

# Uma investigação acerca das concepções sobre a natureza da ciência de alunos do Ensino Médio após ensino combinado da epistemologia de Laudan e de problemas em aberto de Física Contemporânea dentro de UEPS

Maira Giovana de Souza\*, Agostinho Serrano de Andrade Neto\*\*

## Resumo

O presente artigo é o relato de experiência de sequências de atividades realizadas com alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual de ensino no município de Montenegro/RS. Essas sequências envolviam temáticas de Física Contemporânea – a Sonoluminescência e os Supercondutores de Altas Temperaturas, ainda não totalmente explicadas pela ciência, constituindo-se, portanto, em problemas abertos dentro da epistemologia de Larry Laudan. As atividades foram desenvolvidas em sala de aula por meio de Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). A abordagem didática se deu através do ensino da visão epistemológica de Larry Laudan, discutindo elementos que constituem o progresso científico através da resolução de problemas. O objetivo do estudo era averiguar as mudanças nas concepções da natureza da ciência dos estudantes após as atividades, sendo fartamente documentado na literatura que os estudantes de ensino médio possuem uma concepção absolutista da Ciência. Utilizamos questionário com questões abertas e fechadas aplicadas tanto antes como depois do processo instrucional seguidas de entrevistas. Foi constatado que houve uma nítida evolução na concepção de ciência dos estudantes. Ademais, pode-se perceber a surpresa por parte dos estudantes ao descobrirem que existem fenômenos ainda não explicados pela ciência. Acreditamos que atividades didáticas como a que utilizamos podem enriquecer o aprendizado de ciências em uma fase crucial para o desenvolvimento do senso crítico e do espírito de pesquisa por parte dos estudantes..

**Palavras-Chave:** Sonoluminescência; Supercondutores; Física Contemporânea; Laudan; CNC.

---

\* Licenciada em Física pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da ULBRA. Brasil. E-mail: maira.souza@rede.ulbra.br

\*\* Doutor em Física pela Universidade de São Paulo (USP). Professor no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da ULBRA. Brasil. E-mail: agostinho.serrano@ulbra.br

Recebido em: 11/12/2019 – Aceito em: 20/07/2020.

<https://doi.org/10.5335/rbecm.v3i2.10380>

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

## Introdução

A ciência é uma construção humana. É a forma como se busca explicar a natureza através de teorias e leis que são desenvolvidas por pessoas que tem como principal característica a curiosidade e, assim, se tornaram cientistas. No entanto, essa não é a visão que a maior parte das pessoas têm (CHALMERS, 1993, p. 17). Ao longo do desenvolvimento da sociedade se criou uma concepção de que a ciência é algo totalmente alheio a realidade das pessoas tidas como “comuns”. Para a crença popular os cientistas são gênios que descobrem de que maneira a natureza se comporta e, assim, desenvolvem suas teorias, não cometendo erros.

Essa visão, um tanto quanto equivocada, afasta as pessoas das ciências em geral. Muitas vezes por acreditarem que existe um perfil específico de cientista, do gênio que não comete falhas, o que acaba afastando o mundo científico da vida cotidiana das pessoas. Dentro da sala de aula não é diferente, os alunos trazem consigo essa concepção socialmente construída e, por vezes, criam até mesmo uma aversão às disciplinas da área. De uma forma geral, os alunos de Ensino Médio possuem uma visão muito pobre acerca do que efetivamente é a ciência (SILVA, 2010). Trazem uma ideia de que toda teoria precisa ser experimentalmente testada, não pode possuir falhas e de que tudo já é explicado pela ciência, que não há mais nada novo a ser descoberto, o que usualmente é chamado de concepção absolutista da ciência.

Em um estudo recente, Vizzotto e Mackedanz (2020) realizaram a aplicação de uma adaptação do questionário TBSL com estudantes concluintes do Ensino Médio. O teste contempla três eixos estruturantes da alfabetização científica conforme Miller (1983, apud VIZZOTTO & MACKEDANZ, 2020): entendimento dos conteúdos da ciência; entendimento da natureza da ciência e entendimento do impacto da ciência e tecnologia na sociedade e ambiente. Foi constatado que, além de a maior parte dos estudantes de Ensino Médio não serem alfabetizados cientificamente, estes apresentam um baixo desempenho no eixo entendimento da natureza da ciência. É consenso que um dos objetivos do ensino é a desconstrução da visão de ciência como algo engessado e excessivamente formal, alheio ao cotidiano das pessoas. Entretanto, esse resultado reforça a necessidade de iniciativas que desenvolvam a concepção sobre a natureza da ciência dos estudantes.

Na perspectiva da sala de aula, essa mudança na forma de enxergar a ciência pode tornar ela mais interessante e mais significativa para os alunos. Assim, torna-se

desejável trazer a discussão sobre a natureza da ciência para a sala de aula, pois desmistifica a visão que a maioria dos alunos tem, da ciência como algo feito somente por um número restrito de pessoas com características específicas. Ao ensinar que a ciência é uma construção humana, que se desenvolve e sofre modificações com o passar do tempo, uma concepção mais fidedigna ao processo histórico pode ser construída com os alunos, até mesmo no Ensino Médio. Além disso, o aluno pode se relacionar melhor com cientistas, sabendo que não se constituem integralmente de gênios que tenham concebido teorias inteiramente sozinhos e sem falhas, trazendo à tona que a ciência é feita por pessoas de todos os tipos, e que os alunos podem ser uma dessas pessoas.

É importante também a compreensão da ciência como um empreendimento em construção, que não está pronto, acabado, e que existem muitos fenômenos a serem descobertos e estudados. Nesse aspecto, é fundamental a abordagem de tópicos contemporâneos da ciência, precisamente sobre o que os cientistas estão fazendo na atualidade. Esses fenômenos ainda não explicados mostram essa característica mutável da ciência, que é aprimorada constantemente, e demonstram seu caráter de empreendimento humano (OSTERMANN; FERREIRA; CAVALCANTI, 1998). Ademais, essa abordagem está contemplada na BNCC, que ressalta a importância de os alunos entenderem a ciência como construção social: *“a contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais”* (BRASIL, 2018, p. 549)

Os problemas em aberto da ciência carregam consigo a real motivação de se fazer pesquisa, novas descobertas. Eles permitem que os estudantes percebam que ainda existe muito a ser desvendado. Além disso, são os fenômenos de maior interesse dos alunos, que geralmente só têm contato com eles por noticiários ou na internet, sendo assuntos alheios à sala de aula. Parte da educação científica dos estudantes deve ser o conhecimento sobre a existência de problemas em aberto que não são contemplados em livros didáticos.

Conforme defende Terrazan (1992), há uma crescente influência da Física Moderna e Contemporânea para a construção de uma visão contemporânea do mundo atual. Isso traz a necessidade da abordagem dessas temáticas em sala de aula para que os estudantes tenham uma inserção consciente e participativa no mundo atual. Essa abordagem se torna importante na sua formação como cidadãos. Dessa forma, com a utilização de uma visão epistemológica fundamentada e fenômenos

contemporâneos da ciência, se viabiliza uma aproximação entre o que está sendo discutido em sala de aula e a realidade do aluno. Essa aproximação pode desencadear um interesse maior por parte dos estudantes, por tornar o que está sendo discutido mais significativo para eles e, conseqüentemente, melhorar rendimento e desempenho nas aulas de ciências.

