



Aprendizagem Ativa no Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias

Oficina: Câmera Escura

Objetivo

Propiciar aos estudantes a elaboração de conceitos de óptica, ligados à propagação retilínea da luz e à formação de imagens com uma câmera escura, por meio das perguntas dos estudantes como fio condutor de uma estratégia didática.

Competências e habilidades relacionadas à BNCC

Competência específica 3 da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Habilidade: (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Introdução

O que é “luz”? Surpreendentemente, ao tentar responder, nos damos conta de que – talvez – o que teríamos a dizer não seja nem simples, nem intuitivo, nem evidente. Partindo deste pressuposto, o elemento central desta oficina são as perguntas dos estudantes, provocadas pela manipulação de uma câmara escura, cujo processo de construção será apresentado mais adiante. O princípio educativo que orienta esta oficina é “explorar antes de demonstrar”. A exploração se justificaria a partir da premissa que a aprendizagem é um processo, gradual, a partir do qual novas ideias são incorporadas à estrutura mental, pré-existente, do aprendiz (AUSUBEL, 2003). Os estudantes, a partir da manipulação de uma câmara escura, são instados elaborar perguntas (eventualmente incitados pelo professor), efetuam tentativas, cometem erros, formulam e, em grande parte das vezes, testam suas hipóteses. Este processo (explorar, perguntar, responder, testar, errar, acertar) encontra eco no que diz Becker (2012, p. 21), “o estudante construirá algum conhecimento novo se ele agir e problematizar a própria ação, apropriar-se dela e de seus mecanismos de assimilação”. Dito de outra forma, o estudante aprende porque age para conseguir algo; a fonte da aprendizagem é a ação do sujeito na busca do êxito. Esta expectativa é a que orientou a produção desta oficina, que foi ofertada a estudantes de ensino médio mais de uma dezena de vezes.

Porque não iniciar por uma “demonstração”? O jogo de palavras, explorar antes de demonstrar, não exclui nem deprecia a demonstração. (O que seria da Matemática sem a demonstração?) Trata-se aqui do aprendizado, e então o que está em questão é o desenvolvimento de estratégias para que ele ocorra. Por que, então, iniciar declarando o que vai acontecer, porque vai acontecer, e como vai acontecer? Por que não explorar, primeiro? Não seria mais educativo começar explorando, testando, perguntando, acertando, errando? Estratégias e métodos de aprendizagem ativa, por exemplo, caminham nessa direção, pois envolvem a realização de atividades de ensino que permitam aos alunos se engajarem cognitivamente, analisarem, avaliarem e refletirem ao longo do processo sobre aquilo que estão fazendo (ELMÔR FILHO et al. 2019; OLIVEIRA; ARAUJO & VEIT, 2016; OLIVEIRA; VEIT & ARAUJO, 2015; ARAUJO & MAZUR, 2013; BONWELL & EISON, 1991). Então, a demonstração, sim, é importante, essencial até, mas a partir de uma perspectiva didática, nada indica que devamos, invariavelmente, começar por ela.

Fundamentação Teórica

“Aprendemos melhor aquilo que construímos por nós mesmos”. Este adágio, bem conhecido, orienta a formulação desta oficina. Entretanto, a concretização desta construção, ou reconstrução, do conhecimento, não é dada *de per si*. Uma primeira questão seria: de onde iniciamos? Por isto, mas não apenas por isto, nesta oficina, a fundamentação teórica é constituída por premissas emanadas da aprendizagem significativa, entendida aqui como um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não-literal) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo (AUSUBEL, 2003, AUSUBEL; NOVAK & HANESIAN, 1980). Mais tarde, com a contribuição de Novak (1998, 2000), a teoria da aprendizagem significativa redirecionou o foco do ensino do modelo [estímulo→ resposta→ reforço positivo] para o modelo [aprendizagem significativa→ mudança conceitual→ construtivismo].

Sem a pretensão de fazer um sobrevoo minimamente completo da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), são destacadas aqui algumas premissas, especialmente importantes para esta oficina. Uma delas é a de que a mente humana possui uma estrutura organizada e hierarquizada de conhecimentos. Essa estrutura é continuamente diferenciada pela assimilação de novos conceitos, novas proposições e novas ideias. Desta forma, a aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação de uma informação com um aspecto relevante da estrutura cognitiva do sujeito, mas não com aspecto qualquer (*arbitrário*). Uma informação é aprendida de forma significativa quando se relaciona a outras ideias, outros conceitos ou outras proposições relevantes e inclusivas que estejam claras e disponíveis na mente do indivíduo de modo que funcionem como âncoras.

