



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE LICENCIATURA EM
FÍSICA

CAIO CÉSAR ANDRADE VILELA

**ANÁLISE DO CONHECIMENTO METACOGNITIVO NA RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS EM FÍSICA EM ATIVIDADE DIAGNÓSTICA**

Caruaru

2023

CAIO CÉSAR ANDRADE VILELA

**ANÁLISE DO CONHECIMENTO METACOGNITIVO NA RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS EM FÍSICA EM ATIVIDADE DIAGNÓSTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Licenciatura em Física do Campus Agreste
da Universidade Federal de Pernambuco –
UFPE, como requisito parcial para a
obtenção do grau de licenciado em Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador (a): Prof. Dra. Kátia Calligaris Rodrigues

Caruaru

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Vilela, Caio César Andrade .
ANÁLISE DO CONHECIMENTO METACOGNITIVO NA RESOLUÇÃO
DE PROBLEMAS EM FÍSICA EM ATIVIDADE DIAGNÓSTICA / Caio
César Andrade Vilela. - Caruaru, 2023.
40 : il., tab.

Orientador(a): Kátia Calligaris Rodrigues
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Física - Licenciatura, 2023.
Inclui referências, apêndices, anexos.

1. metacognição. 2. resolução de problemas. 3. avaliação diagnóstica. 4.
autorregulação da aprendizagem. 5. ensino de física. I. Rodrigues, Kátia
Calligaris . (Orientação). II. Título.

530 CDD (22.ed.)

CAIO CÉSAR ANDRADE VILELA

**ANÁLISE DO CONHECIMENTO METACOGNITIVO NA RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS EM FÍSICA EM ATIVIDADE DIAGNÓSTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Licenciatura em Física do Campus Agreste
da Universidade Federal de Pernambuco –
UFPE, como requisito parcial para a
obtenção do grau de licenciado em Física.

Aprovado em: 29/09/2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Kátia Calligaris Rodrigues
(Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Tassiana Fernanda Genzini de Carvalho (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

À minha mãe, Maria Dos Anjos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as bênçãos que ele concede em minha vida, a minha mãe Dos Anjos e a toda minha família que sonharam junto comigo e deram-me a oportunidade de chegar até aqui, sempre acreditando, lembrando-me do meu potencial, aconselhando-me nos momentos difíceis e sendo o meu porto seguro. Muito obrigado por tudo, sem vocês nada disso seria possível.

Aos meus amigos da vida e aos que estão comigo desde o início da faculdade que foram meu presente para suportar períodos difíceis da faculdade, deixando tudo um pouco mais leve e menos difícil me apoiando em todos os sentidos da vida, sendo colo para momentos difíceis, compreensão para momentos de ausência, força quando não achei que era capaz de continuar Rômulo, Thaynara, Igor e em especial a minha namorada Dayane Ramos, pela paciência, determinação e as noites de sono.

À minha Orientadora, Profa. Dra. Kátia Calligaris Rodrigues, por ter me acolhido, prestado devido apoio e repassado seus conhecimentos para realização desse trabalho e finalização desta etapa acadêmica. Agradeço também a todos os meus professores por todos os ensinamentos, paciência e dedicação em transmitir o conhecimento da melhor maneira possível.

À Universidade Federal de Pernambuco, campus CAA, por ter sido minha segunda casa, de que tenho muito orgulho e onde adquiri o conhecimento necessário para o futuro exercício da minha profissão.

RESUMO

A metacognição, considerada como capacidade que o ser humano tem de monitorar e autorregular os processos cognitivos, na perspectiva do âmbito educacional ao que incorre com o presente trabalho. Nesse contexto, a metacognição evolui e passa a relacionar-se ao conhecimento que o estudante tem sobre si mesmo e aos mecanismos de controle executivo e de autorregulação sobre as atividades realizadas. Diante destas evidências o objetivo desta pesquisa foi analisar o conhecimento metacognitivo na resolução de problemas em física através de uma atividade diagnóstica de estudantes recém ingressos no curso de Física-Licenciatura. Trata-se de um estudo de caso, de natureza descritiva e abordagem quantitativa, em que vinte e sete alunos participaram da atividade diagnóstica, esses discentes recém-ingressantes do curso de Física-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco. Os resultados indicam a falta de domínio para algumas estratégias de resolução de problema em física, através de um problema específico que envolvia diferentes estratégias que o ensino médio contempla. O presente trabalho, analisou cinco estratégias específicas: trigonometria no triângulo retângulo; diagrama de corpo livre; decomposição de forças; operação com vetores e identidades trigonométricas que no decorrer do trabalho individualmente foram discutidas. Conclui-se que houve fragilidade demonstrativa em reconhecimento das estratégias na resolução dos problemas físico.

Palavras-chave: metacognição; resolução de problemas; avaliação diagnóstica; autorregulação da aprendizagem; ensino de física.

ABSTRACT

Metacognition, considered to be the human being's ability to monitor and self-regulate cognitive processes, from the perspective of the educational sphere, is what this work is about. In this context, metacognition evolves and becomes related to the student's knowledge of himself and the mechanisms of executive control and self-regulation of the activities carried out. In view of this evidence, the aim of this research was to analyze metacognitive knowledge in problem-solving in physics through a diagnostic activity for students recently enrolled in the Physics-Licenciatura course. This is a case study, descriptive in nature and quantitative in approach, in which twenty-seven students took part in the diagnostic activity, these being students recently entering the Physics-Licenciatura course at the Federal University of Pernambuco. The results indicate a lack of mastery of some problem-solving strategies in physics, through a specific problem that involved different strategies that secondary education contemplates. This work analyzed five specific strategies: trigonometry in the right triangle; free body diagram; decomposition of forces; operation with vectors and trigonometric identities, which were discussed individually throughout the work. It was concluded that there was demonstrative weakness in recognizing the strategies in solving the physical problems.

Keywords: physics; metacognition; problem solving; diagnostic assessment; self-regulation of learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Problema Diagnóstico	15
Figura 2	Sensação ao realizar a atividade de Resolução de Problemas	16
Figura 3	Sensações ao realizar a atividade	17
Figura 4	Estratégias Mobilizadas na Resolução de Problemas	18
Figura 5	Análise do domínio da estratégia de trigonometria no triângulo retângulo	19
Figura 6	Análise do domínio da estratégia de diagrama de corpo livre	20
Figura 7	Análise do domínio da estratégia de decomposição de forças	21
Figura 8	Análise do domínio da estratégia de operação com vetores	22
Figura 9	Análise do domínio das identidades trigonométricas	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	METACOGNIÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA.....	13
3	METODOLOGIA.....	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
	REFERÊNCIAS.....	29
	APÊNDICE A: DIAGNÓSTICO SOBRE A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS.....	31
	APÊNDICE B: RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DA FIGURA.....	35
	ANEXO A: PROBLEMA DIAGNÓSTICO – FIGURA 1.....	40

1 INTRODUÇÃO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso surge a partir de minha participação como monitor na disciplina de Introdução à Física. A disciplina é ofertada no primeiro semestre letivo do curso de Física-Licenciatura, e objetiva ajudar os alunos a desenvolverem suas estratégias de resolução de problemas em Física. Neste sentido, a disciplina tem início com a aplicação de uma atividade diagnóstica que busca identificar quais os conhecimentos os discentes, recém ingressos, declaram ter. Conhecer esses conhecimentos é duplamente importante, pois por um lado auxilia o docente a preparar suas aulas e por outro mobiliza no estudante a clareza sobre o que sabe e o que não sabe.

Ter clareza do que sabe e do que não sabe é fundamental para por em curso um processo de planejamento de estudos, por exemplo. O planejamento é a primeira fase do ciclo de *feedback* autorregulatório proposto por Zimmerman (2013). O ciclo completo envolve além do planejamento, o monitoramento e a autorreflexão. Assim, ao iniciar a disciplina com uma avaliação diagnóstica, o que se espera é que um processo autorregulatório também tenha início no estudante.

Considerando a existência de três componentes de aprendizagem autorreguladas: cognição, metacognição e motivação. A cognição inclui habilidades necessárias para codificar, criar memorandos e recuperar informações, a metacognição inclui habilidades que permitem aos alunos compreender e monitorar seus processos cognitivos. A motivação inclui crenças e atitudes que afetam o uso e o desenvolvimento de habilidades cognitivas e metacognitivas (Schraw; Crippen; Hartley, 2006).