Nesse sentido, devido a necessidade de se trabalhar a natureza da ciência em sala de aula, é trazida a proposta da utilização da epistemologia de Larry Laudan (1986) como metodologia de ensino para a sala de aula aliada a abordagem de dois fenômenos abertos de Física Contemporânea, ainda não explicados, a Sonoluminescência e os Supercondutores em Altas Temperaturas, com base no referencial teórico da epistemologia de Laudan. Visto que, conforme aponta uma revisão feita por Batista e Peduzzi (2019) é reduzido o número de trabalhos que utilizam essa epistemologia como referencial teórico para a prática pedagógica. Trazemos então, no presente artigo o relato e os resultados da aplicação de uma sequência didática planejada através de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) que foram aplicadas com turmas de terceiro ano do Ensino Médio. A escolha da utilização das UEPS se deve ao bom retorno de sua utilização em estudos recentes (FREITAS; SERRANO, 2018).

## A visão de ciência em sala de aula

Geralmente, a Física e as ciências em geral são ensinadas como algo que está consolidado, pronto, que foi estabelecido da forma como conhecemos hoje e que não sofre alterações. Assim, de uma forma geral, os estudantes possuem uma pobre concepção de ciência, como composta apenas por problemas resolvidos e teorias já estabelecidas (SILVA, 2010). Tendo uma melhor concepção sobre a natureza da ciência, os alunos terão melhor compreensão e aprendizagem acerca dos conteúdos e atividades que forem desenvolvidas dentro dessa área em sala de aula. Com isso, podem obter um melhor desempenho em atividades científicas bem como optarem por seguir uma carreira na área das ciências.

Trazer uma abordagem epistemológica para as aulas de Física, se utilizando da epistemologia de Larry Laudan, do progresso pela solução de problemas, combinada com fenômenos ainda não explicados de Física Contemporânea (problemas abertos) possibilita modificar essa visão restrita ou, pelo menos, enriquecer a concepção de

ciência que os alunos do Ensino Médio possuem. Conforme Ostermann, Ferreira e Cavalcanti (1998) a abordagem de fenômenos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula pode *“despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles”*. Essa abordagem pode possibilitar a visualização da ciência atual como mutável e com vários problemas abertos e fechados, o que viabiliza um aumento do interesse dos alunos, por se tratar de temáticas atualizadas de Física.

Portanto, trazer fenômenos de Física Contemporânea ainda não explicados para a sala de aula se torna uma possibilidade de desconstrução dessa visão restrita de ciência, em especial a Física. Nesse contexto, a Sonoluminescência e os Supercondutores de Altas Temperaturas são dois fenômenos muito intrigantes, ainda não explicados e que podem despertar grande interesse por parte dos alunos, por se tratar de temáticas atuais que são dificilmente abordadas em sala de aula. Com isso se possibilita que eles tenham acesso à Física do século XXI e percebam efetivamente a ciência como um processo ainda em construção.

Além disso, trazendo uma abordagem epistemológica para as aulas, como a de Laudan se desconstrói a ideia da ciência como algo estático, possibilitando um entendimento mais profundo do que ela é pelos alunos. Através dessa visão, os estudantes podem compreender a existência de diversas teorias e como se dá a “disputa” entre elas, ou seja, como a ciência se desenvolve. Em nosso trabalho, os alunos foram expostos à epistemologia da ciência – ou seja, que existem estudos tentando descrever como ocorre o processo de descoberta de fenômenos científicos e de estabelecimento de teorias – e a discussão em sala de aula da epistemologia da ciência como uma atividade de resolução de problemas de Larry Laudan. Isto enriqueceu substancialmente a discussão de concepções sobre a natureza da ciência.

#### A Epistemologia de Larry Laudan

*“A ciência é, em essência, uma atividade de resolução de problemas”* (LAUDAN, 1986)

Larry Laudan nasceu em 1945 nos Estados Unidos, formou-se em Física na Universidade do Kansas e é doutor em Filosofia pela Universidade de Princeton. A partir dos chamados “rasgos pertinentes”, Laudan (1986) propõe uma epistemologia baseada na resolução de problemas. Estes “rasgos” seriam fatos observados historicamente no desenvolvimento da ciência:

- a troca de teorias científicas não é cumulativa;

- as teorias não são simplesmente descartadas por apresentarem anomalias;
- as teorias não são simplesmente aceitas por confirmação empírica;
- a alteração de teorias e embate entre elas é mais resolvida em conceitos do que em testes e experimentos;
- é incoerente determinar o progresso científico como busca da verdade, que nunca poderá ser alcançada realmente;
- a coexistência de teorias em competição é a regra e não a exceção, e sua avaliação é uma atividade comparativa principalmente.

Dessa forma, ele classifica os problemas a serem resolvidos pela ciência em empíricos e conceituais. Portanto, a ciência irá progredir quando as teorias que surgirem resolverem mais problemas que as teorias anteriores. Os problemas empíricos são os problemas que existem no mundo para serem resolvidos, estão relacionados à observação e explicação de fenômenos. Eles são divididos em três categorias: potenciais, que são os problemas não resolvidos por nenhuma teoria até o momento; resolvidos, que são explicados pela teoria em questão; e anômalos, quando a teoria não explica o problema, mas existe outra teoria que explique.

Os problemas conceituais, por sua vez, são os problemas decorrentes da própria teoria. Eles surgem com a formulação dela, ou seja, não existem sem as teorias que os apresentam. Os problemas conceituais podem ser classificados em dois tipos: internos, incoerências ou contradições que a teoria apresenta na sua formulação; e externos, são incoerências ou conflitos em relação a outras teorias ou crenças que sejam amplamente aceitas. O peso destes problemas conceituais é relativo, vai depender do grau de incompatibilidade entre duas teorias em conflito, de quantas teorias apresentam o mesmo problema, de quantos problemas empíricos a teoria em questão resolve e do tempo que este problema permanece sem resolução.

Os problemas resolvidos, tanto empíricos quanto conceituais, são a base do progresso científico. Busca-se a teoria que resolva mais problemas empíricos e produza menos problemas conceituais e anomalias. Portanto, o objetivo da ciência é ampliar o alcance dos problemas empíricos resolvidos e reduzir o alcance dos problemas empíricos anômalos e dos problemas conceituais. Dessa forma, a efetividade de uma teoria referente à solução de problemas depende de como ela equilibra seus problemas resolvidos e não resolvidos. Estabelece-se, assim, que a avaliação das teorias é uma questão de comparação entre elas.

Além disso, uma teoria que foi bem comprovada empiricamente pode ser substituída por uma menos comprovada e mesmo assim haver progresso científico. Isto é, se a substituta apresentar menos problemas conceituais que a antecessora. Da mesma forma, as soluções dos problemas não são permanentes. Laudan traz como exemplo o problema da queda dos corpos, que havia sido resolvido por Aristóteles e essa solução foi aceita por milênios. No entanto, para Galilei e para Newton, as soluções de Aristóteles eram insatisfatórias, assim, foram em busca de novas soluções.

