

Uso de um mapa conceitual de referência como instrumento de mediação na resolução assistida de problemas de Física no contexto da ondulatória



João Paulino Vale Barbosa¹, Sérgio Luiz Talim¹, Julia Cerqueira Silva Pereira², Mateus Mendes Veloso Costa²

¹Setor de Física, Colégio Técnico, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Minas Gerais – Brasil.

²Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Minas Gerais – Brasil.

E-mail: jpaulinovale@coltec.ufmg.br

(Recibido el 20 de marzo de 2023, aceptado el 27 de agosto de 2023)

Resumo

Neste trabalho apresentamos os resultados de um estudo exploratório cujo objetivo foi avaliar o potencial de um mapa conceitual de referência como instrumento de consulta na resolução assistida de problemas de Física. Nesse estudo, o mapa conceitual de referência foi utilizado como ferramenta de mediação e resgate de conceitos fundamentais sobre propagação de ondas mecânicas. A ideia do mapa conceitual de referência subverte a ideia de que os estudantes devem construir seus próprios mapas conceituais. O estudo proposto ocorreu durante o período de ensino remoto emergencial devido à suspensão das aulas presenciais em função da pandemia do coronavírus. O mapa conceitual de referência foi elaborado por um grupo de estudantes de graduação de Física sob orientação do pesquisador e sua utilização como instrumento de mediação se deu por meio de um questionário online aplicado a estudantes voluntários do ensino médio, os quais haviam trabalhado remotamente com o tópico ondas em suas escolas, cerca de seis meses antes. O uso do mapa conceitual foi comparado ao uso de um resumo tradicional por um grupo controle. Embora a adesão voluntária tenha sido baixa ($N = 24$), com 11 estudantes usando o mapa e os outros 13 usando o resumo, algumas conclusões importantes podem ser tiradas do estudo, que apresentou uma ligeira vantagem para o uso do mapa conceitual.

Palavras chave: Mapa conceitual de referência, concepções alternativas, aprendizagem significativa.

Abstract

In this work we present the outcomes of an exploratory research whose objective was to evaluate the potential of a conceptual reference map as a mediation instrument for assisted resolution of Physics problems. In this study, the conceptual reference map was used as an instrument of mediation and recollection of fundamental concepts about mechanical waves propagation. The idea of the reference conceptual map subverts the idea that students must construct their own conceptual maps. The present study took place during the emergency remote teaching period due to the suspension of classroom lessons due to the coronavirus pandemic. The conceptual reference map was prepared by a group of undergraduate Physics students under the guidance of the researcher and its use as a mediation instrument happened via an online questionnaire applied to volunteer high school students, who had worked remotely with the waves topic in their schools about six months earlier. The use of the conceptual map was compared to the use of a traditional summary by a control group. Although voluntary adherence was low ($N = 24$), with 11 students using the map and the other 13 using the summary, some important conclusions can be drawn from the study, which showed a slight advantage for the use of conceptual map.

Keywords: Reference conceptual map, alternative conceptions, meaningful learning.

I. INTRODUÇÃO

A construção de mapas conceituais pode ser entendida como uma técnica utilizada para a exposição de como estão estruturadas as relações conceituais em determinado campo do conhecimento por um estudante ou por qualquer pessoa. Nesse sentido, os mapas conceituais são ferramentas que fornecem uma representação visual das relações conceituais e da organização das estruturas do conhecimento [1]. Na

estrutura do mapa conceitual os conceitos são organizados hierarquicamente e suas ligações são rotuladas através de proposições, onde os conceitos mais inclusivos são preferencialmente colocados no topo do mapa e os conceitos mais específicos colocados mais abaixo [2].

Mapas conceituais têm sido utilizados como recursos mediacionais no ensino de Física e também como instrumento de estudo de processos de aprendizagem desde a década de 1970, quando foram propostos por Joseph Novak e colaboradores da universidade de Cornell (EUA), com base

na teoria cognitiva da aprendizagem, de David Ausubel [2, 3, 4].

O uso dos mapas conceituais como instrumento pedagógico se fundamenta na concepção de que sua construção pode contribuir na organização da rede cognitiva de quem deles faz uso. No âmbito da pedagogia, há pelo menos quatro maneiras não excludentes de utilização dos mapas conceituais encontradas na literatura de pesquisa em ensino de Física: (1) como ferramentas de organização curricular para um dado curso; (2) como ferramenta de organização das ações pedagógicas a serem desenvolvidas para o estudo de um determinado tópico; (3) como estratégia de ensino-aprendizagem, por meio da qual os estudantes elaboram mapas conceituais durante etapas da atividade; (4) como um dos possíveis instrumentos de avaliação qualitativa do processo de ensino-aprendizagem [2, 5].

Esta última maneira de uso está entre as mais documentadas na literatura [6, 7]. Especificamente, encontramos essa forma de utilização dos mapas conceituais no ensino de ondulatória, acústica e óptica em Martins et al [8], tópico analisado neste trabalho.