Compreende-se que a aprendizagem autorregulada refere-se a nossa capacidade de controlar nossos ambientes de aprendizagem, nossos sentimentos, pensamentos e emoções (Zimmerman, 2013). Para fazer isso, devemos definir metas, selecionar estratégias que nos ajudem a atingir essas metas, implementar essas estratégias e monitorar nosso progresso em direção às nossas metas.

Nesse sentido, o processo autorregulatório da aprendizagem é necessariamente um movimento metacognitivo, pois implica em planejar, monitorar e autoavaliar as metas que foram estabelecidas. Schraw e colaboradores (2006) estabelecem que a metacognição é afetada pelo tipo de conhecimento, de modo que o conhecimento declarativo é responsável por nos ajudar a analisar nossas limitações pessoais e nossos níveis de expertise sobre determinado assunto. O conhecimento procedimental está relacionado ao domínio de um

repertório de estratégias para resolver tarefas. E o conhecimento condicional define como e porque devemos utilizar determinada estratégia.

De acordo com Flavell (1987) a metacognição definida como “pensar sobre o próprio pensamento” é a capacidade do ser humano de monitorar e autorregular os processos cognitivos. Mesmo o autor entendendo que a metacognição tendo um sentido amplo, o campo que iremos conceituá-la e abordá-la é o educacional, no presente trabalho. No nosso caso a metacognição relaciona-se ao conhecimento que o estudante tem sobre si mesmo e aos mecanismos de controle executivo e de autorregulação sobre as atividades realizadas. E, segundo Ann Brow (1997), conforme as demandas da vida vão se tornando mais complexas, o processo metacognitivo se torna mais consciente, ou seja, passamos a refletir conscientemente sobre nossos processos cognitivos e metacognitivos.

Ribeiro (2003) afirma que a metacognição pode, então, “ser vista como a capacidade chave de que depende a aprendizagem, certamente a mais importante: aprender a aprender, o que por vezes não tem sido contemplado pela escola” (2003, p.115). Para Deanna Kuhn (2021) administrar recursos mentais para a aprendizagem é o estudo central da metacognição, quando pensamos no campo educacional. Assim, a metacognição envolve o desenvolvimento e controle das estratégias de aprendizagem, que são selecionadas e examinadas e podem ser fracas ou fortes.

Desta forma, ter clareza do que se sabe é o passo inicial para pôr em curso um movimento metacognitivo que, segundo os autores elencados, é essencial para a aprendizagem. Por isso, a questão de pesquisa que nos motivou a realizar esse trabalho foi

Qual a relação entre o conhecimento declarado e o conhecimento utilizado na resolução de problema em Física em atividade diagnóstica com alunos ingressantes no curso de Física-Licenciatura?

A fim de responder a esse questionamento, traçamos os seguintes objetivos:

Objetivo Geral: Analisar o conhecimento metacognitivo na resolução de problemas em Física de estudantes recém ingressos no curso de Física-Licenciatura.

Objetivos específicos:

- Analisar os sentimentos relacionados ao processo de resolução de problemas
- Analisar a relação entre o domínio declarado e o domínio apresentado na resolução do problema

Para atingir os objetivos propostos para este estudo, analisamos o conhecimento

metacognitivo na resolução de problemas em Física de estudantes, recém ingressos no curso de Física- Licenciatura, que participaram da atividade diagnóstica aplicada no início da disciplina.

O trabalho apresenta no capítulo 2 a Metacognição e o Ensino de Física, uma retomada em termos conceituais e históricos do tema metacognição de modo a identificar sua vinculação com o processo de aprendizagem. Na sequência, apresenta-se a metodologia empregada para coleta e análise de dados. Dentro deste cenário, o presente trabalho apresenta os resultados obtidos a partir de uma avaliação diagnóstica sobre resolução de problemas que envolve a primeira lei de Newton. A aplicação da avaliação diagnóstica se deu na primeira semana de aula de estudantes ingressantes no curso de Física-Licenciatura e a análise focou nos objetivos específicos propostos e, ao final, apresentam-se as considerações finais, de forma a proporcionar discussões e apontamentos referentes a incidência da metacognição nas pesquisas em ensino-aprendizagem de física na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) no Agreste Pernambucano.

2 METACOGNIÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA

O ensino de Física é acompanhado pela resolução de problemas (RP), esse é um dos aspectos que auxilia na formação em ciências da natureza. Todavia, a despeito de sua importância, permanece como sendo um “calcanhar de Aquiles” no ensino e na aprendizagem, o que têm intensificado as pesquisas que tentam compreender o fenômeno da aprendizagem no processo de resolução de problemas em física. Peduzzi (1997) aponta que a diferença entre um problema ou exercício é estabelecida por aquele que tenta resolvê-lo, ou seja, os conhecimentos que se tem, frente à tarefa que lhe é apresentada, é que irão definir se é um exercício (que se resolve de forma rápida sem demandar novas habilidades além daquelas que já se domina) ou um problema (que demanda reflexão, tomada de decisão, aprender novas estratégias, etc.).

Em um estudo de revisão bibliográfica, que abarcou pouco mais de duas décadas no final do século XX, Fávero e Sousa (2001) encontraram 72 artigos que tratavam da resolução de problemas em física. Em sua análise as autoras observaram que os temas mais recorrentes nas pesquisas eram: comparação entre especialistas e novatos, propostas de procedimentos didáticos, fatores que influenciam a RP em sala de aula e estratégias específicas para a RP. Observaram ainda que os trabalhos analisados apontam três fatores que influenciam a RP em física, o conhecimento prévio do estudante, a incompreensão do enunciado e a relação entre o nível de desenvolvimento mental do estudante e a complexidade do problema apresentado. Após extensa análise, as autoras propõem, entre outras coisas, a importância de evidenciar as regulações cognitivas dos estudantes.

Ferreira e Custódio (2013) investigaram o papel do domínio afetivo na resolução de problemas em física. Os autores observaram que estratégias rotineiras no processo de resolução de problemas em física, como a elaboração de gráficos, diagramas e o desenvolvimento de equações promovem emoções positivas ou negativas, que estão relacionadas com o trajeto escolar de cada estudante, ou seja, impactando suas crenças de autoeficácia. Assim, os autores sugerem a importância de ampliar as investigações que envolvam a interação entre afeto e cognição no ensino de física.

A metacognição aparece como outro construto essencial na resolução de problemas em física, podemos destacar dois trabalhos das autoras Rosa e Ghiggi (2017, 2018). No primeiro (2017) as autoras fizeram um estudo comparativo, com resolução de problemas de Física, do tipo lápis e papel, em duas turmas de primeiro ano de Ensino Médio, de uma escola pública no interior do RS. As duas turmas resolveram os mesmos problemas, mas uma fez uso de

estratégias habituais e a outra foi instruída a “reelaborar o enunciado da questão com uma cena que lhes fosse familiar e, posteriormente, representá-la por meio de um desenho” (p. 113) antes de iniciar a resolução. Os resultados apontam que tanto a participação (tentar resolver o problema) quanto o desempenho (resolver adequadamente) foi significativamente superior na turma que teve uma instrução diferenciada.

Já no segundo trabalho as autoras Rosa e Ghiggi (2018) analisaram o potencial de propostas didáticas que fizeram uso de estratégias metacognitivas na resolução de problemas em física. As autoras propõem quatro propostas didáticas, sendo que cada uma tem ênfase em um aspecto metacognitivo diferente e observam que o movimento de pensamento gerado nos estudantes (futuros professores de física) que não é comum em situações de resolução de problema tradicionais.

Em investigação também com futuros professores de física, Silva e Rodrigues (2020) focaram em aspectos autorregulatórios da aprendizagem no processo de resolução de problemas. Ao aliar uma estratégia didática que potencializa a autorregulação da aprendizagem com um questionário aberto de autoanálise, os autores observaram que provocaram reflexão e mudança no sentido de adoção de estratégias autorregulatórias como planejamento nos estudos, monitoramento na execução das atividades, autoavaliação de métodos e resultados.

Aplicando um questionário de acompanhamento autorregulatório, especialmente elaborado para as fases do ciclo autorregulatório (planejamento, monitoramento e autorreflexão) proposto por Zimmerman (2013), os autores Silva, Macedo e Rodrigues (2022) analisaram às respostas de 27 estudantes (futuros professores de Física) relacionadas à fase de monitoramento. Os resultados apontam que os questionamentos ajudaram os participantes a fazer referência às etapas de elaboração, planejamento e execução como protocolos mentais para lidar com resolução de problemas. Isto nos mostra a importância de pensar estratégias educacionais que ofereçam suporte explícito (como os questionamentos) para ajudar a organização metacognitiva.

