

# Uma proposta de instrumento para avaliação de perfis epistemológicos de densidade com teste em três camadas

## A proposal for an instrument for evaluation of density epistemological profiles with three-tiers test

Viviane F. de Melo e Amanda Amantes

**Resumo:** Neste trabalho, descrevemos como aliamos um instrumento de coleta de dados em três camadas à noção do perfil epistemológico. Testes em três camadas são instrumentos compostos por três níveis de aferição do conhecimento, chamados de camadas. A primeira camada apresenta um item por meio do qual o aluno deve explicitar se apresenta o conhecimento em questão. Na segunda, o estudante é indagado acerca da explicação sobre o conhecimento do item anterior; na terceira o respondente é convidado a explicitar o grau de confiança que sente em relação às suas respostas às duas camadas anteriores. O uso de testes em camadas possibilita obter a praticidade de testes de múltipla escolha aliada à possibilidade de realizar inferências sobre o raciocínio do estudante. Para avaliar perfis epistemológicos por meio do teste em três camadas desenvolvemos três tipos de questões: i) questões de iniciação, ii) questões legítimas e iii) questões híbridas. Por meio dessas questões é possível evidenciar como a escolarização atua no processo de construção desses perfis. Essas informações são úteis para planejamentos de currículo, ensino e avaliação. Ademais, itens como os aqui apresentados podem ser utilizados como instrumentos de avaliação diagnóstica para informar ao professor em qual zona o estudante se encontra dentro da teoria. De posse dessas informações, professores podem orientar seus planejamentos de ensino de modo a auxiliar os estudantes na construção de zonas de seus perfis epistemológicos.

**Palavras-chave:** perfil epistemológico, teste em três camadas, instrumento de medida.

**Abstract:** In this report, we describe how we combine a three-tier data collection instrument with the epistemological profile theory. Three-tiers tests are instruments composed of three levels of knowledge measurement, called tiers. In the first tier, the student must indicate in a dichotomous way if he possesses the knowledge in question. In the second, the student is asked to explain the answer to the previous item. In the third tier, the respondent is invited to describe the degree of confidence in his responses to the two previous layers. The use of tiered tests makes it possible to obtain the advantages of multiple-choice tests combined with the possibility of making inferences about the students' reasoning. To map epistemological profiles through the three-tier test, we develop three types of questions: i) profile initiation questions, ii) legitimate questions, and iii) hybrid questions. Through these questions, it is possible to show how schooling acts in the process of building such profiles. This information is useful for curriculum planning, teaching, and assessment. Besides, items such as those presented here can be used as diagnostic assessment tools to inform the teacher in which zone the student is within the theory. With this information, teachers can guide their teaching plans to assist students in constructing zones of their epistemological profiles.

**Keywords:** Epistemological profile; Three-tier test; Measurement instrument

**Viviane Florentino de Melo** (vivianefm@ufba.br), doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana – UFBA/UEFS, professora Adjunta da Faculdade de Educação da UFBA, docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC) da UFBA/UEFS. Salvador, BA – BR. **Amanda Amantes** (amanda.amantes@ufba.br), doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais. professora Associada do Instituto de Física da UFBA, docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC) da UFBA/UEFS. Salvador, BA – BR.

**Recebido em** 18/04/2023, **aceito em** 22/11/2023

A seção “Cadernos de Pesquisa” é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.



Um dos desafios da pesquisa na área de ensino diz respeito à construção de ferramentas metodológicas que traduzam os aportes teóricos que usualmente são empregados para interpretação dos resultados. Muitos debates têm sido realizados na área sobre a coerência interna das pesquisas (Amantes e Oliveira, 2012; Amantes *et al.*, 2015); nesse sentido, a questão da importância de instrumentos bem delineados para acessar e avaliar os objetos de estudo se mostra um ponto fundamental. As teorias para interpretar resultados de pesquisa devem ser traduzidas em ferramentas que possam ser utilizadas para coletar e analisar os dados, conferindo maior coerência interna às investigações (Greca, 2002).

A noção do perfil epistemológico proposta por Bachelard (1979) tem sido reportada na área educacional como um recurso em potencial para analisar e interpretar fenômenos nesse contexto. A partir dela pode-se conceituar as maneiras por meio das quais os indivíduos compreendem e lidam com a realidade. Segundo o autor, o perfil epistemológico é composto por “níveis” distintos, também denominados de “doutrinas filosóficas” ou “zonas” (adotamos neste trabalho o termo *zona*), de modo que cada uma das diferentes zonas representa uma forma peculiar de compreender e operar com o mundo. Esse parece um caminho promissor para interpretar a aprendizagem de conceitos científicos. Contudo, os trabalhos que usam esse aporte teórico utilizam metodologias descritivas ou categorização geral de dados provenientes dos participantes (discurso, respostas a testes, narrativas, etc.), não havendo uma sistematização, por parte dos autores desses trabalhos, das ferramentas de coleta e análise que se fundamentam nos princípios pontuados pelo referencial teórico.

Nesse contexto, surge a questão prática de como avaliar os perfis epistemológicos dos estudantes através de uma ferramenta apropriada. Trabalhos que se baseiam no referencial bachelardiano geralmente utilizam métodos de coleta de dados como questionários abertos e entrevistas (Martins e Pacca, 2005; Buscatti Junior, 2014; Roger, 2015; Trevisan e Andrade Neto, 2016). Entretanto, considerando como objeto de estudo o mapeamento do perfil epistemológico sobre um conteúdo específico, o estudo coerente demanda muitos dados, uma vez que se trata de abarcar muitas possíveis variações de respostas e níveis. Nesse caso, os instrumentos e métodos usualmente empregados na coleta e análise de dados tornam-se pouco viáveis, além de inadequados.

Questionários compostos por itens de múltipla escolha são mais indicados quando se trabalha com amostras muito grandes, pois possibilitam fazer um mapeamento amplo, utilizando muitos dados, além de fornecer parâmetros mais objetivos para o estabelecimento de perfis gerais. Resultados desse tipo de mapeamento podem guiar e informar pesquisas mais específicas, com pequenas amostras, de forma que a triangulação forneça elementos a mais para interpretar os perfis à luz da teoria. Todavia, as informações obtidas através de itens de múltipla escolha são limitadas, visto que por meio deles não é possível

realizar inferências sobre o raciocínio que o estudante utilizou. Diante desse impasse, um instrumento que tem se mostrado útil no sentido de aliar a praticidade da tabulação de itens de múltipla escolha ao acesso a informações acerca do raciocínio dos estudantes são os chamados testes de múltipla escolha em camadas (Treagust, 1988, 2012; Eryilmaz, 2010).

Esses testes apresentam a seguinte estrutura: cada questão referente ao conteúdo é seguida de outra, na qual são apresentadas justificativas para a escolha anteriormente feita; pode haver ainda uma terceira questão, referente ao grau de confiança que o estudante tem acerca das respostas fornecidas, com opções que vão desde “Muito Seguro” até “Muito Inseguro”. Assim, cada questão do teste se desdobra, compondo o chamado teste em camadas.

Neste trabalho, apresentamos a elaboração de itens em três camadas, juntamente com seus respectivos instrumentos de análise, para acessar e avaliar perfis epistemológicos sobre o conteúdo de densidade de estudantes do Ensino Médio. Para situar o leitor, do ponto de vista teórico e da justificativa de nossa proposta, a seguir apresentamos: uma breve descrição sobre a perspectiva do perfil epistemológico; seguida de uma explicitação sobre os procedimentos de coleta de dados que vêm sendo empregados na área para a sua utilização; e um panorama sobre a origem e o uso do instrumento do teste em três camadas, seguido de um detalhamento sobre sua estrutura.

## 2. Perfil Epistemológico

### 2.1. Fundamentos teóricos

Neste trabalho, utilizamos a noção de perfil epistemológico proposta por Bachelard (1979) para analisar a pluralidade existente de modos de entendimento da realidade. Consideramos essa abordagem valiosa, visto que ela segmenta, a partir de uma perspectiva histórico-filosófica, os diferentes modos pelos quais os conceitos podem ser compreendidos e utilizados. De acordo com essa perspectiva, os conhecimentos de cada zona são qualitativamente distintos e há uma hierarquia no pluralismo epistemológico, no que se refere ao grau de complexidade, mas todas as zonas são válidas e servem para operar com situações específicas. O perfil epistemológico de um indivíduo é composto pelas diferentes zonas que ele é capaz de acionar, aliado à frequência de uso de cada uma delas, para tratar casos singulares a depender da situação em questão.

Bachelard (1979) explica que as zonas variam entre a mais rotineira que é utilizada na cultura diária, chamada de realismo ingênuo; empirismo, que relaciona métodos de medidas com instrumentos; e racionalismos (racionalismo clássico ou tradicional, completo e discursivo), os quais se estabelecem através de conceitos abstratos e modelos que possibilitam a compreensão da realidade por meio de uma ordem de causalidade teórica. O autor explica que cada uma das zonas é distinta

das demais, de modo que uma nova zona não pode ser atingida por incorporação de conhecimento em uma zona anterior, e sim por meio de rupturas com esta.