Entretanto, o mapa conceitual usado no presente estudo, foi construído por meio de uma abordagem diferente das quatro maneiras encontradas na literatura da área de ensino de Física, descritas anteriormente. Trata-se do Mapa Conceitual de Referência, conceito proposto por Gaspar et al [9]. Os autores aplicaram este conceito para desenvolver uma ferramenta de “geração assistida de mapas conceituais”, os quais devem ser construídos sob o ponto de vista de um especialista em cada domínio específico. Nós nos apropriamos dessa ideia para utilizá-la como instrumento de resgate conceitual no contexto de resolução assistida de problemas de Física no contexto da ondulatória.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Mapas conceituais foram inicialmente propostos e desenvolvidos como uma proposta para aplicação da teoria da aprendizagem, de Ausubel [10]. Utilizado como ação pedagógica, a construção de um mapa conceitual é um exercício por parte do estudante que demanda esforço cognitivo pois exige a reflexão de como os conceitos se relacionam entre si e quais seriam mais ou menos inclusivos. Segundo a teoria da aprendizagem de Ausubel, a aprendizagem se dá quando o aprendiz adquire novas informações e consegue associá-las a conceitos e/ou proposições relevantes já existentes em sua estrutura cognitiva – os subsunçores –, processo conhecido como ancoragem [11, 12]. Endossando esta ideia, Novak e Gowin [10], afirmam que a aprendizagem é compreendida como um processo dinâmico por meio do qual um novo conhecimento deve se relacionar de maneira não arbitrária a um outro conhecimento que já faz parte da estrutura cognitiva do estudante, ou de uma pessoa que ocupa o papel de aprendiz. Para estes autores, os mapas conceituais podem também auxiliar positivamente na evolução dos principais subsunçores presentes na estrutura cognitiva do estudante. Por outro lado, a análise dos mapas conceituais construídos

por estudantes também poderiam revelar obstáculos pedagógicos no processo de ensino-aprendizagem.

A ideia dos mapas conceituais se insere originalmente como estratégia pedagógica, cujo objetivo é levar os estudantes a expor as relações conceituais que fazem em torno de um dado tópico de estudo. Nesse sentido, o processo de construção e reconstrução de mapas conceituais pelo estudante pode mostrar a dinâmica evolutiva do conhecimento em transformação – da reconstrução de significados ou do desenvolvimento de novos significados –, ou seja, das modificações dos subsunçores.

O uso da aprendizagem significativa (como se tornou mais conhecida a teoria cognitiva da aprendizagem de Ausubel) para fundamentar o uso de mapas conceituais como recurso pedagógico teve seu auge nos anos de 1970/1980, mas apesar disso, Moreira [2, 3] adverte que Ausubel nunca associou sua teoria ao desenvolvimento de mapas conceituais.

No Brasil, apesar da teoria da aprendizagem significativa ser bem conhecida por pesquisadores e professores, o uso de mapas conceituais nunca alcançou uma adesão muito consistente por parte da comunidade, talvez pelo crescente fortalecimento de teorias socioconstrutivistas, alcançado desde o final dos anos 1970, em detrimento de teorias cognitivistas.

Também naquela mesma época, a pesquisa em ensino de Física se difundiu pelo estudo das concepções alternativas dos estudantes, tidas como um conhecimento fragmentado e autossuficiente.

No contexto do ensino de Ciências, as estratégias pedagógicas que se orientam pela reconstrução do conhecimento espontâneo, admitem que tal conhecimento é adquirido pelos estudantes ao longo de seu percurso ontogenético, seja dentro ou fora da escola. Apesar de sua característica idiossincrática, as concepções alternativas são reconhecidas e estão documentadas no campo da pesquisa em ensino de Ciências como um conhecimento prévio, precário e de caráter geral, presente na estrutura cognitiva do estudante [13, 14].

Nós consideramos que, do ponto de vista da teoria da aprendizagem de Ausubel, estas concepções alternativas estão enraizadas como subsunçores nas estruturas cognitivas de quem se dispõe a resolver problemas de toda natureza, as quais podem se constituir como verdadeiros obstáculos epistemológicos à aprendizagem.

Embora haja diferentes correntes teóricas sobre como se dá a aprendizagem, há pelo menos dois pontos comuns entre teorias cognitivas e a teoria sociocultural. O primeiro deles é que os conceitos não são estáticos, eles podem ser reconstruídos a cada problema que o sujeito enfrenta, relacionando-os a novas informações subjacentes a essas novas instâncias de uso. Não importa a corrente teórica, os conceitos são compreendidos no campo da Educação como algo em constante evolução, justificando a busca pelo domínio de conceitos científicos como uma das partes mais importantes a serem consideradas nos processos de ensino-aprendizagem.