O que se observa é que trabalhos que potencializem uma ação consciente sobre o processo de resolução de problemas contribuem com o desenvolvimento de estratégias e aprendizagens. É importante observar que a metacognição é uma das componentes da Autorregulação da Aprendizagem (ARA), assim como a motivação e a cognição. As atitudes e crenças relacionadas à autoeficácia e ao conhecimento são aspectos motivacionais. A autoeficácia é a crença pessoal sobre a capacidade de aprender ou desempenhar uma tarefa (Zimmerman e Moylan, 2009). Ela vai determinar, também, o grau de engajamento em uma

tarefa e pode ser influenciada pela colaboração com os pares, ou pelo *feedback*, de professores ou colegas. A autoeficácia também apresenta uma relação dinâmica com o conhecimento, ou seja, quanto mais eu conheço mais capaz me sinto de aprender coisas novas e resolver desafios, logo o oposto também acontece (Steverson; Hartmeyer; Bentsen, 2017).

Já a cognição está relacionada com o desenvolvimento de habilidades e estratégias que são monitoradas pela metacognição. Essas habilidades e estratégias são necessárias para aquisição, manipulação e o uso de informações. O professor pode ajudar o estudante a desenvolver essas estratégias fornecendo *feedbacks* cognitivos, que auxiliam na compreensão dos caminhos (acertos e erros) adotados pelos estudantes no momento de resolução de problemas, por exemplo (Steverson; Hartmeyer; Bentsen, 2017).

Do ponto de vista da ARA, a metacognição é afetada pelo tipo de conhecimento e dependente da motivação para que seus processos ocorram adequadamente (Zimmerman e Moylan, 2009; Rosa, 2014). Ou seja, o conhecimento declarativo permite ao estudante ter clareza sobre o que conhece e sobre aquilo que ainda não tem domínio (Schraw, Crippen, Hartley, 2006). Nesse quesito, Rosa (2014, p.35) fala da importância do estudante operacionalizar seus conhecimentos, “pois somente assim saberá se sabe o que julga saber”. Para Schraw et. al. (2006) o conhecimento procedimental envolve o domínio de um conjunto de estratégias que auxiliam na resolução de problemas em ciências. E caberá ao conhecimento condicional escolher qual a melhor estratégia para resolver determinado problema.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada durante o período de monitoria na disciplina de Introdução à Física. Quanto a abordagem a pesquisa é qualitativa, apesar de fazer uso de quantificação numérica de alguns dados para elucidar os objetivos específicos propostos. Além disso, podemos dizer que ela é exploratória e descritiva quanto aos objetivos. E o principal instrumento utilizado para coletar os dados foi um formulário eletrônico.

Devido a pandemia decorrente do Coronavírus, esses alunos recém ingressos no âmbito acadêmico, iniciaram as aulas no ambiente virtual utilizando o Google Meet para encontros síncronos e o Google Classroom para disponibilização de atividades e recursos instrucionais de forma assíncrona.

Foi proposto aos alunos, na primeira semana de aula, uma atividade diagnóstica que contemplava um problema retirado do livro Física para cientistas e engenheiros, volume 1, de autoria de Paul Tipler e Gene Mosca (2014), como pode ser observado no anexo. Nesse primeiro momento, deixamos claro a importância de realizar um diagnóstico da aprendizagem com os estudantes a fim de melhor elaborar as aulas. Por isso, era importante que eles não se preocupassem em “acertar”, pois precisávamos mais da real situação deles com relação aos conhecimentos que seriam demandados.

Desta forma, o problema citado deveria ser resolvido durante o encontro síncrono e, logo após a resolução, essa deveria ser fotografada e carregada em um formulário eletrônico intitulado “Diagnóstico sobre a Resolução de Problemas” (DRP) que coletava informações adicionais para o diagnóstico. O formulário está apresentado na íntegra no Apêndice A, ele foi dividido em 3 seções, de maneira que para ir para a seção 2 era preciso responder todas as questões obrigatórias da seção 1. A primeira seção pedia para o estudante comentar sobre seus sentimentos ao resolver o problema. Ainda nessa seção ele deveria carregar a imagem da resolução do problema. O problema envolvia diagrama de corpo livre, decomposição de vetores e equilíbrio estático, não reduzindo-se a estes, porém necessitando de conhecimentos prévios por parte deles. O problema foi retirado de um livro do ensino superior, para tanto, as estratégias que os estudantes iriam fazer uso, fazia alusão ao que foi ensinado no ensino médio.

A segunda seção questionava sobre as “Estratégias Mobilizadas na Resolução de Problemas”, foi apresentada uma lista de estratégias que o estudante tinha que marcar quais ele utilizou para resolver o problema. Ainda tinha um espaço para comentários adicionais não obrigatório. A terceira seção intitulada “Auto Análise do Domínio de Estratégias de Resolução

de Problemas” apresentava um conjunto de estratégias e para cada uma delas o estudante deveria marcar apenas uma opção entre: domino adequadamente, ou domino parcialmente, ou não domino/não conheço. Também nesta seção havia a possibilidade de inserir um comentário adicional. A análise foi feita, de acordo com os dados que o formulário eletrônico disponibilizou, a partir de um planilha. No primeiro momento foi dividido em categorias as sensações, seguido de avaliar o que os estudantes diziam dominar com a imagem que anexaram no formulário e com isso, elencava se o conhecimento que o estudante dizia declarar era o mesmo que dominava, reproduzido na resolução do problema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A turma era composta por 34 alunos, entretanto, no momento da elaboração do formulário não selecionamos como obrigatório o envio da resolução do problema (carregamento da fotografia da solução). Desta forma, cinco alunos conseguiram passar para próxima seção sem enviar a foto da resolução do problema e dois alunos responderam posteriormente ao prazo e não foram contabilizados. Sendo assim, para análise foram computados apenas 27 alunos que responderam integralmente o formulário DRP.

Assim os resultados apresentados e discutidos nesta seção foram coletados pela aplicação de um formulário eletrônico elaborado utilizando o *Google Forms*. O Formulário DRP continha um conjunto de questões abertas e fechadas que pretendia a avaliação diagnóstica dos conhecimentos desses alunos.

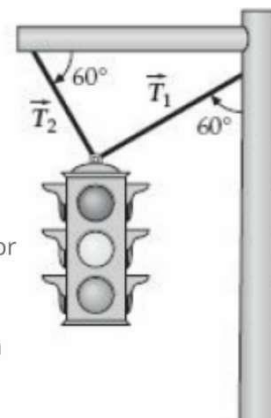
A atividade diagnóstica foi composta por um problema que os alunos teriam que responder no momento da aula, em um encontro síncrono utilizando o *Google Meet*. O problema proposto foi extraído do livro “Física para cientistas e engenheiros”, volume 1, de autoria de Paul Tipler e Gene Mosca (2014), um dos livros abordados na disciplina de Introdução à Física pela docente responsável pela disciplina. O problema abrangia conteúdos que o ensino médio englobava como identidades trigonométricas, diagrama de corpo livre, decomposição de forças, entre outros como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Problema Diagnóstico

Um sinal luminoso de trânsito, de 35,0 kg, é mantido suspenso por dois fios, como na Figura 4-36.

(a) Desenhe o diagrama de corpo livre para o sinal e utilize-o para responder qualitativamente à seguinte questão: A tensão no fio 2 é maior ou menor que a tensão no fio 1?

(b) Confirme sua resposta aplicando as leis de Newton e calculando as duas tensões



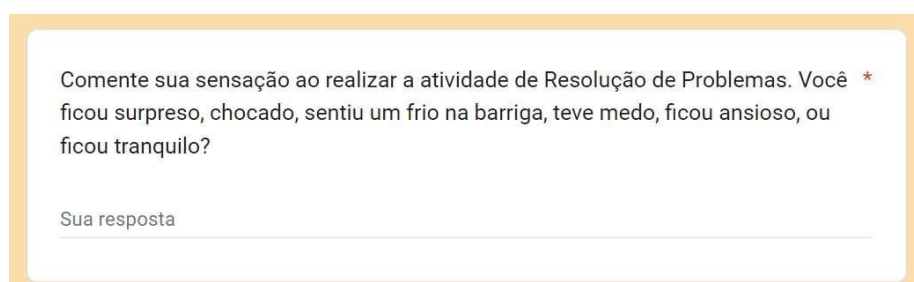
Fonte: Tipler e Mosca (2014)

Antes de começar a atividade diagnóstica a professora abordou os alunos questionando sobre “o que é um diagnóstico?” e “sua importância na aprendizagem?” Esses

questionamentos iniciais deram início a uma conversa a fim de deixar os alunos cientes da importância das informações serem dadas corretamente e com a devida atenção. A Figura 1 foi apresentada aos alunos na sala do Google Meet, para que todos pudessem visualizar ao mesmo tempo e realizar a resolução do problema. Como cada estudante estava em sua casa, participando sincronamente desta aula, foi solicitado que respondessem individualmente.

