

NOS EMBALOS DA HFC: DISCUSSÕES SOBRE A EXPERIMENTAÇÃO E ASPECTOS RELATIVOS À NdC EM UEPS

At the rhythm of hfc: discussions on experimentation and aspects relating to ndc in ueps

Anabel Cardoso Raicik [anabelraicik@gmail.com]

*Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica [Egressa]
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, Santa Catarina, Brasil*

Recebido em: 09/12/2019

Aceito em: 24/05/2020

Resumo

Este artigo apresenta um conjunto de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, para diferentes níveis de ensino, que envolvem História e Filosofia da Ciência e considerações epistemológicas da experimentação na ciência e outros aspectos relativos à Natureza da Ciência. Trata-se de um artigo teórico que salienta a importância da fundamentação epistemológica, educacional e metodológica das unidades, como um processo importante que precede a pesquisa empírica.

Palavras-chave: Unidades de Ensino Potencialmente Significativas; História e Filosofia da Ciência; Natureza da Ciência.

Abstract

This paper presents a set of Potentially Significant Teaching Units, for different levels of education, involving History and Philosophy of Science and epistemological considerations of experimentation in science and other aspects related to the Nature of Science. This is a theoretical article that emphasizes the importance of the epistemological, educational and methodological foundations of the units, as an important process that precedes the empirical research.

Keywords: Potentially Significant Teaching Units; History and Philosophy of Science; Nature of Science.

Introdução

A literatura especializada vem enfatizando, nas últimas décadas, a necessidade e proficiência da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de ciências, em distintos níveis (Damasio & Peduzzi, 2017; Moura, 2014; Forato; Pietrocola & Martins, 2011; Clough & Oslon, 2008; Martins, 2007; Martins, 2006; Matthews, 1995;). As revisões realizadas por Teixeira, Greca e Freire (2009; 2012) evidenciam que, tanto no cenário nacional quanto estrangeiro, há um número crescente de trabalhos que se preocupam com o seu uso no ensino. As pesquisas mostram e defendem que a HFC pode apresentar potencial didático, sobretudo para o aprimoramento do senso crítico e criativo de estudantes (Forato; Pietrocola & Martins, 2011).

A História da Ciência, não passível de ser dissociada da Filosofia da Ciência, pode contribuir para a compreensão e aprendizagem significativa de conceitos e equações, tornar as aulas desafiadoras e reflexivas, instigar o interesse pela ciência, contextualizar a ciência e evidenciá-la como um processo humano, permeado por subjetividades, controvérsias, elementos sócio-culturais, promover discussões acerca de aspectos relativos à Natureza da Ciência (NdC) (Peduzzi, 2011; Matthews, 1995). Atualmente a educação científica visa propiciar uma compreensão de NdC compatível com reflexões filosóficas contemporâneas (Peduzzi & Raicik, 2019). Como enfatiza Moura (2014, p. 44) talvez “o desafio a ser enfrentado neste momento seja o *como* incorporar” essas discussões entre professores e alunos. Massoni (2010) aponta que mesmo aqueles docentes que tiveram uma formação adequada, em relação a visões epistemológicas contemporâneas, parecem não estar preparados para operacionalizar e gerar reflexões sobre NdC em sala de aula. É preciso desenvolver estratégias que tornem explícitas discussões *sobre* a ciência em materiais de ensino (Clough, 2007; Martins, 2015) para que, como enfatizam Peduzzi e Raicik (2019):

o contraste das mesmas com as concepções prévias do aluno fortaleça e incremente o consenso, quando ele existir, e corrija as distorções e limitações, quando necessário, através da argumentação ponderada que, sem impor, respeita o pensamento divergente. Neste caso, ao não se tratar o aluno como uma *tabula rasa* (folha de papel em branco), pode-se potencializar a evolução conceitual-epistemológica de suas concepções (p. 8).

Entretanto, um obstáculo que ainda persiste recai na falta de materiais pedagógicos adequados; “de nada adianta o conhecimento do conteúdo (ainda que esse conteúdo seja o histórico e filosófico) sem o conhecimento pedagógico do conteúdo” (Martins, 2007, p. 127). A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), desenvolvida pelo psicólogo e médico David Ausubel (1918-2008), é uma teoria cognitivista e construtivista acerca do processo de aprendizagem (Ausubel *et al.*, 1980; Moreira, 2006; Masini, 2011; Paulo & Souza, 2011; Valadares, 2011) e pode ser profícua quando alinhada a referenciais epistemológicos e metodológicos em uma pesquisa. É cognitivista, pois “descreve o que sucede quando o ser humano organiza e atribui significados à realidade em que se encontra” (Massini, 2011, p. 18) e construtivista porque “defende que o sujeito é o elemento estruturante do seu próprio conhecimento” (Valadares, 2011, p. 39).

A TAS, em breve descrição, argumenta que no decurso de uma aprendizagem significativa há um processo ativo, integrador e interativo entre um novo conhecimento (e seu material instrucional) e conhecimentos prévios relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz. De acordo com Ausubel, a pré-disposição em aprender e o material potencialmente significativo – e o todo que isso representa – são condições necessárias para que a aprendizagem ocorra de forma significativa.

Embora a obra de Ausubel, *The Psychology of Meaningful Verbal Learning* (Psicologia da Aprendizagem Verbal Significativa), em que propôs sua teoria pela primeira vez, tenha sido publicada em 1963, em 2000 o autor a reitera no livro *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view* (Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva), tornando evidente a sua atualidade. No âmbito nacional, sua contemporaneidade pode ser atestada, sobretudo, pelos

“Encontros de Aprendizagem Significativa” (ENAS) que ocorrem regularmente desde 2005 e objetivam propiciar discussões entre pesquisadores e professores acerca de estudos fundamentados na TAS; pelo periódico “Aprendizagem Significativa em Revista” (ASR), que publica artigos empíricos e teóricos sobre aprendizagem significativa na perspectiva ausubeliana desde 2011, por inúmeros artigos em revistas na área de ensino e ensino de ciências e pelas sucessivas edições e reedições de livros que tratam da teoria (Moreira & Massoni, 2016; Moreira & Massini, 2011; Paulo & Souza, 2011; Moreira, 2013a; 2011a; 2011b; 2006; 1999; 1983).

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), propostas por Moreira (2011c), são sequências didáticas fundamentadas, sobretudo, na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e possibilitam o desenvolvimento de propostas didáticas e o estímulo à pesquisa aplicada, voltadas para a aprendizagem significativa e não mecânica. As unidades têm como objetivo facilitar a aprendizagem significativa de tópicos, ideias, conceitos específicos, a partir do cerne filosófico de que só há ensino quando há aprendizagem, e esta aprendizagem, imprescindivelmente, deve ser significativa. As UEPS podem ser vistas, portanto, como um instrumento didático e um fomentador de materiais potencialmente significativos.

Este artigo apresenta um conjunto de unidades de ensino potencialmente significativas ancoradas nos referenciais epistemológico (moderna filosofia da ciência), educacional (princípios da TAS) e metodológico (UEPS) à luz da historiografia contemporânea. Esse aporte teórico vai ao encontro da defesa de Moreira (2004) de que pesquisar “é produzir conhecimento dentro de um marco teórico [educacional], epistemológico e metodológico” (p. 10). As UEPS, desenvolvidas tanto para pesquisadores em formação, quanto para estudantes e professores em formação inicial e continuada, pretendem, em particular, subsidiar propostas didáticas que visem debater considerações epistemológicas acerca da experimentação na ciência e aspectos relativos à Natureza da Ciência, implícita ou explicitamente relacionados com o componente empírico na construção de conhecimentos.

Princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa: um referencial educacional

Na epígrafe de seu livro “Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva”, Ausubel (2003) destaca que

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos.

Quer dizer, a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual um novo conhecimento se relaciona de maneira substantiva (não-litera) e não-arbitrária à estrutura cognitiva do sujeito. A aprendizagem é substantiva, pois é a “substância” ou o “recheio” de um conceito que é apreendido (Valadares, 2011). Isto é, o que se incorpora na estrutura cognitiva do sujeito não são “os signos precisos usados” para expressar o novo conhecimento, pura e simplesmente. “(...) O que é aprendido de maneira significativa tem também significados pessoais, idiossincráticos” (Paulo; Souza, 2011, p. 18). Além disso, é não arbitrária (não aleatória), pois há interação entre um novo conhecimento e um já existente na estrutura cognitiva; não qualquer ideia prévia, mas algum conhecimento especificamente relevante para assimilar o conhecimento a aprender (Ausubel, 2003; Moreira & Massini; 2011). Esse é “um processo ativo, que exige ação e reflexão do aprendiz e que é facilitado pela organização cuidadosa das matérias e experiências de ensino” (Teodoro, 2000, p. ix).

Esse conhecimento específico, já existente na estrutura do sujeito, e que permite dar significado a um novo conhecimento, por interação substantiva e não-arbitrária, recebe o nome de *subsunçor* ou ideias-âncora. A aprendizagem significativa envolve, portanto, uma interação seletiva entre o novo material de aprendizagem e os subsunçores existentes, que podem englobar não necessariamente apenas conceitos, mas concepções, proposições, representações etc. Ou seja, à medida em que subsunçores estejam desenvolvidos, claros e disponíveis, eles funcionam como ponto de ancoragem para novos conhecimentos (Moreira & Masini, 2001). “Os subsunçores podem ter maior ou menor estabilidade cognitiva, podem estar mais ou menos diferenciados, ou seja, mais ou menos elaborados em termos de significados” (Moreira, 2011a, p. 14).

Uma concepção limitada da ciência, por exemplo aquela que simplifica a experimentação, atribuindo-lhe o papel de simplesmente corroborar (ou refutar) teorias, pode servir de ancoradouro para novas informações sobre as distintas funções da experimentação na ciência. Não obstante, nesse processo há uma alteração “quer das informações recentemente adquiridas, quer do aspecto especificamente relevante [subsunçor] da estrutura cognitiva, à qual estão ligadas as novas informações” (Ausubel, 2003, p. 3). Desta forma, os novos conhecimentos adquirem um significado para o sujeito, ao passo que os subsunçores também são modificados; eles podem adquirir novos significados ou corroborar os já existentes. Uma discussão histórico-filosófica, por exemplo, acerca da experimentação na ciência, fazendo um contraponto entre seu entendimento no início da ciência moderna (essencialmente empírico indutivista) e na contemporaneidade, (a partir de considerações da nova filosofia da ciência) pode contribuir para que a ideia limitada desse componente para o desenvolvimento científico tome novos significados. Nesta perspectiva, e à medida que novas concepções acerca da experimentação são aprendidas de forma significativa, isso pode resultar na modificação do subsunçor inicial e no desenvolvimento de subsunçores mais elaborados, mais inclusivos e mais capazes de servirem de ponte para novas concepções, como por exemplo para questionar a ideia de experimento crucial, entender o conceito de experimentação exploratória, reconhecer o diálogo entre hipótese e teoria etc. Em um processo de aprendizagem significativa, “progressivamente, o subsunçor vai ficando mais estável, mais diferenciado, mais rico em significados, podendo cada vez mais facilitar novas aprendizagens” (Moreira, 2011a, p. 15).

Para os casos em que o aprendiz não possui subsunçores adequados, Ausubel (2003) propõe o uso de um mecanismo pedagógico: os *organizadores prévios*. Esse recurso apresenta “um nível mais elevado de abstração, generalidade e inclusão do que os novos materiais a serem aprendidos” (p. 11) e tem por principal função “preencher o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta” (Ausubel; Novak & Hanesian, 1980, p. 144). Diferentemente de um resumo, que normalmente tem o mesmo nível de abstração do próprio material a ser aprendido, um organizador prévio pode ser:

[...] um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este (Moreira, 2011a, p. 30).

Os organizadores podem ser de duas naturezas: expositivos e comparativos. Os primeiros visam suprir a falta de subsunçores relevantes no caso de um material não familiar, por meio de uma ancoragem ideacional em termos do que já é familiar ao aprendiz. Os organizadores comparativos podem aumentar a discriminabilidade entre os novos conhecimentos e os subsunçores similares ou conflitantes já existentes na estrutura cognitiva do sujeito quando o material é relativamente familiar; isto é, podem clarificar “de modo explícito semelhanças e diferenças entre os dois conjuntos de ideias” (Ausubel, 2003, p. 12). Uma leitura inicial, por exemplo, apresentando um contraponto e possíveis similaridades entre uma visão tradicional baconiana de experimentação (muito semelhante àquela intuitiva de estudantes) e uma contemporânea, pode servir como um organizador prévio comparativo. Ou ainda, antes de se iniciar uma discussão mais específica acerca da relatividade de se

atribuir a um experimento o caráter crucial, pode-se apresentar um texto, devidamente contextualizado historicamente, sobre o famoso *experimentum crucis* de Isaac Newton, etc.

Para Ausubel (2003), o fator mais importante para a aprendizagem significativa são os conhecimentos prévios do aprendiz; a sua estrutura cognitiva prévia. Nesse caso, “é através do fortalecimento de aspectos relevantes da estrutura cognitiva que se pode facilitar a nova aprendizagem” (p. 10). Isso pode ser conseguido: de forma *substantiva*, por meio de conceitos e proposições unificadores do conteúdo da matéria de ensino, que apresentam caráter inclusivo, poder explicatório, propriedade integradora; e de forma *programática*, através de princípios apropriados na ordenação da sequência da matéria de ensino, na sua disposição lógica e organização interna. No que se refere aos princípios da organização programática, cita-se a *diferenciação progressiva*, a *reconciliação integrativa*, a *organização sequencial* e a *consolidação*. Cabe destacar que os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa podem ser considerados tanto na organização de ensino como no âmbito da dinâmica da estrutura cognitiva (Paulo & Souza; 2011).

A *diferenciação progressiva* é um princípio que reconhece que há uma hierarquização, em termos de abstração, generalidade e inclusão, no processo de aprendizagem (Ausubel, 2003). Em síntese, ela sugere que conceitos, ideias, proposições, mais gerais e inclusivos, sejam apresentados primeiro para que possam, progressivamente – ao passo que adquirem novos significados – ficar mais específicos, diferenciados (Moreira, 2011a). Isso baseando-se nas concepções de que:

(1) É menos difícil para os seres humanos compreender os aspectos diferenciados de um todo previamente aprendido, mais inclusivo [...]. (2) Num indivíduo, a organização do conteúdo de uma disciplina particular consiste em uma estrutura hierárquica na sua própria mente. As ideias mais inclusivas ocupam uma posição no topo desta estrutura e abrangem proposições, conceitos e dados factuais progressivamente menos inclusivos e mais diferenciados (Ausubel; Novak & Hanesian, 1980, p. 159).