De acordo com essa perspectiva, espera-se que os estudantes ingressem em seus cursos de ciências – Química e Física, especificamente (9º ano do Ensino Fundamental ou primeiro ano do Ensino Médio) – com seus perfis epistemológicos constituídos majoritariamente pelo realismo ingênuo no que se refere a esses conteúdos científicos. Embora a literatura aponte que os estudantes apresentam algumas ideias com proximidade aos conhecimentos de referência (Iachel *et al.*, 2008; Kraissig e Braibante, 2019, Diniz *et al.*, 2020), consideramos que sua consolidação ocorra por meio do ensino sistematizado no processo de escolarização. Nessa perspectiva, o objetivo do ensino de ciências seria possibilitar que os estudantes construam as demais zonas de seus perfis epistemológicos acerca dos conceitos científicos (De Melo, 2020).

Ao propor a noção de perfil epistemológico, Bachelard (1979) explica que nem todos os conceitos científicos apresentam uma perspectiva filosófica completa, abrangendo todas as zonas, do realismo ingênuo ao racionalismo discursivo. De acordo com esse referencial, o realismo ingênuo se baseia fortemente na subjetividade, sendo o sujeito basicamente o “instrumento” de medida. Há um imediatismo na construção de afirmações, apreciação visual, o que acarreta o uso inconsistente de “teorias” fragmentadas – não sistemáticas e locais –, não passíveis de generalização.

Já o estabelecimento do empirismo pressupõe a superação das associações errôneas e imediatas da zona anterior no sentido de uma objetivação do conceito. Nesse paradigma, a objetivação é dada por meio de experiências, evidenciando uma mudança de postura em relação aos fatos e fenômenos, que se submetem a uma busca por regularidades que sejam passíveis de originarem leis e princípios.

O primeiro dos racionalismos é o racionalismo tradicional, que é a zona por meio da qual se estabelecem relações entre noções antes utilizadas de forma absoluta e simples no empirismo. Assim, os conceitos são definidos a partir dos fenômenos nos quais eles se envolvem. Bachelard (1979) cita o exemplo do conceito de massa, que nessa doutrina filosófica é definida pelo quociente da força pela aceleração. O autor explica que, de uma perspectiva realista, as noções de massa, aceleração e força são diversas; no entanto, entre elas se estabelece uma relação racional, que é analisada pelas leis racionais da aritmética. Em uma análise histórica, Bachelard afirma que essa zona se constituiu no final do século XVII, por meio do surgimento da mecânica racional de Newton.

O autor explica que essa relação entre noções fundamentais funcionou bem até o surgimento da relatividade, quando essas noções se tornaram complexas, originando então a doutrina filosófica do racionalismo completo. Diante da complexificação das noções, tornou-se necessário lidar com suas estruturas internas, que anteriormente só se relacionavam com outras noções

simples. Citando o exemplo do conceito de massa, Bachelard esclarece que não faz sentido mensurar a massa de um corpo em repouso absoluto, visto que a noção de massa agora é dada em função da velocidade.

Quanto à última zona do perfil epistemológico, o racionalismo discursivo ou dialético, Bachelard explica que, nessa zona, o objeto é construído discursivamente e dialeticamente, não sendo mais determinado de uma vez por todas, como nas zonas anteriores. O autor se vale da Mecânica de Dirac, na qual a propagação determina o que é propagado, para exemplificar como “[...] na organização matemática do saber, é necessário preparar o domínio de definição antes de definir, exatamente da mesma maneira que, na prática do laboratório, é preciso preparar o fenômeno para o produzir” (Bachelard, 1979, p. 20).

Após discorrer brevemente acerca das cinco doutrinas filosóficas que compõem a noção de perfil epistemológico, Bachelard (1979) apresenta o seu perfil epistemológico para o conceito de massa, através de um desenho no qual representa, por meio de colunas, a importância de cada uma das zonas em seu próprio perfil de massa.



Figura 1: Perfil Epistemológico da noção de massa de Bachelard. Fonte: Bachelard (1979, p. 25)

O autor explica que o perfil é determinado de acordo com um conceito em particular de um indivíduo, numa dupla particularização. Quanto ao seu próprio perfil, Bachelard explica que a altura das colunas representa (em termos de frequência) como ele próprio lida com a noção de massa em situações cotidianas. Assim, o autor admite que, para ele, é penoso utilizar tal noção em termos da mecânica relativista (racionalismo completo) ou no sentido da mecânica de Dirac (racionalismo dialético).

Bachelard reconhece a importância da zona racionalista de massa em seu perfil e a justifica por sua formação em uma matemática clássica, que foi desenvolvida por meio de uma longa prática de ensino de Física elementar. Ademais, devido ao que Bachelard chama de conduta da balança, por vezes em seu perfil é concedida uma grande importância à zona empírica desse conceito. Finalmente, o autor admite que, apesar de sua formação e estudo, há situações nas quais ele lida com o conceito de massa na perspectiva do realismo ingênuo.

## 2.2. Pesquisas sobre perfil epistemológico: métodos empregados na coleta de dados

Um método comumente utilizado para coleta de dados em pesquisas que utilizam o referencial teórico de Bachelard são as entrevistas semiestruturadas. Martins e Pacca (2005) empregaram esse recurso com dezessete alunos do Ensino Fundamental e Médio com o objetivo de compreender suas construções acerca do conceito de tempo. Os autores afirmam que, por meio da noção de perfil epistemológico, foi possível compreender a existência de concepções distintas em um mesmo sujeito. Ademais, os autores salientam que a noção possibilitou o estabelecimento de uma base teórica para a conceitualização do conceito em termos de um progresso epistemológico que tem paralelos com visões históricas.

Outra forma de mapear perfis, talvez um pouco mais prolongada que as entrevistas semiestruturadas, foi utilizada por Buscatti Junior (2014) para traçar o perfil epistemológico do conceito de espaço de licenciandos em Física. O autor utilizou um questionário com questões abertas e fechadas, uma simulação de aula e entrevistas com os licenciandos.

Muito provavelmente devido ao investimento de tempo na coleta de dados, sua amostra consistiu em cinco sujeitos que foram acompanhados ao longo de um semestre. Quanto ao referencial teórico, o autor concluiu que as categorias de análise se mostraram eficientes, sendo que as categorias referentes ao realismo ingênuo e empirismo evidenciaram marcas da influência do senso comum na concepção dos futuros docentes. Segundo o autor, as categorias do racionalismo foram construídas nas disciplinas de Física “dura” que os estudantes cursaram ao longo da graduação. O autor ainda apontou o fato de que, anos antes dos movimentos de mudança conceitual e concepções alternativas dos estudantes surgirem em pesquisas no ensino de ciências, Bachelard já preconizava essas noções por meio da noção de perfil epistemológico.

Os estudos que se baseiam na noção de perfil epistemológico recomendam essa lente teórica como um instrumento potencial para compreender como as pessoas lidam com conceitos (Martins e Pacca, 2005; Buscatti Junior, 2014). Além disso, há trabalhos que expandiram o escopo de aplicação dessa perspectiva, como o de Roger (2015), no qual o autor desenvolveu uma ferramenta metodológica baseada no perfil epistemológico para acompanhar a aprendizagem profissional numa perspectiva que vai além do aprendizado técnico de uma profissão, incluindo também o pensamento profissional, criativo e imaginativo. Contudo, podemos notar que, em geral, elas são realizadas com um número pequeno de indivíduos.

Outro exemplo nesse sentido é o estudo de Trevisan e Andrade Neto (2016), no qual os autores mapearam os perfis epistemológicos de 12 estudantes cursando o sétimo período do curso de Licenciatura em Física, visando compreender suas visões acerca da dualidade onda-partícula em Mecânica Quântica.

O estudo de Silva Júnior *et al.* (2007), por sua vez, realizou o mapeamento de perfis de um número relativamente grande de indivíduos em comparação com os estudos supracitados. Para tanto, os autores empregaram testes de Evocação Hierarquizada (TEH) como método de coleta de dados, e assim mapearam o perfil epistemológico do conceito de tempo enquanto representação social de 51 licenciandos de alguns cursos da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Apesar de não refletirem especificamente sobre o uso do referencial bachelardiano, os autores concluíram que o grupo pesquisado ainda se encontrava na zona do realismo ingênuo, com alguns membros chegando no máximo até o empirismo.

Concordamos com os estudos supracitados, que utilizaram a noção de perfil epistemológico enquanto lente teórica para investigar modos de compreender e operar com a realidade, no sentido de essa ser uma ferramenta potencial. Entretanto, assim como Silva Júnior *et al.* (2007), procuramos um método de coleta de dados que viabilize a ampliação da amostra. Isso porque questões sobre concepções gerais de grupos escolares distintos só podem ser estudadas em termos de evidências generalizadas se forem conduzidas com amostras grandes. Estudos dessa natureza são de grande relevância para produzir conhecimento em relação à estrutura das concepções alcançadas em cada etapa de escolaridade, contribuindo para discussões sobre currículo, por exemplo. No caso de nossa pesquisa, a necessidade de uma amostra grande de sujeitos reside no nosso intuito de utilizar análises quantitativas para tratamento dos dados a fim de obter parâmetros mais objetivos para traçarmos perfis generalizados.

