



A EXPERIMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA COMO VÉRTICE DO ESTUDO DE QUÍMICA, FÍSICA E ARTE

PHOTOGRAPHIC EXPERIMENTATION AS A VERTEX OF THE CHEMISTRY, PHYSICS AND ART STUDY

Rafael Schultz Myczkowski  

Instituto Federal do Paraná (IFPR)

✉ rafael.myczkowski@ifpr.edu.br

Ismael de Lima  

Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul)

✉ ismaellima@ifsul.edu.br

Claudia Wollmann Carvalho  

Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul)

Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

✉ claudiacarvalho@ifsul.edu.br

Wemerson de Castro Oliveira  

Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul)

✉ wemersoncastro@ifsul.edu.br

Ana Maria Geller  

Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul)

✉ anageller@ifsul.edu.br

RESUMO: A educação contemporânea traz como desafio proporcionar aos estudantes um olhar articulado entre os diversos campos do saber, visando à sua formação como cidadão e sua inserção no mundo do trabalho. Nessa perspectiva, este artigo utiliza a oficina como metodologia para integrar a química, a física e a arte, introduzindo no ensino e na aprendizagem o prazer da produção autoral e poética, atrelada aos primórdios da tecnologia fotográfica. O processo foi desenvolvido numa escola técnica com estudantes do ensino médio integrado e abrangeu as seguintes etapas: (a) explanação teórica geral; (b) montagem da câmara *pinhole* e explanação sobre formação da imagem e nitidez; (c) caracterização a partir do personagem escolhido pelo estudante e processo poético fotográfico; (d) processo de revelação; (e) exposição fotográfica e recepção dos visitantes. A realização das oficinas de fotografia possibilitou desvendar um tipo de aparelho e a própria técnica fotográfica, os fenômenos físicos da luz e o processo de oxidação/redução envolvidos tanto na película fotográfica quanto na sua revelação. A imersão dos participantes no processo despertou interesse nas poéticas fotográficas, ampliando o conhecimento crítico sobre as imagens e oportunizando o protagonismo criativo. A arte, no contexto da química e da física, evoca a criatividade e intensifica o desenvolvimento cognitivo, emocional e psicomotor, além de ampliar a compreensão do mundo pela descoberta de diferentes culturas, relacionando-se com as próprias condições pessoais e sociais dos alunos. A metodologia proposta, influenciada por essas questões, manteve-se aberta a interferências e sugestões, acreditando-se no crescimento orgânico e participativo do conhecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Câmara *pinhole*. Interdisciplinaridade. Processo criativo.

ABSTRACT: The challenge of contemporary education is to provide students an articulated view throughout the different fields of knowledge, aiming at their formation as citizens and their insertion in the labour market. In this perspective, we use the workshop as a methodology to integrate the subjects such as

chemistry, physics and arts, introducing in teaching and learning the pleasure of authorial and poetic production, linked to the beginnings of photographic technology. The process was developed in a technical school with integrated high school students and covered the following stages: (a) general theoretical explanation; (b) assembly of the pinhole camera and explanation about the image formation and its sharpness; (c) characterization based on the character chosen by the student and the photographic poetic process; (d) photographic processing; and (e) photographic exhibition and reception of visitors. The realization of photography workshops made it possible to unveil a type of device and the photographic technique itself, the physical phenomena of light and the oxidation/reduction process involved in both the photographic film and the photographic technique itself in its revelation. The immersion of the participants in the process aroused interest in photographic poetics, expanding the critical knowledge about the images and providing opportunities for creative protagonism. Art in the context of chemistry and physics evokes creativity and enhances cognitive, emotional and psychomotor development, in addition to broadening the understanding of the world through the discovery of different cultures, relating to the students' own personal and social conditions. The proposed methodology, influenced by these issues, remained open to interference and suggestions, relying on the organic and participatory growth of knowledge.