E como se dá, segundo a TAS, a integração dos novos conhecimentos à estrutura cognitiva do estudante? São, essencialmente, dois processos, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Segundo Ausubel (2003), estes processos ocorrem simultaneamente em interações sucessivas com um dado conhecimento prévio que vai, gradualmente, atenuando diferenças e integrando novos significados, servindo assim de ancoradouro para novas aprendizagens significativas. Dada a importância destes processos na facilitação da aprendizagem significativa, eles são essenciais em situações de ensino (MOREIRA, 2011). Trabalhos que abordam simultaneamente o

laboratório e a aprendizagem significativa são numerosos: Oliveira & Camiletti, 2018; Zuconelli et al. 2018; Moro; Neide & Rehfeldt, 2016; Espindola & Moreira, 2006, são alguns exemplos.

No que diz respeito às atividades experimentais, objeto desta oficina, Gaspar (2014), bem como Araújo e Abib (2003), asseveram que elas podem proporcionar ao aluno uma visão maior e de melhor qualidade dos conteúdos vistos em sala de aula; a potencialização da aprendizagem se dá no sentido de torna-la, gradualmente, mais significativa e, em proporção inversa, menos mecânica.

Uma última, mas não menos importante, meta a ser alcançada diz respeito à historicidade dos conceitos de Física envolvidos. Seria desejável que o conhecimento se apresentasse aos estudantes partindo da premissa que a ciência, ela também, é um processo construtivo. Este processo histórico leva, por certo, diretamente à epistemologia das ciências

Materiais

Uma câmara escura funcional pode ser construída com materiais facilmente obtidos no dia a dia: duas caixas de sapatos, ou outras, de tamanho mais ou menos equivalente, estilete e (ou) tesoura, fita adesiva, uma folha de papel vegetal (ou algum outro tipo de papel branco fino e translúcido), papel de alumínio, uma lâmpada com soquete (de LED, 6 a 8 W de potência) e uma agulha ou alfinete. O mais importante é a disponibilidade de uma sala que possa ser escurecida: se a luz ambiente for muito intensa, a visualização das imagens será bastante prejudicada, podendo mesmo inviabilizar a atividade).

A Figura 1 ilustra a montagem da câmara escura empregada nesse trabalho, feita com caixas de embalagens de papel A4. Na face menor de uma das caixas, é recortada uma janela de dimensões ligeiramente menores que essa face, e um papel vegetal é colado aí, de modo a funcionar como uma tela translúcida. Na face oposta, na direita da imagem inferior, é feita uma janela menor, de uns 5 cm por 5 cm, centralizada. Uma lâmina de papel de alumínio é colada, também com fita adesiva, sobre esta janela. No centro da lâmina será feito, também centralizado, um orifício pequeno, com a ajuda da agulha. Todo o material deverá estar pronto para o início da atividade, exceto a colagem do papel de alumínio e a perfuração com a agulha, que deverão ser feitas pelos alunos, logo no início da exploração.

A segunda caixa contém a lâmpada, e evita que a luz desta seja dispersada por toda a sala, o que atrapalharia a observação das imagens. Recorte uma abertura, numa das faces da caixa, de aproximadamente 6 cm por 10 cm, de modo que o centro dessa janela coincida (aproximadamente) com o centro da parte esférica da lâmpada, já instalada em seu soquete (Figura 1, imagem à esquerda e imagem no centro). Mas, antes de cortar a janela, esteja certo de que o centro da parte esférica da lâmpada coincida, aproximadamente, com a altura do orifício na folha de alumínio. Estes cuidados propiciarão imagens razoavelmente centralizadas.

A sequência de passos sugerida é a que segue: inicialmente, a câmara escura é apresentada aos estudantes, e eles mesmos terminarão de montá-la colando uma lâmina fina de alumínio (desses que são empregados na cozinha para embrulhar e coser alimentos) na janela oposta à tela translúcida, e fazendo um orifício no centro da lâmina de alumínio (Figura 1, à direita, o orifício, pequeno, do diâmetro de uma agulha, não é visível na foto). A principal justificativa para propor aos alunos que eles mesmos executem essas operações é a de, além de integrá-los na atividade, permitir que eles se certifiquem que não há mais nada na câmara escura, além do orifício na lâmina de alumínio e, na face oposta, o anteparo translúcido.



Figura 1: Acima. A câmara escura. A parte frontal da caixa é recortada e retirada, e um papel vegetal é colado aí. Mais atrás, aparece a fonte de luz, dentro de uma segunda caixa. Abaixo. A fonte de luz, dentro da caixa, com sua tampa retirada, à esquerda. À direita, aparece a parte traseira da caixa, na qual foi recortada uma janela, que está oculta pela lâmina de alumínio. É no centro desta lâmina que será feito o orifício, com uma agulha.