Nesse sentido, consideramos que os testes em três camadas se apresentam como instrumentos adequados. Ademais, há uma importante similaridade entre estudos que se valem do instrumento do teste em camadas e aqueles que utilizam o perfil epistemológico como lente teórica: ambos consideram que os estudantes chegam às salas de aula com suas próprias explicações sobre fenômenos naturais e que essas informações são valiosas para fins de planejamento didático.

## 3. Teste em três camadas

### 3.1. Origem e usos na área

O desenvolvimento de testes de múltipla escolha em camadas teve início no movimento de estudo das concepções alternativas dos estudantes, na década de 1980. Na ocasião buscava-se uma maneira mais rápida de ter acesso a essas concepções, visto que as entrevistas, questões abertas e mapas conceituais até então utilizados demandavam muito tempo (Cetin-Dindar e Geban, 2011). A intenção era de que, por meio dos testes, fosse possível diagnosticar e avaliar os equívocos dos estudantes acerca da ciência de maneira mais prática, sanando as limitações dos testes usuais de múltipla escolha. Esses instrumentos

apresentam um *design* comparável ao formato do “Teste de Raciocínio Lógico” (Tobin e Capie, 1981).

Desde então, vários desses testes têm sido desenvolvidos para abordar concepções acerca de conceitos científicos ao longo das últimas duas décadas. Eles têm sido utilizados para diagnosticar concepções de estudantes em níveis diversos de escolaridade. No caso do estudo de Tan *et al.* (2002), foi desenvolvido e aplicado um teste de duas camadas com o objetivo de diagnosticar a compreensão de 915 estudantes do Ensino Médio acerca das análises qualitativas de Química Inorgânica. O trabalho de Kutluay (2005) investigou as concepções de 141 estudantes, desse mesmo nível de ensino, quanto ao conteúdo de óptica geométrica; entretanto, a versão utilizada foi o teste em três camadas.

Outro trabalho que também se debruçou sobre compreensões de ciências de alunos do Ensino Médio foi o de Cetin-Dindar e Geban (2011). Em seu trabalho, eles construíram e validaram um teste em três camadas para detectar as concepções alternativas dos estudantes e identificar a compreensão conceitual sobre ácidos e bases. Os autores enfatizam que, como concepções espontâneas são muito resistentes a mudanças e podem ser problemáticas para outras compreensões significativas sobre os conceitos relacionados, é crucial identificá-las. Eles defendem que testes de três níveis são mais eficazes na avaliação da compreensão dos alunos do que testes de múltipla escolha convencionais, uma vez que os testes de três níveis também diferenciam concepções da falta de conhecimento através da análise dos níveis. Em seu estudo, o teste em camadas foi aplicado para 156 estudantes.

Os testes em três camadas também foram utilizados e defendidos por Arslan *et al.* (2012) em sua pesquisa acerca dos equívocos de licenciandos referentes a problemas ambientais relacionados à atmosfera, aquecimento global, camada de ozônio e chuva ácida. O teste foi aplicado para 256 sujeitos. Os autores discutem as vantagens do uso da terceira camada, afirmando que a correlação entre a pontuação de dois níveis e pontuação de certeza estabelece evidência para validade de construto do instrumento. Além disso, Arslan *et al.* (2012) salientam que, por meio das informações acerca do grau de certeza das respostas, é possível estimar porcentagens de falsos negativos (resposta errada com razão correta) e falsos positivos (resposta correta com razão errada) sem realizar entrevistas de acompanhamento, a fim de fornecer provas para validade de conteúdo. Os autores concluíram que o teste se mostrou uma ferramenta útil para a coleta de dados para a avaliação de equívocos dos licenciandos acerca do tema em questão.

Testes em três camadas também foram os instrumentos de coleta utilizados por Eryilmaz (2010) em seu estudo, no qual foi desenvolvido e validado um teste dessa natureza para avaliar os conceitos sobre calor e temperatura de alunos de bacharelado, mestrado e doutorado. A amostra do estudo consistiu em 1.619 estudantes de bacharelado, 219 de mestrado e 60 de doutorado ou doutores.

### 3.2. Estrutura do teste em três camadas

Os testes em camadas se baseiam no trabalho de Tamir (1989), que foi pioneiro ao utilizar justificativas nas respostas de itens de teste de múltipla escolha como uma maneira eficiente de dimensionar o aprendizado dos estudantes. Esse autor propôs a inclusão de alternativas que representassem as concepções alternativas dos estudantes nos testes de múltipla escolha, demandando que os alunos justificassem a escolha da opção apresentando um motivo (Tamir, 1971). A partir de então, desenvolveram-se testes de múltipla escolha com itens em camadas com o objetivo de ampliar o escopo de informações proporcionadas por esses instrumentos.

Treagust (1988, 2012) explica que a primeira parte de cada item em um teste dessa natureza é uma questão de conteúdo de múltipla escolha com geralmente duas, três ou quatro opções. A segunda parte de cada questão contém um conjunto de razões possíveis para a resposta dada à primeira parte, de modo que, para cada concepção espontânea ou não científica, integrante das alternativas da primeira camada, deve-se ter, pelo menos, uma explicação correspondente na segunda camada. O objetivo da segunda parte é explicitar as razões que levaram o estudante a marcar determinada alternativa. Esse tipo de teste, apesar de considerar os distratores correspondentes a concepções espontâneas conhecidos na literatura, difere dos inventários conceituais por possuírem as outras camadas explicativas e por permitir que, além do aspecto conceitual, também possam ser inseridos itens que demandam raciocínio lógico para resolução de problemas e aplicação da ferramenta matemática.

As questões em camadas são construídas em três etapas principais. Na primeira, é realizada a definição do conteúdo com a delimitação dos limites do conceito; a identificação de declarações de conhecimento de conteúdo proposicional; o desenvolvimento de um mapa conceitual; além da validação do conteúdo por educadores em ciências, professores de ciências e especialistas em ciências com conhecimento profundo do assunto (Treagust, 1988). Desse modo, delimitam-se os tópicos referentes ao conceito que serão abordados nas questões, assim como as relações que se estabelecem entre eles.

A segunda etapa refere-se à construção da segunda parte do teste, que apresenta as justificativas para a opção marcada. O autor explica que ela é feita por meio dos seguintes passos: 1) uma revisão de literatura, na qual se busca equívocos já diagnosticados recorrentes sobre o assunto, não necessariamente concepções espontâneas; 2) entrevistas com os estudantes acerca de suas ideias sobre o tópico em questão; e 3) respostas dos estudantes a questões abertas, nas quais eles têm liberdade de expor seu raciocínio.

Treagust (1988) afirma que esses passos garantem que a lógica de raciocínio apresentada na segunda camada do teste reflita maneiras de pensar dos estudantes e não dos professores ou construtores dos testes. Nesse sentido, o autor cita o trabalho de Tamir (1971) sobre uma abordagem alternativa

à construção de itens de teste de múltipla escolha, que foi inovador, sendo o pioneiro em considerar distratores para os itens de múltipla escolha baseados nas respostas dos alunos a questões abertas.

A terceira etapa consiste na submissão dos testes a aprimoramentos contínuos à medida que vão sendo aplicados para diferentes classes. Ademais, Treagust (1988) salienta que o desenvolvimento desses testes mostrou que cada item pode ser refinado com sucesso para melhorar sua natureza diagnóstica e identificar equívocos. Desde o seu surgimento, uma vasta gama de testes de múltipla escolha em duas camadas tem sido desenvolvida visando determinar a compreensão dos estudantes acerca de conceitos científicos (Tan e Treagust 1999; Griffard e Wandersee, 2001; Tan *et al.*, 2002; Lin, 2004). Geralmente a resposta da primeira camada é relativamente fácil e a segunda investiga profundamente o entendimento por trás da primeira resposta (Treagust, 2012).

Os itens de duas camadas foram desenvolvidos visando compensar a limitação de itens de múltipla escolha simples que não permitem realizar inferências sobre o motivo da seleção das alternativas (Eryilmaz, 2010). Entretanto, apesar do avanço para a compreensão do raciocínio, esse modelo de teste não acessa o grau de certeza do estudante em fornecer determinadas respostas. Eryilmaz (2010) afirma que através do grau de assertividade informado pelo estudante pode-se mensurar, por exemplo, o grau de articulação de seu conhecimento e discernir equívocos de falta de conhecimento. Visando sanar essa lacuna, pesquisadores (Eryilmaz, 2010; Cetin-Dindar e Geban, 2011; Arslan *et al.*, 2012) introduziram uma terceira camada no teste, especificamente para que o aluno possa apontar o grau de segurança que ele teve ao responder as duas camadas anteriores. Assim, os itens de três camadas compensam a limitação de itens de duas camadas que não podem acessar a assertividade das respostas (Eryilmaz, 2010).