KEY WORDS: Pinhole camera. Interdisciplinarity. Creative process.

Introdução

Na sociedade contemporânea, as relações de trabalho, a participação social e política, a vida familiar e comunitária e a cultura trazem desafios tanto para a educação no contexto mundial como para a educação no contexto brasileiro. Constantemente, busca-se pela formação de cidadãos capazes de assumir uma postura autônoma, crítica e criativa frente aos desafios, pautados por atitudes e valores éticos, para conviver democraticamente em sociedade. Para tanto, faz-se necessário que o indivíduo tenha acesso, quando possível, a uma fundamentação teórica aliada à prática, superando visões dicotômicas e hierárquicas. Acredita-se que a partir dessa compreensão, além dos ganhos sociais e pessoais do educando, lhe será permitida a inserção no mundo do trabalho, porque ele compreenderá seu funcionamento, contribuindo para uma sociedade mais humana e de responsabilidade social e ecológica. Essa ideia é reforçada por meio do conceito de alfabetização científica, que visa fornecer as habilidades importantes ao estudante, de modo que este venha a ter a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; a compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; e a compreensão das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (Sasseron & Carvalho, 2011).

Diretamente relacionado a essas questões, este artigo relata a experiência vivida numa escola técnica de nível médio, na qual se pretendeu utilizar a fotografia analógica como vértice da inter-relação entre arte, química e física, através da metodologia de oficinas. Segundo Rosa e Rossi (2008) e Ministério da Educação (2006), a busca por novas metodologias e estratégias de ensino é ainda um desafio para os professores, pois essas precisam ser acessíveis, modernas e de baixo custo. A arte, já em seu bojo criativo, dispõe de certa autonomia para a proposição, a modificação e a testagem de metodologias que partem do pressuposto da criação artística e poética. A presente proposta partiu, então, de oficinas de práticas artísticas, buscando o retorno às técnicas fotográficas alternativas na produção de trabalhos em arte, identificando uma possibilidade de resposta à hiperprodução de imagens digitais na contemporaneidade. Também foi percebida a possibilidade de ampliar o ensino de química e física com o desenvolvimento de uma proposta que integrasse tecnologia, engenharia, arte e design e matemática, ou seja, o currículo STEAM (do inglês *Science, Technology, Engineering, Arts & Design and Mathematics*), criado nos Estados Unidos na década de 1990 (Lorenzin, Assumpção & Bizerra, 2018) e inspirado no movimento *Maker*, “que está associado a ideia de criar, construir, fazer, remete àquele que faz algo, que coloca a ‘mão na massa’, pode ser entendido como uma extensão da cultura ‘Faça Você Mesmo’ (Do It Yourself)”, explica Mannrich (2019, p. 2). O autor ainda afirma que esse movimento envolve comunidades dispostas a compartilhar suas descobertas e colaborar com outros.

A inclusão da arte nesse tipo de proposta objetiva melhorar o senso estético e crítico, tornando a lógica das ciências e da matemática mais humana, num ambiente inspirador e facilitador em que o estudante tem a oportunidade de vivenciar situações e problemas de forma criativa sem perder o foco investigativo (Garofalo, 2019). Em outras palavras, ao relacionar a informação com sua experiência de vida ou realidade, o estudante atribui significado à aprendizagem e passa a relacionar a informação a um aspecto relevante já existente na sua estrutura cognitiva (Camargo, 2018). Assim, o aprendizado ativo mescla duas ideias relacionadas: o ensino personalizado ou individualizado e a aprendizagem baseada na competência ou no domínio (Horn & Staker, 2015).

A partir do campo de investigação, a abordagem da metodologia científica deste trabalho consistiu no intermédio de oficinas de fundamentos da fotografia, utilizando câmaras analógicas *pinhole* e um processo alternativo de revelação analógica. O trabalho, pautado por uma proposta de produção poética relacionada a personagens da história da fotografia — entre eles artistas, químicos e físicos —, teve como resultado imagens que evidenciam o potencial de ampliação do conhecimento pela integração entre diferentes áreas em perspectiva crítica e colaborativa.