Laudan também afirma que, por trás das teorias, existem suas respectivas visões fundamentais sobre o mundo, as quais ele chama de tradições de pesquisa. Ele as define como o conjunto de normas para o desenvolvimento dessas teorias. Assim, as tradições de pesquisa possuem várias teorias associadas a elas. Enquanto as teorias buscam explicar os fenômenos em si, ou seja, resolver os problemas empíricos e conceituais, as tradições de pesquisa determinam quais são esses problemas.

Outro conceito aperfeiçoado por Laudan é o das revoluções científicas, originalmente introduzido por Thomas Kuhn. Uma revolução científica irá ocorrer quando algum pensador rompe com a sua tradição de pesquisa e inaugura uma nova tradição. O estabelecimento desta revolução ocorre quando essa nova tradição, que era desconhecida ou ignorada pelos cientistas de um campo, atinge um desenvolvimento em que os cientistas se veem obrigados a considerá-la como possibilidade de adesão.

Um exemplo na área da Física, mais especificamente na Termodinâmica, é a questão do calor. O calor era considerado como um fluido, com a teoria do Calórico. No entanto, foram surgindo anomalias que essa concepção de calor como fluido não conseguia explicar. Dessa forma, surgiu a Teoria Cinético-Molecular da matéria, que conseguia explicar esses fenômenos. Assim, houve, gradativamente, uma adesão a essa tradição de pesquisa, que considera o calor como uma energia em trânsito entre os corpos, e não mais um fluido.

Como é perceptível na história da ciência, o autor também ressalta que o progresso científico não é cumulativo. Isso significa que nem sempre uma nova teoria que surge irá resolver todos os problemas da teoria anterior. Ele traz o seguinte exemplo:

“...a teoria elétrica de Benjamin Franklin: antes dele um dos problemas centrais da eletricidade era a repulsão os corpos elétricos carregados negativamente, várias teorias anteriores explicavam o fenômeno. A teoria de Franklin foi amplamente aceita, mas não lidava bem com essa questão. Ele mesmo reconheceu esse problema, mas considerou que não era suficiente para descartá-la”. (LAUDAN, 1978, p. 209)



Outro exemplo trazido por Laudan é:

“Uma teoria T1 explica detalhadamente o desenvolvimento embriológico das águias e das garças; outra teoria T2 explica o desenvolvimento embriológico de todas as aves, exceto as águias. T2 é mais progressiva que T1, mas não resolve todos os problemas que T1 resolvia”. (LAUDAN, 1978, p. 210)

Percebe-se, então, que é preciso conhecer o peso dos problemas que a teoria resolve ou não para poder ponderar se ela é ou não progressiva. Portanto, o progresso da ciência ocorrerá através da resolução de problemas empíricos (potenciais, resolvidos ou anômalos) e conceituais (internos ou externos). Quanto mais problemas a teoria resolver e menos problemas gerar, mais progressiva ela é. No entanto, ao analisar teorias concorrentes, a avaliação delas se dá por comparação entre seus problemas.

Para Laudan, uma Tradição de pesquisa nunca permanece imutável, mesmo nos supostos mais centrais. No seu desenvolvimento, as tradições enfrentam-se com problemas, anomalias e problemas conceituais mais básicos. Esses problemas mais básicos às vezes são resolvidos modificando as teorias específicas, mas há outras vezes em que não é possível emendar a tradição dessa forma e fazer com que os problemas e as anomalias desapareçam. Ele outorga muita importância aos problemas conceituais, pois são eles os que irão produzir as mudanças mais radicais nas tradições e, em consequência, os que provocam um progresso maior. A contrapartida é que também geram uma tensão maior”. (GURIDI, V.; SALINAS, J.; VILLANI, A., 2003)

## Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)

O planejamento das atividades didáticas se deu através de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), uma para a Sonoluminescência, uma para os Supercondutores e outra para a Epistemologia de Laudan, totalizando três UEPS que foram trabalhadas cada uma em duas aulas de dois períodos. As UEPS consistem em sequências didáticas fundamentadas em teorias da aprendizagem (MOREIRA, 2011), principalmente na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Elas buscam alternativas ao ensino mecânico por memorização de conteúdo. De acordo com Moreira (2011), o objetivo dessa sequência é de desenvolver “unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental”.

A construção de uma UEPS segue oito etapas, podendo ser adaptadas conforme os objetivos da atividade. Antes de iniciar o desenvolvimento da UEPS, deve-se de-



terminar o objetivo da sequência didática. Na primeira etapa da UEPS, define-se o tópico a ser desenvolvido, apresentando seus aspectos declarativos e procedimentais. Esta etapa é chamada de *Situação Inicial*. A segunda etapa é a Situação Problema, nela devem ser incitadas discussões ou questionamentos, proporcionando que o aluno demonstre seu conhecimento prévio sobre o assunto, que pode ser utilizado como organizador prévio.

Na terceira etapa é trazido o conteúdo a ser ensinado, pode ser através do quadro negro, slides ou outros recursos didáticos. Nesse momento o professor deve enfatizar o conteúdo a ser ensinado na UEPS, se utilizando dos conhecimentos prévios que os alunos apresentaram nas etapas anteriores. Essa fase é chamada de *Aprofundamento de Conhecimento*. Após, segue-se para a Nova Situação Problema, onde o professor irá utilizar estratégias para propor aos alunos uma situação problema onde eles devem empregar seus conhecimentos prévios e os adquiridos na etapa anterior da UEPS e um nível mais complexo. Moreira salienta a relevância de se envolver os alunos em atividades que promovam a interação social entre eles, trazendo o professor como um mediador para os conhecimentos.

As últimas etapas da UEPS são voltadas à avaliação, dos alunos e da própria unidade. A *Avaliação Somativa Individual* pode ser realizada no decorrer da UEPS, registrando-se os aspectos do que podem ser evidências de uma aprendizagem significativa. Chegando na sexta etapa, a *Aula Expositiva Final*, são revisados todos os conceitos estudados da forma que o professor considerar mais adequado. Por fim, na sétima e oitava etapas, *Avaliação da Aprendizagem da UEPS* e *Avaliação da Própria UEPS*, será avaliado se ocorreu aprendizagem significativa. Para isso, a aprendizagem deve ser progressiva, com o domínio daquele campo conceitual, o que deve ser observado no decorrer da UEPS e não somente em seus momentos finais. Portanto, as atividades foram desenvolvidas buscando que os alunos aprendessem significativamente os conceitos trabalhados, para que refletissem sobre eles, a fim de compreenderem melhor o que é ciência efetivamente. Visto que, as etapas de uma UEPS podem ser adaptadas conforme os objetivos da atividade, na presente pesquisa optou-se por realizar as avaliações ao final das três UEPS.

A fim de averiguar as produções na área de ensino que utilizassem a epistemologia de Larry Laudan foi realizada uma revisão da literatura. A busca inicial se deu através do Google Acadêmico, onde foram usados os termos e operadores “Laudan AND Science teaching” e “Laudan AND physics teaching”. Após foi feita uma

busca nas plataformas ERIC e Scielo utilizando os mesmos termos e operadores. Por fim, através da plataforma Scopus foi gerada a lista das revistas indexadas e selecionada a área “Education”. Foram realizadas buscas nas vinte revistas com maiores índices de citação utilizando apenas o termo “Laudan”.