A terceira camada baseia-se no índice de certeza de resposta proposto por Hasan *et al.* (1999). Esses autores afirmam que, por meio desse índice, é possível distinguir entre o que seria a falta de conhecimento e o que seriam equívocos, de fato. Embora ambos sejam responsáveis por respostas erradas, os autores salientam que é importante diferenciá-los, visto que a instrução para eliminar equívocos e para remediar a falta de conhecimento pode diferir consideravelmente.

Os autores se baseiam em Hammer (1996) para conceituar equívocos como correspondendo a estruturas cognitivas que se diferem da compreensão aceita em um campo e que interferem na aquisição de novo conhecimento. Hasan *et al.* (1999) enfatizam ainda que, enquanto a falta de conhecimento pode ser remediada com instrução e aprendizado subsequente, equívocos são responsáveis por dificultar, inadvertidamente, a aceitação e integração de novas habilidades ou conhecimentos.

Nesse sentido, integrar ao teste em camadas o índice de certeza de resposta fornece informações valiosas aos professores

e pesquisadores. Hasan *et al.* (1999) explicam que o índice é geralmente associado a uma escala de ordem crescente de assertividade, e que por meio dele pede-se que o respondente forneça sua própria avaliação da certeza que ele tem em sua seleção das leis e métodos utilizados para obter a resposta.

Nos testes em camadas, a terceira camada geralmente consiste em cinco alternativas por meio das quais o estudante deve expressar quão seguro ele se sente com relação às respostas das camadas anteriores. Elas vão de muito seguro, seguro, neutro, inseguro até muito inseguro. Segundo Eryilmaz (2010), quando os respondentes do teste não têm certeza sobre suas respostas, todas as combinações das respostas corretas e erradas do primeiro e do segundo nível devem ser categorizadas como falta de conhecimento, mesmo se ambas estiverem corretas. Entretanto, em nosso trabalho, entendemos a aprendizagem como algo oscilatório e dinâmico (Parziale, 2002). Nesse sentido, o entendimento correto precisa se consolidar e se articular para que o estudante se sinta seguro em relação a ele. Por isso, discordamos do autor e consideramos que a falta de certeza para respostas corretas (tanto na primeira quanto na segunda camada do teste) caracteriza um conhecimento ainda em construção, não articulado com suas situações de aplicação, fazendo com que o aluno não esteja certo acerca de sua validade.

Já em situações nas quais os estudantes têm certeza sobre suas respostas na primeira e segunda camada, Eryilmaz (2010) considera que o acerto na primeira e segunda camada evidencia um conhecimento correto do conceito; nós interpretamos que, nesse caso, o conhecimento esteja mais articulado e consolidado, a ponto do estudante o reconhecer como válido. O acerto na primeira camada e erro na segunda, de acordo com o autor, geralmente significa um falso positivo (resposta correta com razão errada) e raramente um equívoco; nós interpretamos como conhecimento em construção. Como consideramos que o estudante está em processo de construção de seu conhecimento, avaliamos que o erro nas duas camadas geralmente representa um equívoco sobre o conceito, e nesse ponto concordamos com o autor. Por fim, o erro na primeira e acerto na segunda camada se configura como um falso negativo (Eryilmaz, 2010) (resposta errada com razão correta), o que, segundo a literatura, demonstra falta de clareza acerca do conhecimento. Em nossa pesquisa interpretaremos essa combinação também como conhecimento em construção<sup>1</sup>.

A partir dessa interpretação de respostas, uma diversa gama de possibilidades para tratamento de dados se apresenta, desde interpretação de coerência de raciocínio até aplicação de análises estatísticas mais robustas. Além disso, consideramos que os testes em camadas podem se constituir em instrumento que nos permita mapear perfis epistemológicos dos estudantes, aliando a praticidade de testes de múltipla escolha à possibilidade de realizar inferências sobre o raciocínio do estudante, o que o torna uma ferramenta potencialmente valiosa.

#### 4. Perfil Epistemológico em teste de três camadas

Apoiando-nos na noção de perfil epistemológico para compreender as diversas formas pelas quais um determinado conceito pode ser compreendido, construímos um instrumento com o formato de teste em três camadas (TTC) para mapear como os estudantes constroem seus perfis epistemológicos do conceito científico de densidade ao longo do processo da escolarização básica. Para tanto, segmentamos o conteúdo abordado no Ensino Fundamental e Médio nas zonas propostas por Bachelard. Definimos conteúdos referentes a cada uma das zonas e construímos um questionário composto por questões discursivas referentes a cada uma delas. Inicialmente estabelecemos hierarquias dentro de cada uma das zonas, que posteriormente foram corroboradas por meio da aplicação de questionário aberto (apresentado e discutido em De Melo, 2020).

Após a aplicação do questionário a uma amostra de 38 estudantes, avaliamos a validade da hierarquia estabelecida para as zonas do perfil através da análise da média do escore de cada um dos itens<sup>2</sup>. Nessa análise, tomamos as respostas dos estudantes como dados e verificamos que, empiricamente, é possível atribuir características específicas a essas respostas que se configuram como zonas do realismo ingênuo, empirismo e racionalismo tradicional. Nesse percurso, a possibilidade de utilizar questões abertas mostrou-se muito promissora, visto que, assim, pudemos ter indícios do raciocínio utilizado pelos estudantes. A partir da validação da hierarquia das zonas do perfil epistemológico, elaboramos itens correspondentes a cada uma dessas zonas. Esses itens foram construídos no formato dicotômico, com 5 assertivas, dentre as quais uma cientificamente correta e outras com distratores apontados pela literatura, provenientes da experiência docente de uma das pesquisadoras, ou estabelecidos a partir do padrão de respostas fornecidas ao questionário aberto. As respostas, além de nos fornecerem indicativos de distratores, foram fundamentais para a construção da segunda camada do teste.

Como aponta Tamir (1971), as questões abertas podem ser muito úteis para auxiliar na construção de testes de múltipla escolha que se preocupam em acessar a lógica de raciocínio dos estudantes. Consideramos que o cuidado metodológico da triangulação de diferentes dados para mapear as concepções e transformá-las em itens correspondentes a zonas do perfil epistemológico permite que o teste de múltipla escolha se aproxime da lógica de raciocínio dos estudantes e forneça evidências mais bem fundamentadas para interpretar não só o perfil, mas também a aprendizagem, a partir da construção de zonas científicas nesse perfil.

Em nossas questões, elaboramos para a segunda camada uma explicação referente a cada alternativa existente na primeira. Desse modo, tivemos alternativas de “a” a “e” tanto na primeira quanto na segunda camada, assim como uma ordem de assertividade para a terceira camada também com cinco

alternativas que iam desde muito seguro (alternativa “a”) até muito inseguro (alternativa “e”).

Na literatura acerca de testes de múltipla escolha em camadas não há obrigatoriedade de que a segunda camada apresente a mesma quantidade de alternativas que a primeira, tampouco que todas as questões tenham número igual de alternativas. Entretanto, para fins de análise e comparações estatísticas optamos por homogeneizar, com cinco alternativas, todas as nossas questões, nas três camadas.

Na segmentação do conteúdo de densidade referente ao Ensino Básico, detalhada em De Melo (2020), observamos que, para a escolaridade definida em nossa pesquisa, o conteúdo escolar referente ao conceito se dispersa pelas zonas do empirismo e do racionalismo tradicional do perfil epistemológico. Entretanto, para avaliar os perfis dos estudantes, julgamos pertinente incluir questões com elementos referentes à zona do realismo ingênuo, a fim de averiguar se os estudantes apresentam equívocos decorrentes da interpretação do fenômeno nessa doutrina filosófica. Assim como o próprio Bachelard reconhece, não estamos isentos de, por vezes, nos valermos desse paradigma para lidar com determinadas situações (Bachelard, 1979). Todavia, aliado ao processo de construção dos perfis epistemológicos de qualquer conceito, está a consciência para discernir situações nas quais se deve utilizar uma zona em detrimento de outra (De Melo, 2020).

Nesse sentido, consideramos que essa parte do perfil é fundamental para trazer informações para o processo de ensino e aprendizagem, visto que se refere às concepções que os estudantes apresentam no nível do senso comum. Para um mapeamento que vise informar ações didáticas, é importante incluir elementos que os estudantes possam apresentar nesse nível. A decisão de inclusão da zona do realismo ingênuo demandou uma ampliação do sistema categórico hierárquico inicial, que passou a incluir a zona não escolarizada do conceito, para a qual não existe hierarquia interna. Ademais, para auxiliar no mapeamento dos perfis, incluímos uma zona híbrida entre as duas zonas escolarizadas.

Tendo em vista a não linearidade característica dos processos de aprendizagem, os momentos de transição devem ser considerados quando acessamos conhecimentos em momentos pontuais. Tais transições usualmente são interpretadas em termos de articulação do conhecimento e, por isso, representam uma complexidade maior em relação ao que é concebido previamente, mas ainda sem atingir o patamar de conhecimento do próximo nível. Tal perspectiva é adotada por alguns autores que se valem da complexidade hierárquica para delinear evolução de conhecimento, habilidades e outros traços ao longo do tempo (Fisher, 1980; Biggs, 1995; Parziale, 2002; Dawson e Stein, 2008). Nesse sentido, a zona híbrida é delimitada e definida em termos da transição, de um conhecimento na zona do empirismo, para outro na zona do racionalismo tradicional, tendo como característica a presença de elementos das duas zonas para representar o conhecimento.