Diante do objetivo deste trabalho, nos interessam aquelas concepções alternativas relacionadas à propagação das ondas mecânicas e à manipulação da equação fundamental da

ondulatória. Os principais equívocos cometidos por estudantes neste campo de estudo podem ser encontrados em Caleon e Subramaniam [15] e Wittmann, Steinberg e Redish [16], que apontam uma relação detalhada e cuidadosa destes equívocos. A partir desta relação, destacamos três grupos de equívocos relacionados ao nosso estudo:

Grupo 1: Movimento de onda versus movimento de partícula

- *As partículas de um meio e a onda que se propaga através do meio movem-se com a mesma velocidade;*
- *As partículas do meio seguem a velocidade da onda que se propaga através do meio, pois a onda faz com que as partículas se movam;*

Grupo 2: Frequência de ondas, fonte de ondas e propriedades do meio

- *Quando as ondas passam de um meio para outro com densidades diferentes, sua frequência muda;*
- *Quando as ondas se propagam em direção a um meio com maior densidade, sua frequência diminui, porque maior densidade de massa significa maior inércia, então menos ondas podem se propagar através dele em um determinado tempo.*

Grupo 3: Velocidade da onda em meios com propriedades fixadas

- *À medida que a frequência das ondas aumenta, a velocidade aumenta porque mais energia é transmitida às partículas do meio;*
- *À medida que a frequência aumenta, a velocidade da onda aumenta ($v = \lambda \cdot f$);*
- *Com frequência constante, à medida que a amplitude aumenta, leva mais tempo para as ondas se moverem para cima e para baixo;*
- *Para fazer um pulso se propagar através de uma corda mais rapidamente, ela deve ser sacudida mais rapidamente e com mais força.*
 - Isso ocorre porque quanto maior a frequência, menor é o período ou o movimento da onda.
 - Isso é para fazer com que as partículas vibrem com maior amplitude e se movam com maior energia.

Entendemos que, do ponto de vista da teoria de Ausubel, tais equívocos estejam relacionados à dificuldade de diferenciação do conceito de velocidade e de frequência, que nos parecem mais inclusivos, e portanto, fundamentais para a correta interpretação de questões relacionadas à propagação de ondas mecânicas.

Assim, no contexto da resolução assistida de problemas de Física, nos pareceu interessante a possibilidade do uso do mapa conceitual como instrumento de mediação no resgate ou na reconstrução de conceitos.

Especificamente, a ideia do mapa conceitual de referência [Cf. 9] nos pareceu promissora como ferramenta de consulta para a resolução de problemas em Física em situações nas quais não se dispusesse de instrumentos mediacionais para a construção dos mapas pelos estudantes ou que não houvesse tempo hábil para isso, como ocorreu na situação do ensino remoto emergencial.

Segundo os autores citados, os mapas conceituais de referência devem ser construídos por especialistas e

apresentados a pessoas que estão empenhadas na resolução dos mais diversos tipos de problema.

No contexto desta pesquisa, a ideia do uso de um mapa conceitual de referência não ignora os pressupostos da teoria da aprendizagem de Ausubel, mas investe no oferecimento de uma estrutura pronta, considerada correta, com o objetivo de resgatar e reorganizar os conceitos necessários para o enfrentamento das questões propostas.

Além disso, o uso dos mapas conceituais de referência continua respeitando a ideia de que mapas conceituais devem ser utilizados com estudantes que já tenham familiaridade com o tópico estudado [Cf. 17], ao que acrescentamos que devem ser vistos como representações sucintas das relações conceituais.

Portanto, o uso do mapa conceitual de referência não pressupõe antecipadamente o desenvolvimento cognitivo com a construção de novas ancoragens, ou do reforço de ancoragens existentes, e, em princípio, não permite a análise dessa possibilidade, mas não a exclui, uma vez que este é o pressuposto de qualquer instrumento de mediação utilizado nas práticas pedagógicas. O objetivo desta pesquisa exploratória é investigar a eficácia de seu uso na resolução assistida de problemas de Física.

III. METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa foi desenvolvida para atender à situação do ensino remoto emergencial que se fez necessário em função da pandemia do coronavírus, mas não se restringe a este contexto, uma vez que pode ser utilizada em qualquer outra situação de ensino. Inclusive, a ferramenta desenvolvida para a coleta de dados, o questionário via plataforma *GoogleForms*, também pode ser utilizada como instrumento de mediação da aprendizagem em estratégias pedagógicas estruturadas com base em teorias de aprendizagem construtivistas.

O questionário foi construído com várias seções, começando com solicitação de informações sobre o contexto de ensino remoto emergencial e da percepção dos estudantes sobre as formas de mediação oferecidas a eles como estratégia de ensino e sobre sua postura diante delas.

Depois disso, eles começavam respondendo o pré-teste, composto de quatro questões sobre a propagação de ondas mecânicas relacionadas às principais concepções alternativas descritas na literatura, considerando os principais equívocos cometidos por estudantes neste tópico, reconhecidos como obstáculos epistemológicos à aprendizagem. Após cada questão do pré-teste (e também do pós-teste) foi perguntado aos estudantes (por meio de um escala Likert) qual o grau de confiança ele tinha para a resposta assinalada.