Depois de um determinado tempo para a solução do problema, foi disponibilizado o Formulário DRP na sala do *Google Classroom* da disciplina. Iniciamos o formulário com a seguinte indagação: “Comente sua sensação ao realizar a atividade de Resolução de Problemas. Você ficou surpreso, chocado, sentiu um frio na barriga, teve medo, ficou ansioso, ou ficou tranquilo?”. O primeiro questionamento trata das sensações produzidas pela atividade diagnóstica e pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Sensação ao realizar a atividade de Resolução de Problemas



Comente sua sensação ao realizar a atividade de Resolução de Problemas. Você ficou surpreso, chocado, sentiu um frio na barriga, teve medo, ficou ansioso, ou ficou tranquilo? *

Sua resposta

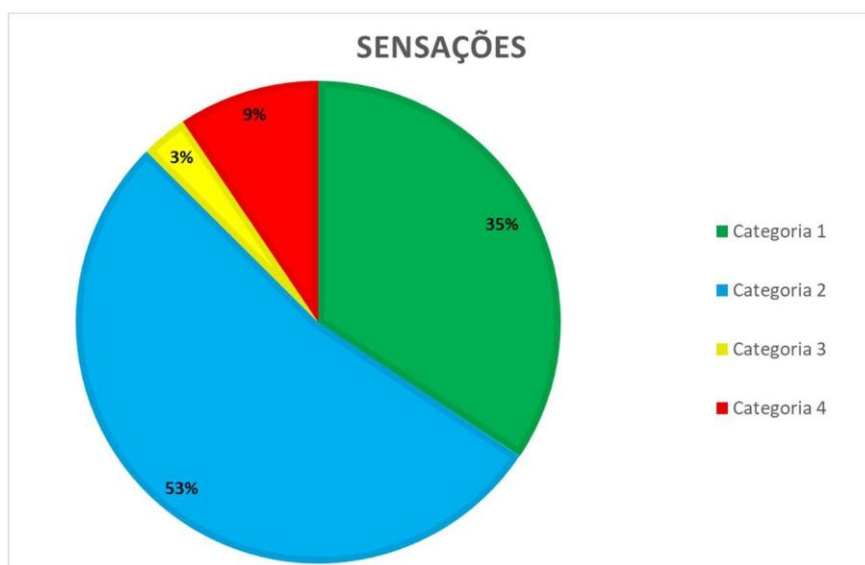
Fonte: o autor (2023)

Deixamos o questionamento sobre a sensação, de modo obrigatório, ao elaborar o DRP, isso significa que o aluno não poderia ir para a próxima seção do formulário sem responder às indagações anteriores. Contudo, foi uma pergunta aberta, decorrente disso os alunos incluíram sentimentos que tratamos como sinônimos dos definidos. Organizamos em quatro Categorias: Categoria 1 sendo as sensações “surpreso/despreparado/triste” e “chocado”; Categoria 2 agrupamos “frio na barriga/inseguro”, “medo/impotência” e “ansioso/preocupado/nervoso/an- gustiado”; Categoria 3 anexamos “tranquilo” e por último a Categoria 4 corresponderam aos que “não responderam”, houve alunos que não responderam como foi pedido. Para elaboração destas categorias recorremos aos autores Amaral e Guerra:

As emoções manifestam-se por meio de alterações fisiológicas periféricas, como, por exemplo, o aumento da frequência cardíaca (coração disparado), a alteração da expressão facial, ou a alteração do peristaltismo intestinal (frio na barriga). Essas mudanças corporais

estão associadas a uma experiência consciente das emoções – é a percepção que o cérebro tem daquele estado funcional. Com frequência, somos capazes de identificar essa emoção à qual chamamos “sentimento” e denominamos como medo, tristeza, surpresa, nojo, raiva, alegria, euforia, desânimo, irritação, tédio, indiferença, entre outros (Amaral; Guerra, 2022, p. 71).

Figura 3 – Sensações ao realizar a atividade



Fonte: o autor (2023)

Observamos no gráfico da Figura 3 que a Categoria 2 que está em destaque na cor azul, apresentou maior ocorrência, 53%, indicando que as emoções ocasionadas pela atividade diagnóstica foram aquelas que geraram um “frio na barriga/inseguro”, “medo/impotência” e “ansioso/preocupado/nervoso/angustiado”. Além disso, outras emoções, apresentadas na Categoria 1 (cor verde), 35% das respostas, como surpresa, tristeza e choque, demonstram que a autoeficácia da maioria dos estudantes está baixa, pois sentem-se despreparados para resolver a atividade proposta. Desta forma, verificamos que quase 90% da turma apresentava uma autoeficácia baixa, esse dado é relevante para nosso estudo pois, como vimos, os processos metacognitivos são impactados pela motivação (Zimmerman e Moylan, 2009; Rosa, 2014).

Após o envio das fotos por parte dos alunos, eles seguiam para a próxima seção. A seção 2 visava verificar quais as estratégias os estudantes consideravam que haviam mobilizado durante a resolução do problema. Como a resolução do problema já havia sido carregada no formulário, na Seção 1, a resposta da Seção 2 não poderia ocasionar “mudanças/alterações” na resolução enviada. A Figura 4 apresenta o questionamento presente na Seção 2.

Figura 4 – Estratégias Mobilizadas na Resolução de Problemas

O formulário, intitulado "Estratégias Mobilizadas na Resolução de Problemas", apresenta a seguinte estrutura:

- Header: Estratégias Mobilizadas na Resolução de Problemas
- Instrução: Marque as estratégias que você utilizou para a resolução do problema *
- Lista de estratégias com caixas de seleção:
 - ☐ Desenho do sistema cartesiano
 - ☐ Desenho do diagrama de corpo livre
 - ☐ Aplicação da lei dos senos e cossenos
 - ☐ Aplicação da regra do triângulo retângulo
 - ☐ Decomposição de forças
 - ☐ Aplicação da primeira lei de Newton
 - ☐ Cálculo da resultante de forças em cada eixo do sistema cartesiano
 - ☐ Outro: _____

Fonte: o autor (2023)

Conhecer quais as estratégias os estudantes consideravam que haviam mobilizado na resolução do problema é relevante para compreendermos se eles conhecem as estratégias e se realmente as colocaram em curso, que analisamos na resolução do problema que foi fotografada e enviada. Todavia, essa análise está mais completa quando trabalhamos as respostas da seção 3, comparadas à análise das resoluções do problema enviado pelo formulário DRP.

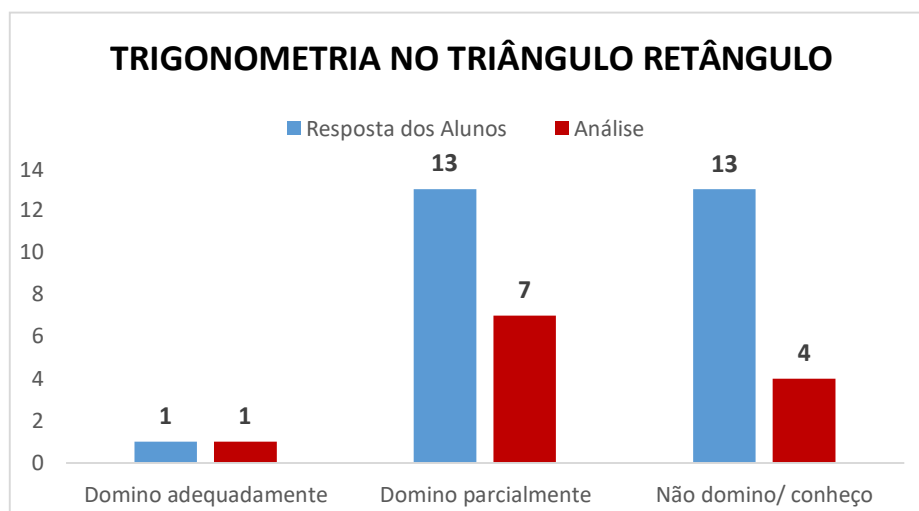
Na Seção 3 do formulário, os estudantes foram convidados a realizar uma auto análise, no qual os estudantes marcariam uma única resposta de acordo com o grau de domínio da estratégia para a resolução do problema: domino adequadamente, ou domino parcialmente, ou não domino/conheço. Nessa seção foram apresentadas apenas as estratégias trigonometria no triângulo retângulo, diagrama de corpo livre, decomposição de forças, operação com vetores e identidades trigonométricas que estavam relacionadas ao problema proposto e que foram as analisadas neste trabalho. O formulário DRP pode ser visto na íntegra no Apêndice A e a resolução do problema aplicado na atividade diagnóstica (Figura 1), encontra-se resolvido no Apêndice B.