Vinculação do projeto com a BNCC e o ensino médio técnico integrado

A organização conceitual deste projeto corresponde às diretrizes apresentadas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e às bases do ensino médio técnico integrado. A BNCC, homologada pelo Ministério da Educação em dezembro de 2018, é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da educação básica no Brasil. Para tanto, a BNCC utiliza-se deste conceito de competência: “[...] a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (Ministério da Educação, 2018, p. 8). Baseada nisso, a proposta aqui apresentada considerou trabalhar com o pensamento STEAM por este estar em consonância com as competências previstas na BNCC, possuindo como foco o desenvolvimento de habilidades essenciais ao século XXI (Garofalo, 2020), conforme o Quadro 1:

Quadro 1: A importância do STEAM no contexto escolar.

10 Competências BNCC	Atuação STEAM
Conhecimento	Compreender ações para atuar e colaborar com a sociedade
Pensamento científico, crítico e criativo	Investigar, elaborar e testar hipóteses e resolver problemas
Repertório cultural	Valorizar e participar de diferentes práticas culturais
Comunicação	Utilizar diferentes linguagens e áreas do conhecimento
Cultura digital	Usar tecnologias digitais de forma crítica, responsivo e ética
Trabalho e projeto de vida	Compreender o mundo e exercer autonomia e cidadania
Argumentação	Argumentar com base nos fatos e informações
Autoconhecimento e autocuidado	Compreender a diversidade humana e atuar nela
Empatia e cooperação	Exercer diálogo, cooperação, resolução de conflitos e desenvolvimento socioemocional
Responsabilidade e cidadania	Tomar decisões individuais e coletivas, com princípios éticos, democráticos e sustentáveis

Fonte: Garofalo (2020).

Contudo, é preciso considerar que mesmo que as competências sejam comuns para todo o país, a BNCC destaca que o currículo deve considerar e saber respeitar as diversidades regional, estadual e local. Dessa forma, tem-se a orientação para um processo educativo integral, ou seja, comprometido com a “construção intencional de processos que promovam aprendizagens sintonizadas com as necessidades, as possibilidades e os interesses dos estudantes e, também, com os desafios da sociedade contemporânea” (Ministério da Educação, 2018, p. 14). Tal processo propõe a superação da fragmentação radical do conhecimento por meio das disciplinas e estimula a realização do processo de aprendizagem aplicado à vida real, contextualizado e capaz de possibilitar ao estudante ser protagonista tanto em sua aprendizagem quanto na construção de seu projeto de vida.

Os cursos técnicos de nível médio na modalidade integrada, ofertados no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), câmpus Lajeado, em consonância com o Projeto Pedagógico Institucional (PDI), possuem o “compromisso de empreender esforço coletivo para construir uma escola pública comprometida com a sociedade e com a formação geral do educando, priorizando uma formação que visa combinação do ensino de ciências naturais, humanidades e educação profissional e tecnológica” (IFSul, 2014, p. 29). Para tanto, conforme os planos pedagógicos de cada curso, os processos de ensino e de aprendizagem precisam

contemplar estratégias problematizadoras, tratando os conceitos da área técnica específica e demais saberes atrelados à formação geral do estudante, de forma contextualizada e interdisciplinar, vinculando-os permanentemente às suas dimensões do trabalho em seus cenários profissionais (IFSul, 2018, p. 10).

No sentido de uma formação global e interdisciplinar, a partir dos preceitos da formação técnica característica dos institutos federais, este projeto proporciona aos estudantes a descontinuidade no ato fotográfico contemporâneo, contrapondo um mundo mediado pela imagem e abrindo margem para a sua problematização. Compreender o processo prático, a organização do trabalho, os processos criativos e a perspectiva histórica pode ser uma contribuição para uma formação que transcenda os conteúdos específicos e eduque os sujeitos para uma existência cidadã com consciência crítica, criativa e aberta à colaboração.