Na seção seguinte, apresentamos a um grupo de participantes da pesquisa, escolhido aleatoriamente, um mapa conceitual de referência e a outro grupo (controle) um resumo tradicional. O oferecimento do resumo como instrumento de consulta ao grupo controle se justifica, pois é um instrumento de organização do estudo que tem boa chance de fazer parte do cotidiano escolar dos estudantes.

Mapa e resumo foram desenvolvidos por um grupo de trabalho composto por seis estudantes de graduação,

voluntários, alunos do curso de Física da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), entre eles dois dos autores deste trabalho. Este grupo iniciou o trabalho analisando cinco questões objetivas sobre a propagação de ondas mecânicas, em um processo recursivo, ao fim do qual restaram as quatro questões que compuseram o pré-teste e o pós-teste.

As questões do pré-teste, que são as mesmas do pós-teste, foram construídas com base no conhecimento produzido pelas pesquisas em concepções alternativas aqui relatadas [15, 16], com a expectativa de que elas emergissem durante a realização do pré-teste e do pós-teste e os estudantes tivessem de enfrentá-las. O exemplo que apresentamos a seguir é uma das questões utilizadas no questionário da pesquisa, tanto no pré-teste quanto no pós-teste (as outras questões podem ser consultadas no anexo I).

Questão 1) A figura desta questão mostra oscilações produzidas na extremidade de uma corda grossa. Essas oscilações dão origem a uma onda de comprimento λ_1 que atinge uma corda fina e passa a apresentar comprimento de onda λ_2 (região cinza da figura). Podemos fazer várias afirmações acerca da passagem da onda da corda mais grossa para a corda mais fina, EXCETO.

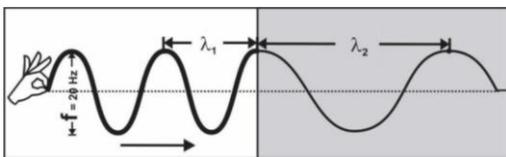


FIGURA 1. Questão 1 - figura representando as situações em que uma onda muda de meio. Fonte: Estudo da Física através de atividades. Paula et al. COLTEC/UFMG, 2019. 235p.

- (A) A velocidade da onda é a mesma porque a tensão nas duas cordas é igual.
- (B) A frequência das oscilações transmitidas pela onda não sofre alteração.
- (C) O comprimento de onda muda por causa da mudança na velocidade da onda.
- (D) A expressão $v = \lambda f$ é válida para os dois meios de propagação.

Na ilustração da questão (figura 1), uma onda mecânica passa de uma corda mais grossa para uma corda mais fina (diferentes densidades lineares). Esta é uma situação típica para representar a mudança de meio de propagação de uma onda. As alternativas desta questão incluem distratores que podem desencadear processos de emergência de concepções alternativas latentes como a confusão entre o conceito de frequência com o conceito de velocidade, que estão relacionados aos respectivos subsunçores na sua estrutura cognitiva, além de eventuais equívocos na manipulação da equação fundamental e outros [Cf. 15].

Este estudo exploratório foi conduzido com 24 estudantes voluntários, alunos regulares de cursos técnicos de duas escolas da rede federal de ensino do estado de Minas Gerais (Brasil), durante o período da pandemia de coronavírus. O tópico Ondas foi ministrado para esses estudantes de forma

totalmente remota, cerca de 6 meses antes da aplicação do questionário.

Os dados coletados foram analisados por meio de três parâmetros, comparando pré-teste e pós-teste: a pontuação nas questões específicas, o grau de confiança do estudante ao respondê-las e a mudança nas respostas após consulta ao instrumento de resgate conceitual.

Utilizamos também o aplicativo JASP para uma análise estatística simples, por meio do teste *T-student-pareado*, acompanhado da estimativa do tamanho do efeito, medido pelo índice *d-Cohen*. Para estudos exploratórios, valores do índice de confiança em torno de 0,05 são considerados razoáveis [18, 19, 20]. No trabalho destes autores encontramos uma de classificação para o tamanho do efeito, dado pelo *d-Cohen* como: $d \leq 0,2$ (ausente ou desprezível); $0,2 \leq d \leq 0,5$ (pequeno); $0,5 \leq d \leq 0,8$ (médio) e $0,8 \leq d$ (grande).

A análise estatística por meio do teste *T-Student-pareado* nos ajuda a interpretar se esta diferença tem algum significado além da casualidade (figura 3). Neste teste, o índice de confiança *p* indica a probabilidade de a diferença encontrada entre os valores das médias obtidas pelos diferentes grupos ser dada ao acaso, enquanto o *d-Cohen* indica se o tamanho do efeito produzido pelos instrumentos de mediação – grupo Mapa e grupo Resumo (controle) é ou não significativo.

IV. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O gráfico apresentado na figura 2 compara o desempenho acadêmico dos estudantes no pré-teste e pós teste, mostrando que houve melhora no escore no pós-teste para ambos instrumentos de resgate conceitual. Isso era esperado, uma vez que o estudo oferece aos estudantes dos dois grupos um instrumento de consulta (Mapa ou Resumo) que os auxilia no resgate de conceitos fundamentais relacionados às questões enfrentadas.