Em seguida, coloque a caixa na borda de uma mesa, com a tela de papel vegetal voltada para fora, e coloque a caixa com a lâmpada de modo que essa fique a uns 30 cm ou 40 cm do orifício na lâmina de alumínio. Peça aos alunos para se posicionarem em frente à tela, acenda a lâmpada e apague as luzes da sala. É inevitável: após um curto tempo de adaptação à escuridão (alguns segundos), surgirão exclamações de admiração sobre a nitidez da imagem, acrescidas de – muito provavelmente – uma constatação imediata: *“olha, a imagem é invertida!”* (Figura 2).



Figura 2: Imagem, obtida a partir uma foto com grande tempo de exposição (4 s, ISO 400, abertura f 1:1.4). A lâmpada (objeto) está na posição direita (na vertical, soquete para baixo), a imagem (foto) aparece invertida.

Metodologia

Descreve-se a seguir uma sequência de passos para essa atividade exploratória, sempre tendo em vista, como já anunciado previamente, a *exploração* ao invés da *demonstração*.

A sequência, que será detalhada a seguir, contém os seguintes passos: coleta das percepções prévias dos estudantes acerca da natureza da luz; exploração do experimento, que envolvem, alternadamente, a formulação (por parte dos alunos) de perguntas, seguida de um planejamento para a resposta a essas perguntas. A seguir, é proposta uma estratégia de traçado de raios, executada com régua, papel quadriculado e lápis. Por fim, sugere-se a confecção de um mapa conceitual preliminar, com o objetivo de explorar as inter-relações feitas pelos estudantes entre os diferentes conceitos explorados na atividade, e avaliar a potencialidade da promoção de aprendizagem significativa.

Dado que a oficina aqui descrita possui um cunho investigativo, construído a partir de premissas pedagógicas emanadas, em especial, da Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003), a coleta de percepções prévias foi feita através de um instrumento, descrito a seguir. Esse instrumento de coleta de percepções prévias dos estudantes consiste numa adaptação (e simplificação) do teste de evocação livre de palavras, que foi voltado, na pesquisa aqui descrita, ao tema “luz” (PULLIN, PRYJMA, 2011; DEBOM, 2017). Nesse teste, cada participante é convidado a redigir um certo número de palavras que, no seu julgamento, possuem relação com o tema, a luz. Em seguida, o pesquisador recolhe esses registros e faz uma estatística das palavras mais evocadas, e com base nessa estatística, produz um discurso argumentado sobre as representações dos respondentes em torno da palavra tema.

A coleta de palavras pode ser dar de modo coletivo, da seguinte forma: o professor escreve no quadro a palavra – tema, luz, e pede que os participantes enunciem palavras (ou expressões contendo duas palavras) que, no julgamento delas tenham alguma relação com essa palavra - tema. Cada palavra enunciada é anotada no quadro. A

produção de palavras é obra do grupo de estudantes, sem a interferência do professor, que apenas anota o que os estudantes propõem. Não é feita nenhuma estatística.

Quadro 1 – Exemplo de uma listagem de palavras evocadas pelos estudantes em torno do tema luz

Cor	Fóton	Arco-íris
Clareza	Sol	Estrela
Brilho	Prisma	Velocidade
Ondas	Poste	Refração
Visão	Faróis	Iluminação
Eletricidade	Óculos	Reflexão
Infravermelho	Efeito Tyndall	Lâmpada
Raios	Propagação	

Este procedimento adaptado do teste da evocação de palavras tem algumas vantagens: ele pode ser feito rapidamente, e seu resultado traduz com alguma fidelidade as representações da turma de alunos como um todo. O Quadro 1 é uma transcrição de uma dessas coletas de palavras, evocadas em torno da palavra luz, nas dezenas de oficinas já efetuadas. Uma das palavras evocadas, que aparece reiteradamente, foi “Sol”. Se isto acontecer (é provável que aconteça), algum aluno que se voluntarie pode desenhar no quadro um sol; a Figura 3 é um destes desenhos, apresentado aqui como exemplo. O leitor notará, na figura, a representação espontânea de “raios”, retilíneos, que “emanam” do Sol.