Através do Google Acadêmico, apesar do grande número de resultados da pesquisa, não foram encontrados artigos revisados por pares que utilizassem diretamente a epistemologia de Larry Laudan como metodologia didática. Encontramos trabalhos como o de Mellado (1997) utilizando a epistemologia de Laudan como forma de análise das concepções sobre a natureza da ciência professores e comparando-as com suas práticas didáticas. Como resultado, percebeu-se um descompasso entre as concepções apresentadas por eles e suas atitudes em sala de aula.

Encontramos trabalhos que utilizam as ideias de Laudan como uma fundamentação para o ensino de ciências, como no trabalho de Cudmani (1997), onde focalizou-se nas questões relacionadas ao ensino de ciências em geral. Ou que fazem uma análise de aspectos científicos através desta visão epistemológica e analisam as possíveis consequências para o ensino, como feito por Santos et al. (2017) dentro das explicações para os seres vivos na área da biologia.

Também foram encontrados trabalhos que defendiam a abordagem epistemológica em sala de aula, entretanto utilizando diferentes epistemólogos como referencial. Como exemplo o trabalho de Duschl e Gitomer (1991), que defendem que professores e alunos devem desenvolver sua compreensão científica. Ou ainda trabalhos como o de Ostermann et al. (2008), que se basearam unicamente na epistemologia de Laudan, mas para fazer uma análise acerca dos fenômenos da história da ciência no surgimento da Mecânica Quântica, considerando-a uma nova tradição de pesquisa para a época.

Nas buscas pelas plataformas Scielo, ERIC e Scopus não foram encontrados trabalhos na área de ensino ou educação que utilizassem as ideias de Laudan. Enquanto na Scielo e na ERIC não foram encontrados sequer artigos que citassem Laudan, em alguns periódicos da Scopus foram encontrados trabalhos que apenas o mencionavam. O escasso número de resultados em nossa busca vai ao encontro com o constatado por Batista e Peduzzi (2019) em sua revisão sobre a utilização das concepções epistemológicas de Laudan no ensino de ciências. Além de perceberem a escassez de trabalhos, os autores afirmam que

a importância das concepções de Laudan [...] reside na necessidade de operacionalizar propostas didáticas em sala de aula, que enfatizem o conteúdo da história da ciência e permitam aos estudantes uma imersão no significado da ciência como uma atividade intelectual de solução de problemas (BATISTA; PEDUZZI, 2019).

Dessa forma, pode-se constatar através dessa busca a ausência de artigos revisados por pares que utilizassem a epistemologia de Laudan como metodologia didática para a sala de aula, ainda mais aliada a abordagem de fenômenos de Física Contemporânea que ainda não são totalmente explicados. Essa combinação é, portanto, uma contribuição original de nosso trabalho.

## Descrição das Atividades

As atividades desenvolvidas trazem a possibilidade de se tratar a ciência de uma forma mais abrangente e menos restrita aos fenômenos físicos que já estão estabelecidos, evidenciando-a como uma construção social e que ainda está em desenvolvimento. O planejamento das sequências de atividades se deu no formato de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), sendo desenvolvida uma para a abordagem da Sonoluminescência, uma para os Supercondutores de Altas Temperaturas e uma para a Epistemologia de Laudan. Cada UEPS foi aplicada em dois encontros. Assim, as sequências didáticas foram desenvolvidas em seis aulas de dois períodos de 50 min cada, totalizando 12 horas-aula. Participaram das atividades cerca de 125 alunos de cinco turmas de terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública do município de Montenegro/RS.

Antes do início das atividades, foi aplicado um questionário que buscava mapear as concepções prévias dos alunos sobre a natureza da ciência. Este questionário é uma adaptação do utilizado por Silva (2010). O início das atividades se deu com uma breve abordagem da Epistemologia de Laudan e sua classificação quanto aos tipos de problemas (empíricos e conceituais), introduzida como organizador prévio. Foi discutido o que é Epistemologia e a explicação da teoria em questão se deu através de um esquema desenhado no quadro, como o da figura a seguir.

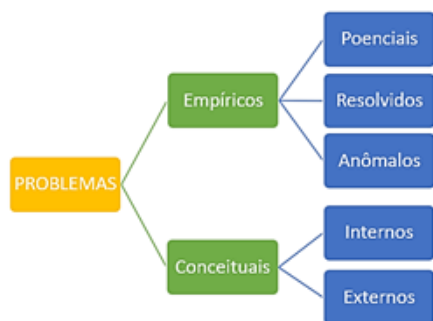


Figura 1 – Esquema sobre os problemas conforme Laudan (Fonte: a pesquisa).

Após isso, foi feita uma breve revisão sobre conceitos de ondas e hidrostática para que se pudesse introduzir o fenômeno da Sonoluminescência como *Situação Inicial*, visto que este é o tópico a ser desenvolvido na primeira UEPS. O fenômeno foi abordado através de uma apresentação de slides com ilustrações, vídeos e animações. Dada a situação inicial, apresentou-se a seguinte *Situação Problema*: “Quais os principais processos de luminescência e como funcionam?”. Foram trazidas para os estudantes as quatro principais formas de luminescência já conhecidas - fotoluminescência, termoluminescência, quimiluminescência e eletroluminescência. Estes fenômenos foram discutidos porque são considerados, dentro da epistemologia de Laudan, problemas resolvidos, preparando os estudantes para a análise dos problemas abertos.

Após uma breve explicação da professora, seguiu-se para as instruções da próxima atividade. Os alunos foram divididos em quatro grupos, cada grupo recebeu um texto de apoio com ilustrações, elaborado pela professora, sobre um tipo de luminescência. Os grupos deveriam, a partir do texto de apoio e consultas em livros e na internet, eles elaborar cartazes (figuras 2 a 5) sobre esses processos. Os cartazes, bem como a explicação de cada processo, seriam apresentados pelos grupos para a turma na aula seguinte.



Figura 2 – Cartaz sobre quimiluminescência elaborado pelos alunos (Fonte: a pesquisa).

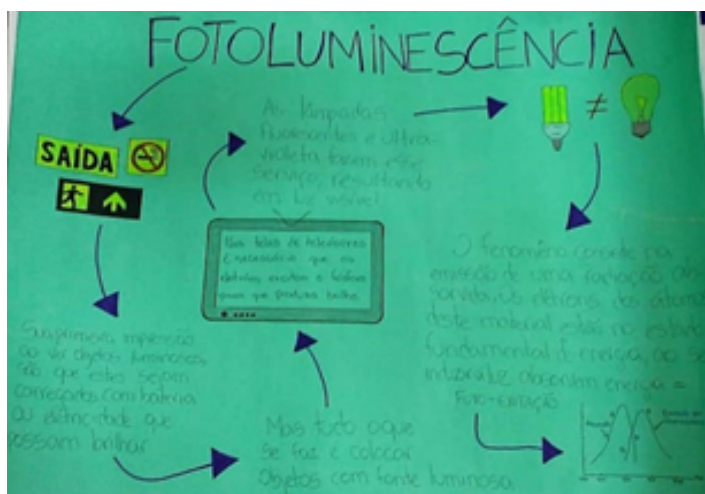


Figura 3 – Cartaz sobre fotoluminescência elaborado pelos alunos (Fonte: a pesquisa).

