificação, monitoração e avaliação. Os resultados mostraram que foi possível compreender a metacognição como aliada à promoção dos processos de ensino e de aprendizagem e verificou-se que os elementos metacognitivos precisam atuar juntos, pois se influenciam mutuamente no sentido de auxiliar na ativação do pensamento metacognitivo. Levar o aluno a refletir ao longo do processo de aprendizagem, promovendo o pensamento metacognitivo, é ensiná-lo a ser estratégico, aumentar sua consciência sobre as operações e decisões diante de um desafio ou escolha a ser feita, sendo autônomo. Assim, a metacognição pode ser uma via para auxiliar o aluno no reconhecimento de sua forma de aprender, o aprender a aprender.

Desenvolvimento e análise

Foram desenvolvidas e aplicadas três intervenções³, sendo cada uma delas com um roteiro-guia⁴ sobre os seguintes temas: queda livre, forças de atrito e determinação de seus coeficientes e o período e a frequência do movimento harmônico simples de um pêndulo. Todas as atividades foram realizadas em duplas ou trios, a escolha dos componentes coube aos alunos, sendo estas realizadas no espaço do laboratório de Física da Universidade.

³Informações detalhadas das intervenções e do roteiro-guia podem ser encontradas em: <https://www.univates.br/bdu/items/160e3284-8b3c-4d37-bfce-05849866772b>

⁴ É um roteiro autoexplicativo, claro e organizado, para que a professora/pesquisadora tivesse o mínimo possível de interferência na atividade proposta.

Cada grupo recebeu o roteiro-guia impresso e o material tanto experimental quanto *online* para solucionar a situação problema. Durante a atividade, a função da professora/pesquisadora foi apenas orientar possíveis dúvidas, já que o roteiro tinha o intuito de ser autoexplicativo.

Cada roteiro-guia foi elaborado com o objetivo de envolver as atividades experimentais e computacionais como ferramentas para evocar o pensamento metacognitivo quando os estudantes são desafiados a resolver situações-problema que envolvem conceitos da Física, tendo roteiros, abertos ou diretivos, como indicados na Figura 1.

Figura 1 - Tipos e temas dos roteiros.

Intervenção 1	Intervenção 2	Intervenção 3
Roteiro aberto Queda livre Questionário escrito e individual	Roteiro diretivo Atrito Questionário escrito e em grupo	Roteiro aberto Pêndulo Simples Questionário oral e em grupo

Fonte: dos autores (2021).

A opção por mesclar roteiros livres e diretivos foi pelo fato de a professora/pesquisadora estar atuando como docente de alunos de Ensino Superior, e presume-se que muitos deles já poderiam ter seus caminhos metacognitivos traçados. Em efeito, Flavell, Miller e Miller (1999) sustentam que, à medida que as crianças se desenvolvem, agregam mais aprendizado e aprendem a jogar o jogo do pensamento. Brown (1978) corrobora essa ideia ao afirmar que é na adolescência que as capacidades cognitivas aumentam.

A análise realizada nesta pesquisa teve característica descritiva, pois retratou situações de natureza empírica de um estudo realizado num determinado período (MARCONI; LAKATOS, 2009; GIL, 2010). A coleta de dados ocorreu com o auxílio dos seguintes instrumentos: questionários, gravações em áudio e diários de campo. Na análise dos dados, foram utilizadas ideias de Análise Textual Discursiva (ATD) de Moraes (2016), em que foram determinadas as categorias *a priori*.

A análise foi realizada em cada uma das três intervenções aplicadas, com base nos recursos disponíveis aos alunos. Entende-se como recursos os materiais para o experimento prático disponível sobre as mesas de trabalho: os *links* de acesso aos simuladores; materiais de aula, como anotações e resumos; acesso livre à internet e livros didáticos. O termo internet foi empregado sempre que os alunos acessavam sites de busca de pesquisa. Tanto as simulações como o uso da internet ocorreram por meio de *chromebooks* que estavam à disposição da turma. Em relação à consulta de livros didáticos, alguns discentes possuíam exemplares de referência básica da disciplina; outros foram

disponibilizados pela professora/pesquisadora em uma mesa da sala de aula. Cabe destacar que, embora houvesse diversos recursos disponíveis, a atenção nesta pesquisa esteve voltada principalmente ao recurso experimental e às simulações computacionais e suas relações com a metacognição.

Para a identificação dos sujeitos desta pesquisa foram utilizados códigos, como por exemplo, Qx Ex, quando se faz referência ao questionamento respondido durante a atividade x, pelo aluno x. Os códigos Ax Ex são alusivos aos áudios transcritos do aluno x em cada uma das intervenções; já PEx é concernente aos registros dos alunos no teste-piloto; por sua vez, DP diz respeito aos registros do diário de campo da professora/pesquisadora.