A *reconciliação integrativa* indica que os conceitos, as ideias, as proposições apresentadas sejam revisitadas explicitamente ao se explorar, por exemplo, suas relações de similaridade e diferença com aqueles subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito (Ausubel, 2003). É um processo de “vai e vem” entre ideias mais gerais e inclusivas às mais específicas.

O processo instrutivo, segundo uma abordagem ausubeliana, não é, como pode parecer à primeira vista, exclusivamente unidirecional, ‘de cima para baixo’, ou ‘do geral para o particular’. É verdade que se propõe começar com o ‘geral’ e, progressivamente, chegar ao ‘particular’, mas é verdade também que se deve fazer constantes referências ao ‘geral’ para não perder a visão do todo e para elaborar cada vez mais o ‘geral’. Ao fazer isso, está-se simultaneamente a promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa (Moreira, 1999, p. 52).

Os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa são, portanto, concomitantes e permitem uma organização hierárquica na estrutura cognitiva de quem aprende.

O princípio da *organização sequencial* considera que é possível maximizar o processo de aprendizagem significativa ao fazer-se uso de ideias âncoras para a instrução e sequência de tópicos ou componentes de uma disciplina, à luz da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora. Isto é, uma unidade de ensino pensada de modo que determinados tópicos dependam naturalmente dos que o antecederam (Moreira, 2011a).

A *consolidação* é um princípio que assinala a importância do que está sendo estudado estar consolidado, antes se de iniciar a introdução de novos conhecimentos. Com efeito, se o conhecimento prévio é o que mais influencia a aprendizagem, na perspectiva de Ausubel, é coerente e esperado que este princípio seja igualmente relevante e fundamental. Clarificação, prática diferencial, exercícios, revisão, podem contribuir para esse processo.

Em síntese, a TAS admite que duas condições precisam ser satisfeitas para que a aprendizagem seja significativa. Um dos requisitos é que o aprendiz manifeste uma *pré-disposição* em aprender. A segunda premissa refere-se ao *material*, que deve ser potencialmente significativo, isto é: i) requer que o material de ensino se relacione de forma não-arbitrária e não-literal à estrutura cognitiva do sujeito e, portanto ii) demanda que existam *subsunçores relevantes* na estrutura cognitiva do aprendiz para que as novas ideias do material sejam ancoradas.

Quer dizer, um material potencialmente significativo, além de envolver a condição da existência de conceitos subsunçores específicos da estrutura cognitiva do sujeito, “deve ser logicamente significativo, ou seja, ser suficientemente não-arbitrário e não aleatório, de modo que possa ser relacionado, de forma substantiva e não-arbitrária, a ideias, correspondentemente relevantes, que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender” (Jorge & Sousa, 2011, p. 29).

A arte e a ciência de apresentação de ideias e de informações de modo significativo e eficaz – de forma a surgirem significados claros, estáveis e não ambíguos e a existir uma retenção durante um período de tempo considerável, como um conjunto de conhecimentos organizados – é, na verdade, a principal função da pedagogia. Esta é uma tarefa exigente e criativa e não rotineira nem mecânica. A tarefa de seleção, organização, apresentação e tradução do conteúdo das matérias, de uma forma apropriada em termos de desenvolvimento, exige mais do que uma simples listagem de factos. Caso seja feita corretamente, trata-se do trabalho de um professor capacitado e dificilmente se pode desdenhar (Ausubel, 2003, p. 52).

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) propostas por Moreira (2011c), podem auxiliar no desenvolvimento de materiais potencialmente significativos – indispensáveis, como sobredito, em um processo que visa uma aprendizagem significativa – uma vez que elas são fundamentadas, sobretudo, na teoria de Ausubel e objetivam promover uma aprendizagem desse tipo.

Unidades de Ensino Potencialmente Significativas: um referencial metodológico

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são unidades de ensino fundamentadas teoricamente, essencialmente na TAS, dirigidas para uma aprendizagem significativa e não mecânica (Moreira, 2011c). Reside em sua fundamentação¹, que embora esteja baseada sobretudo na teoria de Ausubel não se limita a esta, seu maior potencial de êxito na facilitação da aprendizagem. Aliás, elas podem ser utilizadas como aspecto metodológico da TAS (Damasio, 2017).

Essas Unidades levam em consideração os principais pressupostos ausubelianos, a saber, o conhecimento prévio do aluno, os organizadores prévios, os princípios de diferenciação progressiva, reconciliação integradora, organização sequencial, consolidação. Além disso, situações-problema, negociação e captação de significados, busca de evidências de aprendizagem em uma perspectiva de progressividade e complexidade são também norteadores dessas unidades (Moreira, 2011c; 2013b).

Em outras palavras, isso significa que no desenvolvimento (e possível implementação) das UEPS é importante, em síntese, que se: i) reconheça a relevância dos conhecimentos prévios daquele que aprende como a variável que mais influencia a aprendizagem; ii) leve em conta que aquele que aprende integra pensamentos, sentimentos e ações e que isso é construtivo no processo de aprendizagem significativa que demanda, como uma das condições essenciais, a *pré-disposição* em aprender, isto é, o aluno decide se quer ou não aprender de forma significativa; iii) estime e valorize os organizadores prévios que podem servir de ponte entre os conhecimentos prévios do estudante e novos conhecimentos; iv) considere as situações-problemas que, além de propiciarem sentido aos

¹Moreira (2011c) enfatiza que além da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e, inclusive, de sua Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (Moreira, 2005), as UEPS fundamentam-se na teoria de educação de Novak e Gowin, do interacionismo social de Vygotsky, dos campos conceituais de Vergnaud e dos modelos mentais de JohnsonLaird.

novos conhecimentos, podem servir de organizadores prévios e devem ser sugeridas em nível crescente de complexidade; v) respeite os princípios da diferenciação progressiva, reconciliação integrativa e consolidação na organização de ensino; vi) entenda que a avaliação da aprendizagem significativa é progressiva e exige a busca de evidências; vii) admita que o professor tem um papel fundamental de propor, devidamente, situações-problemas, organizar a sequência de ensino, mediar a captação de significados por aquele que aprende; viii) concorde que o ensino deve ser dialógico e interativo; ix) assumo que o ensinar envolve uma relação entre aluno, professor e material instrucional; x) conceba que a aprendizagem não deve ser mecânica; xi) busque o questionamento e repostas que não estejam amparadas na memorização a partir da diversidade de materiais e estratégias instrucionais (Moreira, 2011c; 2013b).

Além de princípios norteadores (condensados acima), Moreira (2011c; 2013b) apresenta aspectos sequenciais – não prescritivos, mas guiadores – para a elaboração de UEPS que facilitam a incorporação e melhor proveito dessas asserções amparadas teoricamente. O primeiro passo refere-se à escolha do tópico a ser abordado na Unidade, isto é, que conceitos serão discutidos e, por consequência, seu objetivo. Posteriormente, propõe-se circunstâncias que permitam aos alunos externalizar seus conhecimentos prévios que, em princípio, podem ser relevantes para a aprendizagem significativa daquilo que se deseja discutir. Isso pode ser conseguido por meio de discussões orais, um questionário, etc. A seguir, sugere-se uma situação-problema, que pode servir como um organizador prévio (comparativo à luz dos conhecimentos prévios já existentes), que deve ser trabalhada em um nível introdutório. As possibilidades, assim como na etapa anterior, são diversas, de demonstrações e simulações computacionais, a vídeos e questões, mapas mentais², desde que respeitem a ideia de que deve ser problematizador, acessível ao aluno, que prepare o campo para as próximas intervenções e, com efeito, se distancie dos exercícios e práticas corriqueiras de apenas reprodução.

Em seguida, o conhecimento a ser aprendido passa a ser apresentado levando em conta a diferenciação progressiva. Ou seja, começa-se trabalhando o conteúdo de forma mais geral e inclusiva, dando uma visão do todo, para, posteriormente, exemplificar e abordar aspectos mais específicos. Atividades colaborativas, em grande grupo, podem ser proveitosas, inclusive, nesse momento. Torna-se relevante, retomar os aspectos mais gerais, contudo agora em nível mais alto de complexidade em relação à discussão anterior. Novas situações-problema podem ser propostas, em nível crescente de complexidade. Respeitando o princípio de reconciliação integrativa, pode-se apresentar exemplos distintos dos anteriores, destacar semelhanças e diferenças entre aquilo que já foi trabalho em maior nível de inclusão e o que agora é proposto de forma mais específica. Atividades colaborativas, tendo o professor como mediador, com a negociação de significados, podem ser novamente viabilizadas, através de mapas conceituais, diagrama V³, experimentos etc.

Constituindo-se processos simultâneos, pode-se fomentar a diferenciação progressiva, buscando a reconciliação integrativa, a fim de concluir a unidade. Isso pode ser alcançado com a leitura de texto, exposição oral, uso de videoaulas/vídeos etc. Situações-problemas podem ser sugeridas com níveis cada vez mais altos de complexidade. Por certo, é ao longo do desenvolvimento da UEPS que a avaliação da aprendizagem é feita, com registros, por exemplo. Não obstante, uma avaliação somativa individual ao final, com questões, situações, problematizações distintas das que foram trabalhadas ao longo da unidade, pode evidenciar, igualmente, indícios de aprendizagem significativa. Ademais, alcança-se êxito se as avaliações fornecerem indícios de aprendizagem

² Mapas mentais são associações livres entre ideias, palavras-chave, por meio de ramificações que ligam tópicos menos importantes àqueles de mais alto nível (Moreira & Massoni, 2016). Diferentemente de mapas conceituais (ver Moreira, 2012), mapas mentais não objetivam estabelecer relações entre conceitos, incluem ideias gerais e não são organizados hierarquicamente.

³ O diagrama V, também conhecido como V epistemológico, V de Gowin, é um instrumento heurístico que tem a forma de um 'v', proposto para análise do processo de produção de conhecimento. Nesse sentido, é uma ferramenta ou estratégia facilitadora da aprendizagem significativa (ver Moreira, 2011).

significativa, isto é, demonstrarem a capacidade dos alunos em captação de significados, compreensão do conteúdo, capacidade de explicar e aplicar o conhecimento em situações-problema etc.

Em cada um dos possíveis passos, os materiais, assim como as estratégias de ensino empregadas pelo professor, devem ser diversificados. No processo prático, deve-se privilegiar o questionamento, o diálogo, a crítica e, conseqüentemente, reflexões sobre o tema abordado. Não obstante, é importante ressaltar que cabe ao professor adaptar cada UEPS ao seu contexto, sem menosprezar, é claro, as concepções primordiais que as orientam. Isto é, embora sejam passos sequenciais para um melhor proveito dos princípios mencionados, eles não são engessados, mas abertos a adequações e considerações contextuais.

HFC e NdC em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

As unidades didáticas desenvolvidas e apresentadas neste artigo estão ancoradas nos referenciais epistemológico (moderna filosofia da ciência), educacional (princípios da TAS) e metodológico (UEPS) à luz da historiografia contemporânea. Elas visam possibilitar intervenções didáticas que podem contribuir tanto como estratégias para uma mudança na visão epistemológica (limitada) corrente entre professores de ciências e pesquisadores em formação acerca da experimentação e de alguns aspectos relativos à Natureza da Ciência, e influenciar suas práticas docentes, quanto de estudantes em formação (em nível básico ou superior).

Nesse sentido, a UEPS **“A rã e suas histórias: a gênese e o desenrolar de uma controvérsia”**, é desenvolvida, essencialmente, para pesquisadores em formação. Ela comporta considerações epistemológicas acerca da experimentação e aspectos relativos à Natureza da Ciência na controvérsia entre Luigi Galvani e Alessandro Volta acerca da eletricidade animal. Como ressaltam Peduzzi e Raicik (2019, p. 46) – e face ao nível de discussão proposto na unidade – “a atualidade e relevância de discussões sobre a natureza da ciência no cenário da pesquisa nacional e internacional torna desejável a sua abordagem em disciplinas de pós-graduação”, tal como se propõe a unidade.

O estudo desse caso histórico⁴, abordado nos artigos *A rã enigmática e os experimentos exploratórios: dos estudos iniciais de Galvani à sua teoria da eletricidade animal* (Raicik, 2019a), *Galvani, Volta e os experimentos cruciais: a emblemática controvérsia da eletricidade animal* (Raicik, 2020), *O término de uma controvérsia não resolvida: a enigmática querela entre Galvani, Volta e um sapo a(ini)migo* (Raicik, submetido à publicação), viabilizou o desenvolvimento de outras UEPS que discutem distintos aspectos relativos à Natureza da Ciência associados, explícita ou implicitamente, a considerações epistemológicas sobre a experimentação.

Assim, a UEPS **“Luigi Galvani e a coreografia das rãs: experimentos exploratórios na ciência”** é endereçada, basicamente, a alunos da licenciatura e bacharelado em física e visa, sobretudo, discutir o conceito de experimentação exploratória a partir dos estudos de Galvani. Na UEPS **“Valores na aceitação de um novo conhecimento: a a(ini)mizade entre um sapo, um físico e um anatomista”**, voltada principalmente para professores de nível médio (aqueles que participam de eventos, como o SNEF, o EEFIS-RG, por exemplo, que visam atingir esse público, inclusive, e os que integram, também, o MNPEF), aborda-se alguns valores envolvidos na aceitação de um novo conhecimento, a partir do término da controvérsia entre Galvani e Volta. Já a UEPS **“Nos encantos da história, vamos descobrir que relação pode ter entre um sapo e uma garrafa de Leiden?”** é destinada, em especial, a alunos do ensino médio e discute a não neutralidade das observações.

⁴ O objeto da tese de doutorado da autora deste trabalho (Raicik, 2019b).