Oficinas: promovendo autonomia e interdisciplinaridade

A escolha metodológica e organizacional deste trabalho atendeu a objetivos específicos. Na escola, a promoção da autonomia faz-se por intermédio de atividades de aprendizagem que possibilitem o envolvimento pessoal, que apresentem baixa pressão e alta flexibilidade em sua execução e, ainda, que proporcionem percepção de liberdade psicológica e de escolha. Quando o professor assume o papel de promotor da autonomia, ele passa a adotar comportamentos diferenciados em suas interações com os estudantes, como ouvir com maior frequência do que no ensino tradicional, permitir que os estudantes tratem de modo pessoal os materiais e ideias, assumir com empatia o ponto de vista dos estudantes, promover um maior encorajamento de iniciativas e usar de linguagem informacional, além de ser paciente com os diferentes ritmos de aprendizagem (Berbel, 2011). Segundo o mesmo autor, as ferramentas que estimulam tal tipo de relação de aprendizagem são as chamadas metodologias ativas.

As metodologias ativas baseiam-se em formas de desenvolver o processo de aprender, utilizando experiências reais ou simuladas, visando às condições de solucionar, com sucesso, desafios advindos das

atividades essenciais da prática social, em diferentes contextos (Berbel, 2011, p. 29).

Quando consideramos a necessidade de transformar aulas em experiências e desenvolver a autonomia, faz-se necessário buscar metodologias pedagógicas que proporcionem tais situações de aprendizagem. Nesse sentido, a oficina é caracterizada “como uma estratégia do fazer pedagógico em que o espaço de construção e reconstrução do conhecimento são as principais ênfases, [...] favorecido pela forma horizontal em que a relação humana se dá” (Anastasiou & Alves, 2009). A proposição metodológica oficina também representa um local onde se busca a resolução de problemas a partir dos conhecimentos práticos e teóricos, sob a orientação de um especialista. Requer trabalho em equipe, ação e reflexão (Anastasiou & Alves, 2009; Muenchen & Delizoicov, 2012).

Segundo Marcondes (2008), é característica pedagógica de uma oficina a utilização de vivências e fatos do dia a dia para organizar o conhecimento e promover aprendizagens, contextualização e experimentação — em outras palavras, a participação ativa do estudante. As operações de pensamento predominantes vivenciadas em uma oficina são obtenção e organização de dados, interpretação, aplicação de fatos e princípios a novas situações, decisão, planejamento de projetos de pesquisa e resumo (Anastasiou & Alves, 2009).

O desenvolvimento da oficina dá-se numa sequência que considera três momentos pedagógicos: a problematização, a organização e a aplicação do conhecimento (Muenchen & Delizoicov, 2012). Dessa forma, pode-se dizer que as categorias da construção do conhecimento determinantes na estratégia oficina são a significação, que visa estabelecer vínculos e nexos do conteúdo com o interesse e a prática social do estudante, e a práxis, que promove a ação do sujeito sobre o objeto a ser conhecido (Vasconcellos, 1994; Anastasiou & Alves, 2009).

Para o ensino de ciências interdisciplinar, cenário desta proposta, as ações práticas refletem concepções dos professores, tanto em termos dos conteúdos que foram abordados quanto em termos das metodologias para a concretização dos processos de ensino e aprendizagem. A interdisciplinaridade visa superar a fragmentação do conhecimento, por isso é necessário um panorama para estabelecer a coerência na articulação do conhecimento (Lück, 1994), além de ter como objetivo, por meio da prática e da vivência diária, proporcionar aos estudantes conhecimentos através da experimentação prática e da experiência adquirida, em trabalhos organizados de forma coletiva no ambiente escolar (Gadotti, 2000). Para Fazenda (2011, p. 34), a interdisciplinaridade “consiste num trabalho em comum tendo em vista a interação das disciplinas científicas, de seus conceitos e diretrizes, de sua metodologia, de seus procedimentos, de seus dados e da organização de seu ensino”. Já para Japiassu (1976, p. 74), “caracteriza-se pela intensidade das trocas entre os especialistas e pelo grau de integração real das disciplinas no interior de um mesmo projeto de pesquisa”, o que é claramente representado nesta proposta através das oficinas interativas e construtivas.