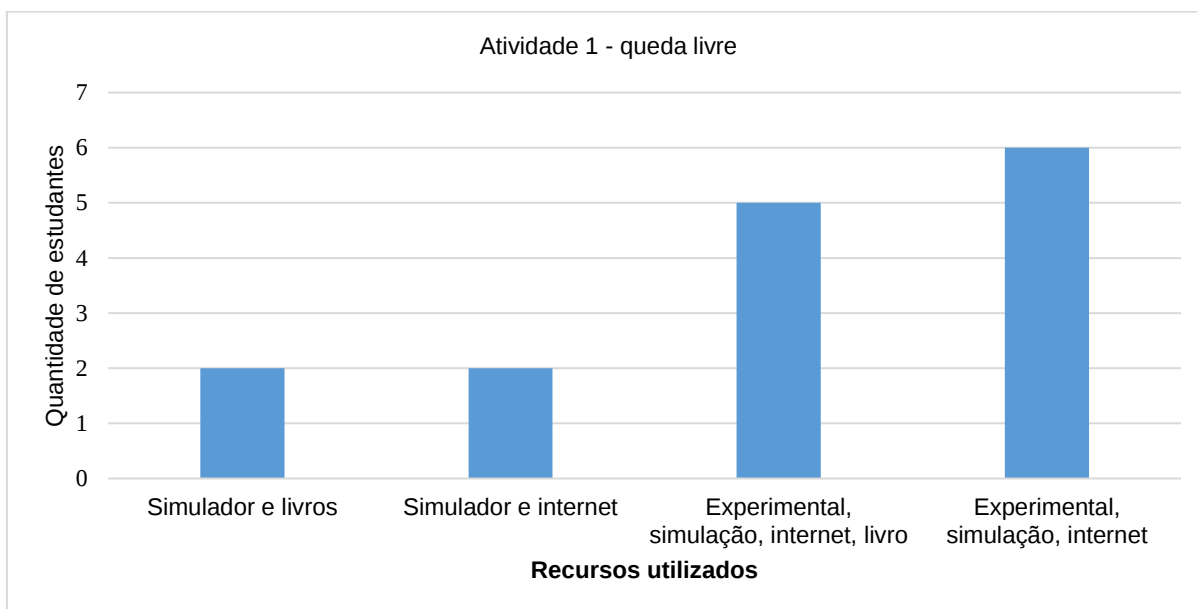
As citações utilizadas foram extraídas dos questionários e das transcrições dos áudios gravados durante a realização das tarefas, além de evidências registradas no diário de campo da professora/pesquisadora e da bolsista que acompanhou a aplicação das atividades. Destaca-se que os excertos dos participantes da pesquisa estão escritos em *itálico* para diferenciar as ideias dos autores utilizados no referencial teórico.

Por questões éticas, não são divulgados os nomes dos alunos participantes. Assim, para identificá-los na pesquisa, usam-se códigos, como por exemplo, Qx Ex, quando se faz referência ao questionamento respondido durante a atividade x, pelo aluno x. Os códigos Ax Ex são alusivos aos áudios transcritos do aluno x em cada uma das intervenções; já PEx é concernente aos registros dos estudantes no teste-piloto; por sua vez, DP e DB dizem respeito aos registros do diário de campo da professora/pesquisadora e da bolsista tanto para o teste-piloto como para as três intervenções.

Para iniciar a discussão dos dados emergentes da pesquisa, efetivou-se a análise dos recursos que foram utilizados na primeira intervenção. Assim, na Figura 2, há um gráfico que mostra os recursos usados na primeira intervenção, principalmente a experimentação, as simulações, a internet, seguidas do uso do livro didático. O primeiro – experimentação – refere-se à reprodução da situação-problema com materiais similares que estavam à disposição sobre a mesa de trabalho. O segundo – simulações - diz respeito ao acesso a cinco *links* que envolviam queda livre⁵, em que os alunos podiam alterar parâmetros envolvidos, como massa e altura de queda dos objetos.

⁵ Cadê o ovo que estava aqui? <http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10534>
 Queda natural: <http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10528>
 Bungee jump: <http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10533>
 O paraquedista: <http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10537>
 A queda desesperadora: <http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10524>
 As bexigas: <http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=22:30:38&lom=10577>

Figura 2- Gráfico dos recursos utilizados pelos alunos na atividade sobre queda livre



Fonte: dos autores (2020).

Embora com um roteiro flexível, sem a obrigatoriedade de usar os recursos disponíveis, nesta atividade, onze participantes utilizaram, no mínimo, três distintos; por sua vez, quatro consultaram apenas dois (simulador e livros; simulador e internet). Salienta-se que o uso da tecnologia prevaleceu, pois se fez presente tanto na simulação quanto no termo internet. De acordo com Pessanha, Pietrocola e Couso (2013, p. 1):

[...] o uso de recursos computacionais como as simulações, pode favorecer a percepção dos fenômenos e entidades pertencentes à Física. Tais aplicativos consistem em imagens dinâmicas e interativas que buscam representar algum fenômeno ou sistema que, por exemplo, não podem ser observados por possuírem dimensões grandes ou pequenas, ou por se manifestarem em tempos demasiadamente longos ou curtos.

Em efeito, pelo gráfico da Figura 2, constata-se que todos os alunos fizeram uso de simulações. Segundo Dorneles (2010), muitos deles declaram que as simulações permitem compreender conceitos físicos de forma mais generalizada, proporcionando-lhes a oportunidade de desenvolver raciocínios metódicos. Arantes, Miranda e Studart (2010) corroboram essa ideia quando afirmam que simulações computacionais podem influenciar o desenvolvimento de habilidades particulares nos educandos, como a criatividade. Os autores também concordam que elas são uma ferramenta eficaz no auxílio da compreensão de conceitos científicos e colaboram com o trabalho do professor na medida em que facilitam os processos de ensino e de aprendizagem e contribuem para que os estudantes se tornem mais independentes.

Nessa atividade, treze dos quinze sujeitos participantes utilizaram a internet como fonte de consulta ou pesquisa, uma prática comum entre os alunos por ser uma ferramenta completa e de fácil acesso. Segundo Valente (2008, p. 64):

O uso do computador possibilita a interação e participação do aluno por sua condição chamativa, além do que a internet é um veículo de comunicação e interação, recheada de informações, de possibilidades e que, se utilizada corretamente, pode ser uma fonte vasta de conteúdos que servirão de base para abrilhantar as discussões em sala de aula.