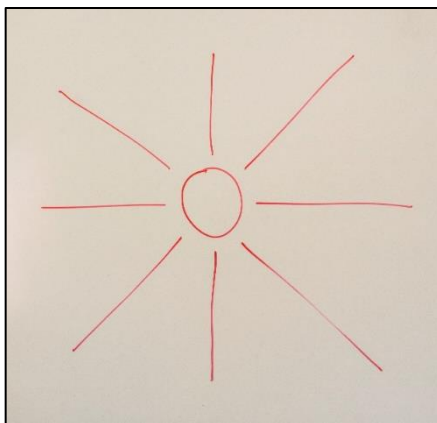


Figura 3: Um desenho do Sol, feito por um aluno.

Inicialmente, são apresentados aos estudantes os dispositivos que compõem a câmara escura, conforme descrito na metodologia, mais acima neste texto. Os estudantes examinam o interior das caixas, para certificar-se da ausência de qualquer outro artefato diferente do que havia sido previamente descrito. O papel alumínio é posicionado pelos alunos, por meio de fita adesiva, na janela menor, e um orifício é feito, por meio de uma agulha. A seguir, todos os estudantes participantes da atividade colocam-se à frente da tela de papel vegetal, a lâmpada é acesa, e as luzes principais da sala são apagadas. A imagem, tal como visualizada na Figura 2, é de uma nitidez impressionante, mas é de

baixa intensidade, motivo pelo qual a atividade deve ser realizada numa sala bastante escura (na foto, a imagem aparece bastante luminosa por conta do grande tempo de exposição empregado ao fotografá-la). As reações dos estudantes são espontâneas e imediatas: “*olha só a imagem da lâmpada! Está invertida!*” Percebe-se nessas reações dos estudantes que se inicia um processo de diferenciação em relação às ideias ou conceitos previamente estabelecidos.

Após a coleta das percepções prévias dos estudantes, realiza-se a parte experimental do trabalho, sequenciada conforme descrito a seguir.

É nesse momento que o princípio educativo dessa atividade, “explorar antes de demonstrar”, deve ser posto em prática. Para isso, é essencial que o professor *não dê respostas*. O Professor pode fazer um acordo preliminar com os estudantes para que eles mesmos façam – espontaneamente – as perguntas que desejarem. Ao professor cabe então compilar essas perguntas e desenhar, sempre junto com os estudantes, estratégias teórico-experimentais para respondê-las. As respostas, como será apresentado a seguir, são construídas pelos alunos e pelo professor, conjuntamente. Como a aprendizagem significativa é progressiva, com rupturas e continuidades, a utilização de estratégias que promovem o diálogo, ou a negociação de significados, implica, conseqüentemente, na captação de novos significados.

Podem ser escolhidas, conforme a conveniência, algumas das muitas perguntas que provavelmente os estudantes farão. As questões efetuadas pelos alunos, aqui apresentadas, bem como os encaminhamentos que se sucederam, foram todos oriundos da atividade que serviu de base à dissertação de mestrado de Oliveira (2016), realizada no PPGECiMa - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade de Caxias do Sul. Entretanto, essa mesma atividade foi oferecida em mais de uma dezena de ocasiões, no contexto de um programa intitulado “Encorajando Meninas em Ciências e Tecnologias” (<https://engfut.org/encorajando>). Em todas essas ocasiões, os resultados aqui reportados foram bastante similares.

Em seguida, sempre de forma negociada com os alunos, são escolhidas as que serão respondidas primeiro. Esta providência é importante, pois permite, dentre as diversas perguntas formuladas, escolher, para começar, aquelas que resultem em ideias mais gerais e claras a respeito da atividade. Ou seja, inicia-se com ideias mais organizadas na estrutura cognitiva e, então, progressivamente, elas são diferenciadas e reconciliadas. Daqui para a frente, serão apresentadas perguntas que foram postas pelos alunos nas sucessivas vezes em que a oficina foi efetuada. Seguem, como exemplo, algumas destas perguntas: *Porque a imagem é invertida?* (Em outras oficinas realizadas anteriormente, essa foi, na maior parte das vezes a primeira questão formulada); *se a lâmpada for afastada, o que acontece com a imagem? Aumenta? Diminui? Fica do mesmo tamanho? Porque o buraco tem de ser pequeno? e se forem mais furos? e se o buraco não for redondo?* entre outras. Cabe aqui um alerta a quem se propor executar a estratégia didática aqui proposta: as perguntas devem emanar espontaneamente dos estudantes, elas não devem em nenhuma hipótese ser propostas pelo professor, pelo menos não no início da atividade. Essa é uma atitude favorável à aprendizagem, pois possibilita, de certa forma, que os estudantes reorganizem suas ideias no sentido de adquirir mais estabilidade cognitiva. Para os leitores que se dispuserem a efetuar essa atividade, sugerimos que a primeira pergunta a ser tratada seja a que diz respeito à imagem

invertida, levando em conta que é praticamente certo que os estudantes farão essa observação.