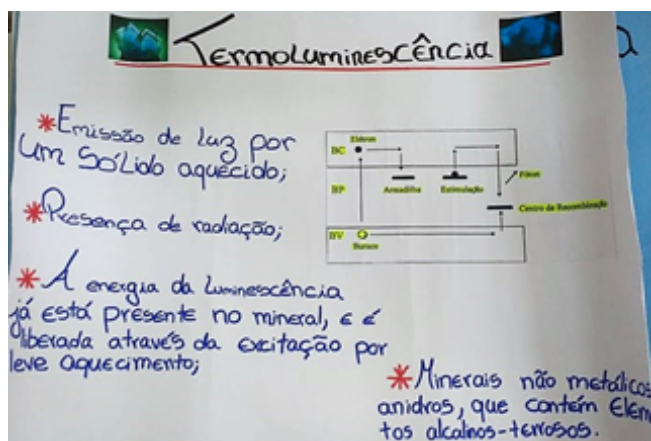


Figura 4 – Cartaz sobre termoluminescência elaborado pelos alunos (Fonte: a pesquisa).

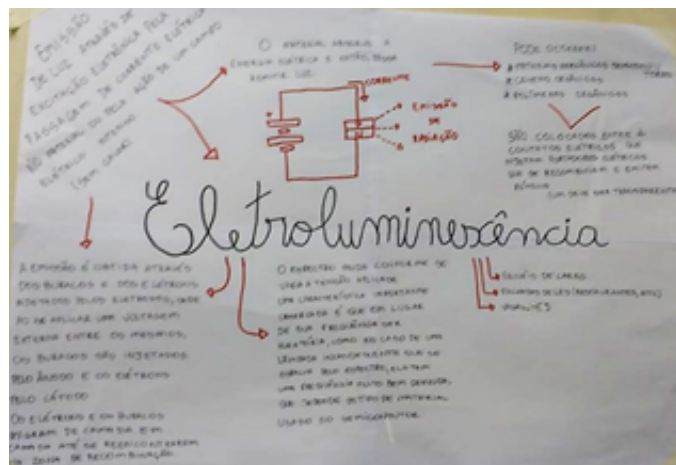


Figura 5 – Cartaz sobre eletroluminescência elaborado pelos alunos (Fonte: a pesquisa).

Feita a apresentação dos grupos dos estudantes, a professora retomou os quatro processos pontuando alguns detalhes principais. Essa abordagem se deu através de uma apresentação de slides, onde foi desenvolvido o *Aprofundamento do Conhecimento*, a partir dos conhecimentos prévios apresentados pelos estudantes nas atividades anteriores. Seguindo a UEPS, foi proposta a *Nova Situação Problema*: “A Sonoluminescência pode se enquadrar em algum desses processos de luminescência vistos?”. Nesse momento, os alunos foram incentivados a discutir, ainda nos quatro grupos em que elaboraram os cartazes, se a Sonoluminescência poderia, ou não,

ser o processo de luminescência que o grupo em questão apresentou. Os estudantes deveriam registrar uma lista de argumentos justificando sua posição e apresentar estes para a turma. Essa atividade constitui a *Avaliação Somativa Individual*, pois, através dela, seria possível identificar evidências de uma aprendizagem significativa.

Por fim, através da apresentação dos argumentos dos grupos, constatou-se que a Sonoluminescência não poderia ser classificada como algum daqueles fenômenos vistos. Dada a situação, alguns aspectos importantes do fenômeno foram retomados e apresentou-se duas teorias que buscam explicá-lo: a das Ondas de Choque, de Seth Puttermann (UCLA) (PUTTERMAN; WENINGER, 2000), e a do Efeito Unruh, de Claudia Eberlein (Illinois e Cambridge) (EBERLEIN, 1996). Essa atividade constituiu a *Aula Expositiva Final* e foi feita uma apresentação de slides pela professora, trazendo os problemas resolvidos e anômalos de cada teoria.

Dando sequência nas atividades, iniciou-se a segunda UEPS. Primeiramente, foi feita uma revisão sobre condutores e isolantes e apresentado o fenômeno da Supercondutividade, bem como a existência de supercondutores de baixas e de altas temperaturas. A abordagem se deu através de uma apresentação de slides com imagens, vídeos e animações, sendo essa a *Situação Inicial*, onde foi trazido o foco da atividade desta unidade.

Seguindo a UEPS, foi apresentada a sua *Situação Problema*: “Como funcionam os supercondutores de baixas temperaturas?”. A fim de responder à pergunta, os alunos foram divididos em dois grandes grupos para que elaborassem maquetes (Figuras 6 e 7) que demonstrassem o Efeito Meissner e os Pares de Cooper nos Supercondutores de Baixas Temperaturas. Esses são os dois principais fenômenos na explicação do comportamento desse tipo de supercondutor. Cada grupo recebeu um texto de apoio com ilustrações sobre um dos fenômenos, elaborados pela professora. Com base nos textos, buscas em livros e na internet, essas maquetes foram apresentadas por cada grupo na aula seguinte bem como os fenômenos foram explicados por eles.



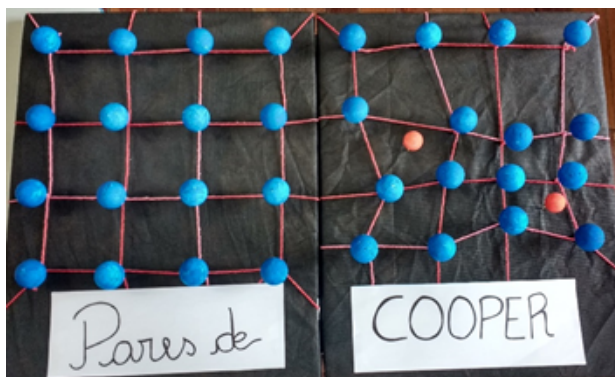


Figura 6 – Maquetes elaboradas pelos alunos ilustrando os Pares de Cooper (Fonte: a pesquisa).

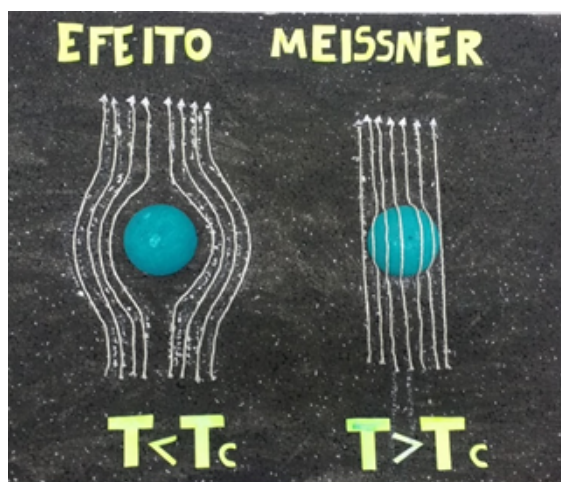


Figura 7 – Maquetes elaboradas pelos alunos ilustrando o Efeito Meissner (Fonte: a pesquisa).