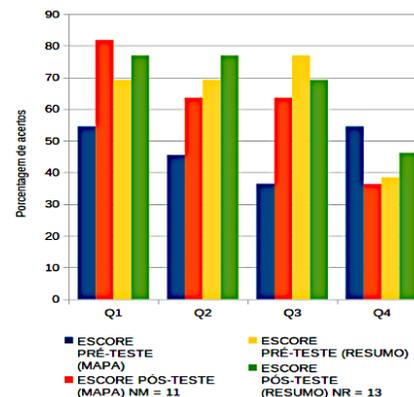


FIGURA 2: Histograma mostrando variação percentual dos escores para cada questão. Observa-se uma maior diferença nos escores para o grupo Mapa nas questões 1, 2 e 3.

No entanto, há uma ligeira diferença a favor do grupo Mapa, com uma maior diferença entre as respostas dadas ao pré-teste e pós-teste. Exceção é o resultado para a questão 4 que,

como veremos, mostra um comportamento oposto ao observado em todos os parâmetros considerados.

Paired Samples T-Test - Mapa

Measure 1	Measure 2	t	df	p	Cohen's d
NOTA PRÉ-TESTE (QUESTÃO 1)	NOTA PÓS-TESTE (MAPA - QUESTÃO 1)	-1.936	10	0.041	-0.584
NOTA PRÉ-TESTE (QUESTÃO 2)	NOTA PÓS-TESTE (MAPA - QUESTÃO 2)	-1.491	10	0.083	-0.449
NOTA PRÉ-TESTE (QUESTÃO 3)	NOTA PÓS-TESTE (MAPA - QUESTÃO 3)	-1.936	10	0.041	-0.584
NOTA PRÉ-TESTE (QUESTÃO 4)	NOTA PÓS-TESTE (MAPA - QUESTÃO 4)	1.491	10	0.917	0.449

Note. For all tests, the alternative hypothesis specifies that Measure 1 is less than Measure 2. For example, NOTA PRÉ-TESTE (QUESTÃO 1) is less than NOTA PÓS-TESTE (MAPA - QUESTÃO 1).

Paired Samples T-Test - Resumo

Measure 1	Measure 2	t	df	p	Cohen's d
NOTA PRÉ-TESTE (QUESTÃO 1)	NOTA PÓS-TESTE (RESUMO - QUESTÃO 1)	-1.000	12	0.169	-0.277
NOTA PRÉ-TESTE (QUESTÃO 2)	NOTA PÓS-TESTE (RESUMO - QUESTÃO 2)	-1.000	12	0.169	-0.277
NOTA PRÉ-TESTE (QUESTÃO 3)	NOTA PÓS-TESTE (RESUMO - QUESTÃO 3)	1.000	12	0.831	0.277
NOTA PRÉ-TESTE (QUESTÃO 4)	NOTA PÓS-TESTE (RESUMO - QUESTÃO 4)	-1.000	12	0.169	-0.277

Note. For all tests, the alternative hypothesis specifies that Measure 1 is less than Measure 2. For example, NOTA PRÉ-TESTE (QUESTÃO 1) is less than NOTA PÓS-TESTE (RESUMO - QUESTÃO 1).

FIGURA 3: Teste T-Student pareado (aplicativo JASP), utilizado para comparar os escores no pré-teste e pós teste de ambos os instrumentos de resgate conceitual, o mapa conceitual e o resumo tradicional. Observa-se um *d-Cohen* mais elevado para o grupo Mapa.

Ainda que o índice de confiança, *p*, se mostre elevado nos dois grupos ($0,04 < p < 0,08$) para o grupo Mapa e valores ainda maiores e variados para o grupo Resumo), considerados ruins do ponto de vista estatístico, trata-se de um estudo exploratório, com um número baixo de participantes voluntários.

O tamanho do efeito, medido pelo índice *d-Cohen* nos dois grupos, não permite afirmar que o tamanho do efeito seja significativo, sendo classificado de pequeno para médio ($0,45 < d < 0,58$; para o grupo Mapa), mas é maior no grupo Mapa do que no grupo Resumo ($d = 0,27$).

Um outro dado que analisamos aqui é o grau de confiança atribuído por cada estudante, por questão, em cada instrumento utilizado. Ele indica a segurança do estudante ao

responder as questões. Novamente, os resultados indicam uma pequena vantagem para o grupo que utilizou o mapa conceitual de referência (figura 4). Também aqui, a análise estatística aponta uma pequena vantagem para o grupo Mapa (figura 5). O índice de confiança da análise apresenta valores bastantes diferentes, mas estão dentro da faixa de $0,05$ considerado satisfatório para estudos exploratórios [18, 19, 20]. O tamanho do efeito relativo ao uso de cada instrumento se situa desde próximo de $0,5$ atingindo mais de $1,00$, o que significa um tamanho de efeito de médio para grande.