Sendo, então, a imagem invertida a primeira pergunta a ser explorada, sugere-se desenvolver com os estudantes uma técnica elementar de traçado de raios, para ser executada, na sua parte inicial, de forma individual pelos estudantes, com o uso de uma folha de papel quadriculado, régua e lápis. O traçado de raios deve ser feito individualmente, sem que seja excluída a possibilidade de ajuda dos colegas uns aos outros.

Para começar, admite-se que a luz se propaga em linha reta. Um objeto, não especularmente refletor, extenso, seja ele iluminado ou emissor de luz, será imaginado como sendo formado por minúsculos quadrados, cada um deles emitindo (ou refletindo) luz como se fosse um ponto. Uma imagem numa tela de telefone celular, constituída por pixels, pode ser uma boa analogia para o que está sendo proposto aqui. De cada um desses pontos, imaginam-se raios de luz sendo irradiados em todas as direções. Para auxiliar na compreensão inicial do que fundamenta o traçado de raios, sugere-se que desenhe quadro uma figura na qual dois pontos aleatórios, um na parte superior e outro na parte inferior, “emitem” raios de luz. Vai aqui um alerta: é essencial que o professor não faça o trabalho completo; uma boa estratégia é mostrar que apenas um dos raios que partem, digamos, do ponto superior, atravessa o orifício e atinge a tela de papel vegetal, no fundo da caixa. Dessa forma, os estudantes terão oportunidade de completar, por eles mesmos, o trabalho, apropriando-se assim gradualmente da técnica de traçado de raios.

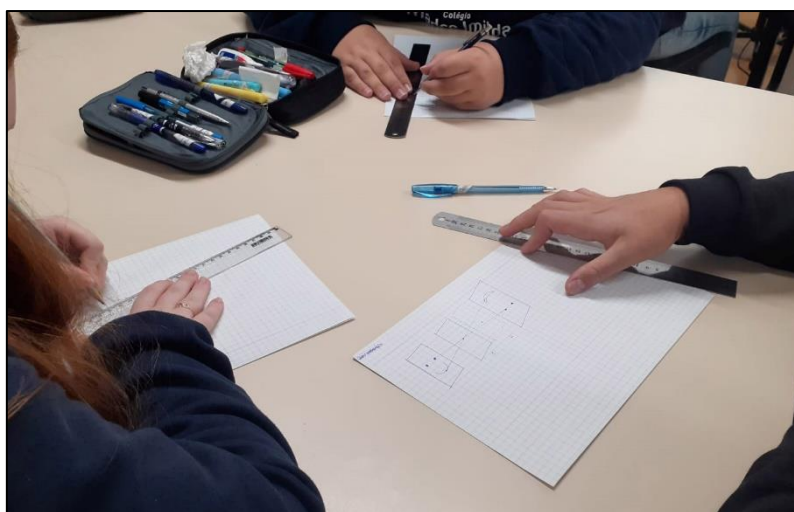


Figura 4: Estudantes em ação completando a figura, incluindo o raio que passa pelo orifício, vindo do ponto inferior. A parte inferior da figura permite prever o tamanho menor da imagem quando a lâmpada é afastada.

Em seguida, distribui-se papel quadriculado e régua aos alunos, que são instruídos a reproduzir o desenho proposto acima, completando-o em seguida, por eles mesmos, com o traçado do raio que vem do ponto situado na parte inferior, como na Figura 4. Nesse ponto, a reação dos estudantes será – muito provavelmente – imediata: *“ah, agora entendi porque inverte!”* Cabe aqui mais um alerta ao leitor que se dispuser a implementar essa atividade: é importante que o desenho seja feito com régua; adicionalmente, deve-se destacar que os raios passem precisamente no orifício, sob

pena de que as previsões obtidas a partir desse “cálculo” geométrico sejam pobres, ou mesmo falsas.

Outra questão a explorar, frequentemente referida pelos estudantes: *e se a caixa com a lâmpada for afastada?* Antes de afastar a lâmpada para “ver o que acontece”, é essencial que os alunos expressem suas expectativas. Seria deveras simples afastar a caixa e ver o que acontece com a imagem, e isso deve ser feito. Mas – e esse é um aspecto crucial, que dá a essa atividade o pretendido caráter exploratório – isso deve ser feito apenas depois de os alunos terem manifestado suas expectativas.