Por último, a UEPS “O ‘mito’ do experimento crucial: Newton e a teoria da luz e cores” emerge a partir da análise contextual do século XVIII, uma época de consolidação e de unificação da concepção baconiana-newtoniana. Em seus estudos ópticos, Newton chama um de seus experimentos de crucial, e, “a famosa frase, *experimentum crucis*, tornou-se quase sinônimo de teoria newtoniana” (Westfall, 1962, p. 354). Efetivamente, é o Newton da “Óptica”, e não o da mecânica, que vai influenciar metodologicamente os estudos da eletricidade. As raízes de Galvani e Volta, com efeito, encontram-se persuadidas por essa identidade de prática científica. Dirigida fundamentalmente a professores e cientistas em formação, a UEPS objetiva discutir o conceito de experimento crucial a partir de um dos emblemáticos experimentos newtonianos.

Importa salientar que estas unidades e seus respectivos materiais encontram-se disponíveis no site <https://anabelraicik.wixsite.com/ueps> como uma forma de permitir que professores e pesquisadores interessados possam ter acesso a elas; e de, possivelmente, as utilizarem e adaptarem aos seus contextos de ensino.

UEPS 1 - A rã e suas histórias: a gênese e o desenrolar de uma controvérsia

Esta UEPS visa trazer uma incursão aprofundada da controvérsia entre Luigi Galvani e Alessandro Volta, acerca da eletricidade animal. Mediante uma análise histórico-epistemológica, discute os distintos experimentos desenvolvidos por ambos os estudiosos e os seus papéis nesse episódio histórico. Para isso, retoma concepções de Francis Bacon acerca da experimentação na ciência – tanto presentes em sua obra máxima, o *Novum Organum*, quanto relativas ao seu conceito de *experientia literata* – e apresenta contrapontos com a concepção contemporânea de experimentação exploratória na perspectiva do físico e historiador da ciência Friedrich Steinle. Além disso, explora os diferentes significados atribuídos ao experimento crucial, tanto por ‘cientistas’ quanto por filósofos da ciência como Imre Lakatos, Karl Popper e Pierre Duhem. Tendo em vista o princípio de diferenciação progressiva, discute de que forma livros de divulgação científica apresentam a ilustração do *experimentum crucis* de Newton. Isto é, após a introdução do assunto em nível mais geral e inclusivo, abordando uma visão geral da experimentação no início da ciência moderna em contraponto com uma noção contemporânea e progressivamente diferenciada em termos da ideia de experimento crucial, aborda um exemplo, distinto daquele foco da UEPS, com aspectos específicos a serem analisados e sua relação com o ensino de ciências. Posteriormente, contextualiza definições, origens e classificações de controvérsias científicas, como as analíticas, as resistivas e as argumentativas, a fim de resgatar os aspectos gerais e estruturantes da unidade em nível mais alto de complexidade. Discute, ainda, valores presentes na escolha teórica à luz de concepções de Thomas Kuhn e uma classificação de Ernan McMullin envolvendo resolução, encerramento e abandono de controvérsias na ciência. Visando promover uma reconciliação integradora, apresenta e analisa a controvérsia entre Galvani e Volta – desde os estudos iniciais de Galvani à publicação da pilha por Volta. Nesse sentido, explora relações entre o episódio histórico e os conceitos e proposições trabalhados anteriormente: *experientia literata*, experimentação exploratória, experimento crucial, controvérsia científica, valores na escolha teórica, término de debates.

UEPS 1

Título: A rã e suas histórias: a gênese e o desenrolar de uma controvérsia

Objetivo geral: Discutir os possíveis papéis do experimento na controvérsia entre Galvani e Volta acerca da eletricidade animal e aspectos relativos à Natureza da Ciência entre pesquisadores em formação.

Conceitos centrais: *Experientia literata*; experimentação exploratória; experimento crucial; controvérsia científica; valores na escolha teórica; término de debates.

Público-alvo: Pesquisadores em formação (mestrandos e doutorandos).

Disciplina: Uma disciplina eletiva em um Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica ou similar.

Duração: Um semestre (aproximadamente 10 aulas de 4h).

Constituintes da UEPS: A UEPS “A rã e suas histórias: a gênese e o desenrolar de uma controvérsia” é constituída por oito *artigos*, um *texto*, três trechos de *vídeos/documentários*, uma *animação*, um *quadro comparativo*, uma *avaliação somativa*, além de *atividades colaborativas*.

O artigo “Experimentos exploratórios e experientia literata: (re)pensando a experimentação” (Raicik; Peduzzi & Angotti, 2018a), resgata a filosofia experimental de Francis Bacon, presente no *Novum Organum*, e apresenta seu conceito de experimentação instruída, que ele discute em *Of the Dignity and Advancement of Learning*. Explicita, também, contrapontos entre algumas concepções baconianas e a ideia de experimentação exploratória na perspectiva de Friedrich Steinle.

O artigo “Da *instantia crucis* ao experimento crucial: diferentes perspectivas na filosofia e na ciência” (Raicik; Peduzzi & Angotti, 2017a) retoma a definição de Bacon de *instantia crucis* e discute algumas concepções de experimento crucial, tanto por filósofos quanto por estudiosos como Newton.

O artigo “Uma análise da ilustração do *experimentum crucis* de Newton em materiais de divulgação científica” (Raicik; Peduzzi & Angotti, 2017b) analisa a contextualização dos estudos de Newton sobre luz e cores, sobretudo a veiculação de seu *experimentum crucis* em livros de divulgação científica.

O artigo “A estrutura conceitual e epistemológica de uma controvérsia científica: implicações para o ensino de ciências” (Raicik; Peduzzi & Angotti, 2018b) contextualiza definições de controvérsias científicas, suas principais origens e possíveis classificações. Além disso, propõe e exemplifica três tipos de controvérsias: as analíticas, as resistivas e as argumentativas.

O artigo “A escolha teórica em controvérsias científicas: valores e seus juízos à luz de concepções kuhnianas” (Raicik & Angotti, 2019) discute concepções de Kuhn sobre valores na escolha teórica e uma classificação de McMullin envolvendo resolução, encerramento e abandono de controvérsias na ciência.

O artigo “A rã enigmática e os experimentos exploratórios: dos estudos iniciais de Galvani à sua teoria da eletricidade animal” (Raicik, 2019a) aborda os estudos iniciais de Galvani desenvolvendo vínculos com a *experientia literata* de Bacon e a experimentação exploratória de Steinle.

O artigo “Galvani, Volta e os experimentos cruciais: a emblemática controvérsia da eletricidade animal” (Raicik, 2020) trata da controvérsia entre Galvani e Volta. Nesse sentido, discute alguns experimentos desenvolvidos por eles, considerados exploratórios, ressalta aspectos relativos à NdC no episódio e discorre em que sentido alguns experimentos podem, em princípio, ser considerados cruciais no debate que travam.

O artigo “O término de uma controvérsia não resolvida: a enigmática querela entre Galvani, Volta e um sapo a(ini)migo” (Raicik, submetido) discorre sobre como se deu o término da controvérsia entre Galvani e Volta à luz da classificação de McMullin e discute alguns valores envolvidos na aceitação de um novo conhecimento a partir de considerações kuhnianas, como o que surge com a divulgação da pilha por Volta.

Cabe ressaltar que todos os artigos trazem implicações de suas discussões para o ensino de ciências.

O texto “Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência” (Peduzzi & Raicik, 2019) apresenta uma série de 18 asserções comentadas sobre a natureza da ciência que explicitam entre si sobreposições e convergências, assim como divergências, como uma alternativa potencialmente útil para a abordagem de vários aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no ensino.

O trecho do documentário “Os seis experimentos que mudaram o mundo – Newton e o prisma” (National Geographic, 1999) apresenta o experimento crucial com uma visão de experimentação bastante questionável.

O trecho do vídeo “Era uma vez: os inventores – Faraday e a eletricidade” (Barillé, 1994), apresenta a observação casual da contração de um sapo fazendo alusão à anedota da ‘sopa de rã’. O vídeo evidencia, equivocadamente, que Galvani logo apresentou sua ‘descoberta’ a Volta e este, em seguida, descobre a pilha.

O trecho do documentário “Shock and Awe: The Story of Electricity” (BBC, 2011) salienta a rivalidade pessoal e acadêmica entre Galvani e Volta. Enfatiza aspectos considerados mais externalistas à ciência, envolvendo esses dois estudiosos.

A animação “O sapo no poço” (TVEscola, 2009), sem falas, expõe um sapo filósofo e sonhador. “Em um mundo muito pequeno, no fundo de um poço, vive um sapo solitário. Em seus devaneios, enquanto pula de rocha em rocha, o sapo sonha com o universo lá fora e se pergunta se um dia chegará a vê-lo. Quando as nuvens se vão, e o sol aparece, um lindo reflexo surge na água no fundo do poço. É então que o Sr. Sapo reúne todas as suas forças para dar o pulo mais alto de sua vida! E assim, com um salto fantástico, o pequeno sonhador pode vislumbrar tudo o que o cerca” (TVEscola).

O quadro comparativo consiste na apresentação sistêmica das semelhanças entre a *experientia literata* e a experimentação exploratória.

A avaliação escrita, dissertativa e individual, compreende as seguintes questões: 1. Desenvolva um artigo (ou texto similar), em termos epistemológicos e/ou histórico-epistemológico, acerca de um ou mais conceitos centrais discutidos na UEPS. Em relação aos elementos da UEPS, materiais e estratégias de ensino utilizadas, que comentários e sugestões você teria quanto: a) a dinâmica em sala de aula; b) as atividades colaborativas; c) ao texto e aos artigos; d) aos vídeos/documentários; e) ao quadro comparativo.

Sequência didática

Aula 1

Situação-inicial

A fim de estabelecer uma situação-inicial, propõe-se o questionamento, aos pesquisadores em formação, sobre os seus conhecimentos e/ou envolvimento com as discussões acerca da natureza da ciência, que nos últimos anos têm sido promovidas pela área de ensino de ciências. Essa situação visa levantar os principais pontos destacados pelos sujeitos; que asserções sobre NdC foram mais apresentadas para direcionar a introdução do tema. Espera-se que eles situem a neutralidade das observações, o papel do experimento na ciência, a questão de não haver um método científico único etc.

Situação-problema inicial

Promove-se, com a situação-problema inicial, reflexões em torno de perguntas como: Que papéis o experimento pode assumir na ciência? Há experimentos cruciais? Em que sentido se atribui a um experimento o caráter de crucial? Que relação o experimento assume em controvérsias científicas? Que função pode ter o componente empírico no âmbito de escolhas teóricas? A seguir, a partir de uma discussão expositiva-dialogada, debate-se algumas asserções sobre a natureza da ciência, com base no texto de Peduzzi & Raicik (2019). O professor pode projetar em *slides*, por exemplo, as ideias centrais de cada uma das 18 asserções, para promover essa discussão. Esta etapa, que serve como um organizador prévio expositivo, objetiva uma intensa troca de ideias em torno de questões epistemológicas envolvendo a experimentação, a seletividade das observações, as controvérsias científicas, os valores na escolha teórica etc, em alto nível de abstração e introdução.

Para a próxima aula, solicita-se que os estudantes leiam o artigo “Experimentos exploratórios e *experientia literata*: (re)pensando a experimentação” (Raicik; Peduzzi & Angotti, 2018a), disponibilizado virtualmente aos mesmos.

Aula 2

Aprofundamento do tema – parte 1

A discussão, em grande grupo, do artigo de Raicik, Peduzzi e Angotti (2018a) tenciona introduzir considerações epistemológicas acerca da experimentação em nível de maior abstração e inclusividade. Para isso, retoma-se a concepção de ‘método experimental’ de Francis Bacon, apresentada no *Novum Organum*, que se disseminou ao longo do período da ciência moderna e está atrelada, fortemente, à ideia comum empírico-indutivista. Não obstante, Bacon tratou de outro conceito, ainda pouco discutido e analisado no ensino de ciências, o de *experientia literata*, que se aproxima em parte – e respeitada as distintas posturas epistemológicas – a uma visão contemporânea de experimentação. Em seguida, no intuito de diferenciar progressivamente considerações em torno da experimentação na ciência, examina-se o conceito de experimentação exploratória, na perspectiva do físico e historiador Friedrich Steinle. Buscando uma reconciliação inicial, relativa especificamente aos conceitos tratados no texto, debate-se contrapontos entre a experimentação exploratória e a *experientia literata*.

Atividade Colaborativa

Em pequenos grupos, que tem por intuito uma troca de significados entre os estudantes, sob mediação docente, solicita-se que os alunos desenvolvam mapas mentais entre os conceitos de experimentação discutidos. Os mapas devem ser entregues para que o professor faça uma análise preliminar para a próxima aula.

O artigo “Da *instantia crucis* ao experimento crucial, diferentes perspectivas na filosofia e na ciência” (Raicik, Peduzzi & Angotti, 2017a), de acesso virtual aos estudantes, deve ser lido previamente, em casa, para a próxima aula.

Aula 3

Aprofundamento do tema – parte 2

Em um processo de diferenciação progressiva, introduz-se considerações em torno da experimentação em nível mais alto de complexidade e especificidade. Para isso, resgata-se os mapas mentais desenvolvidos na aula anterior, entregando-os aos estudantes e o professor expõe um quadro comparativo entre a *experientia literata* e a experimentação exploratória, em uma etapa de revisão. No momento de discussão do quadro comparativo, os alunos podem tecer considerações entre seus mapas mentais e o quadro.

Em seguida, discute-se o artigo de Raicik, Peduzzi e Angotti (2017a), que resgata a definição baconiana de *instantia crucis* e apresenta o entendimento de alguns filósofos e estudiosos sobre a ideia de experimento crucial. A influência de Bacon no final do século XVII, e posteriormente, é notória na ciência. De acordo com Ian Hacking, o conceito de ‘experimento crucial’ foi uma de suas contribuições mais relevantes. Não obstante, ela foi sendo modificada por estudiosos e filósofos. Nesse sentido, apresenta-se e discute-se, brevemente e como exemplificação, o uso do termo *experimentum crucis* por Newton em seus estudos sobre luz e cores. Em seguida, a fim de ir diferenciando cada vez mais o conceito, debate-se, em processo dialógico-expositivo, sobre a noção de Duhem, Popper e Lakatos; preconizando uma reconciliação integradora, no que se refere ao conceito de experimento crucial, apresentando diferenças com a ideia baconiana. Implicações para o ensino de ciências são, então, enfatizadas.