A trigonometria no triângulo retângulo é ensinada no ensino fundamental e uma das estratégias mais relevantes para a resolução de problemas em física, principalmente para problemas que envolvem vetores, pois a decomposição vetorial envolve os conhecimentos desta estratégia. Como os participantes da pesquisa são estudantes recém ingressos no ensino superior é de se esperar que conheçam e dominem essa estratégia de forma adequada. A resposta dos participantes ao questionamento sobre o domínio da estratégia, bem como a utilização da estratégia na resolução do problema da Figura 1, está apresentada na Tabela 1 e na Figura 5.

Tabela 1 – Análise do domínio declarado e do uso da estratégia “trigonometria no triângulo retângulo”

	Domínio Declarado	Fez uso	Não fez uso
Domino Adequadamente	1	1	0
Domino Parcialmente	13	7	6
Não Domino/Conheço	13	4	9
Total	27	12	15

Figura 5 - Análise do domínio da estratégia de trigonometria no triângulo retângulo



Fonte: o autor (2023)

Verificamos, a partir da análise apresentada na Figura 5, que apenas 1 aluno diz ter domínio adequado e na análise foi constatado que este aluno fez uso da estratégia. Sobre o domínio parcial, verificamos que 13 participantes dizem dominar parcialmente, entretanto, mais da metade fez uso. E 4 dos 13 participantes que disseram que não dominavam, ou não conheciam, fizeram uso da estratégia para resolver o problema diagnóstico. O fato de 26 dos 27 participantes terem declarado não dominar/conhecer ou dominar parcialmente já é um resultado que preocupa, pois a trigonometria do triângulo retângulo é uma estratégia muito utilizada, inclusive muito cobrada nos exames admissionais para o ensino superior (como o ENEM).

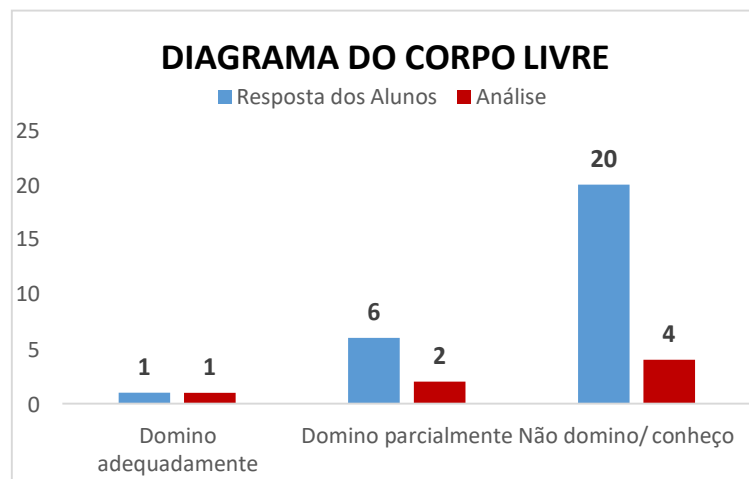
O diagrama de corpo livre é uma estratégia utilizada para apresentar, em um plano cartesiano, a direção, módulo e sentido dos vetores envolvidos no problema. Essa é uma estratégia bem específica para utilização em problemas que abordem a dinâmica de corpos em movimento inercial ou acelerado. Por ser uma estratégia bem específica, apesar de ser conteúdo do ensino médio, era esperado que menos estudantes declarassem dominar, resultado esse que foi observado e está apresentado na Tabela 2 e na Figura 6, bem como a

relação entre domínio declarado e uso da estratégia ao resolver o problema proposta (Figura 1).

Tabela 2 – Análise do domínio declarado e do uso da estratégia “diagrama de corpo livre”

	Domínio Declarado	Fez uso	Não fez uso
Domino Adequadamente	1	1	0
Domino Parcialmente	6	2	4
Não Domino/Conheço	20	4	16
Total	27	7	20

Figura 6 - Análise do domínio da estratégia de diagrama de corpo livre



Fonte: o autor (2023)

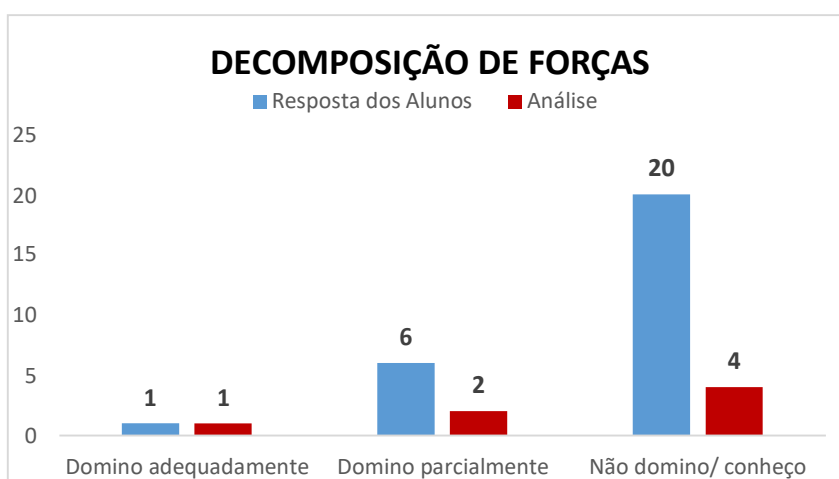
Observamos que apenas 7 estudantes fizeram uso do diagrama de corpo livre ao resolver o problema e, apenas 1 deles, declarou ter domínio sobre a estratégia. Dos 20 que declaram não ter domínio ou não conhecer a estratégia, 4 fizeram uso, o que aponta que apesar de não ter clareza sobre os conhecimentos declarativos, há um conhecimento procedimental que se coloca em curso quando este é demandado.

A decomposição de forças é uma estratégia que faz uso do conhecimento da trigonometria do triângulo retângulo e que é adequadamente representada quando se faz uso do diagrama de corpo livre. Observamos na Tabela 3 que o mesmo quantitativo de estudantes que declarou não dominar/conhecer e dominar parcialmente essa atividade é o que declarou no diagrama de corpo livre, ou seja, 26 dos 27 estudantes. A Figura 7 representa a análise em um gráfico de barras.

Tabela 3 – Análise do domínio declarado e do uso da estratégia “decomposição de forças”

	Domínio Declarado	Fez uso	Não fez uso
Domino Adequadamente	1	1	0
Domino Parcialmente	6	2	4
Não Domino/Conheço	20	4	16
Total	27	7	20

Figura 7 – Análise do domínio da estratégia de decomposição de forças



Fonte: o autor (2023)

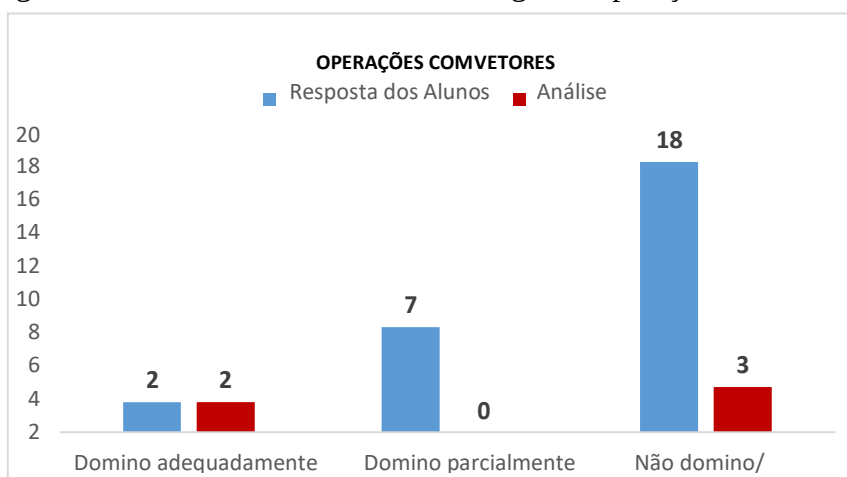
Observamos que os mesmos participantes que conseguiram fazer uso do diagrama de forças fazem uso da decomposição de vetores. Novamente o conhecimento declarativo não está alinhado com o conhecimento procedimental.