Os estudantes – diversos deles – previram que ocorreria um aumento do tamanho da imagem; uma possível explicação para essa resposta seria a de que os estudantes já viveram a experiência do aumento da imagem projetada quando um retroprojetor ou um projetor multimídia é afastado da tela. Mas essa experiência prévia, tenha a origem que tiver, é enganosa no caso da câmara escura, como os estudantes tiveram a oportunidade de perceber. Neste ponto da atividade, um novo traçado de raios pode ser proposto, desta vez envolvendo duas construções geométricas. Numa delas, a lâmpada está relativamente perto da câmara escura, e na outra, mais distante, o que acarreta uma imagem de dimensões menores.

Uma observação relevante nesse momento é a de instruir os estudantes para que, no traçado de raios, desenhem a segunda câmara escura com as mesmas dimensões da primeira, salvo que, dessa vez, a lâmpada, também desenhada com aproximadamente o mesmo tamanho, estará mais afastada. Dessa forma, comparações entre as duas situações serão possíveis. Apenas após feitas as previsões (sempre pelos estudantes), a caixa com a lâmpada pode ser afastada (mais uma sugestão aos potenciais futuros executores dessa atividade exploratória: como a sala estará escurecida, é aconselhado organizar os estudantes em frente à caixa da câmara escura com as luzes acesas, e em seguida, após escurecida a sala, efetuar o afastamento da lâmpada da caixa. Com essa providência, são evitados deslocamentos dos estudantes no escuro, que seriam acompanhados de inevitáveis encontrões em cadeiras e mesas.).

O leitor imaginará facilmente a reação dos estudantes: *“viu? Eu falei que diminuiria!”*, pontificou um dos presentes, em uma das oficinas. Também é importante destacar que, antes da construção do traçado de raios proposto pela professora - pesquisadora, alguns estudantes já intuía que a imagem iria diminuir, e defendiam essa possibilidade. Depois de feito o traçado de raios, estabeleceu-se um consenso, entre todos os estudantes, pelo qual, sim, a imagem teria que diminuir. Esse foi um momento especialmente rico da atividade: o experimento foi primeiro representado, com lápis, régua e papel. Os estudantes exerceram por um momento, e autenticamente, a faculdade de prever o que iria acontecer. Então, a confirmação da diminuição da imagem foi um momento de satisfação, no qual as previsões feitas (e argumentadas, através do traçado de raios) de fato se concretizaram. Assim, nessa sequência de ações da atividade exploratória, estabeleceu-se um diálogo entre estudantes e professor que possibilitou, de forma progressiva, a ocorrência da diferenciação e da reconciliação integrativa, possibilitando assim a construção de um conhecimento estável e refinado.

Em outras ocasiões, em encontros realizados com diferentes estudantes, a reação destes sempre foi muito favorável a essa possibilidade de teorizar primeiro, testar empiricamente depois; eles invariavelmente se dispunham a efetuar todo o trabalho de

investigação (apresentar hipóteses, desenhar diagramas de raios), antes de efetuar os testes empíricos (afastar a caixa e ver o que ocorre com a imagem, por exemplo).

Para não alongar excessivamente, não faremos o relato detalhado de outros momentos pedagógicos relevantes nesta atividade. Mas, como inspiração aos leitores, mencionaremos diversas outras questões, todas sugeridas por diferentes estudantes, que são passíveis de teorizações prévias e posteriores testes empíricos, facilmente executáveis. *E se o orifício for grande?* Os estudantes percebem rapidamente que, agora, “mais de um raio passará por ele”; a imagem que corresponde a um ponto da lâmpada corresponderá a um borrão na tela. Ela será mais luminosa (passam mais raios pelo orifício), mas menos nítida (a um ponto no objeto corresponde um borrão, maior, na imagem).

Deixaremos para o leitor explorar outras possibilidades: e se for feito mais de um orifício? O que determina a nitidez da imagem? E se a caixa da câmara escura for mais comprida? Mais curta? Ocorre inversão lateral da imagem (esquerda pela direita)? O orifício precisa ser redondo? A lista de questões possíveis é de fato bastante extensa.

Considerações Finais

O que o aluno aprende, precisamente, após uma oficina, nos moldes da que é aqui proposta? Pode ser tentada aqui uma metáfora, no campo do esporte. Uma atividade física não garantirá, por exemplo, que o participante saia dela podendo afirmar que aprendeu a jogar futebol. Mas esta atividade (e mais todas as outras anteriores, bem entendido) certamente o auxiliará a jogar melhor, ele estará numa forma física mais adequada, raciocinará mais rápido, melhorará o entrosamento com seus colegas, terá à sua disposição (se tudo correr bem) um ambiente propício ao seu crescimento, em especial pelo fato de lhe permitir experimentar, errar, acertar.