Portanto, os estudantes do grupo Mapa apresentaram maior grau de confiança nas respostas dadas ao pós-teste que os do grupo Resumo.

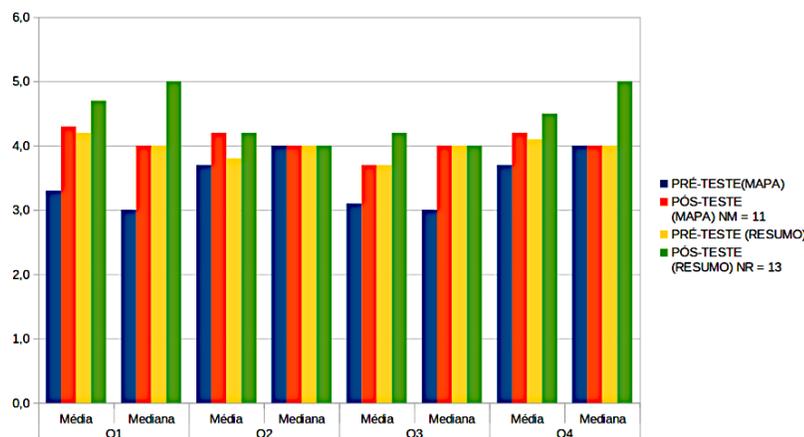


FIGURA 4: Histograma indicando média e mediana, por questão, do grau de confiança dos estudantes ao responder cada questão do pré-teste e pós-teste. O resultado indica um ganho maior no grau de confiança na resposta por parte do grupo Mapa, com exceção da questão 4 (Q4).

Paired Samples T-Test - Mapa

Measure 1	Measure 2	t	df	p	Cohen's d
Grau de confiança - pré-teste Q1	Grau de confiança Q1 - mapa	-4.282	10	< .001	-1.291
Grau de confiança - pré-teste Q2	Grau de confiança Q2 - mapa	-2.193	10	0.027	-0.661
Grau de confiança - pré-teste Q3	Grau de confiança Q3 - mapa	-2.283	10	0.023	-0.688
Grau de confiança - pré-teste Q4	Grau de confiança Q4 - mapa	-1.614	10	0.069	-0.487

Note. For all tests, the alternative hypothesis specifies that Measure 1 is less than Measure 2. For example, Grau de confiança - pré-teste Q1 is less than Grau de confiança Q1 - mapa.

Paired Samples T-Test - Resumo

Measure 1	Measure 2	t	df	p	Cohen's d
Grau de confiança - pré-teste Q1	Grau de confiança Q1 - resumo	-2.501	12	0.014	-0.694
Grau de confiança - pré-teste Q2	Grau de confiança Q2 - resumo	-2.521	12	0.013	-0.699
Grau de confiança - pré-teste Q3	Grau de confiança Q3 - resumo	-2.501	12	0.014	-0.694
Grau de confiança - pré-teste Q4	Grau de confiança Q4 - resumo	-1.720	12	0.056	-0.477

Note. For all tests, the alternative hypothesis specifies that Measure 1 is less than Measure 2. For example, Grau de confiança - pré-teste Q1 is less than Grau de confiança Q1 - resumo.

FIGURA 5: Teste T-Student pareado (aplicativo JASP), utilizado para comparar o grau de confiança dos estudantes após assinalar as respostas de cada questão no *pré-teste* e pós teste. Observa-se um *d-Cohen* mais elevado para o grupo Mapa com exceção da questão 4 (Q4).

Por meio de uma última análise comparativa, verificamos ainda que as mudanças positivas (de errado para certo) foi mais frequente entre estudantes que fizeram uso do mapa (Tabela I e Figura 6).

A tabela I mostra, por exemplo, que na questão 01, para o grupo mapa, duas respostas se mantiveram incorretas, três mudaram de incorretas para corretas, não houve mudança de correta para incorreta e seis permaneceram corretas. Ainda que a comparação seja feita com base em um número pequeno de respostas, esse indicativo acompanha a interpretação dada aos resultados apontados nas análises anteriores.

TABELA I: Comparação cruzada das mudanças nas respostas dos estudantes para cada instrumento de resgate conceitual.

		PÓS-TESTE				
		MAPA		RESUMO		
		0	1	0	1	
PRÉ-TESTE	Q1	0	2	3	3	1
		1	0	6	0	9
	Q2	0	4	2	3	1
		1	0	5	0	9
	Q3	0	4	3	3	0
		1	0	4	1	9
	Q4	0	5	0	7	1
		1	2	4	0	5

Os dados organizados na tabela I também mostram uma mudança de correto para incorreto na questão 3, para o grupo Resumo e duas mudanças de correto para incorreto para o grupo Mapa.