O uso de diferentes recursos pelo olhar metacognitivo pode estar ligado ao que os alunos reconhecem em seus conhecimentos pessoais e a relação que estabelecem com a execução da atividade (pessoa, tarefa e estratégia). A escolha dos treze indivíduos pela pesquisa na internet, talvez, esteja associada à sua familiaridade em utilizar essa estratégia em outros momentos (planejamento). Escolher dois ou mais recursos é uma forma de confirmar ou não uma ideia inicial em diferentes contextos (monitoramento e avaliação). Os fragmentos que seguem comprovam a busca e o uso de tais recursos:

Procura no google fórmulas para calcular gravidade de um objeto em queda livre velocidade = gravidade (A1 E16).

Debatemos sobre a melhor resposta, e no decorrer da atividade descobrimos coisas novas, onde gerou mudanças em nossas respostas (Q1 E5).

Conversamos bastante, e tentamos utilizar a lógica, mas não foi o suficiente. Sim diversas vezes mudamos os métodos e as opiniões, por exemplo, fizemos em prática atirar uma bolinha a 10m de altura e cronometramos os segundos que levou a queda, tentamos através de regra de três chegar a um resultado para 30m, que não deu certo, então partimos para o uso de equações e a lógica de cada grandeza vetorial, como a da aceleração e o que ela faz com a velocidade (Q1 E6).

Utilizamos bastante dos links disponibilizados, os quais foram bem úteis, pois conseguimos visualizar situações onde estava presente o assunto que estávamos abordando. Além do vídeo assistido que também foi bem importante para entender melhor (Q1 E7).

Os excertos evidenciam a diversidade de recursos utilizados. E16 utilizou a pesquisa livre na internet; E5 se valeu das discussões, já para E16, estas foram insuficientes, pois “*Conversamos bastante, e tentamos utilizar a lógica, mas não foi o suficiente*” e, diante disso, usaram a experimentação, cálculos, lógica, equações. Para E7, a opção foi o recurso tecnológico por meio do acesso aos links. Esses relatos reforçam a ideia de que o processo metacognitivo é pessoal e único, isto é, cada um deve perceber quais são suas potencialidades e como elas podem ser exploradas, sendo diversos os caminhos para que isso aconteça.

Essa questão de buscar outros recursos, identifica-se como um pensamento metacognitivo em que o sujeito reflete sobre o que sabe (pessoa e tarefa), pensa (estratégia e planejamento) e executa a ação em busca do que precisa (monitoramento e avaliação) como pode ser verificado nos excertos a seguir:

Olha, o que tem aqui, fazendo o teste no virtual, um tem 100kg e um tem 40kg e eles chegam com a mesma velocidade (A1 E2).

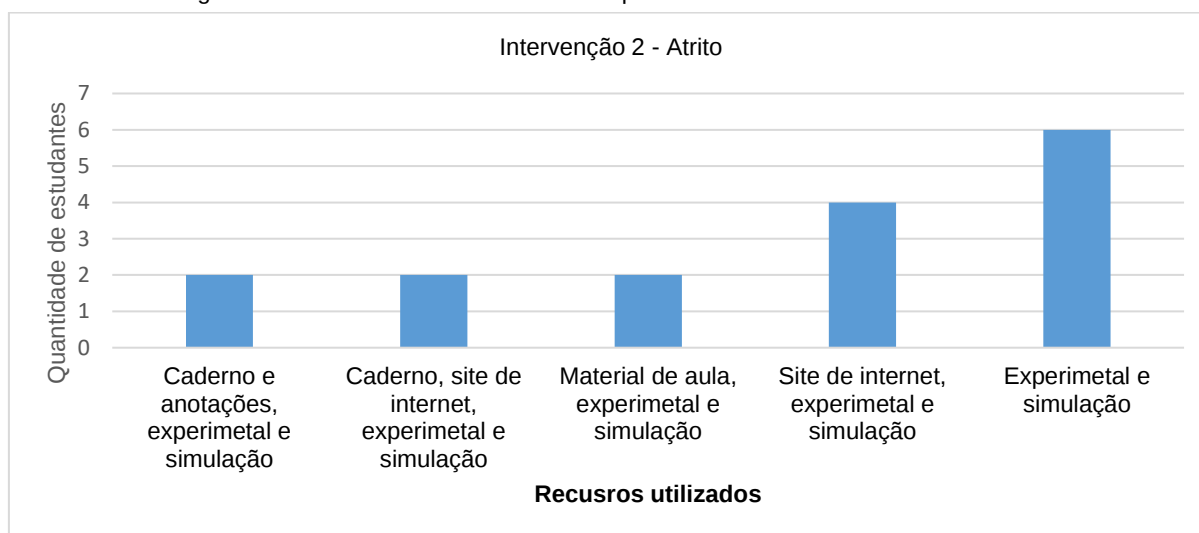
Tem um vídeo lá de um cara largando uma bola, tu chegou a ver? [...] ali eles conseguiram dentro desse lugar ali fazer um vácuo, um vácuo perfeito, eles botaram vários compressores que empurra e suga o ar até atingir o vácuo perfeito ali dentro desse negócio (A1 E9).

Nos depoimentos, um dos alunos (E2) destaca uma situação vivenciada nos simuladores; outro (E9) cita uma câmara de vácuo que simula a queda de objetos. A busca na internet demonstra autonomia, a necessidade de mais informações e, conseqüentemente, complementa seu conhecimento.