A próxima estratégia a ser analisada é a operação com vetores, é importante perceber que essa estratégia também é dependente das anteriores. O domínio declarado da estratégia e a utilização da mesma na solução do problema diagnóstico é apresentado na Tabela 4 e na Figura 8.

Tabela 4 – Análise do domínio declarado e do uso da estratégia “operações com vetores”

	Domínio Declarado	Fez uso	Não fez uso
Domino Adequadamente	2	2	0
Domino Parcialmente	7	0	7
Não Domino/Conheço	18	3	15
Total	27	5	22

Figura 8 – Análise do domínio da estratégia de operação com vetores



Fonte: o autor (2023)

Observamos, a partir da análise apresentada na Figura 8, que 7 alunos declararam

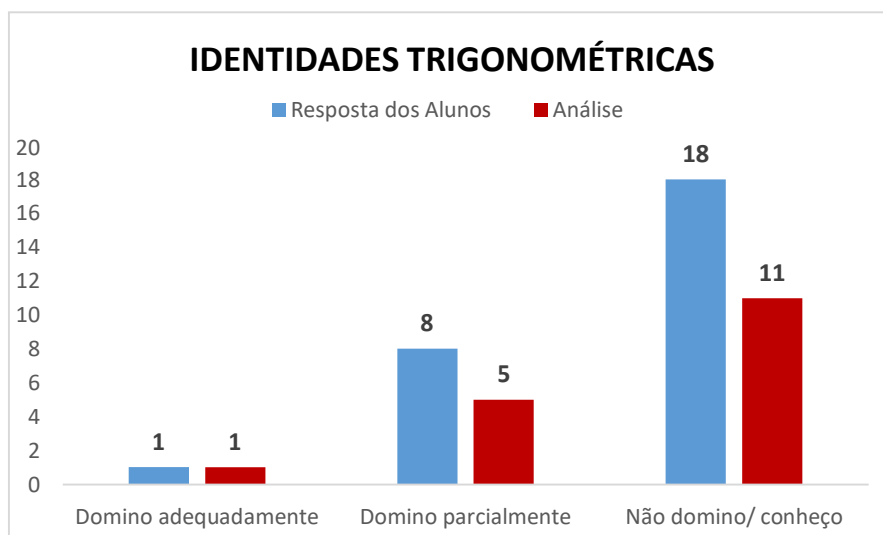
domino parcial da operação com vetores, entretanto na análise das resoluções enviadas, verificamos que nenhum aluno fez uso de operação com vetores. Por outro lado, 3 alunos utilizaram a operação com vetores, apesar de terem declarado não conhecer/dominar a estratégia.

A última estratégia investigada foi “identidades trigonométricas”, apesar desta estratégia estar parcialmente representada no triângulo retângulo é necessário observar que há um conjunto de identidades trigonométricas que podem ser utilizadas quando resolvemos problemas relacionados à soma vetorial. A Tabela 5 apresenta o domínio declarado, bem como o uso realizado da estratégia, esses resultados são apresentados também no gráfico de barras da Figura 9.

Tabela 5 – Análise do domínio declarado e do uso da estratégia “identidades trigonométricas”

	Domínio Declarado	Fez uso	Não fez uso
Domino Adequadamente	1	1	0
Domino Parcialmente	8	5	3
Não Domino/Conheço	18	11	7
Total	27	17	10

Figura 9 – Análise do domínio das identidades trigonométricas



Fonte: o autor (2023)

Percebemos, a partir da análise apresentada na Figura 9, que o domínio parcial das identidades trigonométricas está próximo ao que foi verificado na análise das soluções enviadas. Observamos ainda que um número maior de participantes fez uso desta estratégia,

ou seja, 11 em 18 participantes que declararam não dominar/conhecer, fizeram uso da estratégia.

O conjunto desses dados aponta que ou o estudante não tem clareza do “nome” da estratégia, o que está relacionado ao seu conhecimento declarativo ou, quando está frente à demanda, consegue reativar seu conhecimento procedimental. É claro que outros fatores podem estar envolvidos, mas o que é predominante é que o conhecimento declarativo (ter clareza que sabe, ou que não sabe), sobre essa estratégia é uma fragilidade que pode interferir na confiança que o estudante tem que pode (ou não) realizar a tarefa.

Da mesma forma, ao fazer uso de um conhecimento procedimental, ser ter clareza que o domina, interfere na sua motivação para resolver o problema e mesmo para buscar novos conhecimento. Ou seja, o que os dados apontam é que o conhecimento metacognitivo está afetado, pois sem clareza do que se sabe e sem domínio de um conjunto de estratégias, para resolver o problema, o conhecimento condicional fica inoperante (Schraw, Crippen, Hartley, 2006).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve início em uma atividade desenvolvida durante a monitoria na disciplina de Introdução à Física. A atividade diagnóstica, aplicada de forma síncrona, utilizando o *Google Meet* e o *Google forms*, foi o objeto de análise deste trabalho. O problema proposto na atividade diagnóstica estava relacionado ao princípio fundamental da dinâmica e, apesar de ter sido retirado de um livro do ensino superior, é um problema possível de ser abordado na Educação Básica. As análises realizadas buscavam verificar o conhecimento metacognitivo na resolução de problemas em física. Os participantes são estudantes recém ingressos no curso de Física-Licenciatura.

Nossa análise focou em dois objetivos específicos, os sentimentos relacionados ao processo de resolução de problemas e a relação entre o domínio declarado e o domínio apresentado na resolução do problema proposto na atividade diagnóstica. Quando analisamos as emoções expressas pelos estudantes ao realizar a atividade, percebemos que os sentimentos de medo, angústia, surpresa e tristeza (Categorias 1 e 2) somam quase 90% das respostas. Esses sentimentos estão relacionados à motivação para realizar a tarefa e nos revelam que os participantes não se sentem “confiantes” para resolver o problema. Essa insegurança pode estar baseada na surpresa ou na sensação de ausência dos conhecimentos necessários para resolver a tarefa. Assim, compreendemos que os estudantes recém ingressos possuem uma baixa autoeficácia, que é um quesito necessário para que os processos autorregulatórios se coloquem em curso (Zimmerman e Moylan, 2009; Rosa, 2014).

A análise entre o domínio declarado e o domínio apresentado na resolução do problema proposto na atividade diagnóstica traz indicativos de que 26 dos 27 participantes não possui domínio sobre as estratégias necessárias para resolução do problema. Boa parte dos participantes que diz ter domínio parcial das estratégias sequer fez uso delas. E alguns participantes que declararam não ter domínio/conhecimento acabaram por fazer uso. Esses desencontros entre o que se pensa conhecer e o que se conhece, nos dão indicações de que os conhecimentos declarativos e procedimentais não estão bem desenvolvidos o que afeta diretamente os processos metacognitivos (Schraw, Crippen, Hartley, 2006).

Esses resultados em conjunto podem nos dar uma indicação de como os estudantes, recém ingressos, chegam despreparados para desenvolver seus estudos no ensino superior. Esse dado é consonante com o aproveitamento observado das turmas. Ainda que sejam apenas resultados preliminares, carentes de mais estudo, apontam para a necessidade de ajudar esses

estudantes a desenvolverem seus processos metacognitivos e autorregulatórios para uma melhor aprendizagem.

Conclui-se que a necessidade de que a temática metacognitiva e o ensino de física seja aprofundadas, aqui foi aberta a lacuna para explorarmos e conhecermos mais sobre o assunto, onde fica evidenciado que o conhecimento metacognitivo instaura a capacidade do estudante refletir e considerar cuidadosamente seus pensamentos, especialmente quando reforça e monitora sua capacidade cognitiva.

REFERÊNCIAS

BROWN, A. Transforming schools into communities of thinking and learning about serious matters. *American Psychologist*. vol. 52, n. 4, p. 399-413, 1997.

FÁVERO, Maria Helena; DE SOUSA, Célia Maria Soares Gomes. A resolução de problemas em física: revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica. **Investigações em ensino de ciências**, v. 6, n. 2, p. 143-196, 2016.

FERREIRA, Gabriela Kaiana; CUSTÓDIO, José Francisco. Influência do domínio afetivo em atividades de resolução de problemas de física no ensino médio. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 7, n. 3, 2013.