Para a próxima aula, solicita-se que os alunos leiam, previamente em casa, o artigo “Uma análise da ilustração do *experimentum crucis* de Newton em materiais de divulgação científica” (Raicik; Peduzzi & Angotti, 2017b) e tragam para aula materiais (livros didáticos, de divulgação científica, reportagens, revistas etc.) que tratam, em algum nível, de experimentos cruciais na ciência para uma atividade em grande grupo.

Aula 4

Nova situação-problema

Exibe-se e examina-se, em grande grupo, um trecho do documentário “Os seis experimentos que mudaram o mundo – Newton e o prisma” (National Geographic, 1999), como uma nova situação-problema. Além de retomar o exemplo da aula anterior, este curto vídeo propicia a discussão do papel do experimento apresentado no vídeo e sua relação com o ‘método científico’, já abordado em termos baconianos na primeira aula. Desta forma, atua como uma espécie de organizador prévio comparativo que permite revisar aspectos mais gerais tratados anteriormente, como o da experimentação em si, e discutir especificamente o experimento crucial apresentado por Newton.

Aprofundamento do tema – parte 2: continuação

A partir da nova situação-problema, discute-se, em grande grupo, o artigo de Raicik, Peduzzi e Angotti (2017b) em que se diferencia em maior nível de complexidade o conceito de experimento crucial ao se reconciliar integrativamente a contextualização da ilustração do experimentum crucis de Newton em materiais de divulgação científica com a noção de *instantia crucis* de Bacon. O artigo aborda brevemente, inclusive, as narrativas experimentais apresentadas por Boyle, com forte influência baconiana, em termos da reprodutibilidade de experimentos a partir de suas ilustrações e recursos literários.

Em momento posterior, como uma atividade colaborativa, solicita-se que os alunos analisem a concepção de experimento crucial apresentada nos materiais selecionados e trazidos por eles para a aula. De forma oral, eles podem expor suas impressões e o professor pode anotar no quadro as visões gerais apresentadas nos materiais. Em seguida, todos podem tecer considerações.

Além de especificar o tema com o exemplo supracitado (e que difere do estudo de caso central da UEPS), esta aula finaliza um processo que visa evidenciar a perspectiva baconiana-newtoniana na era da ciência moderna, que influenciou o desenvolvimento das academias e, inclusive, a visão epistemológica que depois perpassa a controvérsia Galvani-Volta. Espera-se, inclusive, que essa influência se evidencie na exposição oral dos próprios estudantes. Não obstante, o professor pode reforçá-la por meio de uma síntese integradora. Uma vez que certos conceitos como o de *experientia literata*, o de experimentação exploratória, o de experimentação crucial e a contextualização histórica da importância da experimentação no início da ciência moderna, e sua influência, estiverem em processo de assimilação, diferenciação e estabilidade, novos aprofundamentos podem ser priorizados.

Nova situação-problema em nível mais alto de complexidade

O professor pode levantar questões como: que relação o componente empírico assume em controvérsias científicas? (Retomando a situação-inicial da UEPS, agora com arcabouços teóricos específicos já trabalhados). O que vem a ser uma controvérsia científica? A gênese de uma controvérsia está sempre relacionada a discordância experimental? Que relação o experimento crucial, entendido comumente, pode ter com controvérsias científicas? Há distintos tipos de controvérsias científicas? Como as controvérsias são resolvidas? Essa nova situação-problema é, literalmente, uma tarefa reflexiva, para que o aluno termine essa aula direcionado, em termos de questões, para a seguinte.

É nesse sentido que, para a próxima aula, indica-se a leitura prévia do artigo “A estrutura conceitual e epistemológica de uma controvérsia científica: implicações para o ensino de ciências” (Raicik; Peduzzi & Angotti, 2018b), que objetiva iniciar uma nova etapa de aprofundamento de conhecimentos.

Aula 5

Aprofundamento do tema – parte 3

A aula anterior finalizou com questões que direcionam o pesquisador em formação a refletir aspectos pontuais envolvendo as controvérsias científicas e, inclusive, sua relação com o

componente empírico. Nesse sentido, inicia-se esse novo processo de aprofundamento resgatando essas reflexões e indagando: Na medida em que desenvolviam a leitura do artigo de Raicik, Peduzzi e Angotti (2018b) em casa, que conflitos (se existiram) vocês tiveram em relação às questões fomentadas na aula anterior? Houve convergências de ideias iniciais com aquelas trazidas pelo artigo? De forma oral, os alunos podem se manifestar para que se verbalizem os posicionamentos preambulares frente ao tema. Em seguida, uma discussão guiada pelo docente, expositivo-dialogada, é propiciada. O artigo em questão explicita o que se pode entender por controvérsias científicas à luz da filosofia contemporânea, mostrando algumas de suas principais origens e possíveis classificações.

Os autores apresentam e exemplificam três tipos de controvérsias científicas: as analíticas, as resistivas e as argumentativas à luz de considerações kuhnianas. Internamente, há uma diferenciação progressiva do tema e sua relação com a experimentação. Os exemplos trazidos na classificação apresentada podem facilitar a assimilação do tema. O estudo de Newton com a teoria da luz e cores é novamente abordado, em nível de maior especificidade, com direcionamento específico para a discussão controversa que trava e o papel do experimento nesse caso. Não obstante, igualmente de forma sucinta, as observações de Galileu com o telescópio, a controvérsia Newton-Leibniz, entre outros, são mencionados.

Em pequenos grupos, como uma atividade colaborativa, sugere-se que os alunos apontem exemplos que poderiam ser, em princípio, classificados como controvérsias analíticas, resistivas e/ou argumentativas. Neste momento, pode-se sintetizar os exemplos com uma tabela no quadro.

Para a próxima aula, solicita-se a leitura prévia do artigo “A escolha teórica em controvérsias científicas: valores e seus juízos à luz de concepções kuhnianas” (Raicik & Angotti, 2019).

Aula 6

Aprofundamento do tema – parte 3: continuação

Em processo de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa no que se refere ao conceito de controvérsias científicas, discute-se, por meio de uma dinâmica expositivo-dialogada, o artigo de Raicik e Angotti (2019). Nele, os autores abordam concepções de Kuhn acerca de valores na escolha teórica. Valores como precisão, consistência, simplicidade, fecundidade e abrangência, que evidenciam boas razões para a tomada de decisão, podem auxiliar no entendimento do processo de término de debates na ciência. A classificação de McMullin, envolvendo resolução, encerramento e abandono de controvérsias na ciência também é discutida no artigo. Ainda em processo de reflexão para o ensino de ciências, traz implicações para questionar uma visão limitada de que exclusivamente por meio de experimentações as querelas são resolvidas. O professor pode apresentar, em *slides* por exemplo, quadro-síntese dos valores kuhnianos e da classificação de McMullin.

Uma vez que conceitos anteriores são estabelecidos e assimilados, eles podem adquirir novos significados, relacionando-se com conceitos cada vez mais complexos e específicos. A experimentação passa a ser, novamente, repensada em termos de suas funções para o término de controvérsias.

Essa etapa de aprofundamento do tema (parte 3) objetiva promover uma hierarquização de proposições acerca de controvérsias científicas. Ideias mais inclusivas de origem, definições e classificações, seguidas de uma discussão de valores na escolha teórica e um entendimento sobre o término de querelas, fomentam o princípio de diferenciação progressiva e de uma reconciliação integrativa com a ideia da experimentação na ciência.

Aula 7

Nova situação-problema

Projeta-se, em aula, um pequeno trecho do vídeo “Era uma vez: os inventores – Faraday e a eletricidade” (Barillé, 1994) e indaga-se: de que forma podemos entender o acaso explicitado no vídeo? Ao explicitar que Volta logo descobre a pilha depois que Galvani apresenta ‘sua teoria’ da eletricidade animal, que peso o vídeo está dando aos estudos de Galvani? Solicita-se, em grande

grupo e de forma oral, que os alunos apresentem considerações sobre a imagem de ciência passada pelo vídeo à luz do artigo “A rã enigmática e os experimentos exploratórios: dos estudos iniciais de Galvani à sua teoria da eletricidade animal” (Raicik, 2019a), sugerido como leitura prévia para os alunos. A imagem estereotipada de se fazer ciência, a relação pouco explorada do acaso como componente científico etc, são frisadas a partir do vídeo.

Aprofundamento do tema – parte 4

Explora-se, por meio de uma discussão expositivo-dialogada, o artigo de Raicik (2019a). A autora trata dos estudos iniciais de Galvani até a elaboração da sua teoria da eletricidade animal publicada em sua principal obra. Particularmente os experimentos exploratórios são contextualizados e faz-se considerações a certos aspectos da NdC, como o papel do acaso, a não neutralidade das observações e a profícua relação entre hipótese e experimentação na ciência. Alguns conceitos base da UEPS são tratados agora em nível mais alto de complexidade, inclusive, de modo que o processo de reconciliação integrativa fique mais proeminente. Semelhanças e diferenças, relações diretas com a *experientia literata*, a experimentação exploratória e aspectos da NdC são evidenciados em um exemplo específico, não trabalhado até então.

A contextualização dos experimentos galvânicos, à luz do conceito de experiência exploratória e de *experientia literata*, pode contribuir para minimizar o estereótipo de que a experimentação possui um papel limitado na ciência; como fonte (no sentido de gênese) de conhecimento ou corroboradora de teorias. As experimentações desenvolvidas pelo anatomista e seus assistentes ressaltam que, em determinados momentos da história, o jogo dialógico entre constructos teóricos (ora bem estabelecidos, por vezes incipientes) e a investigação empírica, possibilita que o ‘cientista’ seja livre para variar, duvidar, analisar resultados esperados e, inclusive e principalmente, desprovidos de expectativas.

O acaso, tanto reconhecido por Bacon, mas sem grande importância, quanto elemento relevante para a gênese ou desenvolvimento de experimentos exploratórios, se fez presente em distintos momentos da pesquisa galvânica. A casualidade, quando encontra o sujeito que a reconhece, e não sem razões lógicas, integra o processo científico e passa a ter um papel importantíssimo, em muitos casos, para a continuidade de uma investigação, como no caso de Galvani.

Aula 8

Aprofundamento do tema – parte 4: continuação

Com o intuito de descontração, inicia-se esta aula reproduzindo a animação “O sapo no poço” (TVEscola, 2009) e indaga-se: o sapo é ou não um ser enigmático? Para essa aula, os alunos devem ter lido, previamente, o artigo “Galvani, Volta e os experimentos cruciais: a emblemática controvérsia da eletricidade animal” (Raicik, 2020). Neste artigo, a autora resgata sucintamente a controvérsia entre Galvani e Volta acerca da eletricidade animal, discutindo alguns experimentos desenvolvidos por esses dois estudiosos, que ilustram a concepção steinleana de experimentação exploratória. Além disso, discorre em que sentido alguns experimentos podem, em princípio, ser considerados cruciais na controvérsia evidenciando, ademais, implicações para o ensino de ciências.

Por mediação docente, e através de uma discussão expositivo-dialogada, discorre-se sobre a controvérsia em questão a partir do princípio programático de reconciliação integrativa. Ideias tratadas anteriormente são novamente apontadas, em termos de similaridades e diferenças, reconciliando discrepâncias, a partir da exemplificação de uma controvérsia analítica. Novamente aqui, o professor pode esquematizar as ideias centrais do texto, em caráter de síntese, por meio de *slides*.

O resgate histórico-epistemológico das experimentações exploratórias pode trazer à cena as distintas funções do experimento para o desenvolvimento científico. Dentre essas considerações, permite compreender a limitação em se atribuir a um experimento a função crucial de decisão imediata e inequívoca em escolhas teóricas, por exemplo. Resgatando as situações-problema

anteriores, debate-se, à luz do artigo, de que forma é possível atribuir a alguns experimentos de Galvani e Volta um caráter crucial ou decisivo, como eles mesmos atribuem.

Em síntese, essa discussão fomenta uma análise e reflexão em torno da discussão epistêmica da experimentação, inclusive, crucial em princípio, da não neutralidade, da seletividade da observação, da importância de conhecimentos precedentes, da dinâmica científica, plural metodologicamente.

Nova situação-problema em nível mais alto de complexidade

A controvérsia entre Galvani e Volta suscita, ainda, questões como: que tipo de controvérsia se deu entre Galvani e Volta? Que valores, epistêmicos ou não, foram mais preponderantes no percurso do debate? Em que medida a controvérsia foi ou não resolvida? Não buscando respostas ou consensos, esse momento instiga os alunos a pensar para além do que foi discutido no artigo dessa aula e fazer ligações com conceitos já discutidos anteriormente.

Aula 9

Atividade Colaborativa

Assiste-se o trecho do documentário da BBC “Shock and Awe: The Story of Electricity” (2011). O vídeo salienta, de forma mais enfática, a rivalidade pessoal e acadêmica entre Galvani e Volta. Discorre sobre as concepções religiosas de cada um e suas distintas personalidades, fatores que podem ter influenciado seus estudos. Contextualiza Volta como um jovem arrogante e carismático, mulherengo e que adorava polêmica. Em contrapartida, releva que Galvani gostava de exibir suas experiências e que estava fortemente persuadido por seu dogma religioso. Este trecho evidencia, portanto, aspectos considerados externalistas à ciência.

Propõe-se uma breve atividade didática, em pequenos grupos, que consiste na análise epistemológica do trecho do vídeo. Que valores são abordados no vídeo? São valores epistêmicos ou não epistêmicos? Que aspectos relativos à NdC podem ser associados ao vídeo? Não se busca uma análise pormenorizada, mas indicativos e reflexões para as discussões que serão feitas posteriormente. Essa atividade serve tanto como uma etapa de revisão parcial ao estudo histórico, quanto para potencializar a reconciliação integrativa do que foi estudado nos últimos dois artigos.

Aprofundamento do tema – parte 4: continuação

Em seguida, discute-se, de forma expositivo-dialogada, o artigo “O término de uma controvérsia não resolvida: a enigmática querela entre Galvani, Volta e um sapo a(ini)migo” (Raicik, submetido), de leitura prévia pelos alunos, fazendo relações orais explícitas com o trecho do vídeo debatido.