A segunda atividade envolveu um roteiro mais diretivo, orientando os passos a seguir em cada etapa, com um formato diferente daquele aplicado nas atividades sobre queda livre. A Figura 3 contém o gráfico referente aos recursos usados que abrangeram o tema atrito, demonstrando a quantidade e quais os recursos utilizados pelos alunos no decorrer da tarefa. Pelo gráfico da citada Figura, verifica-se que seis dos dezesseis participantes utilizaram apenas os recursos sugeridos no roteiro-guia, - o experimental e a simulação. Na atividade, tanto a experimentação como a simulação são citadas por todos, pois o roteiro estava condicionado ao uso de ambas para a resolução da situação-problema proposta.

Outrossim, salienta-se que quatro alunos buscaram em sites da internet as complementações para alcançar seus objetivos. Outros quatro utilizaram registros que cada um havia realizado em seu caderno e consultado em materiais de aula, como resumos e slides disponibilizados pela professora/pesquisadora em outros momentos da disciplina. Apenas dois usaram mais que três recursos - a experimentação, a simulação, a pesquisa na internet - e o seu próprio caderno com registros pessoais.

Figura 3 - Gráfico dos recursos utilizados pelos alunos na atividade sobre atrito



Fonte: dos autores (2020).

Mesmo dada a condição obrigatória do uso da experimentação e da simulação, chama atenção que dez participantes - mais da metade - buscaram outros recursos, a saber: internet, caderno pessoal, anotações ou ainda material de aula para a solução completa da situação-problema. Aliar o uso da tecnologia a outros recursos já foi observado em estudos realizados sobre a organização e integração de atividades experimentais, associadas a simulações computacionais com o intuito de potencializar o ensino de Física

(DORNELES; VEIT; ARAÚJO, 2009; JAAKKOLA e NURMI, 2008; DULLIUS, e NEIDE, 2023; MORO, NEIDE E REHFELDT, 2016; GAMA JÚNIOR e NEIDE, 2021), que produziram resultados positivos, havendo um aumento considerável na compreensão de conceitos da Física, promoção de melhoria no desempenho acadêmico dos alunos e seu maior envolvimento no desenvolvimento das atividades. E4 e E11 confirmam o uso de recursos para complementar a segunda atividade:

Facilidades em realizar tarefas com o simulador, que ajuda a ter uma noção melhor do que ocorre. Utilizamos o simulador e também fórmulas para encontrar os valores solicitados. Usamos um site com os conceitos (afim de verificação) e material da aula para fórmulas e exemplos de utilização.

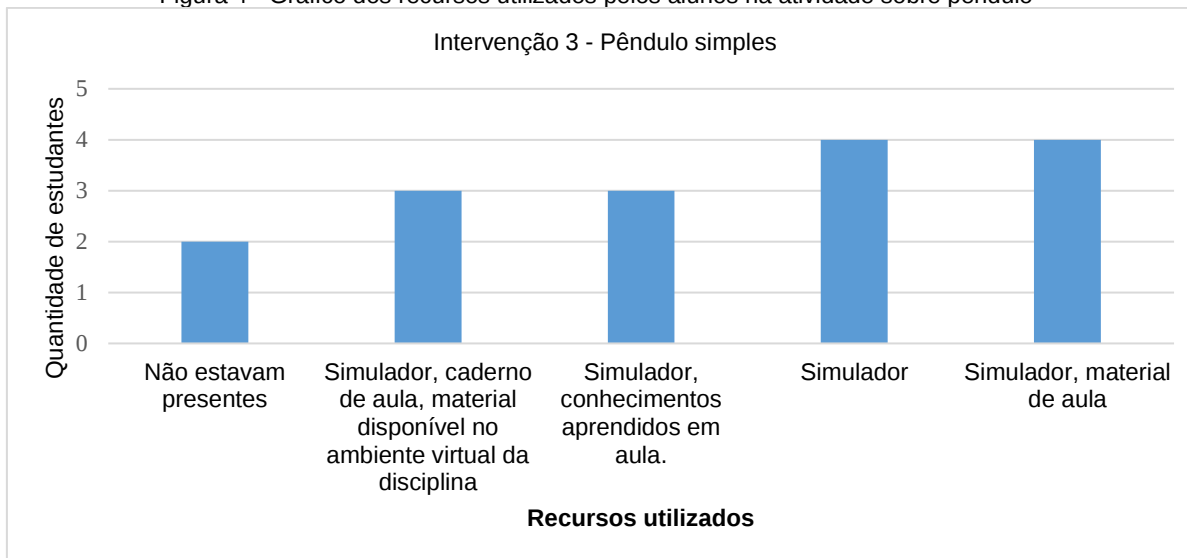
E2 e E6 ratificaram as enunciações dos colegas ao declararem que *“Utilizamos o caderno e a internet para verificar se nossas conclusões estavam certas”*. Já outros revelaram que: *“fez-se uso do caderno com as anotações de aula para verificar como haviam sido resolvidos exemplos parecidos”*. Essa consulta ocorreu principalmente para verificar conceitos ou dúvidas mais específicas em relação ao conteúdo que estava sendo discutido na situação-problema. Tanto o experimento como o simulador abordaram um determinado conteúdo; entretanto, para a resolução da situação-problema, não bastava apenas conhecer um conteúdo em específico. No caso do atrito, era necessário ter a compreensão de força já formada, o que, para muitos alunos, ainda estava em processo de construção. A consulta desses outros recursos aconteceu para sanar dúvidas pontuais que surgiram no momento em que se depararam com a situação-problema conforme relato da professora/ pesquisadora em seu diário de campo: *observa-se que todos os grupos utilizam os Chromebook para resolução da situação-problema proposta sobre atrito. Porém, muitos não acessam apenas o simulador sugerido, acabam fazendo buscas na internet, em diversos sites para sanar outras dúvidas que surgem no decorrer do desenvolvimento da atividade (DP)*.