Feitas as apresentações, os dois fenômenos foram retomados pela professora, elencando suas principais características. Essa atividade constituiu o *Aprofundamento de Conhecimento* e foi desenvolvida através de uma apresentação de slides com imagens, vídeos e animações, levando em consideração os conhecimentos prévios apresentados pelos estudantes anteriormente. Então foi proposta a Nova Situação Problema: “O que diferencia o comportamento dos Supercondutores de

Altas Temperaturas dos outros supercondutores?”. Diante do questionamento, foi solicitado que os alunos, em pequenos grupos, averiguassem quais são as diferenças no comportamento dos supercondutores de baixas e de altas temperaturas. Foi autorizado que os estudantes utilizassem livros e consultas na internet e instruído que elaborassem uma lista com essas diferenças.

Após a elaboração das listas cada grupo expôs o que encontrou para a turma, sendo a *Avaliação Somativa Individual*, pois através das discussões seriam possível identificar evidências de uma aprendizagem significativa. Esclarecidas as diferenças entre os dois tipos de supercondutores, por meio da discussão mediada pela professora, foram retomadas as características pertinentes de cada tipo de supercondutor e apresentadas duas teorias que tentam explicar os Supercondutores de Altas Temperaturas: a Teoria da Banda de Valência (RVB), de Philip Warren Anderson (ANDERSON, 1987), e a Teoria Bipolaron, de Nevill Francis Mott (ALEXANDROV; MOTT, 1994). Essa etapa constituiu a *Aula Expositiva Final* desta UEPS, pois foram revisados os conceitos mais importantes trabalhados nela. Essa aula foi desenvolvida por uma apresentação de slides, contendo imagens, vídeos e animações onde a professora expôs os problemas resolvidos e os problemas anômalos de cada teoria, assim como feito anteriormente com a Sonoluminescência.

Por fim, foi desenvolvida a terceira e última UEPS. Começou-se com uma aula expositiva-dialogada sobre a Epistemologia de Larry Laudan, principal assunto da UEPS, e uma breve retomada das teorias vistas de cada fenômeno trabalhado, sendo a *Situação Inicial*. Para isso, foi utilizada uma apresentação de slides. Então foi trazida a *Situação Problema*: “Quais são as teorias mais progressivas dos fenômenos vistos de acordo com Laudan?”. Buscando-se responder o questionamento, foi aplicado um questionário para que os alunos comparassem as teorias vistas dos fenômenos da Sonoluminescência e da Supercondutividade com a epistemologia de Laudan. Nesse questionário, os estudantes deveriam classificar os problemas de cada teoria e, ao final, eles decidir qual teoria de cada fenômeno seria mais progressiva conforme as ideias de Laudan.

Depois que os estudantes responderam ao questionário, foi feita uma discussão, mediada pela professora, sobre as escolhas, constituindo o *Aprofundamento do Conhecimento*. Pois foram utilizados os conhecimentos apresentados pelos estudantes durante a discussão. Então foi apresentada a *Nova Situação Problema*: “Como se dá o progresso da ciência de acordo com a epistemologia de Laudan?”. Para contem-

plá-la, foi solicitado que os estudantes redigissem um texto individualmente. Nesse texto deveria ser analisado algum episódio da história da ciência de acordo com a visão epistemológica de Laudan. Alguns tópicos foram sugeridos pela professora, mas os alunos possuíam livre escolha, não se restringindo à Física.

Os textos redigidos e entregues pelos estudantes também constituíram a *Avaliação Somativa Individual*, pois através deles seria possível identificar evidências de aprendizagem significativa pelos estudantes. A Aula Expositiva Final se deu após com a entrega dos textos e discussão sobre os episódios da ciência escolhidos pelos estudantes, a discussão foi guiada pela professora levando em conta os conhecimentos que os estudantes apresentaram nas etapas anteriores

Ao término das atividades os alunos responderam novamente o questionário inicial como um pós-teste. A *Avaliação de Aprendizagem da UEPS* se deu no decorrer de todas as atividades das três UEPS e através da análise e comparação dos pré-testes e pós-testes dos estudantes. Pois comparando-os poderiam ser encontradas evidências de aprendizagem por parte dos estudantes. As questões foram pontuadas conforme as respostas dos alunos, a pontuação do questionário variava entre 8 e 35 pontos. Através dos questionários, foram selecionados 11 alunos para que fossem entrevistados. Buscou-se contemplar alunos com situações diversas: pontuação alta nos dois questionários, pontuação baixa no primeiro questionário e alta no segundo, e pontuação baixa nos dois questionários.

Através das entrevistas pode ser feita a *Avaliação da Própria UEPS*, pois nelas os estudantes puderam manifestar suas visões e opiniões a respeito das atividades desenvolvidas nas três UEPS. Elas foram realizadas individualmente com a pauta das questões do pré-teste e pós-teste e gravadas em vídeo para posterior transcrição e análise. A técnica utilizada nas entrevistas foi o protocolo *Report Aloud* (TREVISAN et al., 2019), uma adaptação da técnica *Think Aloud* (VAN-SOMEREN, et al., 1994). A técnica viabiliza a coleta de dados através de um diálogo constante entre o entrevistador e o entrevistado a respeito do que este está pensando no momento da execução de uma tarefa. Dessa forma, os estudantes eram questionados sobre o que haviam pensado quando responderam a cada questão do pré-teste e pós-teste.

## Discussão dos Resultados

Após o uso combinado do ensino de progresso da ciência por resolução de problemas (epistemologia de Laudan) e de situações atuais da Física com problemas abertos e fechados (Sonoluminescência e Supercondutores), pode-se perceber uma nítida evolução na concepção da natureza da ciência dos estudantes, de uma atividade fechada para uma competição de teorias em desenvolvimento. Isso pode ser constatado devido ao aumento na média de pontuação dos alunos do pré-teste para o pós-teste, como ilustrado no Gráfico 1, que compara as médias de pontuação dos estudantes no pré-teste e no pós-teste. Como mencionado anteriormente, foi aplicado o mesmo questionário, adaptado de Silva (2010), antes e após as atividades. Foi estipulada uma pontuação para os questionários que variava de 8 a 35 pontos, que se deu através da análise de cada resposta do questionário.

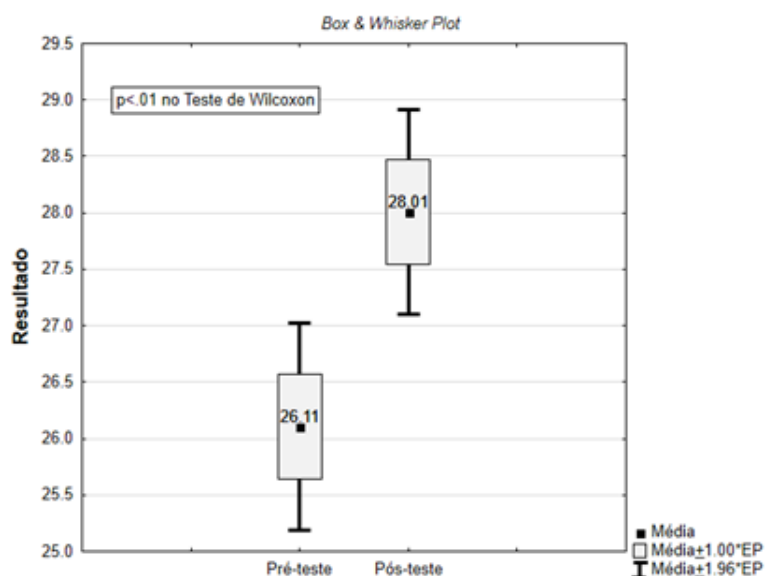


Gráfico 1 - Comparação entre Pré-Teste e Pós-Teste de todos alunos (Fonte: a pesquisa).