O histograma com os dados desta tabela mostra uma mudança percentual significativa para o grupo Mapa em comparação com o grupo Resumo (Figura 6). Por exemplo, 60% dos estudantes do grupo Mapa mudaram suas respostas de incorreta para correta na questão 1, o que representa cerca de 27% dos estudantes do grupo (N=11). Para a mesma questão, o grupo Resumo apresenta apenas 25% de mudança de incorreto para correto, o que corresponde a apenas 7,7 % do total de respondentes do grupo. Observa-se também

exceção para a questão 4, para a qual não houve qualquer mudança no escore para o grupo Mapa

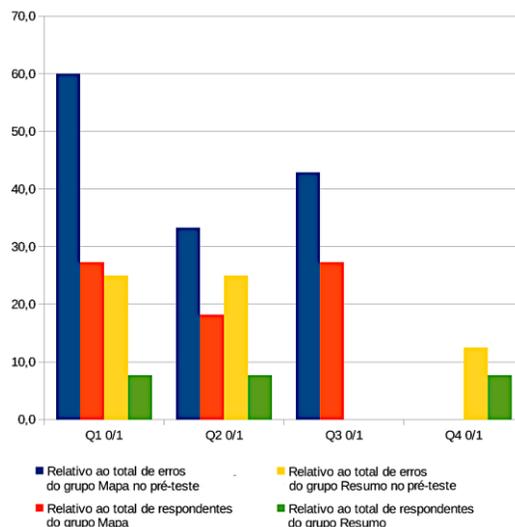


FIGURA 6: Histograma indicando o percentual de mudanças positivas – de errado para certo –, comparando as mudanças com relação ao total de marcações incorretas e também total de respondentes do grupo.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados neste estudo não devem ser utilizados como argumento indiscutível em favor do uso de mapas conceituais de referência como recurso mediacional em estratégias de ensino voltadas para a resolução assistida de problemas de Física. Este é um estudo exploratório, para o qual houve baixa adesão de voluntários, ou seja, pequeno número de respondentes, o que pode estar associado ao valor elevado para o coeficiente de confiança estatística (*p*).

A análise estatística para duas questões do teste mostra um valor muito alto para o índice de confiança, a questão 4 para o grupo Mapa, com *p*=0,92, e a questão 3, para o grupo Resumo, com *p*=0,83. Isso significa que os resultados obtidos

para estas questões podem ter ocorrido ao acaso (ou seja, os estudantes teriam assinalado suas respostas sem entender corretamente as informações e relações conceituais presentes nos dois instrumentos de mediação.

Por outro lado, o fato de os resultados virem de grupos diferentes pode significar uma falha no resumo, com relação à questão 3; e ao mapa conceitual, com relação à questão 4. Isto ainda deve ser avaliado.

Ainda assim, por se tratar de um estudo exploratório, consideramos que os parâmetros analisados indicam que o mapa conceitual de referência mostrou uma ligeira vantagem sobre o resumo tradicional. Isso é relevante do ponto de vista da pesquisa se pensarmos que os estudantes não tinham familiaridade com o uso de mapas conceituais, ao contrário do resumo, uma estratégia tradicional, ainda que ambos instrumentos não tivessem sido por eles desenvolvidos.

Além disso, o estudo nos permite admitir que o uso do mapa conceitual de referência pode ser considerado um instrumento de mediação válido entre tantas outras estratégias de ensino voltadas à resolução assistida de problemas de Física. Ainda mais se considerarmos que uma das justificativas do uso de estratégias de resolução assistida é que elas privilegiam a compreensão e uso de conceitos para o enfrentamento de obstáculos epistemológicos em vez de estratégias de memorização.

REFERÊNCIAS

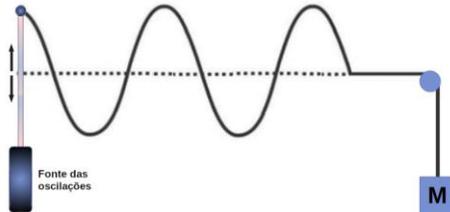
- [1] Gaines, B. R. and Shaw, M. L. G., *Collaboration through Concep Maps*. The first international conference on computer support for collaborative learning – Proceedings (pp. 135–138), (1985). Disponível em: <https://repository.isls.org/bitstream/1/4161/1/135-138.pdf>
- [2] Moreira, M. A., *Mapas conceituais e diagramas*, (2006). Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro_Mapas_conceituais_e_Diagramas_V_COMPLETO.pdf.
- [3] Moreira M. A. e Masini, E. F. S., *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. 1. ed. São Paulo: Editora Moraes, (1982).
- [4] Novak, J. D.; Canas, A. J., *A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los*, *Praxis Educativa* **5**, 9–29 (2010).
- [5] Darroz, L. M.; Rosa, C. T. W., *Mapas conceituais como ferramenta didática na promoção da aprendizagem significativa de eletrostática*. *Areté* **10**, 84–98, (2017).
- [6] Moro, F. T., *Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no Ensino Médio*. 132 f. Dissertação, Mestrado. Centro Universitário Univates, (2015).