No Quadro 1 apresentamos o sistema ampliado com os conteúdos referentes à etapa da escolarização básica<sup>3</sup>.

A partir desse sistema categórico, construímos três tipos diferentes de questões: i) questões que apresentavam alternativas referentes tanto à zona do realismo ingênuo quanto a do empirismo, na primeira e segunda camada, nomeadas de questões de iniciação; ii) questões totalmente empiristas ou racionalistas (racionalismo tradicional), em que tanto a primeira quanto a segunda camadas são compostas por alternativas que representam a zona em questão, as quais denominamos de questões legítimas e; iii) questões em que a primeira camada equivale ao empirismo, mas a alternativa correta da segunda é referente ao racionalismo tradicional, denominadas de híbridas.

Apresentamos abaixo um exemplo de cada tipo de questão, assim como a interpretação das possíveis combinações de respostas dos estudantes para cada uma delas, de acordo com a discussão estabelecida na seção que versa sobre a estrutura dos testes em três camadas.

#### 4.1. Tipos de Questões e interpretação de respostas

##### 1) Exemplo de uma questão de iniciação

Nosso objetivo no uso de questões desse tipo é verificar se o estudante é capaz de superar a zona do realismo ingênuo amplamente divulgada no senso comum, que associa densidade à forma ou tamanho. Esse tipo de questão é importante porque marca o início da construção de um modo de operar com a realidade de

forma sistematizada e organizada, na maioria das vezes, resultado do processo de escolarização. Nesse sentido, a questão exemplificada (Figura 2) marca a transição do estudante das concepções do senso comum para aquelas aceitas cientificamente.

Especificamente nesses dois itens, procuramos representar as associações que se estabelecem no senso comum, que relacionam densidade ao tamanho do objeto, assim como oferecer justificativas de acordo com essa concepção. A alternativa correta afirma que as três chapas têm a mesma densidade, assim como sua justificativa, cuja explicação é devido ao fato de serem constituídas pelo mesmo material, e representa o conhecimento de que densidade é uma propriedade intrínseca da matéria. Esse conhecimento vai de encontro ao uso que cotidianamente se faz do conceito e, por isso, marca o início da construção de outra zona do perfil epistemológico. No Quadro 2 apresentamos as possíveis combinações de respostas para a primeira e segunda camadas.

A partir da relação entre a primeira e a segunda camada soma-se a terceira, que versa sobre o grau de assertividade do estudante em suas respostas anteriores. Neste trabalho, analisamos duas possíveis combinações de respostas para essa camada – Seguro e Inseguro.

A interpretação dessas combinações de respostas varia a depender do tipo de questão. O Quadro 3 apresenta a interpretação para questões de iniciação.

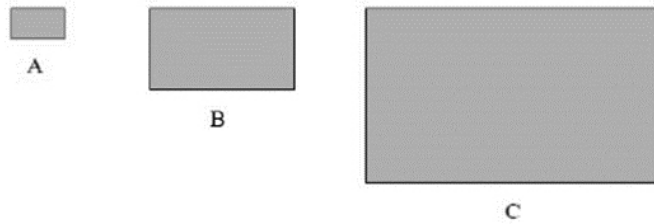
Para interpretação das combinações de respostas possíveis para essa questão, adotamos a hierarquia apresentada na Figura 3.

Quadro 1: Entendimento do conceito nas zonas do perfil

Realismo Ingênuo (RI)	Empirismo (E)	Empirismo/Racionalismo Tradicional	Racionalismo Tradicional (RT)
Associar o conceito à forma, tamanho ou peso	Nível 1		
	Saber operar com a fórmula de densidade $d=m/v$	Saber a relação entre densidade e flutuação/saber densidade em termos de configuração molecular	Saber que a densidade é dependente da configuração molecular ou cristalina dos átomos ou moléculas que compõem a substância
	Nível 2		
	Saber a relação entre densidade e flutuação	Saber a relação entre densidade, flutuação /Saber delimitar densidade a partir de relações estabelecidas entre grandezas microscópicas e/ou macroscópicas.	Saber calcular a densidade utilizando elementos abstratos/teóricos
	Nível 3		
	Saber calcular a densidade de misturas/ soluções	Saber relacionar densidade com o conceito de polaridade/ Saber o papel das forças intermoleculares na determinação da densidade.	Saber relacionar o conceito de densidade de substâncias puras com forças intermoleculares
	Nível 4		
	Saber identificar a variação no valor de densidade de misturas por meio da adição de solutos e/ ou solventes.	Saber avaliar densidade de misturas/ Saber relacionar o conceito de densidade de misturas com forças intermoleculares.	Saber explicar a alteração da densidade de misturas a partir de força intermoleculares



(Questão 4) Considere as três chapas abaixo, cada uma com suas respectivas dimensões, todas formadas pelo mesmo material, à mesma temperatura.



1ª Camada	2ª Camada
<b>Com relação à densidade delas, podemos afirmar que:</b>	<b>Qual das seguintes explicações é o motivo de você ter marcado a resposta para a pergunta anterior?</b>
(A) A densidade da A é a menor. (B) A densidade da A é a maior. (C) A densidade das três é a mesma. (D) A densidade da B é a média da densidade da A e da C. (E) A densidade da C é o dobro da de B.	(A) Como B tem volume e massa intermediária em relação a A e C, sua densidade é a média dos valores de A e C. (B) Como as três são formadas pelo mesmo material, a densidade delas é a mesma. (C) Como A é a menor, ela é a mais leve, logo a menos densa. (D) Como a C tem aproximadamente o dobro do tamanho da B, sua densidade também segue essa relação. (E) Como A é a menor, a massa dela é mais concentrada, por isso ela é a mais densa.
3ª Camada	
<b>Quanto seguro(a) você se sente para dar as respostas das duas perguntas anteriores?</b>	
"muito seguro (s)" [MS] / "seguro(a)" [S] / "neutro(s)" [N] / "inseguro(s)" [I] / "muito inseguro(s)" [MI]	
(A) MS	(B) S
(C) N	(D) I
(E) MI	

Figura 2: Exemplo de uma questão de iniciação. Fonte: Melo e Amantes (2022)

Quadro 2: Combinações de repostas das duas primeiras camadas

Combinação	1	2	3	4
1ª Camada	✗	✓	✗	✓
2ª Camada	✗	✗	✓	✓

De acordo com a literatura sobre testes em três camadas (Eryilmaz, 2010), devemos dar especial atenção àqueles alunos que errem as duas camadas e estejam seguros de suas respostas (RI2), pois isso evidencia equívocos, que correspondem a estruturas cognitivas que interferem na construção de um novo conhecimento. De acordo com o nosso referencial, esses

Quadro 3: Interpretação das respostas das questões de iniciação

Combinação	Assertividade	Interpretação
1 1ªC – Erro 2ªC – Erro	Seguro	O estudante opera na zona do realismo ingênuo (RI2).
	Inseguro	O estudante pode ter consciência da existência de mais um modo de operar com o conceito científico de densidade, visto que declara incerteza sobre a adequação de sua resposta. (RI1).
2 1ªC – Acerto 2ªC – Erro	Seguro	Conhecimento em construção (E1). Apesar de o estudante apresentar um entendimento que ultrapassa o realismo ingênuo, ele ainda não consegue justificar de forma adequada a sua resposta e não percebe isso.
	Inseguro	Conhecimento em construção (E2). Apesar de o estudante apresentar um entendimento que ultrapassa o realismo ingênuo, ele ainda não consegue justificar de forma adequada a sua resposta, mas dispõe de algum nível de percepção quanto a isso.
3 1ªC – Erro 2ªC – Acerto	Seguro	Conhecimento em construção (E1). O estudante não apresenta entendimento sobre o fenômeno, consegue justificar de forma adequada e não percebe isso <sup>4</sup> .
	Inseguro	Conhecimento em construção (E2). O estudante não apresenta entendimento sobre o fenômeno, consegue justificar de forma adequada e dispõe de algum nível de percepção quanto a isso.
4 1ªC – Acerto 2ªC – Acerto	Inseguro	Conhecimento em construção (E3). O estudante apresenta certo domínio do conceito, entretanto ainda não está seguro quanto a aplicação de seu conhecimento.
	Seguro	O estudante consegue operar com o conceito na zona do empirismo (E4).

Legenda: 1ªC: Primeira camada da questão; 2ªC: Segunda camada da questão.

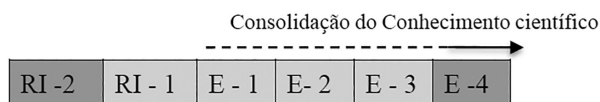


Figura 3: Ordem hierárquica para respostas das questões de iniciação

equívocos podem ser interpretados como o uso de estruturas pertencentes a uma zona do perfil que não seja adequada para lidar com a situação em questão.