Assim, resgata-se os valores explicitados por Kuhn que podem contribuir para a aceitação de um novo conhecimento. Contudo, isso é feito à luz do episódio histórico em questão. Que valores permearam a comunidade, por exemplo, com a divulgação da pilha por Alessandro Volta? Além disso, retoma-se a classificação de McMullin para se interpretar como se deu o término da controvérsia entre Galvani e Volta. Quando ela foi resolvida? Reflexões para o ensino de ciência, sobretudo no que diz respeito à ideia de que o componente empírico é sempre o árbitro infalível que permite escolhas teóricas inequívocas, é enfatizado.

A etapa de aprofundamento do tema – parte 4 (em seu todo, que compreende as aulas 7, 8 e 9) tem por finalidade fomentar um delineamento explícito de similaridades e diferenças de ideias relacionadas, como as debatidas nas etapas anteriores, em situação diferente. Em outras palavras, visa reconciliar integrativamente todos os conceitos centrais da UEPS, a partir da diferenciação deles, em um estudo de caso específico, em nível mais alto de complexidade e em um processo literal de “vai e vem” entre ideias mais gerais e inclusivas às mais específicas.

Aula 10 – Aula integradora final e Aula sobre a Avaliação somativa individual e sobre a avaliação da UEPS pelos alunos

Retoma-se todo o conteúdo central da UEPS, revendo as situações-problema propostas e chamando a atenção para a relação existente entre os conceitos trabalhados. O docente pode usar slides, exposição dialogada oral e até um mapa conceitual.

Em seguida, discute-se a avaliação somativa individual da UEPS. Essa avaliação consiste na produção de um artigo (ou um texto similar) que desenvolva, epistemologicamente, um ou mais conceitos centrais discutidos na UEPS em situação distinta daquelas trabalhadas em sala de aula. Isto é, eles podem analisar epistemologicamente um vídeo não exibido em sala, um trecho de um livro, exemplificar ou contraexemplificar os conceitos centrais discutidos com exemplos históricos etc. Os alunos terão 1 mês para entregar essa tarefa para o docente.

Paralelamente a isso, cada pesquisador em formação deve entregar a avaliação da UEPS, que consiste na análise crítica dissertativa de cada componente da unidade – os materiais e as estratégias de ensino. Com isso, ensinam-se comentários e sugestões para o aprimoramento da UEPS. Cabe ressaltar que, pode-se recomendar, no início do curso, que os alunos elaborem essa avaliação ao longo das aulas.

Avaliação da aprendizagem na UEPS

Esta avaliação baseia-se nas observações livres em sala de aula, na participação dos alunos nas discussões e atividades coletivas e na avaliação somativa individual. Sugere-se que seu peso compreenda 70% da nota final. O restante da nota compreende a avaliação da UEPS pelos alunos em relação aos seus elementos: a) a dinâmica em sala de aula; b) as atividades colaborativas; c) ao texto e os artigos; d) aos vídeos/documentários; e) ao quadro comparativo.

Avaliação da UPES pelo docente

A partir desta avaliação, o docente pode produzir as alterações que se fizerem necessárias na UEPS, visando, sempre, a aprendizagem significativa dos alunos.

UEPS 2 - Luigi Galvani e a coreografia das rãs: experimentos exploratórios na ciência

Esta UEPS visa discutir o conceito de experimentação exploratória na perspectiva de Steinle. Além de apresentar o conceito do autor em nível mais alto de abstração, discute três proposições sobre a Natureza da Ciência – acerca da experimentação, do acaso e das observações carregadas de pressupostos –, a fim de iniciar o processo de aprofundamento do tema. Como forma de reconciliar as discussões e propiciar ainda mais uma diferenciação progressiva em torno dos experimentos exploratórios, traz uma discussão histórica-filosófica dos estudos iniciais de Galvani até a publicação de sua obra *De viribus*, no qual apresenta sua teoria da eletricidade animal.

UEPS 2

Título: Luigi Galvani e a coreografia das rãs: experimentos exploratórios na ciência

Objetivo geral: Evidenciar que os experimentos podem possuir distintas funções na ciência a partir da conceitualização de Steinle de experimentação exploratória e dos estudos iniciais de Galvani sobre a eletricidade animal.

Conceito central: Experimentação exploratória.

Público-alvo: Alunos da licenciatura e bacharelado em física.

Disciplina: Uma disciplina que aborde aspectos históricos e epistemológicos da ciência.

Duração: Aproximadamente 11 aulas (cada uma com 50 min).

Constituintes da UEPS: A UEPS “Luigi Galvani e a coreografia das rãs: experimentos exploratórios na ciência” é constituída por um artigo, trechos de textos, trecho de um vídeo, uma avaliação escrita, além de atividades coletivas e slides.

O artigo “A rã enigmática e os experimentos exploratórios: dos estudos iniciais de Galvani à sua teoria da eletricidade animal” (Raicik, 2019a) apresenta Luigi Galvani, sua formação acadêmica e seus estudos até a publicação do “*De viribus*”; uma relação explícita é feita com os experimentos exploratórios.

Trechos do texto “Uma discussão acerca dos contextos da descoberta e da justificativa: a dinâmica entre hipótese e experimentação na ciência” (Raicik & Peduzzi, 2015), tratará do delineamento dado por Friedrich Steinle ao que denomina experimentação exploratória.

Trechos do texto “Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência” (Peduzzi & Raicik, 2019) explicitam proposições e comentários direcionados sobre os experimentos, a não neutralidade das observações e o acaso na ciência.

O conjunto de Slides apresenta as asserções selecionadas do texto de Peduzzi e Raicik (2019a).

O trecho do vídeo “Era uma vez: os inventores – Faraday e a eletricidade” (Barillé, 1994) apresenta Galvani fazendo uma breve alusão à “sopa de rãs” (Cohen, 1992).

A avaliação escrita, dissertativa e individual, abrange a análise de textos de divulgação científica (a serem selecionados) em termos epistemológicos, sobretudo acerca da imagem de experimento que eles exibem e considerações críticas em relação aos elementos da UEPS (a dinâmica em sala de aula, os materiais utilizados, etc.).

Sequência didática:

Situação-inicial (1 aula)

Como situação-inicial, busca-se propor discussões acerca dos papéis que os alunos atribuem aos experimentos na ciência. Desta forma, solicita-se a eles que reflitam e apresentem ponderações orais acerca de questões como: O que é um experimento? Que função pode ter o experimento na ciência? Como se desenvolve um experimento? Essas perguntas visam levantar as concepções prévias dos alunos acerca do papel do experimento na ciência. O professor poderá desenvolver uma lista no quadro com as principais colocações dos alunos e discuti-las, em outro momento, com o grande grupo.

Situação-problema (2 aulas)

Fomenta-se reflexões acerca de questões como: O experimento serve apenas para corroborar uma teoria? Há alguma relação dinâmica entre hipóteses e experimentos? Como os estudiosos interagem com os experimentos que desenvolvem? Em seguida, lê-se um pequeno trecho do artigo de Raicik e Peduzzi (2015). Esse trecho do texto introduz o assunto em um nível mais alto de abstração e cumpre a função de um organizador prévio, no sentido de servir como uma ponte cognitiva entre o novo conhecimento e aquele já existente na estrutura cognitiva do aprendiz (Moreira, 2008). Objetiva-se que essa situação-problema gere ponderações entre as questões colocadas inicialmente e aquelas suscitadas a partir do organizador prévio. Mediada pelo docente, esse momento não tem por intuito obter respostas e consensos, mas introduzir o tema. Nesse sentido, solicita-se que os alunos, em grande grupo, desenvolvam (pode ser no quadro da sala) um mapa mental sobre o experimento na ciência e sua relação com outros elementos, como a observação, o sujeito, as variáveis etc.

Aprofundamento do tema (3 aulas)

Por meio de exposição oral, de slides e de trechos do texto “Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência” (Peduzzi & Raicik, 2019), disponibilizado em cópia impressa para os alunos, com leitura prévia pelos mesmos, discute-se três asserções comentadas sobre Natureza da Ciência. As proposições selecionadas no texto visam detalhar o papel das observações e do acaso na ciência e retoma questões referentes ao

papel do experimento na ciência. Espera-se que a concepção de que o experimento serve apenas para corroborar (ou refutar) uma teoria, ou como fonte (gênese) de conhecimento, comece a ser, progressivamente, revista e diferenciada ao longo das discussões. Através de um processo dialético e não unilateral, almeja-se que as próprias concepções iniciais colocadas pelos alunos sirvam de pontes-cognitivas para uma visão menos limitada da experimentação na ciência.

Nova situação-problema (1 aula)

Projeta-se um trecho do vídeo “Era uma vez: os inventores – Faraday e a eletricidade” (Barillé, 1994) e solicita-se que os alunos apresentem oralmente considerações acerca da visão de ciência passada pelo material, negociando, mais uma vez, significados com o docente. Será que o acaso se manifestou, de fato, nos estudos de Galvani? Será que a gênese de sua teoria da eletricidade animal está na “sopa de rãs”? Foi da noite para o dia, como é passado pelo vídeo, que Galvani desenvolveu sua teoria e, além disso, a apresentou de imediato a Volta?

Para a próxima aula, como uma atividade a ser realizada extra-classe, propõe-se a leitura do artigo “A rã enigmática e os experimentos exploratórios: dos estudos iniciais de Galvani à sua teoria da eletricidade animal” (Raicik, 2019a)”, que explicita os longos anos de estudos de Galvani até a elaboração da teoria apresentada em sua principal obra. Ademais, o texto contextualiza os ‘acazos felizes’ que se fizeram presentes nas pesquisas galvânicas e, conseqüentemente, a importância de uma mente preparada para percebê-los.

Na aula seguinte, então, retoma-se as discussões acerca do experimento exploratório, do papel do acaso e das observações em um nível mais alto de complexidade, juntamente com a exemplificação dos estudos de Galvani.

Reconciliando o tema (2 aulas)

Em grande grupo, e por meio de exposição oral e slides, discute-se o artigo lido previamente. Convida-se os alunos a relatarem semelhanças e diferenças entre as suas respostas à nova situação-problema e aquelas apresentadas no artigo, visando a reconciliação integradora.

A partir da análise do episódio histórico, e considerando que determinados conhecimentos já estabelecidos na estrutura cognitiva dos estudantes podem ser reconhecidos como relacionados, espera-se que os alunos se reorganizem conceitualmente e adquiram novos significados. O papel do acaso e a sua relevância apenas para estudiosos que o reconhecem à luz de seus pressupostos, a compreensão de que observações são carregadas de teorias, a dinâmica profícua entre hipótese e experimentação e a contextualização das características de experimentações exploratórias são alguns dos elementos a serem relacionados nestas aulas.

Avaliação somativa individual (2 aulas)

A avaliação somativa individual consiste na análise, pelos alunos, de textos de divulgação científica (a serem selecionados por eles) sobre aspectos relativos à NdC presentes nos estudos iniciais de Galvani. Cada aluno deverá identificar limitações na imagem de experimento que está sendo passada nos materiais e visões de ciência, como a noção de observação e de casualidade, apresentando vínculos e comparações com o que já foi discutido em sala de aula. Além disso, devem apresentar argumentos em relação aos aspectos epistemológicos bem desenvolvidos (ou não) nos textos. Esta avaliação somativa busca avaliar a capacidade dos alunos em evidenciar a concepção de experimentação e de ciência presentes nos materiais e em discorrer sobre as implicações de determinadas asserções para uma melhor, ou não, compreensão da ciência. Tem-se a opção de permitir que os alunos desenvolvam a avaliação em casa.

Avaliação da aprendizagem na UEPS

Esta avaliação baseia-se nas observações livres em sala de aula, na participação dos alunos nas discussões e atividades coletivas e na avaliação somativa individual. Sugere-se que seu peso compreenda 70% da nota final. Cabe ressaltar, como faz Moreira (2011c), que a UEPS será

considerada profícua se apresentar indícios de aprendizagem significativa, por meio, por exemplo, da captação de significados, da compreensão e capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema, etc.

Avaliação da UEPS pelos alunos

A avaliação individual, dissertativa, abrange a análise crítica de cada componente da UEPS – os materiais e as estratégias de ensino utilizadas. Analisam-se comentários e sugestões pertinentes para o aperfeiçoamento da UEPS, pelos alunos que tiveram a oportunidade de participar da mesma. Esta avaliação compreende 30% da nota final.

Avaliação da UEPS pelo docente

Analisa-se qualitativamente a UEPS em função dos resultados de aprendizagem obtidos. O docente, então, pode promover as alterações necessárias para o seu melhor aproveitamento pelo aluno, no âmbito da aprendizagem significativa.

UEPS 3 - Valores na aceitação de um novo conhecimento: a a(ini)mizade entre um sapo, um físico e um anatomista

Esta UEPS objetiva evidenciar a relação entre ciência e valores na aceitação de um novo conhecimento a partir do término da controvérsia entre Galvani e Volta. Nesse sentido, resgata a ideia de valores na perspectiva kuhniana em nível mais alto de abstração, diferenciando progressivamente suas ideias ao passo que se aprofunda o tema e se busca uma reconciliação integrativa com a análise do episódio histórico citado. Além disso, discute-se de que forma, à luz das considerações de McMullin, pode-se dizer que a controvérsia foi terminada.

UEPS 3

Título: Valores na aceitação de um novo conhecimento: a a(ini)mizade entre um sapo, um físico e um anatomista

Objetivo geral: Abordar alguns valores envolvidos na aceitação de um novo conhecimento, à luz de uma perspectiva kuhniana, a partir do término da controvérsia entre Galvani e Volta.

Conceito central: Valores e ciência; término de controvérsia.

Público-alvo: Professores em formação continuada (nível médio).

Disciplina: Um curso de extensão ou minicurso em evento.

Duração: Aproximadamente 4 encontros (cada encontro com 2h)

Constituintes da UEPS: A UEPS “Valores na aceitação de um novo conhecimento: a a(ini)mizade entre um sapo, um físico e um anatomista” é constituída por um conjunto de slides, um artigo, um mapa mental e uma avaliação, além de atividades coletivas.

O conjunto de slides “Escolhas teóricas em querelas científicas: uma perspectiva kuhniana” visa contextualizar a relação entre ciência e valores a partir de uma perspectiva kuhniana, com a apresentação de valores como precisão, consistência, abrangência, simplicidade, fecundidade.