- [7] Souza-Júnior, M. V. et al., *Mapas conceituais no ensino de física como estratégia de avaliação*, *Scientia Plena* **13**, 1–11 (2017).
- [8] Martins, R. L. C., Verdaux, M. de F. S., Sousa, C. M. S., *A utilização de diagramas conceituais no ensino de física em nível médio: Um estudo em conteúdos de ondulatória, acústica e óptica*, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **31**, 3 (2009).
- [9] Gaspar, W., Aguiar, C. Z., Cury, D., *Mapas conceituais de referência: uma abordagem do ponto de vista do educador*, (TISE, Fortaleza, 2017).
- [10] Novak, J. D., Gowin, D. B., *Aprender a aprender*, (Plátano Edições Técnicas, Lisboa, 1996).
- [11] Ausubel, D. P. et al., *Psicologia Educacional*, (Editora Interamericana, Rio de Janeiro, 1980).
- [12] Cañas, A. J. et al., *Online concept maps: Enhancing collaborative learning by using technology with concept maps*, *Science and Teaching* **68**, 49, (2001).
- [13] Driver, R. et al., *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*, 1. ed. (Routledge, London, 1994).
- [14] Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A., *Children's ideas in science*, (Open University Press, Philadelphia, 1985).
- [15] Caleon, I., Subramaniam, R., *Development and application of a three-tier diagnostic test to assess secondary students' understanding of waves*, *International Journal of Science Education* **32**, 939–961 (2010).
- [16] Wittmann, M. C., Steinberg, R. N., Redish, E. F., *Making Sense of How Students Make Sense of Mechanical Waves*, *The Physics Teacher* **37**, 15 (1999). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/2167786_Making_Sense_of_How_Students_Make_Sense_of_Mechanical_Waves.
- [17] Moreira, M. A., *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*, *Revista Chilena de Educación Científica* **4**, 38–44 (2005).
- [18] Espírito-Santo, H. e Daniel, F., *Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (1): As limitações do $p < 0,05$ na análise de diferenças de médias de dois grupos*, *Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social* **1**, 3-16 (2015).
- [19] Lindenau, J. D. e Guimarães, L. S. P., *Calculando o tamanho de efeito no SPSS*, *Revista HCPA* **32**, 363–381 (2012).
- [20] Siqueira, J. E., *O ensino superior em contabilidade no Brasil: uma análise comparativa entre o ensino de graduação à distância e o ensino presencial a partir dos dados do Enade 2018*, Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Bahia, (2020).

Anexo I

Demais questões do pré-teste e pós-teste.

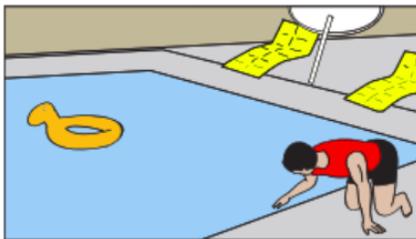
Questão 2) Na figura abaixo, está representada uma onda em uma corda produzida por uma fonte (um oscilador), cuja frequência de oscilação é constante. A corda está tensionada por uma massa M pendurada em sua extremidade. Caso a tensão sobre a corda seja aumentada (aumentando-se a massa M), o que ocorrerá com o comprimento de onda?



Fonte da figura: autores.

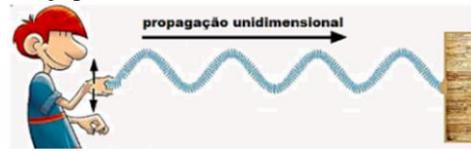
- (A) Aumentará.
- (B) Diminuirá.
- (C) Permanecerá o mesmo.

Questão 3) (Adaptada de UFV-MG) Uma boia está flutuando no meio de uma piscina. Uma pessoa é desafiada a deslocar a boia do centro para a borda da piscina, mas a regra diz que ela só pode produzir ondas transversais na superfície da água. Desde que a pessoa obedeça à regra, é CORRETO afirmar que a chegada da boia à borda da piscina...



Fonte da figura:

<https://static.planejativo.com/uploads/novas/0ece0cf4c2ae7e7ca4dddbe2b076e7dd.png>



- (A) irá depender da amplitude da onda.
- (B) irá depender da densidade da água.
- (C) jamais ocorrerá (ondas transversais).
- (D) irá depender da frequência da onda.

Questão 4) Um estudante propôs um experimento para identificar fatores que pudessem alterar a velocidade de propagação de uma onda em uma mola. Para isso, realizou quatro modificações no experimento, uma de cada vez. Para cada modificação introduzida, todas as demais condições do experimento foram mantidas inalteradas: (I) Variou a frequência com que oscilava a mola para baixo e para cima; (II) Variou a amplitude do movimento que realizava com as mãos; (III) Submeteu a mola a diferentes valores de tensão; (IV) Trocou a mola por outras de diferentes densidades lineares. Desconsiderando quaisquer tipos de dissipação de energia, é CORRETO dizer que a velocidade de propagação da onda na mola foi afetada pela modificação de...

Fonte da figura:

<https://wiki.sj.ifsc.edu.br/index.php/Arquivo:Corda.png>

- (A) III, apenas.
- (B) I e II, apenas.
- (C) III e IV, apenas.
- (D) I, III e IV, apenas.