Passando do campo da metáfora para o ambiente da escola, sim, o estudante pode afirmar que foi apresentado à possibilidade de refinar sua forma de pensar, ele estará mentalmente mais ágil, melhorará sua interlocução com os colegas (afinal, eles postularam e resolveram problemas, em boa parte da oficina, de forma coletiva), e por esta (mas não apenas por esta) razão ele passou a conhecer melhor a forma de pensar de seus colegas, a maneira pela qual eles se expressam, e assim por diante. Então, sintetizando, os resultados esperados para esta oficina dizem mais respeito à atitude do estudante frente a um problema de caráter científico, do que a um conteúdo específico.

Cabe também destacar outras formas de conceber o fenômeno “luz”, que foram expostas pelos estudantes: ondas e fóton, no caso desse trabalho. É uma excelente ocasião para relatar aos estudantes que essas formas de conceber a luz (ondas, raios, fóton, ver quadro 1) surgiram em momentos diferentes da história de Ciência, e estão usualmente associadas a cientistas, alguns deles muito conhecidos (propagação retilínea da luz e Newton, luz como onda e Huygens, os fótons de luz e Einstein). Os estudantes ficam em geral surpresos ao saber que, em páginas iniciais de um determinado livro de Física, a luz é descrita como uma onda. Mais adiante, no mesmo livro, a luz é descrita como ... composta de fótons! E, o mais curioso para eles, é ouvir que não há erro ou incoerência, o que há são duas teorias, cada uma com seu campo de abrangência. De acordo, a luz é composta de fótons, esta é uma visão mais moderna do fenômeno. Mas é também indiscutível que, em alguns casos, fica muito mais simples explicarmos o que queremos por meio da visão ondulatória da luz. No caso desta oficina,

tal como o fez Newton, adotamos uma visão ainda mais distante, em termos de história da Ciência: a luz como sendo composta de partículas, propagando-se em linha reta. E conseguimos belas respostas, não é? Uma linha do tempo associada a essas três formas de conceber a luz pode ser encontrada em Oliveira (2017, p. 50) e também em Oliveira; Giovannini, Catelli (2017).

Os alunos fizeram recorrentes menções aos olhos e à visão. Um estudante perguntou se o olho humano se comportava como uma câmara escura. A resposta negativa foi acompanhada de uma promessa, feita pelo professor, de que o tema “lentes” seria estudado em encontros seguintes.

Formular perguntas, hipóteses, previsões, também resgata - em parte - o fazer do cientista. E nesse aspecto, uma avaliação do processo pode ser feita a partir da quantidade e qualidade das perguntas e hipóteses formuladas pelos alunos. Para não alongar excessivamente este texto, não incluiremos aqui as variadas respostas produzidas pelos estudantes, nem todas as estratégias investigativas que se desenvolveram durante o encontro; apresentaremos a seguir apenas um exemplo ilustrativo da exploração de uma dessas perguntas.

Retomando, agora com um pouco mais de detalhe, a discussão sobre o que ocorreria se a lâmpada fosse afastada da câmara escura, a maior parte dos estudantes previu que o tamanho da imagem aumentaria. Entretanto, alguns poucos estudantes asseveraram que a imagem deveria diminuir, mas não conseguiram argumentar (naquele momento) a causa dessa diminuição. (Nenhum estudante antecipou que a imagem ficaria do mesmo tamanho). Depois de terem retomado seus diagramas, conforme descrito acima, todos os estudantes, sem exceção, passaram a afirmar que a imagem deveria diminuir de tamanho, se a lâmpada fosse afastada. Essa é uma avaliação importante da eficácia da atividade exploratória: os estudantes formularam uma pergunta (a imagem aumenta, diminui, fica igual?), e produziram uma resposta, a partir do traçado de diagramas de raios. O leitor notará que essa resposta, elaborada após o traçado de raios, não confirmava a hipótese preliminar de muitos dos alunos, o que indica que alguma coisa nova surgiu no processo.

Um aspecto adicional a destacar, a respeito do caso descrito acima, é o de que os estudantes tinham uma resposta, eles sabiam que a imagem deveria diminuir. Mas como eles mesmos gostam de dizer, tratava-se de uma resposta *teórica*. O professor pode pontuar, nesse momento, que uma resposta teórica também configura uma exploração, mesmo que limitada ao campo virtual do papel e lápis. Mas, nesse caso (o leitor notará que a afirmação a seguir não é generalizável) é possível criar um contexto experimental no qual o efeito previsto pode ser executado, observado e avaliado. Agora, temos um procedimento tipicamente empírico, no qual um procedimento de experimentação é projetado e realizado. Como já relatado mais acima, isso se concretiza no momento em que os estudantes se posicionam em frente à câmara escura e visualizam a imagem, enquanto o professor afasta lentamente a lâmpada. É empolgante testemunhar a reação dos alunos, ao constatarem a pertinência da previsão feita por eles, por meio do traçado de raios (a Figura 4 contém um desses desenhos). Esse, então, é mais um aspecto que permite qualificar positivamente a exploração realizada na promoção da aprendizagem significativa.