FLAVELL, J. Speculations about the nature and development of metacognition. Especulações sobre a natureza e o desenvolvimento da metacognição In F. Weinert & R. Kluwe (Ed.), *Metacognition, motivation, and understanding* (p. 21-29), 1987.

KUHN, Deanna. Metacognition matters in many ways. **Educational Psychologist**, DOI: 10.1080/00461520.2021.1988603, 2021

PEDUZZI, Luiz Orlando Q. Sobre a resolução de problemas no ensino da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 14, n. 3, p. 229-253, 1997.

RIBEIRO, Célia. Metacognição: um apoio ao processo de aprendizagem. *Psicologia: reflexão e crítica*, v. 16, p. 109-116, 2003.

ROSA, C. T. W. *Metacognição no ensino de Física: da concepção à aplicação*. Editora UPF: Passo Fundo, 2014.

ROSA, Cleci T. W.; GHIGGI, Caroline M. Monitoramento e controle metacognitivo na resolução de problemas em Física: análise de um estudo comparativo. *ALEXANDRIA: R.Educ.Ci.Tec.*, v.10, n.2, p.105-125, 2017.

ROSA, Cleci T. W.; GHIGGI, Caroline M. Resolução de Problemas em Física envolvendo Estratégias Metacognitivas: análise de propostas didáticas. *Investigações Em Ensino De Ciências*, vol. 23, n. 3, p. 31–59, 2018. <https://doi.org/10.22600/1518-8795>.

SCHRAW, Gregory; CRIPPEN, Kent J.; HARTLEY, Kendall. Promovendo a autorregulação na educação científica: Metacognição como parte de uma perspectiva mais ampla sobre a aprendizagem. **Pesquisa em educação científica**. v. 36, p. 111-139, 2006.

SILVA, Everaldo S.; RODRIGUES, Kátia C. Autorregulação da aprendizagem na estratégia de escolha e resolução de problemas em física: um estudo exploratório. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 02, p. 68-88, 2020.

SILVA, Everaldo S.; MACEDO, Gabriel, RODRIGUES, Kátia C.

STEVEYSON, Matt P.; HARTMEYER, Rikke; BENTSEN, Peter. Systematically reviewing the potential of concept mapping technologies to promote self-regulated learning in primary and secondary science education. **Educational Research Review**. V.21, p.1-16, 2017.

TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene. *Física para cientistas e engenheiros*, volume 1:

mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica / Paul A. Tipler, Gene Mosca ; tradução e revisão técnica Paulo Machado Mors. - [Reimpr.]. - Rio de Janeiro : LTC, 2014.

ZIMMERMAN, Barry J. From Cognitive Modeling to Self-Regulation: A Social Cognitive Career Path. *Educational Psychologist*, v.48, n.3, p.135-147, 2013.

ZIMMERMAN, Barry. J., & MOYLAN, Adam. R. Self-regulation: Where metacognition and motivation intersect. In HACKER, Douglas. J.; DUNLOSKY, John. & GRAESSER Arthur. C. (Eds.), *Handbook of metacognition in education*. Routledge/Taylor & Francis Group. 2009, p. 299–315.

APÊNDICE A: DIAGNÓSTICO SOBRE A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

** Indica uma pergunta obrigatória*

Seção 1

1. Nome completo *

2. Comente sua sensação ao realizar a atividade de Resolução de Problemas.

** Você ficou surpreso, chocado, sentiu um frio na barriga, teve medo, ficou ansioso, ou ficou tranquilo?*

3. Carregue aqui a imagem da sua resolução do problema apresentado

Arquivos enviados:

Seção 2 – Estratégias Mobilizadas na Resolução de Problemas

1. Marque as estratégias que você utilizou para a resolução do problema *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Desenho do sistema cartesiano
- ☐ Desenho do diagrama de corpo livre
- ☐ Aplicação da lei dos senos e cossenos
- ☐ Aplicação da regra do triângulo retângulo
- ☐ Decomposição de forças
- ☐ Aplicação da primeira lei de Newton
- ☐ Cálculo da resultante de forças em cada eixo do sistema cartesiano
- ☐ Outro: _____

2. Comentário adicional se desejar

Seção 3 – Auto Análise do Domínio de Estratégias de Resolução de Problemas

Para as estratégias apresentadas a seguir informe o seu grau de domínio

Produtos notáveis *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ domino adequadamente
- ☐ domino parcialmente
- ☐ não domino/conheço

Equação de primeiro grau *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ domino adequadamente
- ☐ domino parcialmente
- ☐ não domino/conheço

Equação de segundo grau *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ domino adequadamente
- ☐ domino parcialmente
- ☐ não domino/conheço

Operação com frações *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ domino adequadamente
- ☐ domino parcialmente
- ☐ não domino/conheço

Área de formas geométricas *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ domino adequadamente
- ☐ domino parcialmente
- ☐ não domino/conheço

Trigonometria no triângulo retângulo *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ domino adequadamente
- ☐ domino parcialmente
- ☐ não domino/conheço

Elaboração de gráficos *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ domino adequadamente
- ☐ domino parcialmente
- ☐ não domino/conheço

Interpretação de gráficos *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ domino adequadamente
- ☐ domino parcialmente
- ☐ não domino/conheço

Diagrama de corpo livre **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ domino adequadamente
- ☐ domino parcialmente
- ☐ não domino/conheço

Decomposição de forças **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ domino adequadamente
- ☐ domino parcialmente
- ☐ não domino/conheço

Operações com vetores **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ domino adequadamente
- ☐ domino parcialmente
- ☐ não domino/conheço

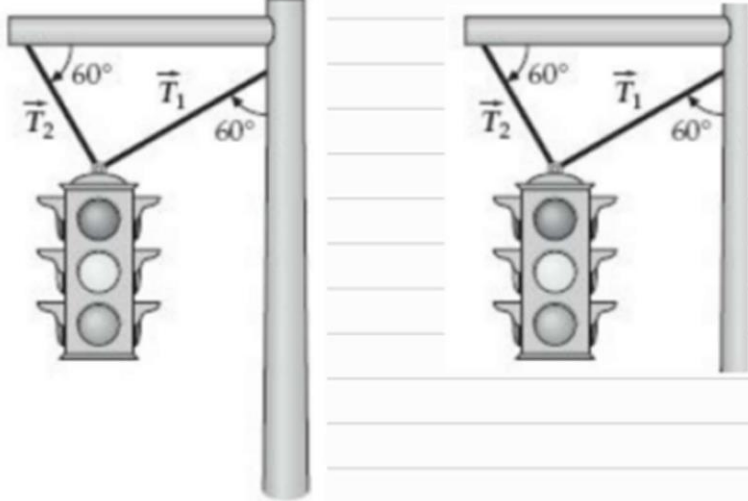
Identidades trigonométricas **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ domino adequadamente
- ☐ domino parcialmente
- ☐ não domino/conheço

Comentários adicionais se desejar

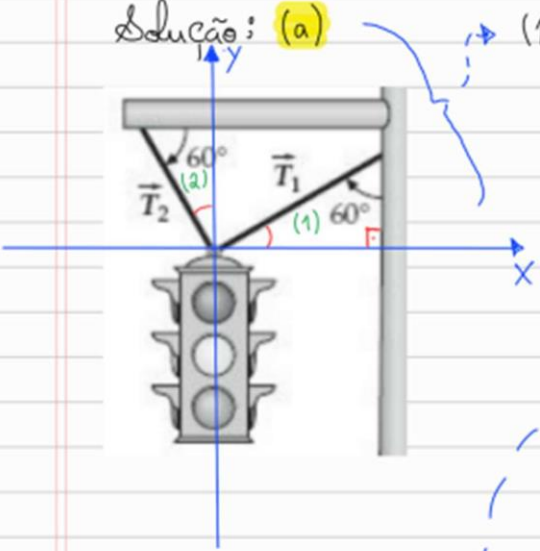
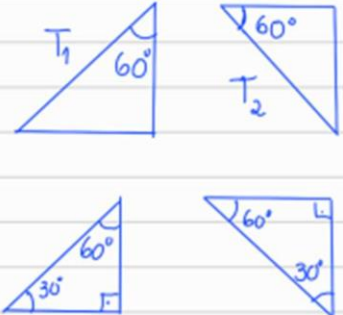
APÊNDICE B

RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DA FIGURA 1



Solução: (a)

(1) Desenhar o sistema Cartesiano

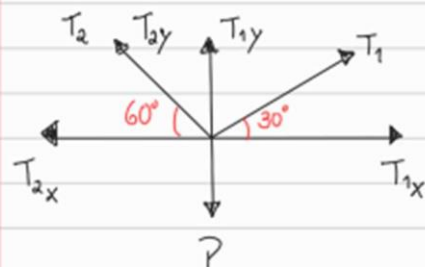
(2) Feito o esboço do sistema Cartesiano o próximo passo é aplicar as relações métricas no triângulo retângulo (trigonometria no triângulo retângulo).