(Questão 1) Um limão foi espremido num copo contendo água e as sementes ficaram no fundo do recipiente. A seguir foi adicionado ao sistema um pouco de açúcar, que se dissolveu completamente. Em consequência dessa dissolução as sementes subiram e passaram a flutuar.

2) Exemplo de uma questão legítima - zona do empirismo (Figura 4)

3) Exemplo de uma questão legítima - zona do racionalismo tradicional (Figura 5)

Nosso objetivo com a utilização das questões legítimas,

1ª Camada	2ª Camada
<b>Marque a alternativa que explica esse fenômeno:</b>	<b>Qual das seguintes explicações é o motivo de você ter marcado a resposta para a pergunta anterior?</b>
(A) A adição de açúcar diminuiu a densidade das sementes. (B) A adição de açúcar diminui a densidade da solução. (C) A adição de açúcar aumentou a densidade da solução. (D) A adição de açúcar aumentou o volume da solução. (E) Nenhuma das alternativas anteriores.	(A) Os dados do problema são insuficientes para explicar a flutuação das sementes. (B) O açúcar reage com as sementes diminuindo sua densidade. (C) Quanto mais concentrada for a solução menor será sua densidade, tornando as sementes mais densas do que o líquido, o que faz com que elas flutuem. (D) O aumento na massa do soluto pela adição do açúcar tornou a solução mais densa que as sementes, fazendo com que elas flutuassem. (E) Quando adicionamos açúcar aumentamos a massa e o volume da solução diminuindo sua densidade, nesse caso essa diminuição foi suficiente para fazer com que as sementes flutuassem.
3ª Camada	
<b>Quanto seguro(a) você se sente para dar as respostas das duas perguntas anteriores?</b>	
<small>"muito seguro (a)" [MS] / "seguro(a)" [S] / "neutro(a)" [N] / "inseguro(a)" [I] / "muito inseguro(a)" [MI]</small>	
(A) MS	(B) S
(C) N	(D) I
(E) MI	

Figura 4: Exemplo de uma questão legítima – zona do empirismo. Fonte: Melo e Amantes (2022)

(Questão 6) Usando as substâncias dessa tabela como referência.

Líquido	Densidade à 20 °C
Hexano (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	0,66 g/cm <sup>3</sup>
Água (H <sub>2</sub> O)	0,99 g/cm <sup>3</sup>

1ª Camada	2ª Camada
<b>Qual das alternativas abaixo você considera que melhor explica a diferença de densidade entre essas duas substâncias?</b>	<b>Qual das seguintes explicações é o motivo de você ter marcado a resposta para a pergunta anterior?</b>
(A) Forças intermoleculares (B) Arranjo tridimensional das moléculas na fase líquida (C) Geometria molecular (D) Número de ligantes ao átomo central (E) Movimento de rotação dos átomos nas respectivas moléculas	(A) A cadeia do hexano é linear, o que dificulta o movimento das moléculas na fase líquida, conferindo a elas um arranjo mais volumoso e, com isso, menos denso. (B) Os átomos de carbono que formam a molécula de hexano são mantidos juntos por ligações duplas, o que impossibilita seu movimento de rotação, fazendo com que exista mais espaço entre as moléculas, por isso, elas são menos densas. (C) As forças que agem entre as moléculas de água são mais fortes fazendo com que elas fiquem mais unidas, e consequentemente mais densas. (D) A geometria da molécula de água é angular e isso confere a ela um caráter mais compacto e, portanto, mais denso. (E) O átomo de oxigênio, como tem apenas dois ligantes, consegue atraí-los mais fortemente que o átomo de carbono, que tem quatro; em virtude disso, as moléculas de água são mais compactas e mais densas.
3ª Camada	
<b>Quanto seguro(a) você se sente para dar as respostas das duas perguntas anteriores?</b>	
<small>"muito seguro (a)" [MS] / "seguro(a)" [S] / "neutro(a)" [N] / "inseguro(a)" [I] / "muito inseguro(a)" [MI]</small>	
(A) MS	(B) S
(C) N	(D) I
(E) MI	

Figura 5: Exemplo de uma questão legítima – zona do racionalismo tradicional. Fonte: Melo e Amantes (2022)

tanto empíricas quanto racionalistas, é acompanhar a construção do entendimento do conceito de densidade dentro de cada zona do perfil. O exemplo 2 refere-se a uma questão pertencente ao nível 4 da zona do empirismo, que diz respeito ao entendimento da variação no valor da densidade de misturas por meio da adição de solutos ou solventes. No exemplo 3, temos uma questão referente ao nível 3 do racionalismo tradicional.

O Quadro 4 apresenta a interpretação para as combinações de respostas para as questões legítimas.

Para interpretação das combinações de respostas possíveis para esses tipos de questão, adotamos a hierarquia vista na Figura 6.

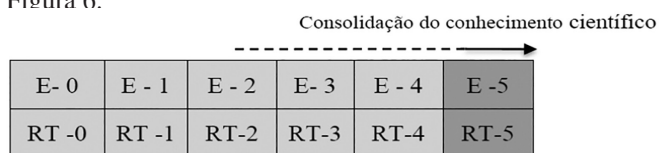


Figura 6: Ordem hierárquica para respostas das questões legítimas (Empirismo ou Racionalismo Tradicional)

#### 4) Exemplo de uma questão híbrida (Figura 7)

Em nosso questionário, as questões híbridas representam situações nas quais a explicação, ou seja, a segunda camada correta para a questão, pertence à zona do racionalismo tradicional, e a primeira camada ao empirismo. Essas são questões chave dentro do nosso mapeamento, visto que, por meio delas, conseguimos evidenciar a construção do entendimento entre zonas. Um estudante que seguramente acerte tanto a primeira quanto a segunda camadas evidencia que consegue discernir situações em que teorias se fazem necessárias para explicar fenômenos empíricos. No Quadro 5, sintetizamos as

interpretações das combinações de respostas.

Para interpretação das combinações de respostas possíveis para esse tipo de questão, adotamos a hierarquia mostrada na Figura 8.

Um dos pontos-chave de nosso questionário pode ser evidenciado pelas questões apresentadas nos exemplos 3 e 4. Ambas se referem à mesma situação, entretanto, na questão apresentada no exemplo 3, a resposta correta para explicar a situação apresentada refere-se à polaridade das moléculas, algo que consideramos empírico pelo fato de poder ser visualizado através de experimentos – como usar um balão eletricamente não neutro para desviar um filete de água. Na questão referente à zona do racionalismo tradicional, exemplo 4, a explicação aparece em termos de teorias que são usadas para explicar a situação – as forças que agem entre as moléculas das substâncias.

Consideramos que, do ponto de vista didático, é muito frutífero utilizar a parte empírica para criar uma situação cuja explicação final seja feita em termos teóricos. A Química apresenta uma quantidade pequena de conceitos que pode ser categorizada exclusivamente na zona empírica; entretanto, sendo uma ciência experimental na qual os experimentos são teoricamente pensados e construídos de forma racional, pode-se utilizar experimentos nessa zona para apresentar aos estudantes os fenômenos de interesse dessa ciência.

Consideramos que esse questionário, assim como a metodologia aqui apresentada para a interpretação das marcações nas camadas, contribua para a avaliação dos estudantes em termos de construção de seus conhecimentos nas zonas do perfil epistemológico. Por meio das análises das combinações de respostas entre as camadas é possível tecer interpretações em termos de coerência do raciocínio dos estudantes, fato frutífero para indicar ações didáticas apropriadas. Além disso, a partir do

Quadro 4: Interpretação das respostas das questões legítimas (Empirismo ou Racionalismo Tradicional)

Combinação	Assertividade	Interpretação
1 1ªC – Erro 2ªC – Erro	Seguro	O estudante não demonstra possuir o entendimento referente a esse nível da zona em questão e não percebe isso (E0/RT0).
	Inseguro	O estudante não demonstra o conhecimento referente a esse nível da zona em questão, mas dispõe de algum nível de percepção quanto a isso (E1/RT1).
2 1ªC – Acerto 2ªC – Erro	Seguro	Conhecimento em construção (E2/RT2). O estudante apresenta um entendimento incipiente acerca do fenômeno em questão, não consegue justificar de forma adequada a sua resposta e não percebe isso.
	Inseguro	Conhecimento em construção (E3/RT3). O estudante apresenta um entendimento incipiente acerca do fenômeno em questão, não consegue justificar de forma adequada a sua resposta, mas dispõe de algum nível de percepção quanto a isso.
3 1ªC – Erro 2ªC – Acerto	Seguro	Conhecimento em construção (E2/RT2). O estudante não apresenta entendimento sobre o fenômeno, consegue justificar de forma adequada e não percebe isso <sup>5</sup> .
	Inseguro	Conhecimento em construção (E3/RT3). O estudante não apresenta entendimento sobre o fenômeno, consegue justificar de forma adequada e dispõe de algum nível de percepção quanto a isso.
4 1ªC – Acerto 2ªC – Acerto	Inseguro	Conhecimento em construção (E4/RT4). O estudante apresenta certo domínio do conceito, entretanto ainda não está seguro quanto a aplicação de seu conhecimento.
	Seguro	O estudante demonstra possuir o entendimento referente ao nível da zona em questão (E5/RT5).