A primeira parte do questionário consistia em uma associação de cinco palavras com a palavra ciência. Através das palavras citadas também foi possível constatar mudanças. Nas associações de palavras é possível observar que a palavra *teorias*

se tornou bastante evidente no pós-teste, sendo que praticamente não aparecia no pré-teste. Isso é um possível indicador de que os estudantes passaram a ter a compreensão da ciência como composta por várias teorias, não havendo somente uma correta. Seguem abaixo as associações feitas pelos alunos no pré-teste e no pós-teste.



Figura 8 - Associação de palavras pré-teste (Fonte: a pesquisa).



Figura 9 - Associação de palavras pós-teste (Fonte: a pesquisa).

Também foi possível constatar que houve a compreensão, por parte dos estudantes, da existência de mais de uma teoria para explicar algum fenômeno, bem como a não permanência dessas teorias, que podem ser aprimoradas ou substituídas. Quando questionado sobre ter concordado com a afirmação “Os cientistas concordam que existe apenas uma teoria para explicar alguma coisa” no pré-teste e discordado no pós-teste, o aluno A2 se lembra das atividades desenvolvidas.

A2: “[...] É, foi grande parte por falta de conhecimento, por achar que uma teoria, eles iam achar que uma teoria só pode explicar alguma coisa. Isso foi uma das grandes coisas que eu fiquei surpreso depois de, das aulas. Porque eu achava que quando surgia uma teoria a outra era descartada, mas não é bem assim. Isso foi uma grande surpresa que eu tive nas aulas”. [14:15]

Isso demonstra uma compreensão do processo científico como plural pelo aluno A2. Outro estudante, o A1, quando questionado sobre a mudança na associação de palavras do pós-teste, principalmente o acréscimo da palavra *teorias*, lembrou dos problemas abertos da ciência trabalhados em aula:

A1: “[...] Eu vou dizer que essas aulas que tu falou sobre problemas não resolvidos me fez pensar bastante, me influenciou bastante, daí eu comecei a pensar, ah, a gente tem que pesquisar, fazer uma experiência, tem que estudar a teoria para aprender problemas, enfim [...]”. [01:25]

É possível perceber a compreensão da existência desses problemas ainda não solucionados pela ciência pelo aluno A1, de que a ciência ainda está em construção. Ainda a respeito da compreensão da existência de diversas teorias na ciência, o aluno A4 também discordou com a afirmação “Os cientistas concordam que existe apenas uma teoria para explicar alguma coisa” no pós-teste:

A4: “É, antes eu tinha né, uma ideia disso, eu já tinha lido alguma coisa. Só que depois do estudo em aula né e tudo o que a gente viu, eu vi realmente que não, não era. [...] Que, tipo, haviam vários, várias teorias, e, tipo, cada cientista tinha uma, uma ideia né, e que elas poderiam ou não ser aceitas, né. De acordo com o que era mais, tipo, provável, tinha menos problemas”. [10:37]

Portanto, é perceptível que o aluno A4 também compreendeu a existência de diversas teorias e diversos problemas na ciência. Além disso, os estudantes se impressionaram com a existência de problemas ainda não explicados pela ciência (problemas abertos), pois acreditavam que não houvesse novos fenômenos a serem descobertos e explicados por ela. Quando questionado sobre a atividade que mais

lhe chamou a atenção, o aluno A9 menciona a Sonoluminescência e o fato de não ser explicada ainda:

A9: “Do, da sonoluminescência. Foi realmente o primeiro que eu me lembrei, porque eu achei muito legal, essa situação de não ser resolvido, sabe pelos cientistas. Eu achei muito legal, nunca tinha passado realmente por essa situação, porque o professor nunca tinha dado aula a nós que ainda não tinha sido resolvido pra gente se por no lugar dos cientistas, pesquisadores e tentar pensar como eles. Eu achei bem diferente e é isso que me, que me lembra mesmo. Que destaca pra mim”. [20:15]

As afirmações de A9 mostram o quão marcante foi a atividade para ele. O aluno A3, para essa mesma pergunta, teve uma resposta similar. Também lhe chamou a atenção o fenômeno da Sonoluminescência e o fato de ainda não ser explicado.

A3: “Eu acho que essa daí da sonoluminescência. Porque aquilo, né, do fato de eles não conseguirem encontrar uma resposta pra aquilo é uma coisa que me deixa um pouco é, eu não sei, eu fico meio atônito, assim, sabe. Eu acho estranho não ter uma resposta, hoje em dia, que a gente tem, a gente não tem resposta, mas a gente tem, pelo menos, alguma coisa sabe, pra tudo. E aí, pra aquilo justamente eles tão se matando e tem n, n ideias sobre isso”. [13:26]

É possível notar que, através do fenômeno, as atividades também foram marcantes para o aluno A3.

Através dessas atividades se constatou a possibilidade de se mudar ou melhorar a concepção sobre a natureza da ciência dos alunos além de demonstrar que ela possui problemas ainda em aberto, o que desperta tanto a curiosidade dos estudantes como os convida a refletir sobre fenômenos da Física Contemporânea. Entender o caráter mutável da ciência, bem como ela sendo uma construção humana é fundamental para que os estudantes consigam percebê-la como parte do seu convívio diário. Sendo assim, com essa proposta, pode-se enriquecer a visão de ciência de estudantes do Ensino Médio, o que se torna fundamental para que eles compreendam seu real propósito. Dessa forma, possibilita-se um melhor desempenho em atividades relacionadas às ciências bem como se desperta o interesse deles para que sigam uma carreira científica.

Ademais, essa proposta traz a possibilidade de se trabalhar temáticas atuais de Física Contemporânea do século XXI em sala de aula. Esses temas são relevantes, no entanto, geralmente são deixados de lado na prática docente. Trazer temáticas atuais para o ensino contribui para despertar o interesse dos alunos, pois trazem uma visão inovadora do mundo atual que pode ser mais significativa e relevante para eles.



## Conclusão

Através da pesquisa desenvolvida se constatou que existe a possibilidade de utilização de novos métodos e novas abordagens para o ensino de ciências. É viável se tratar a ciência de uma forma mais abrangente e menos restrita aos fenômenos físicos que já estão estabelecidos, trazendo fenômenos geralmente pouco abordados para a sala de aula. Com as atividades desenvolvidas, se viabiliza a inserção de fenômenos de Física Contemporânea, bem como a abordagem de uma visão epistemológica, no caso, a de Larry Laudan, durante as aulas de Física. Aspectos que são ressaltados na BNCC (2018) e, geralmente, de grande interesse dos estudantes.

Os resultados obtidos no pré-teste vão ao encontro com os obtidos por Silva (2010) e Vizzotto e Mackedanz (no prelo), que demonstram uma pobre concepção de ciência entre os estudantes do Ensino Médio. Além disso, através principalmente dos resultados do pós-teste e das entrevistas, pode-se constatar que as atividades surtiram efeito de forma a desenvolver melhor a concepção sobre a natureza da ciência dos estudantes, de uma atividade fechada para algo composto por inúmeras teorias e fenômenos ainda inexplicados.