Ainda sobre a intervenção 2, os componentes de dupla tiveram opiniões diferentes em relação ao uso dos recursos. E2 destacou o simulador como mais interessante em razão de suas ferramentas disponíveis: *“Achei a atividade realizada com o auxílio do simulador mais interessante, pois permite resultados mais assertivos e diferentes possibilidades para testar as forças”*. Por sua vez, E6, enfatizou a relevância para a prática experimental: *“A prática experimental foi mais relevante, pois auxilia melhor para organizar o pensamento”*. Esses relatos são evidências de que diferentes recursos podem proporcionar evocação do pensamento metacognitivo e que a forma como ele está sendo explorado, assim como a escolha (do recurso) deve estar fundamentada pedagogicamente. Essa afirmação pode ser aplicada também aos recursos experimentais. Assim, é importante o professor ter um propósito, um objetivo embasado em questões pedagógicas e não utilizar o recurso apenas como atração nas aulas.

Na terceira atividade, que envolveu o tema período e frequência de um pêndulo simples, voltou-se a trabalhar com um roteiro “livre”, deixando a escolha dos recursos novamente aos alunos, mas sempre lhe oferecendo a possibilidade de utilizarem a experimentação e a simulação em seus planejamentos e estratégias. Na Figura 4, estão

expostos os recursos que foram utilizados pelos sujeitos desta pesquisa no decorrer da terceira intervenção.

Figura 4 - Gráfico dos recursos utilizados pelos alunos na atividade sobre pêndulo



Fonte: dos autores (2020).

Pelo gráfico apresentado na Figura 4, verifica-se que quatro alunos utilizaram apenas o simulador para a resolução da situação-problema. Já outros quatro, além dele, fizeram uso de materiais disponibilizados em aulas anteriores como fonte de consulta. Dos sujeitos envolvidos, três optaram pelo simulador, caderno e material disponibilizado pela professora/pesquisadora; por sua vez, outros três escolheram o simulador e conhecimentos adquiridos em aula, além de dois estarem ausentes. Na última situação- problema, em nenhum momento, o material experimental foi utilizado, pois os participantes, unanimemente, preferiram o uso do simulador.

Quando questionados sobre o motivo de utilizarem o simulador, emergiram as seguintes respostas:

Eu prefiro o virtual (A3 E4).

Porque é mais fácil e prático (virtual) (A3 E5).

Virtual, foi bem mais fácil, a gente só fez no virtual (A3 E7).

Eu acho legal, particularmente porque fornece muitas informações, daí a gente consegue ver tudo o que tá envolvido, tu vai ali e altera muita coisa que tá aqui por trás e eu não consigo entender, no simulador parece que fica claro (A3 E2).

Tais excertos evidenciam características pessoais (pessoa e tarefa) ao relatarem preferência ou facilidade pela escolha do simulador, além de reconhecerem a aprendizagem: “[...] *no simulador parece que fica claro*” (Monitoração e Avaliação). As afirmações vão ao encontro das ideias de Arantes, Miranda e Studart (2010) para quem há dois aspectos que são importantes para justificar o uso das atividades computacionais: o

acesso fácil à internet, podendo ser pelo *smartphone* a qualquer hora e lugar, e a habitual interação dos alunos e a acessibilidade da linguagem da informática.

Pelas expressões dos questionados, nota-se que a preferência pelas atividades computacionais se deveu à possibilidade de repetição da atividade e à maleabilidade proporcionada pelo dinamismo da ferramenta. Essas ideias também foram proclamadas por Trentin *et al.* (2005) ao defenderem que o uso das simulações permite que os alunos repitam os experimentos virtuais quantas vezes quiserem, e que o medo deles de errar é menor nos experimentos virtuais do que nos reais. Esse fato mostra que alguns estudantes se sentem mais seguros na realização das atividades computacionais em função da sua simplicidade e praticidade.

Conclusão

A seguir, no Quadro 1 são apresentados os roteiros e os recursos utilizados em cada um deles.

Quadro 1 - Relação entre o tipo de roteiro e os recursos utilizados em cada intervenção

	Intervenção 1	Intervenção 2	Intervenção 3
Tema	Queda livre	Atrito	Pêndulo Simples
Tipo de roteiro	Aberto	Diretivo	Aberto
Recursos utilizados	Simulação Experimentação Internet Livro didático	Simulação Experimentação Internet Anotações pessoais	Simulação Conhecimentos aprendidos na aula Material da aula

Fonte: da autora (2021).

Ao analisar o uso de recursos nas três intervenções propostas, percebe-se uma tendência à utilização dos que envolvem tecnologias digitais, como simulações e pesquisas na internet. Nas três, todos os alunos optaram pela simulação, enquanto a experimentação teve a preferência de onze na intervenção 1; na 2, por ser obrigatória, todos a utilizaram; já na 3, ninguém a escolheu. A preferência pela tecnologia foi marcante tanto na primeira como na terceira intervenção, cujos roteiros eram flexíveis, e a turma, de maneira unânime, decidiu consultar a simulação e/ou pesquisar na internet para alcançar seus objetivos.