O artigo “O término de uma controvérsia não resolvida: a enigmática querela entre Galvani, Volta e um sapo a(ini)migo” (Raicik, submetido) discorre sobre como se deu o término da controvérsia entre Luigi Galvani e Alessandro Volta à luz da classificação do filósofo da ciência Ernan McMullin e discute alguns valores envolvidos na aceitação de um novo conhecimento a partir de considerações de Thomas Kuhn, como o que surge com a divulgação da pilha por Volta.

O mapa mental é uma espécie de diagrama acerca dos valores na ciência na perspectiva de Thomas Kuhn, em contrapartida a uma concepção positivista. A partir do uso dos valores precisão

(exatidão), consistência, abrangência (alcance), simplicidade, fecundidade como conceitos, traz uma ramificação com os seus significados.

A avaliação dissertativa e individual consiste no desenvolvimento de um plano de aula, para o nível médio, acerca da relação entre ciência e valores a partir dos tópicos discutidos na UEPS.

Sequência didática:

Encontro 1

Situação-inicial

Com o intuito de contribuir para que os participantes expressem suas ideias iniciais acerca da temática da unidade, levantam-se questões como: Vocês já ouviram falar de Thomas Kuhn? Sabem quem foi esse filósofo da ciência?

Situação-problema

Logo depois da situação-inicial, em que os participantes podem apontar se conhecem ou não Thomas Kuhn, o docente pode apresentar um pouco da vida e obras de Kuhn. A seguir, inicia-se uma situação-problema com o tema: A ciência é permeada por valores? Que tipo de valores são importantes na ciência? Os estudiosos/cientistas fazem juízos de valor? Em seguida, por meio de um conjunto de slides, e um processo expositivo-dialogado, que servem como um organizador prévio, contextualiza-se em nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade a perspectiva dos valores na ciência à luz de considerações kuhnianas.

Encontro 2

Aprofundamento do tema

Com base no artigo “O término de uma controvérsia não resolvida: a enigmática querela entre Galvani, Volta e um sapo a(ini)migo” (Raicik, submetido), que os participantes receberam impresso no final do encontro anterior e que deve ser lido para este, promove-se uma discussão expositivo-dialogada sobre alguns valores explicitados por Kuhn que podem estar envolvidos na escolha teórica. Visando um processo de diferenciação progressiva, trata-se da temática à luz um episódio histórico: o término da controvérsia entre Galvani e Volta acerca da eletricidade animal. Em processo de reconciliação integrativa, exploram-se esses valores em um caso específico. Desta forma, espera-se que a relação entre ciência e valores passe a ter ainda mais significado para os participantes.

Encontro 3

Nova situação-problema

Inicia-se este novo encontro retomando as discussões passadas. Para isso, sugere-se que os participantes, em pequenos grupos, analisem um mapa mental sobre os valores kuhnianos que será entregue em cópia impressa a eles. Em seguida, cada grupo pode modificar o mapa e apresentar um novo, por meio de uma exposição oral em grande grupo, de acordo com suas próprias interpretações.

Aprofundamento do tema: continuação

Em continuidade ao aprofundamento do tema, continua-se a discussão em torno do artigo base de Raicik (submetido). Frisa-se, neste encontro, de que forma se pode admitir que a controvérsia foi terminada. Para isso, discute-se brevemente uma classificação de Ernan McMullin sobre resolução, abandono e encerramento de controvérsias ponderando-se sobre o término do debate histórico analisado.

Ademais, discutem-se algumas implicações dessa temática para o ensino de ciências. Sinaliza-se, ao final deste encontro, que a avaliação somativa individual, compreendida na forma de uma atividade, consistirá no desenvolvimento de um plano de aula, simples, para a discussão da temática ciência e valores no ensino médio.

Encontro 4**Avaliação somativa individual**

Esta atividade, que já foi anunciada anteriormente, propõe que cada participante desenvolva um plano de aula (simples) que permita a discussão da relação entre ciência e valores, na perspectiva que foi trabalhada na UEPS, em sala de aula de nível médio. Os alunos podem já trazer ideias em torno desse plano de aula para discussão e modificação em sala, nesse momento. Visa-se analisar de que forma os participantes, que são professores de nível médio, e estão em um curso de formação continuada, percebem a potencialidade e proficiência do tema para ser desenvolvido em suas realidades.

Avaliação da aprendizagem na UEPS

Esta avaliação consiste nas observações livres feitas ao longo dos encontros, no mapa mental desenvolvido por cada participante e principalmente na avaliação somativa individual. Por se tratar de um curso de extensão ou minicurso, não cabe a atribuição de notas.

Avaliação da UEPS pelo docente

Deverá ser feita a partir de uma análise da avaliação anterior. Cabe a modificação de alguma atividade, constituinte ou até mesmo do tempo dispendido na UEPS?

UEPS 4 – Nos encantos da história, vamos descobrir que relação pode ter entre um sapo e uma garrafa de Leiden?

Esta UEPS visa contextualizar os estudos de Galvani, até o momento em que apresenta sua teoria da eletricidade animal no *De viribus* e abordar uma discussão – respeitado o público alvo a que se destina – relativa à natureza da ciência: a não neutralidade das observações. A partir da analogia que o anatomista estabelece entre o sistema neuromuscular de um sapo e a garrafa de Leiden, propõe a construção de uma garrafa de Leiden com materiais de baixo custo.

UEPS 4

Título: Nos encantos da história, vamos descobrir que relação pode ter entre um sapo e uma garrafa de Leiden?

Objetivo geral: Contextualizar historicamente os estudos iniciais de Luigi Galvani, até a publicação do *De viribus*, evidenciando a analogia que estabelece entre o sistema neuromuscular e a garrafa de Leiden. Enfatizar que as observações científicas não são neutras, mas carregadas de pressupostos teóricos.

Conceito central: Eletricidade animal; não neutralidade das observações.

Público-alvo: Alunos do ensino médio.

Disciplina: Física.

Duração: 9 aulas (com 45min cada aula).

Constituintes da UEPS: A UEPS “Nos encantos da história, vamos descobrir que relação pode ter entre um sapo e uma garrafa de Leiden?” é constituída por um documentário, um texto, uma videoaula, um conjunto de slides, um roteiro experimental, uma animação e uma avaliação somativa.

O trecho do documentário “Shock and Awe: The Story of Electricity” (BBC, 2011) evidencia os estudos de Luigi Galvani.

O texto “Contextualizando Luigi Galvani”, extraído de Raicik (2019a), apresenta sucintamente Galvani.

A videoaula “Eletricidade 02 - As cargas elétricas e algumas de suas propriedades - Canal da Física” (Canal da Física, 2016), retoma sucintamente alguns pontos centrais da história da

eletricidade, citando Stephen Gray, Charles Du Fay, Benjamim Franklin e Petrus van Musschenbroek.

O conjunto de slides contextualiza os estudos iniciais de Galvani até a publicação de sua obra principal, o *De viribus*, além de explicitar a analogia feita por ele entre o sistema neuromuscular de um sapo e a garrafa de Leiden.

O roteiro experimental, extraído e adaptado do livro *Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade* (Assis, 2018), visa dar subsídios para que os alunos construam uma garrafa de Leiden.

A animação “Eletrizando garrafa de Leiden Caseira”, permite visualizar a distribuição de cargas em uma garrafa de Leiden.

A avaliação consiste no desenvolvimento de um mapa mental, individual, que explore as relações entre os estudos de Galvani, a garrafa de Leiden e a não neutralidade das observações.

Sugestão de leitura para o docente: Recomenda-se, ao professor pouco familiarizado com os conceitos da UEPS, a leitura do artigo “A rã enigmática e os experimentos exploratórios: dos estudos iniciais de Galvani à sua teoria da eletricidade animal” (Raicik, 2019a), que contextualiza os estudos iniciais de Galvani e a primeira proposição discutida no texto “Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência” (Peduzzi & Raicik, 2019) que trata da não neutralidade das observações.

Sequência didática:

Situação-inicial e situação-problema (2 aulas)

Inicia-se indagando: Vocês já assistiram a filmes em que os alunos vão ao laboratório e começam a analisar um sapo dissecado? Vamos entender melhor a relação da contração de um sapo com a ciência e sua história?

Entrega-se aos alunos, em cópia impressa, o texto “Contextualizando Luigi Galvani” extraído de Raicik (2019a), para leitura em sala de aula e posteriores comentários introdutórios sobre o anatomista; sua formação e vida pessoal. Essa leitura pode ser dinâmica e em grande grupo, dependendo do perfil dos alunos. Projeta-se, a seguir, um trecho do documentário da BBC “Shock and Awe: The Story of Electricity” (2011), que contextualiza os estudos iniciais de Galvani, de forma introdutória e abrangente.

O conjunto desses dois materiais constituem um organizador prévio. Visam dar sentido aos novos conhecimentos que serão trabalhados, em processo de diferenciação progressiva, ao longo da unidade.

Aprofundamento do tema (2 aulas)

Em seguida, projeta-se uma pequena videoaula expositiva (5min): “Eletricidade 02 - As cargas elétricas e algumas de suas propriedades - Canal da Física” (Canal da Física, 2016). Nessa videoaula, comenta-se alguns pontos centrais da história da eletricidade moderna servindo como um revisor para conceitos que os alunos, em princípio, já estudaram. Cita-se brevemente estudos de Stephen Gray de eletrização por contato e indução, de corpos isolantes e condutores, estudos de atração e repulsão de Charles Du Fay e de Benjamim Franklin. Ainda, contextualiza a garrafa de Leiden, desenvolvida por Petrus van Musschenbroek.

Embora o vídeo mencione que a descoberta da garrafa de Leiden tenha sido feita por Petrus van Musschenbroek, é importante que o professor frise que a invenção foi feita tanto por Musschenbroek, quanto por Ewald von Kleist, em trabalhos independentes.

Leva-se em consideração que, para esse momento da unidade, os alunos já tenham estudado noções básicas de eletricidade: cargas elétricas; processos de eletrização; condutores e isolantes; lei de Coulomb e já saibam o que é uma garrafa de Leiden.

Em continuidade, por meio de uma aula expositiva-dialogada e de um conjunto de slides, o professor pode apresentar uma síntese dos estudos iniciais de Galvani até sua analogia com a garrafa de Leiden. Ademais, o docente deve frisar que as observações não são neutras. Galvani

concebeu o sistema neuromuscular do sapo como uma garrafa de Leiden, devido a necessidade de explicar o desequilíbrio nervo-músculo, inclusive com a identificação da eletricidade positiva e negativa. Depois de um constante jogo entre hipótese e experimentação ele adota um modelo explicativo baseado na analogia funcional e estrutural entre o aparelho neuromuscular e a garrafa de Leiden. Nesse processo, respeita-se o princípio da diferenciação progressiva, ao passo que o conteúdo começa ser trabalhado em nível mais alto de complexidade.

Nova situação-problema (2 aulas)

Propõe-se uma situação-problema experimental a partir da questão: é possível construirmos uma garrafa de Leiden com materiais de baixo custo aqui em sala de aula?

Os alunos podem se dividir em pequenos grupos para construir uma garrafa de Leiden com base no roteiro experimental “Construindo uma garrafa de Leiden” (extraído e adaptado de Assis, 2018), recebido em cópia impressa. O docente oferece todos os materiais necessários para o desenvolvimento da atividade.

É importante que o professor seja apenas um mediador nesse processo, permitindo que os alunos dialoguem entre si a partir do roteiro recebido. Em seguida, cada grupo pode expor oralmente, e para todos os demais, suas impressões, dificuldades e possíveis explicações para os efeitos constatados.

Avisa-se aos alunos que, na próxima aula haverá uma avaliação que envolverá o desenvolvimento de um mapa mental e, conseqüentemente, orientação sobre o que é e como pode ser elaborado.

Avaliação somativa individual (2 aulas)

Propor que os alunos, individualmente, desenvolvam um mapa mental estabelecendo relações entre os estudos de Galvani, a garrafa de Leiden e a não neutralidade das observações.

Aula expositiva dialogada integradora final (1 aula)

Retoma-se as características mais relevantes da unidade explorando as relações entre os estudos iniciais de Galvani e a garrafa de Leiden, respeitando o princípio de reconciliação integrativa, inclusive. O professor pode revisar a explicação em torno do funcionamento da garrafa de Leiden. Para isso, pode utilizar a animação “Eletrizando garrafa de Leiden Caseira”, disponível em:

http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Anima%C3%A7%C3%A3o%20Garrafa%20Leyden.htm

Discute-se, em grande grupo, os mapas mentais (já analisados previamente pelo docente) desenvolvidos na avaliação somativa, frisando o papel das observações carregadas de teoria na ciência.

Avaliação da aprendizagem na UEPS

Esta avaliação consiste nas observações livres feitas ao longo dos encontros, no envolvimento dos alunos na atividade experimental e, principalmente, na avaliação somativa individual.

UEPS 5 - O ‘mito’ do experimento crucial: Newton e a teoria da luz e cores⁵

Esta UEPS objetiva discutir a ideia de um experimento, em princípio, crucial. Para isso, articula discussões acerca do *experimentum crucis* de Newton, com concepções de Duhem, Popper e Lakatos à luz dos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

UEPS 5

Título: O ‘mito’ do experimento crucial: Newton e a teoria da luz e cores

Objetivo geral: Discutir entre alunos de física em formação que a ideia de um experimento crucial que, *per se*, de forma definitiva e inequívoca, permite decidir ‘instantaneamente’ entre teorias ou concepções rivais, é um mito.

Conceito central: Experimento Crucial.

Público-alvo: Alunos da licenciatura e bacharelado em física.

Disciplina: Uma disciplina que envolva aspectos históricos e epistemológicos da ciência.

Duração: Aproximadamente 12 aulas (cada uma com 50 min).

Constituintes da UEPS: A UEPS “O ‘mito’ do experimento crucial: Newton e a teoria da luz e cores” é constituída por trechos da *obra original* de Newton, trechos de um *texto histórico*, dois *artigos*, trecho de um *vídeo*, um *mapa conceitual*, uma *avaliação escrita*, além de *atividades coletiva*.