Por fim, uma premissa importante emprestada da epistemologia é a de que resultados de experimentos não configuram automaticamente nenhuma prova da veracidade do que está sendo explorado. Tanto que, no final de algumas das oficinas propostas, uma atividade foi propositalmente introduzida com o objetivo precípua de destacar que *experimentos não são provas*. Trata-se da observação da chama de uma vela através de uma fenda estreita: abrem-se novas possibilidades (não exploradas neste relato), e os estudantes aprendem que uma teoria pode funcionar, eventualmente muito bem, mas fatalmente atingirá em algum momento sua fronteira de validade. Incluiríamos essa possibilidade também como uma avaliação positiva da exploração aqui proposta.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 2, 2013.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, n. 2, 2003.

AUSUBEL, D. P. Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

AUSUBEL, D. P. Educational Psychology: a cognitive View. Nova York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Psicologia educacional. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BECKER, F. Educação e construção do conhecimento, 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2012.

BONWELL, C. C.; EISON, J. A. Active Learning: Creating Excitement in the Classroom, School of Education and Human Development, Washington, 1991.

DEBOM, C. Representações da astronomia. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2017.

ELMÔR FILHO, G.; SAUER, L. S.; ALMEIDA, N. N. DE; VILLAS-BOAS, V. Uma Nova Sala de Aula é Possível. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

ESPÍNDOLA, K.; MOREIRA, M. A. A estratégia dos projetos didáticos no ensino de Física na educação de jovens e adultos (EJA). Textos de Apoio ao Professor de Física, v.17 n.2. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2006. Acesso em 31 jan., 2023, https://www.if.ufrgs.br/tapf/v17n2_Espindola_Moreira.pdf

GASPAR, A. Atividades Experimentais no Ensino de Física. Uma nova Visão Baseada na Teoria de Vigotski. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

KZERSKI, H. (2018). Tempestade numa xícara de chá. A Física do dia a dia. Rio de Janeiro: Record.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 24 n. 6. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013. Acesso em 31 jan., 2023, http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n6_moreira.pdf

- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- MORO, F. T.; NEIDE, I. G.; REHFELDT, M. J. H. Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no ensino médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 987-1008, dez. 2016.
- NOVAK, J. D. Apreender, criar e utilizar o conhecimento: Mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas. Lisboa: Plátano Edições técnicas, 1998.
- NOVAK, J. A demanda de um sonho: a educação pode ser melhorada. In J. MINTZES, J. WANDERSEE & J. NOVAK (Eds.) Ensinando Ciências para a Compreensão - uma visão construtivista (pp. 22-43). Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.
- OLIVEIRA, S. F. Aprendizagem Potencialmente Significativa de Óptica Geométrica. Dissertação de Mestrado, Caxias do Sul: PPGECiMa - Universidade de Caxias do Sul, 2017. Acesso em 31 jan., 2023, <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/3323>
- OLIVEIRA, R.; CAMILETTI, G. A utilização de um material instrucional elaborado com base na aprendizagem significativa: uma introdução ao movimento dos corpos. Experiências em Ensino de Ciências, V.13, No.1, 2018.
- OLIVEIRA, S. F.; CATELLI, F.; GIOVANNINI, O. Espectrômetro amador: quantificando comprimentos de onda. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, V. 24, no. 3, 2017.
- OLIVEIRA, T. E.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Sala de aula invertida (Flipped classroom). Inovando as aulas de Física. Física na Escola, v. 14, n. 2, 2016.
- OLIVEIRA, V.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 32, n. 1, 2015.
- PULLIN, E. M. M. P. & PRYJMA, L. C. Representações sociais da leitura: núcleo central e periferia dessas representações entre professores. Práxis Educativa, v. 6, n. 2, p. 207, jul. – dez. 2011.
- SILVEIRA, F. L. & AXT, R. O eclipse solar e as imagens do sol observadas no chão ou numa parede. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 24, n. 3: p. 353-359, dez. 2007.
- ZUCONELLI, C. R.; MACHADO, A. T. P.; ZUCONELLI, A. A.; MARTINI, V. P. & CAMPOS, S. X. Utilização da Aprendizagem Significativa para o ensino da função orgânica álcool. Experiências em Ensino de Ciências V.13, No.4, 2018.