Soma dos ângulos internos do triângulo retângulo = 180°

$$90^\circ + 60^\circ + x = 180^\circ \Rightarrow 150^\circ + x = 180^\circ \Rightarrow$$

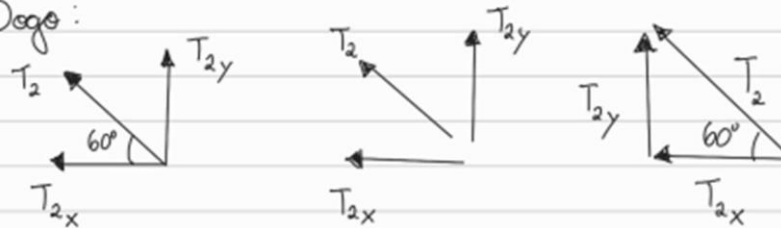
$$\Rightarrow x = 180^\circ - 150^\circ \Rightarrow x = 30^\circ //$$

(3) Encontrando o valor do ângulo interno através da trigonometria no triângulo retângulo vamos fazer o diagrama de corpo livre (NCL)



Altermos
interno

Logo:



Relações métricas no triângulo retângulo.

$$\text{sen } 60^\circ = \frac{\text{Cateto oposto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{T_{2y}}{T_2}$$

$$\text{cos } 60^\circ = \frac{\text{Cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}} = \frac{T_{2x}}{T_2}$$

$$T_{2y} = T_2 \cdot \text{sen } 60^\circ$$

$$T_{2x} = T_2 \cdot \text{cos } 60^\circ$$



$$\text{sen } 30^\circ = \frac{\text{Cateto Oposto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{T_{1y}}{T_1}$$

$$T_{1y} = T_1 \cdot \text{sen } 30^\circ$$

$$\text{cos } 30^\circ = \frac{\text{Cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}} = \frac{T_{1x}}{T_1}$$

$$T_{1x} = T_1 \cdot \text{cos } 30^\circ$$

(4) Como o semáforo está parado $\rightarrow \sum \vec{F}_R = 0$

$$\text{Logo: } \sum \vec{F}_x = 0 : T_{1x} - T_{2x} = 0$$

$$T_{1x} = T_{2x}$$

$$T_1 \cdot \text{cos } 30^\circ = T_2 \cdot \text{cos } 60^\circ$$

$$\underset{x}{T_1 \cdot \sqrt{3}} = \underset{x}{T_2 \cdot 1}$$

$$\underline{T_2 = T_1 \cdot \sqrt{3}}$$

Aqui perceberemos que o valor de T_2 é o valor de T_1 acrescido de uma parcela (multiplicador), consequentemente T_2 será maior que T_1 :

$$[T_2 > T_1]$$

Solução: (b)

$$\uparrow \sum \vec{F}_y = 0 \Rightarrow T_{1y} + T_{2y} - P = 0 \Rightarrow T_1 \cdot \text{sen } 30^\circ + T_2 \cdot \text{sen } 60^\circ - P = 0$$

$$T_1 \cdot \text{sen } 30^\circ + T_2 \cdot \text{sen } 60^\circ = P \Rightarrow T_1 \cdot \text{sen } 30^\circ + T_2 \cdot \text{sen } 60^\circ = m \cdot g$$

(Adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$)

$$T_1 \cdot \text{sen } 30^\circ + T_2 \cdot \text{sen } 60^\circ = 35 \cdot 10 \Rightarrow T_1 \cdot \text{sen } 30^\circ + T_2 \cdot \text{sen } 60^\circ = 350 \quad (\text{I})$$

$$\sum \vec{F}_x = 0 \Rightarrow T_{1x} - T_{2x} = 0 \Rightarrow T_1 \cdot \text{cos } 30^\circ - T_2 \cdot \text{cos } 60^\circ = 0 \quad (\text{II})$$

* Identidades Trigonométricas

$$\begin{cases} T_1 \cdot \tan 30^\circ + T_2 \cdot \tan 60^\circ = 350 \text{ (I)} \\ \cdot \tan 30^\circ = \cot 60^\circ ; \text{ logo } \Rightarrow \begin{cases} T_1 \cdot \cot 30^\circ - T_2 \cdot \cot 60^\circ = 0 \text{ (II)} \\ \cdot \cot 30^\circ = \tan 60^\circ \end{cases} \end{cases}$$

Usando a equação (II): $T_1 \cdot \cot 30^\circ = T_2 \cdot \cot 60^\circ \Rightarrow T_1 = \frac{T_2 \cdot \cot 60^\circ}{\cot 30^\circ}$

Substituindo na equação (I):

$$\left(\frac{T_2 \cdot \cot 60^\circ}{\cot 30^\circ} \right) \cdot \tan 30^\circ + T_2 \cdot \tan 60^\circ = 350 \Rightarrow \frac{T_2 \cdot \cot 60^\circ \cdot \tan 30^\circ}{\cot 30^\circ} + T_2 \cdot \tan 60^\circ = 350$$

$$T_2 \left(\frac{\overset{\tan 30^\circ}{\cot 60^\circ \cdot \tan 30^\circ} + \tan 60^\circ}{\cot 30^\circ} \right) = 350 \Rightarrow T_2 \cdot \left(\frac{\overset{\tan 30^\circ}{\tan 30^\circ \cdot \tan 30^\circ} + \tan 60^\circ}{\cot 30^\circ} \right) = 350$$

$$T_2 \left(\tan 30^\circ \cdot \tan 30^\circ + \tan 60^\circ \right) = 350 \Rightarrow T_2 = \frac{350}{\tan 30^\circ \cdot \tan 30^\circ + \tan 60^\circ}$$

$$T_2 = \frac{350}{\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}} \Rightarrow T_2 = \frac{350}{\frac{1 + \sqrt{3}}{2\sqrt{3}}}$$

$$T_2 = \frac{350}{\frac{2+6}{4\sqrt{3}}} \Rightarrow T_2 = \frac{350}{\frac{8}{4\sqrt{3}}}$$

$$T_2 = \frac{350}{\frac{2}{\sqrt{3}}} \Rightarrow T_2 = 350 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \boxed{T_2 = 175\sqrt{3} \text{ N}}$$

Substituindo T_2 na equação (II), temos que:

$$T_1 \cdot \cos 30^\circ - 175\sqrt{3} \cdot \cos 60^\circ = 0$$

$$T_1 \cdot \cos 30^\circ = 175\sqrt{3} \cdot \cos 60^\circ \Rightarrow T_1 = \frac{175\sqrt{3} \cdot \cos 60^\circ}{\cos 30^\circ}$$

$$T_1 = \frac{175\sqrt{3} \cdot 1}{\frac{\sqrt{3}}{2}} \Rightarrow T_1 = \frac{175\sqrt{3}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} \Rightarrow$$

$$T_1 = \frac{175\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \Rightarrow \boxed{T_1 = 175 \text{ N}}$$

Como dito anteriormente

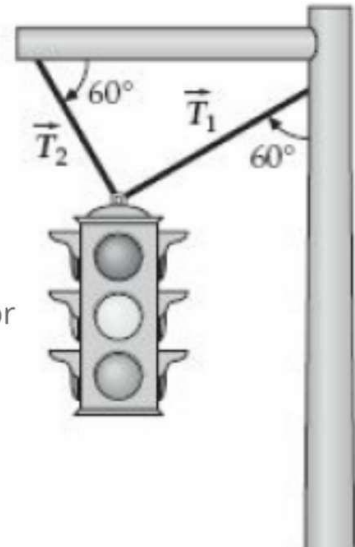
$$\boxed{T_2 > T_1}$$

ANEXO A
PROBLEMA DIAGNÓSTICO – FIGURA 1

Um sinal luminoso de trânsito, de 35,0 kg, é mantido suspenso por dois fios, como na Figura 4-36.

(a) Desenhe o diagrama de corpo livre para o sinal e utilize-o para responder qualitativamente à seguinte questão: A tensão no fio 2 é maior ou menor que a tensão no fio 1?

(b) Confirme sua resposta aplicando as leis de Newton e calculando as duas tensões



Fonte: Tipler e Mosca (2014)