Os trechos selecionados do artigo original de Newton, “Nova teoria sobre luz e cores” (Newton, 1672) – artigo traduzido por Silva e Martins (1996) – explicitam as diversas hipóteses levantadas por ele para explicar a forma oblonga da luz, e a intensa dinâmica com experimentos; além disso, descrevem o experimento crucial por ele assim denominado.

O texto histórico “La gramática de una controversia científica” (Granés, 2001) apresenta os estudos de Newton sobre luz e cores, incluindo sua experiência crucial, e distintos elementos dos debates que se desencadearam após a apresentação de sua teoria. Entre as diversas críticas recebidas por Newton, aborda-se aquela apresentada por Hooke, que embora reconheça o resultado trazido pelo experimento newtoniano, diverge contundentemente da explicação dada a ele por Newton.

O artigo “Uma análise da ilustração do *experimentum crucis* de Newton em materiais de divulgação científica” (Raicik; Peduzzi & Angotti, 2017a) analisa como uma amostra de livros de divulgação científica, de autores com distintas formações, contextualiza os estudos de Newton sobre a teoria da luz e cores, na perspectiva das ilustrações dos experimentos por ele desenvolvidos, particularmente do *experimentum crucis*. Em conclusão, apresenta implicações da análise desenvolvida para o ensino de ciências.

O artigo “Da *instantia crucis* ao experimento crucial: diferentes perspectivas na filosofia e na ciência” (Raicik; Peduzzi & Angotti, 2017b) ressalta que a existência e o significado de experimentos cruciais são questões que não reúnem consenso na ciência e na filosofia da ciência. Discorrendo sobre os posicionamentos de Duhem, Popper e Lakatos, por exemplo, explicita que essas concepções antagônicas entre si diferem da ideia de *instantia crucis* apresentada por Francis Bacon, em 1620. Nesse sentido, resgata a definição baconiana e discute concepções de experimento crucial de alguns estudiosos, como o de Newton. Por fim, o artigo aponta reflexões para o ensino de ciências.

O trecho do documentário “Os seis experimentos que mudaram o mundo – Newton e o prisma” (National Geographic, 1999) apresenta o experimento crucial com uma visão de experimentação bastante questionável.

O mapa conceitual apresenta um quadro geral de visões acerca do experimento crucial, com as teses de Duhem, Popper e Lakatos, as possíveis funções atribuídas por Newton ao seu experimento e a origem da ideia, com a *instantia crucis* de Bacon, além de relacionar essas concepções com o objetivo da UEPS. Cabe ressaltar, como faz Moreira (2013), a necessidade de

⁵ Esta UEPS foi apresentada no artigo “Experimento crucial na ciência e na filosofia da ciência: uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre a teoria da luz e cores de Newton” (Raicik, 2019c)

os mapas serem explicados por seus autores, pois eles são representações externas de uma organização interna pessoal; porém, a título de exemplo, isto não impede que eles sejam lidos por outros sujeitos.

A avaliação escrita, dissertativa e individual, compreende as seguintes questões: 1. Desenvolva uma análise crítica, em termos epistemológicos, acerca do experimento crucial, no que se refere ao episódio histórico envolvendo Newton, em materiais a serem selecionados (livros didáticos ou trechos de vídeos); 2. Em relação aos elementos da UEPS, materiais e estratégias de ensino utilizadas, que comentários e sugestões você teria quanto: a) a dinâmica em sala de aula; b) as atividades coletivas; c) aos textos e artigos; d) ao mapa conceitual.

Sequência didática:

Situação-inicial (1 aula)

Inicialmente, solicita-se que os alunos levantem possíveis funções dos experimentos na ciência. Em seguida, projeta-se um trecho do vídeo “Os seis experimentos que mudaram o mundo – Newton e o prisma” (National Geographic, 1999), que serve como um organizador prévio. A partir de suas colocações e do vídeo, fomentam-se discussões orais e coletivas, com as possíveis questões: Será que “um” experimento pode fazer com que uma hipótese seja rejeitada e outra aceita com base somente na evidência empírica produzida? Existe um único experimento que, por si só, permite resolver uma disputa científica? Essas perguntas visam levantar as concepções prévias dos alunos acerca do papel do experimento na ciência. O professor poderá desenvolver uma lista no quadro com as principais colocações dos alunos e discuti-las, posteriormente, com o grande grupo.

Situação-problema (2 aulas)

Propõem-se questões como: vocês sabem que Isaac Newton chamou um de seus experimentos de crucial? Com que intenção Newton assim o denominou? Será que esse experimento evidenciou um resultado incontroverso na óptica? Depois das discussões geradas pelas perguntas, propõe-se aos alunos a leitura de parte do artigo “Uma análise da ilustração do *experimentum crucis* de Newton em materiais de divulgação científica”, disponibilizado em cópia impressa. Este material introdutório serve como um organizador prévio e introduz o assunto, que posteriormente será debatido com maior aprofundamento, em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Esta situação-problema permitirá, de forma sucinta, geral e por meio de observações em sala de aula, perceber que relações iniciais foram feitas pelos alunos nas leituras prévias realizadas no que se refere ao experimento crucial newtoniano, sua apresentação em livros de divulgação científica e as situações-problema colocadas inicialmente. Esta situação deve ser mediada pelo docente e debatida em grande grupo sem, necessariamente, estabelecer-se respostas e consensos.

Aprofundamento do tema (3 aulas)

Apresenta-se, por meio de exposição oral e de trechos do texto “La gramática de uma controvérsia científica” (Granés, 2001), bem como de extratos do artigo de Newton “Nova teoria sobre luz e cores” (Newton, 1672; Silva & Martins, 1996), esses últimos disponibilizados em cópia impressa para os alunos, o experimento crucial de Newton e as implicações dele na controvérsia com Hooke. Esse momento visa detalhar e especificar a concepção de experimento crucial newtoniana, apresentada em termos gerais na etapa anterior, e evidenciar as discussões que ele teve com Hooke. Nesse sentido, espera-se que a concepção de que um experimento, por si só, é capaz de ser definidor e incontestável seja, progressivamente, revista e diferenciada ao longo das discussões. Busca-se sempre o diálogo com os alunos e não apenas uma exposição oral, para que o processo seja interativo e dialético, de modo a propiciar que os subsunçores da etapa anterior sirvam de ancoradouro para a análise do papel do *experimentum crucis* de Newton em seu debate com Hooke.

Nova situação-problema (3 aulas)

Sugere-se uma atividade colaborativa mediada por uma nova situação-problema, a saber: É possível definir o que é um experimento crucial? Ele pode, de fato, existir na ciência? Que significados, então, podem ser atribuídos a eles? Em pequenos grupos, os alunos poderão se reunir e apresentar respostas, não únicas nem consensuais, sobre as questões levantadas. Esta atividade colaborativa visa levar os alunos a interagirem, novamente, negociando significados, tendo o professor como mediador.

Para a próxima aula, como uma atividade a ser feita em casa, propõe-se a leitura de parte do artigo “Da *instantia crucis* ao experimento crucial: diferentes perspectivas na filosofia e na ciência”, em que se ressalta que a existência e o significado de experimentos cruciais são questões que não ostentam consenso na ciência e na filosofia da ciência.

Na aula seguinte, então, retomam-se as discussões acerca do *experimentum crucis* newtoniano em um nível mais alto de complexidade, juntamente com as concepções de Duhem, Popper e Lakatos acerca desse tipo de experimento. Instiga-se os alunos a destacarem, de forma coletiva e oral, semelhanças e diferenças entre as suas repostas às novas situações-problema e àquelas apresentadas no artigo.

Visa-se, desta forma, a partir da análise filosófica da concepção de experimentos cruciais na ciência, salientar que não existe consenso sobre essa matéria. Ademais, que esse segmento da história da óptica, por certo, contra argumenta a ideia de que um experimento, único e definidor, permite, de forma inequívoca, decidir ‘instantaneamente’ entre teorias ou concepções rivais.

Avaliação somativa individual (2 aulas)

Distribui-se extratos de cópias de livros didáticos aos alunos, ou sugere-se trechos de vídeos, que tratem do episódio histórico em questão, e solicita-se que eles desenvolvam uma análise crítica dos materiais, em termos epistemológicos, no que se refere ao experimento crucial. Cada aluno deverá identificar possíveis noções e/ou definições de experimento crucial e, conseqüentemente, visões de ciência que estão sendo passadas pelos materiais, apresentando vínculos e comparações com o que já foi discutido em sala de aula. Esta avaliação somativa busca avaliar a capacidade dos alunos em evidenciar noções de experimento crucial passadas por materiais didáticos (e vídeos, se for o caso) e em discorrer sobre as implicações de determinadas asserções sobre esse experimento para uma melhor (ou não), compreensão da ciência. Tem-se a opção de permitir que os alunos desenvolvam a avaliação em casa.

Aula integradora final (1 aula)

Retoma-se os conteúdos discutidos na UEPS, revendo as colocações dos alunos em relação às situações-problema propostas ao longo da unidade buscando a reconciliação integrativa. Isto é, exploram-se relações entre ideias, conceitos, proposições e apontam-se similaridades e diferenças importantes em relação à concepção de experimento crucial na ciência. Para tanto, ressalta-se a incongruência de se admitir que um único experimento, *per se*, é capaz de oferecer subsídios para a escolha teórica na ciência, de forma definitiva e inequívoca, como no exemplo newtoniano. Destaca-se que o assunto é complexo, não havendo consenso sobre o significado ou a existência de experimentos cruciais, como visto em Duhem, Popper e Lakatos. Salienta-se, por fim, a relevância de discussões desse tipo para o ensino de ciências, que visa fomentar uma compreensão mais adequada, por exemplo, do papel do experimento na ciência. Este momento mediado pelo docente em uma breve exposição oral, fará uso também de um mapa conceitual [fig. 1, abaixo], distribuído aos alunos, que visa apresentar um panorama geral das concepções de experimento crucial discutidas nas aulas anteriores. Cabe ressaltar, novamente, que apesar de um mapa conceitual ser uma construção pessoal, a sua apresentação pelo docente, por exemplo, pode ser útil para fins de uma análise crítica do tema em discussão, no sentido em que pode oferecer uma visão integradora do mesmo.

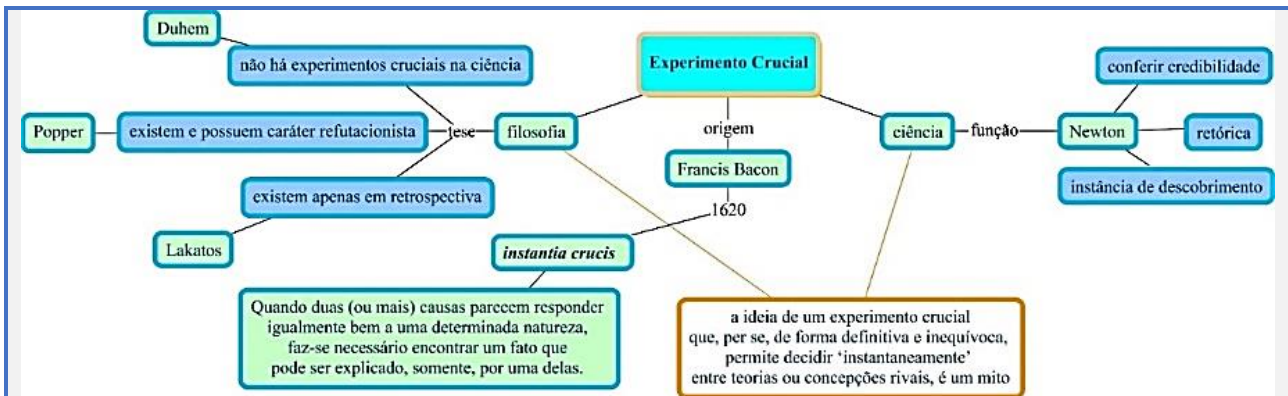


Figura 1- Mapa conceitual sobre a ideia de experimento crucial

Avaliação da aprendizagem na UEPS

Esta avaliação baseia-se nas observações livres em sala de aula, na participação dos alunos nas discussões e atividades coletivas e na avaliação somativa individual. Sugere-se que seu peso compreenda 70% da nota final. Cabe ressaltar, como faz Moreira (2011c), que a UEPS será considerada profícua se apresentar indícios de aprendizagem significativa, por meio, por exemplo, da captação de significados, da compreensão e capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema, etc.

Avaliação da UEPS pelos alunos

Avaliação individual, dissertativa, que abrange a análise crítica de cada componente da UEPS – os materiais e as estratégias de ensino utilizadas. Analisam-se comentários e sugestões pertinentes para o aperfeiçoamento da UEPS, pelos alunos que tiveram a oportunidade de vivenciar a aplicação da mesma. Esta avaliação compreende 30% da nota final.

Avaliação da UEPS pelo docente

Analisa-se qualitativamente a UEPS em função dos resultados de aprendizagem obtidos. O docente pode modificar a sequência da UEPS e produzir alterações para o melhor desencadeamento da unidade visando a aprendizagem significativa, se necessário.

Na proficiência de UEPS: algumas considerações

As pesquisas sobre as UEPS, tanto no que se refere ao desenvolvimento de materiais, quanto na elaboração e implementação deles, surgem a partir de 2011, com a publicação de sua fundamentação e proposta (Moreira, 2011c). Em poucos anos, verifica-se um crescimento expressivo de trabalhos sobre essa temática indicando, inclusive, que os estudos envolvendo essas unidades representam uma tendência para a área de ensino (Souza & Pinheiro, 2019; Hammel *et al.*, 2019; Damasio & Peduzzi, 2016; 2017; Sobieczizk, 2017; Coelho *et al.*, 2017; Calheiro & Garcia, 2014).

Por certo, na atualidade, o ensino tradicional de aulas puramente expositivas e listas de problemas e exercícios não tem mais espaço; embora ainda seja comum essa prática pouco eficaz. “O ensino, hoje”, salientam Moreira e Massoni (2016, p. vii), “deve estar centrado no aluno, com aprendizagem ativa, tendo o professor como mediador”. Uma alternativa para “sair da comodidade (inefcaz e anticientífica) do ensino expositivo tradicional” (p. vii), ressaltam os autores, é produzindo sequências didáticas potencialmente significativas, isto é, fundamentadas teoricamente – em termos educacionais e epistemológicos.