Através da análise das entrevistas e dos questionários, foi possível perceber a compreensão dos estudantes de que existem diversas teorias que explicam um mesmo fenômeno e que estas possuem diferentes problemas, sendo que a própria ciência é composta de problemas abertos e fechados. Dessa forma, o desenvolvimento das atividades através dos referenciais utilizados e por meio de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) se mostrou muito eficiente, pois constamos indícios de aprendizagem significativa por parte dos estudantes através dos dados obtidos.

Diversos trabalhos ressaltam a necessidade da abordagem epistemológica em sala de aula, mas poucos são os que trazem propostas ou relatos de atividades desenvolvidas. Sendo assim, através do presente trabalho trouxemos uma proposta de atividade viável de ser aplicada em sala de aula que pode potencializar o enriquecimento das concepções sobre a natureza da ciência dos estudantes.

# An investigation into the conceptions about the nature of the science of high school students after combined teaching of Laudan's epistemology and open problems of Contemporary Physics within PMTU

## Abstract

This article is the experience report of sequences of activities carried out with third-year high school students from a public school of the state school system in Montenegro/RS. These sequences involved themes of Contemporary Physics - Sonoluminescence and High-Temperature Superconductors, not yet fully explained by science, thus constituting open problems within Larry Laudan's epistemology. The activities were developed in the classroom through Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU). The didactic approach was given by teaching Larry Laudan's epistemological vision, discussing elements that constitute scientific progress through problem-solving. The aim of the study was to ascertain the changes in students' conceptions of the nature of science after activities, and it is abundantly documented in the literature that high school students have an absolutist conception of science. We used a questionnaire with open and closed questions applied both before and after the instructional process followed by interviews. It was found that there was a clear evolution in the students' conception of science. Also, students may be surprised to find that there are phenomena not yet explained by science. We believe that educational activities such as those we use can enrich science learning at a crucial stage for students to develop critical thinking and research spirit.

**Keywords:** Sonoluminescence; Superconductors; Contemporary Physics; Laudan; CNS.

## Referências

- ALEXANDROV, A. S.; MOTT, N. F. **High Temperature and Other Superfluids**. London: Taylor & Francis, 1994.
- ANDERSON, Philip A. The Resonating Valence Bond State in  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  and Superconductivity. **Science**, v. 235, n. 4793, 1196-1198, jan. 1987. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/235/4793/1196/tab-pdf>
- BATISTA, Carlos A S.; PEDUZZI, Luiz O. Q. Concepções epistemológicas de Larry Laudan: uma ampla revisão bibliográfica nos principais periódicos brasileiros do ensino de ciências e ensino de Física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, 38-55, agosto de 2019. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/1218>
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>
- CHALMERS, Alan Francis. **O que é ciência afinal?**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1993. Disponível em: [http://www.nelsonreyes.com.br/A.F.Chalmers\\_-\\_O\\_que\\_e\\_ciencia\\_afinal.pdf](http://www.nelsonreyes.com.br/A.F.Chalmers_-_O_que_e_ciencia_afinal.pdf)

CUDMANI, Leonor C. Ideias epistemológicas de Laudan y su posible influencia em la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, v. 17, n. 2, 327-331, 1997. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/38990586.pdf>

DUSCHL, Richard A.; GITOMER, Drew H. Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 28, n. 9, 839-858, 1991. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.3660280909>

EBERLEIN, Claudia. Sonoluminescence as Quantum Vacuum Radiation. **Physical Review Letters**, v. 76, n. 20, 3842-3845, 1996. Disponível em: <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.76.3842>

FREITAS, Savana; SERRANO, Agostinho. A utilização do jogo Angry Birds Space na aprendizagem de conceitos de lançamento de projéteis e de gravidade no ensino fundamental: uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 1, n. 2, 214-225, 2018. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rbecm/article/view/8983/114114413>

GURIDI, Veronica; SALINAS, Julia; VILLANI, Alberto. Contribuições da epistemologia de Laudan para a compreensão das concepções epistemológicas de estudantes secundários de física. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, novembro de 2003. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/iv-enpec/Arquivos/Orais/ORAL055.pdf>

LAUDAN, Laudan. **O progresso e seus problemas**: rumo a uma teoria do crescimento científico. São Paulo: Editora Unesp, 2011.

MELLADO, Vicente. Preservice Teachers' Classroom Practice and Their Conceptions of the Nature of Science. **Science and Education**, v. 6, 331-354, 1997. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008674102380>

MOREIRA, Marco Antônio. **Unidades de ensino potencialmente significativas** – UEPS Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2011.

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio J. H.; RICCI, Trieste F.; PRADO, Sandra D. Tradição de pesquisa quântica: uma interpretação na perspectiva da epistemologia de Larry Laudan. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 2, 336-386, 2008. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/94531>

OSTERMANN, Fernanda; FERREIRA, Letícia Mendonça; CAVALCANTI, Cláudio J. Holanda. Tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio: um Texto para Professores sobre Supercondutividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 3, 270-288, setembro de 1998. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/116764>

PUTTERMAN, Seth J.; WENINGER, K. R. Sonoluminescence: how bubbles turn sound into light. **Annual Review of Fluid Mechanics**, v. 32, 445-476, 2000. Disponível em: [https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.fluid.32.1.445?casa\\_token=EszArW3u5gsAAAAA:\\_JKObT0VzIUuuJ8CICVci1eBSCYceudylSah2AJol1r8FrCa142uuyRkShAVJKsgadklXN-t-ifamX](https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.fluid.32.1.445?casa_token=EszArW3u5gsAAAAA:_JKObT0VzIUuuJ8CICVci1eBSCYceudylSah2AJol1r8FrCa142uuyRkShAVJKsgadklXN-t-ifamX)

SANTOS, Saulo C. S.; WENDLING, Cléria M.; MEGLHIORATTI, Fernanda A. A epistemologia de Larry Laudan: diferentes tradições nas explicações dos seres vivos e suas implicações para o Ensino de Ciências e Biologia. **Ressonâncias filosóficas**, XXII Simpósio de Filosofia Moderna e Contemporânea da UNIOESTE, 2017.

SILVA, Boniek Venceslau de Cruz. A natureza da ciência pelos alunos do ensino médio: um estudo exploratório. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 4, n. 3, 620-627, setembro de 2010. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3696940>

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2<sup>o</sup> grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, 209-214, dezembro de 1992. Disponível em: [dialnet.unirioja.es](http://dialnet.unirioja.es)

TREVISAN, R.; SERRANO, A.; WOLFF, J. F. S.; RAMOS, A. F. Peeking into their mental imagery: The Report Aloud technique in science education research. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 25, n. 3, 647-664, novembro, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v25n3/1516-7313-ciedu-25-03-0647.pdf>

VAN-SOMEREN, Maarten W.; BARNARD, Yvonne F.; SANDBERG, Jacobijn A. C. **The Think Aloud Method**: a practical guide to modeling cognitive processes. London, 1994. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.821.4127&rep=rep1&type=pdf>

VIZZOTTO, Patrick A.; MACKEDANZ, Luiz F. Alfabetização científica e a Contextualização do conhecimento: um estudo da Física aplicada ao trânsito. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v42/1806-9126-RBEF-42-e20190027.pdf>