Fazenda (2005) aponta que a interdisciplinaridade é uma mudança de atitude na maneira de conceber, compreender e entender o conhecimento. Por considerar uma mudança de atitude, percebe a arte como um polo dinamizador do currículo, tendo como mérito a possibilidade de uma relação de ensino e aprendizagem significativa. Em uma outra obra, a autora destaca que, além dos resultados da prática interdisciplinar, é importante compreender o sentido e o significado das ações que envolvem não só o autor, mas também, principalmente, os atores desse processo (Fazenda, 2011). Considerando essa temática, o pensar e o praticar das oficinas envolveram todos os componentes curriculares integrantes da proposta (artes, química e física),

tendo como primícias a igualdade de importância de cada um deles, mesmo sendo estudados de maneira fragmentada, com o objetivo de “favorecer novas formas de aproximação da realidade e novas leituras das dimensões socioculturais das comunidades humanas” (Fazenda, 2011, p. 22).

Tradicionalmente, química e física são disciplinas chamadas “duras”, e os livros didáticos são limitados a termos conceituais, por apresentarem os conteúdos de forma sequencial, muitas vezes desconectados do contexto histórico e dos processos investigativos inerentes à construção do conhecimento científico. Como consequência, na prática escolar, os currículos mantêm-se embasados pelo viés empirista e descritivo de tal forma que acabam perdendo a dimensão da evolução dos conhecimentos, reduzindo as múltiplas dimensões presentes nas situações educativas (Lorenzin, Assumpção & Bizerra, 2018). Assim, é papel do professor desenvolver estratégias de ampliação da percepção do conhecimento, possibilitando uma visão macroscópica de mundo. No decorrer do desenvolvimento das oficinas, o professor também pode considerar as concepções alternativas e os modelos de senso comum dos estudantes e, dessa forma, possibilitar uma nova construção de modelos mentais mais elaborados e enriquecidos pelo conhecimento desenvolvido ao longo da realização das atividades, tanto de teoria como de processo (Melo & Lima-Neto, 2013).

Problematização: o que o imediatismo da imagem esconde?

Historicamente, a fotografia tornou-se acessível de forma progressiva, e essa transformação esteve relacionada ao seu desenvolvimento tecnológico. Seu surgimento e seu desenvolvimento alteraram os rumos da arte, da ciência, da sociedade e da nossa relação com a imagem e, conseqüentemente, com o real. Se por um lado a pintura perdeu terreno economicamente com a popularização da fotografia, ainda no século XIX, por outro foi emancipada de suas obrigações, abrindo-se a um vasto campo de experimentações e descobertas. Não obstante, apesar de a técnica fotográfica ser — durante seus mais de 180 anos — um campo aberto a experimentações, observa-se um fenômeno singular na contemporaneidade.