Arantes, Miranda e Studart (2010) concordam que as simulações são uma ferramenta eficaz no auxílio da compreensão de conceitos científicos e podem colaborar para o trabalho do professor na medida em que facilitam os processos de ensino e de aprendizagem e contribuem para que os alunos se tornem mais independentes. Os avanços tecnológicos no ambiente escolar trazem desenvolvimento e novas perspectivas tanto para os estudantes quanto para os professores na forma de incentivo à pesquisa na rede, na busca de relações com outras disciplinas, instigando a curiosidade discente e auxiliando na sua interação com os demais. Além disso, de acordo com Valente (2008), uma vez sob tal influência, os discentes podem dar continuidade ao estudo dos assuntos em suas residências.

Apesar de as atividades computacionais terem sido a escolha da maioria dos alunos, alguns autores (HEIDEMANN, 2011; DORNELES; VEIT; ARAÚJO, 2009) acreditam que elas não devem substituir as experimentais, mas sim, complementá-las, de modo a auxiliar os estudantes a compreenderem as relações entre os objetos reais e virtuais. De acordo com Dorneles, Veit e Araújo (2009), os discentes mostram melhor compreensão e visão mais generalizada dos fenômenos quando utilizam ambas e de maneira integrada. Essa perspectiva parece ser promissora; porém, não foi o que ocorreu nesta pesquisa, ou seja, com o passar das intervenções, menor foi o nível de interação dos alunos com as atividades experimentais. Essa relação pode ter correlação com a praticidade do simulador, não precisar “montar” o experimento, no virtual ele já está pronto, como relata E 15: “[...] *na verdade o virtual é melhor, minha canseira não tá boa pra ficar fazendo isso aí, ainda mais que tem que ficar amarrando e trocando as bolas*”. Talvez, se fossem outras situações, envolvendo outros conteúdos, teríamos um resultado voltado à experimentação.

Nesta perspectiva de integração ou de aproximação, acredita-se que esses recursos poderiam ser escolhidos como estratégias de resolução dos alunos. Sobre os procedimentos e escolhas das estratégias de resolução, Rosa e Biazus (2020, p. 15) defendem que:

[...] o aluno não deve apenas conhecer ou utilizar um procedimento para resolver uma tarefa específica, repetindo as etapas corretas de sua utilização. Mas deve também ser capaz de avaliar as vantagens de um procedimento em relação a outro, para aquela atividade específica e refletir em como essa técnica ou procedimento pode ser útil na resolução da tarefa.

A escolha por um ou outro caminho de resolução, diante de uma atividade proposta, também pode ser considerada um pensamento metacognitivo, pois o sujeito está se autorregulando quando precisa reconhecer seus conhecimentos e traçar uma estratégia. Em muitos casos, nas atividades propostas nesta pesquisa, a opção pelo virtual pareceu mais vantajosa, seja pela precisão na coleta de dados, construção gráfica, familiaridade com a tecnologia, ou por outras ferramentas disponíveis no simulador, conforme expressam estes excertos:

Muito importantes os materiais disponíveis. Os materiais de prática fizeram enxergar como funciona tal conceito, pois as vezes somente a escrita não fica clara, logo, os exemplos práticos ajudaram muito. Eu destaco os links apresentados, pois como estão montados de forma clara e básica, fizeram compreender de modo simples parte da teoria (Q1 E3). Sim, ao utilizá-los em conjunto com as equações de queda livre a resolução dos problemas foram bem mais fáceis. Ao meu ver os materiais virtuais ajudaram bastante a fixar que na queda livre se despreza a resistência do ar, o que ajudou muito na hora de comparar a bolinha com o objeto de 3kg (Q1 E6). Todos foram úteis, principalmente a bolinha, a trena e o cronômetro por causa da simulação, além dos materiais virtuais, que nos deram uma noção de que queda livre não se importa com peso e tamanho dos objetos (Q1 E11). É que eu faço química, então tudo que é experimental pra mim é mais interessante, porque no experimental pode dar algo errado e tu aprender com o que deu errado, no simulador não [...] tu pode errar, o simulador não (A3 E6).

Os fragmentos acima expressam a existência de um destaque para o virtual, mas o experimental não foi excluído. O tipo de roteiro, o conteúdo ou a situação-problema podem ter interferência nessas escolhas. Já no que se refere à evocação dos elementos metacognitivos, no que diz respeito aos recursos utilizados, eles foram os mais discutidos na intervenção 2 quando comparados com a 3. Essa diferença pode estar associada ao tipo de roteiro, pois, na 2, ele foi mais diretivo, e as perguntas metacognitivas, embora respondidas em grupo, foram escritas. Já na 3, teve-se um roteiro aberto, e as perguntas metacognitivas realizadas em grupo foram orais. Para Rosa e Biazus (2020, p.15), baseadas nas ideias de Monereo *et al.* (2001):

[...] o aluno não deve apenas conhecer ou utilizar um procedimento para resolver uma tarefa específica, repetindo as etapas corretas de sua utilização. Mas deve também ser capaz de avaliar as vantagens de um procedimento em relação a outro, para aquela atividade específica e refletir em como essa técnica ou procedimento pode ser útil na resolução da tarefa.

Neste sentido, a escolha por diferentes estratégias também é um processo metacognitivo, pois o sujeito precisa avaliar as vantagens de um procedimento em relação a outro para aquela situação com base em seus conhecimentos. Assim, ele planeja, regula e avalia qual o melhor caminho para a resolução da situação-problema. Portanto, disponibilizar diferentes recursos para a resolução de uma situação problema pode ser uma forma de instigar a evocação do pensamento metacognitivo, pois o aluno precisa tomar uma decisão de escolha de estratégia com base em seus conhecimentos sobre o tema e sobre as possibilidades que o recurso pode lhe proporcionar para a resolução do desafio proposto.