Legenda: 1ªC: Primeira camada da questão; 2ªC: Segunda camada da questão.

(Questão 6) Usando as substâncias dessa tabela como referência.

Líquido	Densidade à 20 °C
Hexano (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	0,66 g/cm <sup>3</sup>
Água (H <sub>2</sub> O)	0,99 g/cm <sup>3</sup>

1ª Camada	2ª Camada
Qual das alternativas abaixo você considera que melhor explica a diferença de densidade entre essas duas substâncias?	Qual das seguintes explicações é o motivo de você ter marcado a resposta para a pergunta anterior?
(A) Tamanho das moléculas. (B) Peso das moléculas. (C) Volume e massa das moléculas. (D) Polaridade das moléculas. (E) Nenhuma das alternativas anteriores.	(A) As moléculas de água são mais leves que as de hexano e como a densidade é inversamente proporcional ao peso, a água é mais densa que o hexano. (B) Entre as moléculas de água existem ligações de hidrogênio que são fortes e por isso as mantém mais unidas fazendo com que a densidade seja maior. (C) Não há explicação, porque a molécula de hexano é mais pesada e maior que a molécula de água, assim sendo, ela não pode ser menos densa que a molécula de água. (D) Como a densidade significa massa por unidade de volume, apenas a relação entre essas duas grandezas explica essa diferença. (E) As moléculas de hexano são maiores que as da água e como a densidade é inversamente proporcional ao volume, o hexano é menos denso que a água.
3ª Camada	
Quanto seguro(a) você se sente para dar as respostas das duas perguntas anteriores? <small>"muito seguro(a)" [MS] / "seguro(a)" [S] / "neutro(a)" [N] / "inseguro(a)" [I] / "muito inseguro(a)" [MI]</small>	
(A) MS	(B) S (C) N (D) I (E) MI

Figura 7: Exemplo de uma questão híbrida. Fonte: Melo e Amantes (2022)

Quadro 5: Interpretação das respostas das questões híbridas

Combinação	Assertividade	Interpretação
1 1ªC – Erro 2ªC – Erro	Seguro	O estudante não demonstra possuir o entendimento referente ao fenômeno em questão no nível do empirismo, tampouco de suas explicações teóricas, nível do racionalismo tradicional e não percebe isso. (E0.RT0)
	Inseguro	O estudante não demonstra possuir o entendimento referente ao fenômeno em questão no nível do empirismo, tampouco de suas explicações teóricas, nível do racionalismo tradicional, mas dispõe de algum nível de percepção quanto a isso. (E1.RT1)
2 1ªC – Acerto 2ªC – Erro	Seguro	O estudante demonstra possuir o entendimento referente ao fenômeno em questão no nível do empirismo, mas não de suas explicações teóricas, nível do racionalismo tradicional e não percebe isso. (E2)
	Inseguro	O estudante demonstra possuir o entendimento referente ao fenômeno em questão no nível do empirismo, mas não de suas explicações teóricas, nível do racionalismo tradicional, mas dispõe de algum nível de percepção quanto a isso. (E3)
3 1ªC – Erro 2ªC – Acerto	Seguro	O estudante não demonstra possuir o entendimento referente ao fenômeno em questão no nível do empirismo, mas demonstra entendimento quanto às explicações teóricas, nível do racionalismo tradicional. O estudante não manifesta dúvida quanto ao seu conhecimento (RT2).
	Inseguro	O estudante não demonstra possuir o entendimento referente ao fenômeno em questão no nível do empirismo. Entretanto, demonstra entendimento quanto às explicações teóricas, nível do racionalismo tradicional. O estudante percebe de que está em dúvida quanto ao conhecimento. (RT3)
4 1ªC – Acerto 2ªC – Acerto	Inseguro	O estudante demonstra possuir o entendimento referente ao fenômeno em questão no nível do empirismo e de suas explicações teóricas, nível do racionalismo tradicional. Entretanto apresenta dúvida quanto à adequação das zonas a depender do contexto. (E3.RT3)
	Seguro	O estudante demonstra possuir o entendimento referente ao fenômeno em questão no nível do empirismo e de suas explicações teóricas, nível do racionalismo tradicional e consegue transitar entre as duas zonas a depender do contexto. (E4.RT4)

Legenda: 1ªC: Primeira camada da questão; 2ªC: Segunda camada da questão.

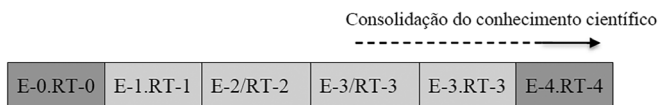


Figura 8: Ordem hierárquica para respostas das questões híbridas

sistema de classificação hierárquico é possível gerar pontuações suscetíveis a outros tipos de análises, inclusive estatísticas, para trabalhar a qualidade ou a coerência do raciocínio em termos de medidas.

## 5. Considerações Finais

Neste trabalho, demonstramos como aliamos o instrumento de coleta de dados dos testes em três camadas com a noção de perfil epistemológico para a construção de um questionário sobre o conceito científico de densidade abordado na Educação Básica (o instrumento completo está disponível em Melo e Amantes, 2022). Adequamos a interpretação proposta por Eryilmaz (2010) para resultados entre as camadas com os três tipos de questões que construímos para mapear a construção do perfil epistemológico de densidade, de modo que a interpretação é dependente do tipo de questão analisada.

Consideramos que utilizar o teste em três camadas como instrumento de acesso ao entendimento dos estudantes, juntamente seus respectivos instrumentos de análise, seja um meio potencial para acompanhar a construção dos perfis epistemológicos dos discentes, visto que possibilita um maior entendimento do raciocínio aliado à praticidade dos testes de múltipla escolha.

Itens como os aqui apresentados podem ser utilizados como instrumentos de avaliação diagnóstica para informar ao professor em qual zona o estudante se encontra dentro do perfil. De posse dessas informações, professores podem orientar seus planejamentos de ensino, de modo a auxiliar os discentes na construção de perfis que atendam aos objetivos de ensino e à perspectiva curricular.

O teste elaborado não só aponta um conhecimento em termos da dicotomia das respostas, mas também permite realizar inferências quanto ao raciocínio e interpretar a articulação do conhecimento, a partir do desempenho na primeira e segunda camadas e das relações estabelecidas entre as três camadas do teste. Entendemos que, ao elaborar um instrumento com esse nível de complexidade e com uma estrutura que permite aplicá-lo a uma grande amostra, temos o potencial para realizar o mapeamento do perfil epistemológico e generalizar, ainda que com as devidas limitações, um conhecimento acerca das características desse perfil para alunos de diferentes níveis de escolarização.

## Notas

<sup>1</sup>Uma das grandes contribuições de Bachelard para o debate epistemológico refere-se ao papel do erro na ciência. Em

seu livro *A formação do espírito científico* (1996), ele analisa o problema do conhecimento científico a partir da noção de obstáculos epistemológicos – percalços inerentes ao ato de conhecer. Com essa proposição inovadora, Bachelard inverte o ponto de partida a partir do qual se olha para o conhecimento científico: a ciência que, até então, era vista apenas por seus acertos e avanços, na perspectiva dos obstáculos epistemológicos passa a ser analisada de forma contrária. Ao explicitar que o fazer científico pressupõe superar obstáculos epistemológicos, Bachelard oferece um novo papel para o erro dentro do conhecimento científico: de obstáculo a ser superado, ele passa a ser visto como condição necessária para a construção de conhecimentos mais elaborados.

<sup>2</sup>A validação do questionário discursivo é apresentada em De Melo (2020).

<sup>3</sup>O foco deste trabalho foi a construção de um instrumento analítico para avaliação do perfil epistemológico do conceito científico de densidade de estudantes do Ensino Médio. Assim sendo, foi realizado o recorte no conteúdo, visto que os procedimentos de validação hierárquica só poderiam ser realizados por discentes desse nível.

<sup>4</sup>Apesar de poder aparecer, essa combinação de respostas é pouco esperada, porque se espera que um estudante que consiga oferecer uma justificativa adequada para um fenômeno demonstre conhecimento sobre ele. Portanto, pode ser também considerada como acerto ao acaso, dependendo das outras marcações do sujeito no teste.

<sup>5</sup>Apesar de poder aparecer, essa combinação de resposta é pouco esperada, porque se espera que um estudante que consiga oferecer uma justificativa adequada para um fenômeno demonstre conhecimento sobre ele. Portanto, pode ser também considerada como acerto ao acaso, dependendo das outras marcações do sujeito no teste.