Souza e Pinheiro (2019), ao realizarem um levantamento das publicações sobre UEPS nos últimos anos, além de constatarem uma crescente representatividade do tema – no cenário das

pesquisas nacionais relacionadas a recursos facilitadores de aprendizagem – trazem indícios de lacunas para pesquisas futuras. As autoras salientam que a maior concentração das propostas de UEPS está direcionada ao ensino básico (médio 45% e fundamental 20%), enquanto outros níveis de ensino, como o superior, o técnico-profissionalizante, o de pós-graduação e o de formação continuada de professores, necessitam de maiores investimentos. Além disso, elas observaram que as práticas de ensino envolvendo UEPS concentram-se nas áreas da física e da matemática; destacando que ciências, química, biologia, educação científica e história e filosofia, por exemplo, ainda precisam ser exploradas com mais profundidade.

Sendo essa uma proposição metodológica que não se restringe a uma ou outra área de ensino, verifica-se que é oportuno divulgar e apresentar mais estudos sobre seu desenvolvimento, bem como transpô-los ao contexto de formação docente, capacitando professores em sua formação inicial e continuada para o trabalho com UEPS, visando a aprendizagem significativa e a melhoria na qualidade de ensino (Souza & Pinheiro, 2019, p. 126).

As UEPS apresentadas nesse artigo vêm ao encontro dessas perspectivas. O alinhamento entre princípios da teoria da aprendizagem significativa e a epistemologia moderna à luz da historiografia contemporânea, fundamentam as sequências e podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, em distintos níveis. No âmbito dos estudos envolvendo a história da ciência, isso é de notável relevância, pois eles ainda carecem, muitas vezes, de uma melhor fundamentação.

Ao analisarem teses e dissertações nacionais defendidas entre 2005 e 2014, envolvendo o uso didático da história da ciência, a título de exemplo, Damasio e Peduzzi (2017) constataram que 63% dos trabalhos analisados não apresentavam um aporte educacional. Isso evidencia a necessidade de pesquisas e materiais que envolvam HFC, seja com ênfase em aspectos da NdC ou não, alinharem referenciais teórico-epistemológico e educacional.

Propostas bem fundamentadas são essenciais para avanços significativos na implementação de unidades didáticas. Este estágio teórico é necessário e de extrema importância. Ao realizarem um levantamento de artigos relacionados a HFC entre 2001 e 2010, em quatro periódicos da área de ensino de Ciências, Schirmer e Sauerwein (2011) constataram que, embora pesquisas teóricas prevaleçam em relação às empíricas, “sem trabalhos dessa natureza certamente não há avanços em propostas para a sala de aula” (p. 7). Faz-se necessário que estudos teóricos “estejam mais associados a perspectiva de sala de aula, de forma a realmente subsidiar pesquisas com materiais adequados e de boa qualidade” (p. 8). Isto se consegue, por exemplo, desenvolvendo materiais com alinhamentos coerentes em termos educacionais, epistemológicos e metodológicos.

Apesar de uma das dificuldades para a inserção da HFC no ensino, frequentemente apontada pela literatura, ainda ser a falta de materiais didáticos adequados (Martins, 2007; Martins, 2006), este não é um fator isolado e nem a solução, caso se foque apenas nisso. Faz-se necessário pensar em estratégias didáticas, sequências fundamentadas que reflitam não apenas o ‘por que’ e ‘com o que fazer’, mas, sobretudo, o ‘como fazer’ (Martins, 2012).

Ao desenvolverem um estudo em disciplinas de Estágio Supervisionado, com licenciandos em física, acerca do uso ou não de elementos de HFC no processo de elaboração e preparação de aulas, Boaro e Massoni (2018) identificaram, entre outros achados, que a falta de material apropriado em epistemologia, por exemplo – além de falta de tempo, pouca familiaridade e insegurança em relação ao tema, etc – é um dos fatores que dificultam o emprego da HFC no ensino. Isso indica, ressaltam os autores, “um ‘não saber fazer’ uma aula de Física epistemologicamente adequada” (p. 137).

Reiteradamente, as UEPS aqui apresentadas oferecem perspectivas do “como fazer” alinhadas ao ‘porque’ e ‘com o que fazer’. Pensadas com foco desde pesquisadores em formação a estudantes de nível médio, elas trazem uma discussão histórico-filosófica sobre episódios da ciência com ênfase em certos aspectos da NdC. “Promover reflexões sobre a natureza da ciência em diferentes níveis de

ensino é, e sempre será, um desafio, mas necessário, na medida em que pode contribuir para uma formação mais crítica do aluno” (Peduzzi & Raicik, 2019, p. 47).

A elaboração devidamente fundamentada e coerente de unidades didáticas, inclusive com desenvolvimento de materiais, é, sem dúvida, condição necessária para que se possa ir, com segurança, enfrentar os desafios posteriores de implementação de trabalhos em sala de aula. Nessa perspectiva, as UEPS aqui apresentadas abrem espaço para um amplo campo de pesquisas.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Assis, A. K. T. (2018). *Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade*. Montreal: Apeiron.
- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Porto: Paralelo Editora, LDA.
- Ausubel, D. P.; Novak, J. D., & Hanesin, H. (1980). *Psicologia Educacional*, 2ed. Rio de Janeiro: Interamericana.
- Barillé, A. (1994). *Era uma vez: os inventores – Faraday e a eletricidade*.
- BBC (2011). *Shock and awe: the story of electricity*. Direção de Tim Usborne. Reino Unido: BBC Four.
- Boaro, D. A., & Massoni, N. T. (2018). O uso de elementos da história e filosofia da ciência (hfc) em aulas de física em uma disciplina de estágio supervisionado: alguns resultados de pesquisa. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(3), 110-144.
- Calheiro, L. B., & Garcia, I. K. (2014). Proposta de Inserção de Tópicos de Física de Partículas Integradas ao Conceito de Carga Elétrica por Meio de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(1), 177-192.
- Canal da Física. (2016). *Eletricidade 02 – As cargas elétricas e algumas de suas propriedades – Canal da Física*.
- Clough, M. O., & Osion, J. K (2008). Teaching and assessing the nature of science: An Introduction. *Science & Education*, 17, 143-145.
- Clough, M. P. (2007). Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: questions rather than tenets. *The Pantaneto Forum*, 25.
- Coelho, A. L. M. B.; Teixeira, C. B.; Oliveira, F., & Meira, S. L. B. (2017). Uma UEPS para o ensino dos espelhos esféricos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(8), 121- 140.
- Cohen, I. B. (1992). Foreword. In: Pera, M. *The ambiguous frog*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, p. xi-xiii.

- Damasio, F. (2017). *História da Ciência na Educação Científica: uma abordagem epistemológica de Paul Feyerabend procurando promover uma aprendizagem significativa crítica*. Florianópolis: UFSC, 2017. 404 p. Tese - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Damasio, F. & Peduzzi, L. O. Q. (2016). A formação de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica: uma proposta por meio de episódios históricos de ciência. *Revista Labore em Ensino de Ciências*, Campo Grande, 1(1), 14-34.
- Damasio, F. & Peduzzi, L. O. Q. (2017). História e filosofia da ciência na educação científica: para quê?. *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.*, 19(e2583), 1-19.
- Forato, T. C.; Pietrocola, M., & Martins, R. A. (2011). Historiografia e Natureza da Ciência da Sala de Aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(1), 27-59.
- Granés, J. S. (2001). *La gramática de una controversia científica: El debate alrededor de la teoría de Newton sobre los colores de la luz*. Colombia: Editorial Unibiblos.
- Hammel, C.; Miyahara, R. Y., & Santos, S. A. (2019). Uma UEPS com enfoque CTSA no ensino de física: geração, produção e consumo de energia elétrica. *Experiências em Ensino de Ciências*, 14(1), 256-270.
- Martins, A. F. (2012). História, filosofia, ensino de ciências e formação de professores: desafios, obstáculos e possibilidades. *Educação: Teoria e Prática*, 22(40), 5-25.
- Martins, A. F. P. (2015). Natureza da ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(3), 703-737.
- Martins, A. F. P. (2007). História e Filosofia da Ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(1), 112-131.
- Martins, R. A. (2006). Introdução: história da ciência e seu uso na educação. In: Silva, C. C. (Org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Masini, E. F. S. (2011) Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(1), 16-24.
- Massoni, N. T. (2010). *A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física: a questão da mudança epistemológica*. 2010. Tese (Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Matthews, M. R. (1995). História, filosofia, e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(3), 164-214.
- Moreira, M. A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Universidade de Brasília.
- Moreira, M. A. (2005). *Aprendizagem Significativa Crítica*. Porto Alegre: Ed. do autor.
- Moreira, M. A. (2013a). *Aprendizagem significativa em mapas conceituais*. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física.
- Moreira, M. A. (2013b). *Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas v e unidades de ensino potencialmente significativas*. Material de Apoio. Instituto de Física, UFRGS.

- Moreira, M. A. (2011a). *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Moreira, M. A. (2011b). *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU.
- Moreira, M. A. (1983). *Ensino e Aprendizagem: enfoques teóricos*. São Paulo: Editora Moraes.
- Moreira, M. A. (2008). Organizadores prévios e aprendizagem significativa. *Revista Chilena de Educación Científica*, 7(2), 22-30.
- Moreira, M. A. (2004). Pesquisa básica em educação em ciências: uma visão pessoal. *Revista Chilena de Educación Científica*, 3(1), 10-17.
- Moreira, M. A. (2011c). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(2), 43-63.
- Moreira, M. A., & Masini, E. F. S. (2011). *Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro.
- Moreira, M. A., & Massoni, N. T. (2016). *Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Moreira, M. A. (1999). *Aprendizagem Significativa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília.
- Moura, B. A. (2014). O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(1), 32-46.
- National Geographic. (1999). *Os seis experimentos que mudaram o mundo – Newton e o prisma*. National Geographic.
- Newton, I. (1672). A letter of Mr. Isaac Newton, professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his new theory about light and colours; sent by the author to the publisher from Cambridge, Febr. 6. 1671/72; in order to be communicated to the R. Society”, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 6(80), 3075-3087.
- Paulo, I. J. C., & Souza, C. M. S. G. (2011). *A teoria da aprendizagem significativa e seus desdobramentos na dinâmica de ensinar e aprender ciências*. Cuiabá: UAB/UFMT.
- Peduzzi, L. O. Q. (2011). *Evolução dos Conceitos da Física*. 1. ed. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2011. 130 p. (ISBN: 978-85-99379-92-9).
- Peduzzi, L. O., & Raíck, A. C. (2019). *Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência*. Agosto, 57p. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: www.evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br
- Raíck, A. C. (2020). Galvani, Volta e os experimentos cruciais: a emblemática controvérsia da eletricidade animal. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(1), 358-383.
- Raíck, A. C. (2019a). A rã enigmática e os experimentos exploratórios: dos estudos iniciais de Galvani à sua teoria da eletricidade animal. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 12(1), 114-137.
- Raíck, A. C. (2019b). *Experimentos exploratórios e experimentos cruciais no âmbito de uma controvérsia científica: o caso de Galvani e Volta e suas implicações para o ensino*. Florianópolis: UFSC, 2019. 330 p. Tese - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

- Raicik, A. C. (2019c). Experimento crucial na ciência e na Filosofia da Ciência: uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre a Teoria da Luz e Cores de Newton. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 9(2), 1-11.
- Raicik, A. C. (submetido). O término de uma controvérsia não resolvida: a enigmática querela entre Galvani, Volta e um sapo a(ini)migo.
- Raicik, A. C., & Peduzzi, L. O. Q. (2015). Uma discussão acerca dos contextos da descoberta e da justificativa: a dinâmica entre hipótese e experimentação na ciência. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 8(1), 132-146.
- Raicik, A. C.; Peduzzi, L. O. Q., & Angotti, J. A. P. (2017a). Da *instantia crucis* ao experimento crucial: diferentes perspectivas na filosofia e na ciência. *Investigações em Ensino de Ciências*, 22(3), 192-206.
- Raicik, A. C.; Peduzzi, L. O. Q., & Angotti, J. A. P. (2017b). Uma análise da ilustração do experimentum crucis de Newton em materiais de divulgação científica. *Física na Escola*, 15(2), 24-30.
- Raicik, A. C.; Peduzzi, L. O., & Angotti, J. A. P. (2018a). Experimentos exploratórios e experientia literata: (re) pensando a experimentação. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(1), 111-129.
- Raicik, A.C.; Peduzzi, L. O. Q., & Angotti, J. A. P. (2018b). A estrutura conceitual e epistemológica de uma controvérsia científica: implicações para o ensino de ciências. *Experiências em Ensino de Ciências*, 13(1), 42-62.
- Raicik, A. C. & Angotti, J. A. P. (2019). A escolha teórica em controvérsias científicas: valores e seus juízes à luz de concepções kuhnianas. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 12(1), 331-349.
- Schirmer, S. B. & Sauerwein, I. P. S. (2011). História e Filosofia das Ciências em periódicos de ensino de 2001 a 2010. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8, 2011, Campinas. *Atas...* Campinas: ABRAPEC.
- Silva, C. C. & Martins, R. A. (1996). A Nova teoria sobre luz e cores de Isaac Newton: uma tradução comentada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 18, 313- 27.
- Sobiecziak, S. (2017). *História da Física e Natureza da Ciência em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)*. 2017. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Souza, G. F. & Pinheiro, N. A. M. (2019). Unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS): identificando tendências e possibilidades de pesquisa. *Revista Dynamis*. FURB, Blumenau, 25(1), 113-128.
- Teixeira, E. S.; Greca, I. M., & Freire, J. O. (2012). Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência no ensino de física. In: Peduzzi, L. O.; Martins, A. F., & Ferreira, J. M. H. (Org.). *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*. Natal: EDUFRN, 9-40.
- Teixeira, E. S.; Greca, I., & Freire, O. (2009). The History and Philosophy of Science in Physics Teaching: A Research Synthesis of Didactic Interventions. *Science and Education*, Netherlands.
- TVEscola (2009). *O sapo no poço*. França: Gamania Creative Center.

Valadares, J. (2011). A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(1), 36-57.

Westfall, R.S. (1962). The development of Newton's Theory of Color. *Isis*, 53(3), 339-358.