Com esta análise, ficou evidente a afinidade dos alunos com o uso das tecnologias por meio das simulações indicadas ou por pesquisas na internet. No aspecto metacognitivo, quanto ao uso de recursos, o fato não está diretamente relacionado à quantidade que o sujeito utiliza ou qual, mas sim como ele se autorregula na busca pela solução da situação-problema. Pode-se inferir que a tomada de consciência metacognitiva é individual e pessoal e depende de experiências anteriores vividas pelo indivíduo e, além da experimentação e da simulação, outros recursos podem ser potencializadores do pensamento metacognitivo, como por exemplo, as discussões em grupo que emergiram nesta pesquisa.

Referências

- ARAUJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2023.
- ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Modelos computacionais no ensino-aprendizagem de Física: um referencial de trabalho. **Investigações em Ensino de Ciências - IENCI**, Porto Alegre, RS, v. 17, p. 341-366, 2012. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienici/article/view/189>. Acesso em: 05 mar. 2023.

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no Ensino de Física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol11-Num1/a081.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2023.

BROWN, A. L. Knowing when, where, and how to remember: a problem of metacognition. In: GLASER, R. (ed.). **Advances in instructional psychology**. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum, 1978. v. 1, p. 77-165. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED146562.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2023.

BUNGE, M. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

CARDOSO, H. M.; DE CASTRO SOUZA, G. F. SOARES, D. J. M. Estudo da retenção no curso de Bacharelado em Engenharia Civil do IFMG-Campus Piumhi. **Revista Sítio Novo**, v. 5, n. 1, p. 56-64, 2020. Disponível em: <https://sitionovo.iftu.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/811>. Acesso em: 03 mar. 2023.

CAMPANARIO, J. M.; OTERO, J. C. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Valência, Espanha, v. 18, n. 2, p. 155-169, 2000. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21652>. Acesso em: 10 mar. 2023.

CARVALHO, A. M. P. de. Las prácticas experimentales en el proceso de enculturación científica. In: QUINTANILLA, M.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (org.). **Enseñar ciencias en el nuevo milenio** - retos y propuestas. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica do Chile, 2006. v. 1, p. 73-90.

DORNELES, P. F. T. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em Física Geral**. 2010. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/60658>. Acesso em: 6 abr. 2023.

DORNELES, P. F. T.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Atividades experimentais e computacionais como recursos instrucionais que se complementam: um estudo exploratório no ensino de eletromagnetismo em Física Geral. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, n. extra ampl. corr., p. 1806-1810, 2009. Trabalho apresentado no 8º Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, 2009, Barcelona, Espanha. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/%20bitstream/handle/10183/31172/000727103.pdf?sequence=1>. Acesso em: 6 abr. 2019.

DULLIUS, M. M.; NEIDE, I. G. Teoria do uso didático das tecnologias digitais – TUDITEC. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 1-13, 2023. Disponível em: file:///C:/Users/Andreia/Downloads/Capitulo_TUDITEC.pdf. Acesso em: 29 abr. 2023.

FLAVELL, J. H. Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive – developmental inquiry. **American Psychologist**, Washington, EUA, v. 34, n. 10, p. 906-911, 1979. Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/%20ee65/2f0f63ed5b0cfe0af4cb4ea76b2ecf790c8d.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2023.

FLAVELL, J. H.; MILLER, P. H.; MILLER, S. A. **Desenvolvimento cognitivo**. Tradução de Cláudia Dornelles. 3. ed. Porto Alegre, RS: Artes Médicas Sul, 1999.

GAMA JÚNIOR, R. C.; NEIDE, I. G. Atividades experimentais e computacionais no contexto da indissociação da eletricidade e do magnetismo com alunos de um curso de licenciatura em ciências naturais. **ACTIO**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 1-22, jan./abr. 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/Andreia/Downloads/10192-44393-1-PB.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2023.

GERAB, F.; VALÉRIO, A. D. A. Relação entre o desempenho em física e o desempenho em outras disciplinas da etapa inicial de um curso de engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 1-9, 2014. Disponível em https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172014000200017. Acesso em: 05 jan. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HEIDEMANN, L. A. **Crenças e atitudes sobre o uso de atividades experimentais e computacionais no ensino de Física por parte de professores do Ensino Médio**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2011. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/31006>. Acesso em: 10 abr. 2023.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. **Revista brasileira de ensino de física**, v. 38, n. 1, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172016000100604. Acesso em: 20 mar. 2023.

HODSON, D. Investigación y experiencias didácticas: hacia un enfoque mas crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, Espanha, v. 12, n.3, 299-313, 1994. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21370>. Acesso em: 16 mar. 2023.

HORA, K. E. R.; MESQUITA, G. G. M.; GOMES, R. B. Análise das reprovações discentes no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG). **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, GO, v. 14, n.1, p. 66-82, set. 2017. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/46579>. Acesso em: 10 mar. 2023.

JAAKKOLA, T.; NURMI, S. Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. **Journal of Computer**

Assisted Learning, Oxford, v. 24, n. 4, p. 271-283, Aug. 2008. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgict55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=771107](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgict55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=771107). Acesso em: 16 abr. 2023.

MAMAN, A. S. de. **Uso de recursos experimentais e computacionais para o desenvolvimento do pensamento metacognitivo no ensino de física**. 2021. Tese (Doutorado em Ensino) – Universidade do Vale do Taquari, Lajedao, RS, 2021. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/items/160e3284-8b3c-4d37-bfce-05849866772b/full>. Acesso em: 29 abr. 2023.