## Referências

- AMANTES, A.; COELHO, G. R. e MARINHO, R. A medida nas pesquisas em educação: empregando o modelo Rasch para acessar e avaliar traços latentes. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 17, n. 3, p. 657-684, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172015170306>, acesso em abr. 2023.
- AMANTES, A. e OLIVEIRA, E. A construção e o uso de sistemas de categorias para avaliar o entendimento dos estudantes. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 14, n. 2, p. 61-79, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172012140204>, acesso em abr. 2023.
- ARSLAN, H. O., CIGDEMOGLU, C. e MOSELEY, C. A three-tier diagnostic test to assess pre-service teachers' misconceptions about global warming, greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 11, p.1667-1686, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500693.2012.680618>, acesso em abr. 2023.

- BACHERLARD, G. *A Filosofia do Não*. In: Os Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1979, p. 1-87.
- BACHELARD, G. *A Formação do Espírito Científico: Contribuição para uma Psicanálise do Conhecimento*. Tradução: Esteia dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BIGGS, J. Assessing for learning: Some dimensions underlying new approaches to educational assessment. *The Alberta Journal of Educational Research*, v.41, n. 1, p. 1-17, 1995.
- BUSCATTI JUNIOR, D. A. *O perfil epistemológico do conceito de espaço em alunos do curso de licenciatura em Física*. Dissertação de mestrado em Educação para a Ciência – Faculdade de Ciências – UNESP, Bauru, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/132508>, acesso em abr. 2023.
- CETIN-DINDAR, A. e GEBAN, O. Development of a three-tier test to assess high school students' understanding of acids and bases. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v.15, p. 600-604, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811003260?via%3Dihub>, acesso em abr. 2023.
- DAWSON, T. L. e STEIN, Z. Cycles of research and application in education: learning pathways for energy concepts. *Mind, Brain, and Education*, v. 2, n. 2, p. 90-103, 2008.
- De MELO, V. F. *Investigando o entendimento sobre densidade à luz da noção de Perfil Epistemológico e do Autoconceito em Química*. 2020. XXf. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Bahia/ Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, Brasil, 2020.
- DINIZ, F. E.; DA SILVA, O. G.; DIAS-DA-SILVA, C. D. e DOS SANTOS, D. B. Análise das concepções alternativas dos estudantes de Ensino Médio sobre as funções orgânicas e suas relações com o meio ambiente. *Revista Brasileira de Educação Básica*, v. 5, n.16, p. 1-13, 2020.
- ERYILMAZ, A. Development and application of three-tier heat and temperature test: Sample of bachelor and graduate students. *Eurasian Journal of Educational Research*, v. 40, n. 1, p. 53-76, 2010. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Ali-Eryilmaz-2/publication/282910056\\_Development\\_and\\_Application\\_of\\_Three-Tier\\_Heat\\_and\\_Temperature\\_Test\\_Sample\\_of\\_Bachelor\\_and\\_Graduate\\_Students/links/56223acb08aea35f2681c138/Development-and-Application-of-Three-Tier-Heat-and-Temperature-Test-Sample-of-Bachelor-and-Graduate-Students.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ali-Eryilmaz-2/publication/282910056_Development_and_Application_of_Three-Tier_Heat_and_Temperature_Test_Sample_of_Bachelor_and_Graduate_Students/links/56223acb08aea35f2681c138/Development-and-Application-of-Three-Tier-Heat-and-Temperature-Test-Sample-of-Bachelor-and-Graduate-Students.pdf), acesso em mar. 2023.
- FISCHER, K. W. A theory of cognitive development: the control and construction of hierarchies of skills. *Psychological Review*, v. 87, p. 477-531, 1980.
- GRECA, I. M. Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em ensino de ciências: algumas questões para refletir. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 1, 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4152>, acesso em abr. 2023.
- GRIFFARD, P. B. e WANDERSEE, J. H. The two-tier instrument on photosynthesis: What does it diagnose? *International Journal of Science Education*, v. 23, n. 10, p.1039-1052, 2001. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690110038549>, acesso em mar. 2023.
- HAMMER, D. More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American Journal of Physics*, v. 64, n. 10, p.1316-1325, 1996. Disponível em: <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.18376>, acesso em mar. 2023.
- HASAN, S.; BAGAYOKO, D. e KELLEY, E. L. Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Physics Education*, v. 34, n. 5, p. 294-299, 1999. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/241530804\\_Misconceptions\\_and\\_the\\_Certainty\\_of\\_Response\\_Index\\_CRI/link/53d2e74d0cf220632f3cc30a/download?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19](https://www.researchgate.net/publication/241530804_Misconceptions_and_the_Certainty_of_Response_Index_CRI/link/53d2e74d0cf220632f3cc30a/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19), acesso em abr. 2023.
- IACHEL, G.; LANGHI, R. e SCALVI, R. M. F. Concepções alternativas de alunos do ensino médio sobre o fenômeno de formação das fases da Lua. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, v. 5, p. 25-37, 2008.
- KRAISIG, A. R. e BRAIBANTE, M. E. F. Concepções de acadêmicos de química licenciatura sobre transformações químicas e os níveis de representação da matéria. *Vivências*, v. 15, n. 28, p. 76-86, 2019.
- KUTLUAY, Y. *Diagnosis of eleventh grade students' misconceptions about geometric optic by a three-tier test*. Master's thesis, Middle East Technical University, 2005. Disponível em: <https://open.metu.edu.tr/handle/11511/15684>, acesso em abr. 2023.
- IN, S. W. Development and application of a two-tier diagnostic test for high school students' understanding of flowering plant growth and development. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v. 2, n. 2, p. 175-199, 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-004-6484-y>, acesso em abr. 2023.
- MARTINS, A. F. P. e PACCA, J. L. A. O conceito de tempo entre estudantes do ensino fundamental e médio: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.10, n. 3, p. 299-336, 2005.
- MELO, V. F. e AMANTES, A. Validação de teste em três camadas para mapear perfis epistemológicos de densidade. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 24, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172022240124>, acesso em abr. 2023.
- MUCHENSKI, J. C. e MIQUELIN, A. F. Experimentação no ensino de Física como Método de aperfeiçoamento do perfil epistemológico dos estudantes do sétimo ano do ensino fundamental. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 1, p. 23-40, 2015. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/512>, acesso em abr. 2023.
- PARZIALE, J. Observing the dynamics of construction: Children building bridges and new ideas. In: GRANOTT, N. e PARZIALE, J. (Eds.), *Microdevelopment: Transition processes in development and learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002, p. 157-180.
- ROGER, L. Le profil épistémologique comme outil méthodologique et heuristique pour soutenir le développement de l'apprentissage professionnel en formation. *Recherches qualitatives*, v. 34, n. 1, p. 143-156, 2021. Disponível em: <https://www.erudit.org/en/journals/rechqual/2015-v34-n1-rechqual06613/1084518ar/>, acesso em abr. 2023.

- SILVA JÚNIOR, A. G. D., TENÓRIO, A. C. e BASTOS, H. F. B. N. O perfil epistemológico do conceito de tempo a partir de sua representação social. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, p. 188-204, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/wjRXTp48KRSwSxTGZhcTbYp/abstract/?lang=pt>, acesso em abr. 2023.
- TAMIR, P. An alternative approach to the construction of multiple choice test items. *Journal of Biological Education*, v. 5, n. 6, p. 305-307, 1971. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00219266.1971.9653728>, acesso em abr. 2023.
- TAMIR, P. Some issues related to the use of justifications to multiple-choice answers. *Journal of Biological Education*, v. 23, n. 4, p. 285-292, 1989. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00219266.1989.9655083>, acesso em abr. 2023.
- TAN, K. C. D.; GOH, N. K.; CHIA, L. S. e TREAGUST, D. F. Development and application of a two-tier multiple choice diagnostic instrument to assess high school students' understanding of inorganic chemistry qualitative analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n. 4, p. 283-301, 2002. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.10023>, acesso em abr. 2023.
- TAN, K. C. D. e TREAGUST, D. F. Evaluating students' understanding of chemical bonding. *School Science Review*, v. 81, n. 294, p. 75-84, 1999. Disponível em: <https://repository.nie.edu.sg/handle/10497/14150>, acesso em abr. 2023.
- TOBIN, K. G. e CAPIE, W. The development and validation of a group test of logical thinking. *Educational and Psychological Measurement*, v.41, n. 2, p. 413-423, 1981. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001316448104100220>, acesso em abr. 2023.
- TREAGUST, D. F. Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, v.10, n. 2, p. 159-169, 1988. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0950069880100204>, acesso em abr. 2023.
- TREAGUST, D. F. Diagnostic assessment in science as a means to improving teaching, learning and retention. In: *Proceedings of The Australian Conference on Science and Mathematics Education*, 2006. Disponível em: <https://openjournals.library.sydney.edu.au/index.php/IISME/article/view/6375>, acesso em abr. 2023.
- TREVISAN, R. e ANDRADE NETO, A. S. Uma construção do Perfil Epistemológico de licenciandos em Física acerca da dualidade onda-partícula em Mecânica Quântica após o uso de bancadas virtuais: um estudo a partir do discurso gestual e verbal. *RENOTE*, v.14, n. 1, 2016. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/67375>, acesso em abr. 2023.