MAMAN, A. S. de.; BROCK, L.; NEIDE, I. G.; DULLIUS, M. M.; QUARTIERI, M. T.; Manifestações de pensamento metacognitivo em estudantes de engenharia: análise de uma intervenção didática no ensino de física. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**. v. 26 (3), pp. 69-81, 2021. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/2485/pdf>. Acesso em: 29 abr. 2023.

MAMAN, A. S. de.; QUARTIERI, M. T.; NEIDE, I. G. Elementos metacognitivos que emergem de uma intervenção didática no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 39, n. 3, p. 743-768, dez. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/83582/52148>. Acesso em: 29 abr. 2023.

MONEREO, C. et al. La enseñanza estratégica: enseñar para la autonomía. **Revista Aula de Innovación**, v. 100, n. 3, 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Carles-Monereo/publication/39139730_La_ensenanza_estrategica_ensenar_para_la_autonomia/inks/0c9605255a81976a17000000/La-ensenanza-estrategica-ensenar-para-la-autonomia.pdf. Acesso em: 15 abr. 2023.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MORAES, R. **Análise Textual Discursiva**. 2. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.

MORO, F.; NEIDE, I. G.; REHFELDT, M. Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 987-1008, dez. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n3p987/32999>. Acesso em: 29 abr. 2023.

NEIDE, I. G.; QUARTIERI, M. T. Recursos tecnológicos nos processos de ensino e de aprendizagem da Matemática e da Física. In: DULLIUS, M. M.; QUARTIERI, M. T. (org.). **Aproximando a Matemática e a Física por meio de recursos tecnológicos: Ensino Médio**. 1. ed. Lajeado, RS: Univates, 2016. v. 1, p. 9-14. Disponível em: https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/191/pdf_191.pdf. Acesso em: 12 mar. 2023.

PESSANHA, M.; PIETROCOLA, M. Obstáculos epistemológicos e didáticos no estudo de conceitos de física moderna e contemporânea. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências–IX ENPEC**, Aguas de Lindoia, SP, 2013.

Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R0500-1.pdf. Acesso em: 17 abr. 2023.

ROSA, C. T. W. da. **Metacognição no ensino de Física**: da concepção à aplicação. Passo Fundo, RS: UPF, 2014. *E-book*. Disponível em:

http://editora.upf.br/images/ebook/metacognicao_ensino_fisica.pdf. Acesso em: 8 abr. 2019.

ROSA, C. T. W. da; MENESES VILLAGRÁ, J. A. Metacognição e Ensino de Física: Revisão de pesquisas associadas a intervenções didáticas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, MG, v. 18, n. 3, p. 581-608, maio/ago. 2018. Disponível em:

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4851>. Acesso em: 12 abr. 2023.

ROSA, C. T. W. da; DE OLIVEIRA BIAZUS, M. Estudo envolvendo a função das imagens associadas a tópicos de Física Moderna nos livros didáticos do ensino médio. **Revista Paradigma** v. XLI n. 2 diciembre 2020. Disponível em:

<http://revistaparadigma.online/ojs/index.php/paradigma/issue/view/73>. Acesso em: 12 abr. 2023.

SILVA, A. C.; CORREA, C. S.; COELHO, D. A.; DA SILVA NETO, D. T.; FERRAZ, L.; XAVIER, M. M.; REIS, R. S.; ROCHA, F. A.; SANTOS, P. A. Análise dos índices de reprovação nas disciplinas de Cálculo I e AVGA do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Bahia de Vitória da Conquista. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION – INTERTECH'2016*, 14., 2016, Salvador, BA. **Anais [...]**. Salvador, BA: INTERTECH, 2016. p.1 Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/337285554_Analise_dos_indices_de_reprovacao_nas_disciplinas_calculo_I_e_AVGA_do_curso_de_Engenharia_Eletrica_do_Instituto_Federal_da_Bahia_de_Vitoria_da_Conquista. Acesso em: 12 abr. 2023.

SOUZA, C. H. S.; SILVA, I. P. Práticas pedagógicas de ensino de Física mediadas por simulações digitais. **Paidéi@ - Revista Científica de Educação a Distância**, Santos, SP, v.11, n.19, p. 1-17, jan. 2019. Disponível em:

<https://periodicos.unimesvirtual.com.br/index.php/paideia/article/view/914/781>. Acesso em: 12 abr. 2023.

TRENTIN, M. A. S.; PÉREZ, C. A. S.; ZORTEA, T.; SCHIMDT, R. O.; TAROUÇO, L. M. R.; CARVALHO, M. J. S. Ambiente de apoio a um Laboratório Virtual: uma percepção dos alunos sobre a sua importância no processo aprendizagem. *In: CONGRESO ARGENTINO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN*, 11., 2005, Buenos Aires. **Anais [...]**. Buenos Aires: UNLP, 2005. p.1. Disponível em:

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/23273>. Acesso em: 12 abr. 2023.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na educação. **Em aberto**, v. 12, n. 57, 2008. Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~teixeira/livros/computador-sociedade-conhecimento.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2023.

Como citar este documento:

MAMAN, Andréia Spessatto de; NEIDE, Italo Gabriel. Atividades experimentais e simulações computacionais e o pensamento metacognitivo como recursos para o ensino de Física. *Revista Espaço Pedagógico*, Passo Fundo, v. 30, e14819, 2023.
Disponível em: <https://doi.org/10.5335/rep.v30i0.14819>.