Atualmente, com a popularização da fotografia digital e do acesso a dispositivos móveis como *smartphones*, está sendo vivenciada uma aceleração na produção e na disseminação de imagens. Contudo, também houve a retomada do uso de técnicas fotográficas artesanais por artistas e não artistas, em grande parte fruto da emancipação proporcionada pela especialização dos processos fotográficos digitais que vieram a suprir, com mais eficiência e economia, suas funções originais. Todavia, o ato de eternizar uma imagem por meio de processos fotográficos analógicos contrapõe a naturalização do ato fotográfico na contemporaneidade, ou seja, desacelera a produção de imagens, dando margem para o pensamento, para o inesperado e para a busca de sentido das imagens criadas. Também proporciona uma melhor compreensão dos processos físico e químico da fotografia, respondendo, assim, ao imediatismo da imagem digital, uma vez que se torna necessário, muitas vezes, conhecer a história desses processos e seus procedimentos. O ato de desvendar o interior da câmera, para Flusser (1985), seria um ato de rebeldia na tentativa de emancipação do ser humano, uma tentativa de superar a alienação imposta pelo “programa do aparelho”. Neste trabalho, introduziu-se no ensino e na aprendizagem interdisciplinares o prazer da produção autoral e poética, atrelada aos primórdios da tecnologia fotográfica.

Organização e aplicação do conhecimento: passo a passo

As oficinas foram realizadas no IFSul, câmpus Lajeado, oferecidas para as turmas do 1º ano de ensino técnico integrado do curso de Automação Industrial. Por ser uma atividade em

contraturno, somente alguns estudantes tiveram disponibilidade para participar. Ao todo, nas oficinas, foram 17 estudantes envolvidos, divididos em 6 grupos (2 atendidos no turno da manhã e 4 grupos no turno da tarde) formados livremente pelos estudantes por critério de afinidade. Em termos de aspectos éticos, a proposta da oficina foi submetida à direção e estava de acordo com a proposta pedagógica institucional. Os dados individuais dos envolvidos foram preservados, não sendo realizado qualquer tipo de identificação. Cabe ressaltar que no momento da matrícula o responsável legal pelo estudante assina um termo de concessão de imagem para fins de atividades promovidas na instituição. O processo todo abrangeu as seguintes etapas: (a) explanação teórica geral; (b) montagem da câmera e explanação sobre formação da imagem e nitidez; (c) caracterização a partir do personagem escolhido pelo estudante e processo poético fotográfico; (d) processo de revelação; e (e) exposição fotográfica e recepção dos visitantes.

Conhecimento teórico: o saber além da prática

Iniciou-se com uma breve apresentação expositiva dialogada aos estudantes envolvidos por meio da apresentação de *slides* intitulada “DA FOTO AO QUÍMICO: a experimentação fotográfica como vértice no estudo de química, física e arte” (Figura 1). O objetivo foi resgatar os principais nomes da arte, da química e da física envolvidos no desenvolvimento da técnica fotográfica analógica e enfatizar um processo alternativo de revelação. Para a compreensão do processo de revelação, fez-se um resgate histórico com informações de como iniciaram as pesquisas fotográficas, além da elucidação de termos técnicos utilizados e dos fenômenos químicos que ocorrem nas superfícies fotossensíveis, bem como as reações químicas envolvidas no processo. A partir do entendimento de que a revelação consiste em um processo químico que transforma a imagem latente registrada no filme fotográfico em imagem visível, as cinco etapas do processo foram apresentadas aos estudantes.

Figura 1: Material pedagógico utilizado na explanação teórica

Fonte: Autores (2019).

Câmara escura ou *pinhole*: preparando o instrumento de trabalho

A câmara escura com orifício, também conhecida como *pinhole*, é um aparato simples que remete aos primórdios da fotografia, de fácil construção e entendimento, sendo por isso utilizada frequentemente como exemplo de aplicação dos princípios da Óptica Geométrica na maioria dos livros de física de ensino médio. Esse tipo de câmara, cuja tradução literal é “buraco de alfinete”, foi construída por meio de um processo recorrente para essa prática, a partir do reaproveitamento de latas de produtos industriais, caixas de madeira e caixas de papelão. Cada grupo de estudantes pôde escolher a base da câmara considerando as necessidades técnicas do processo fotográfico. Por sua vez, a vedação da estrutura interna dos objetos constituiu-se basicamente com o uso de EVA preto e tinta *spray* preta fosca para a pigmentação (Figura 2).

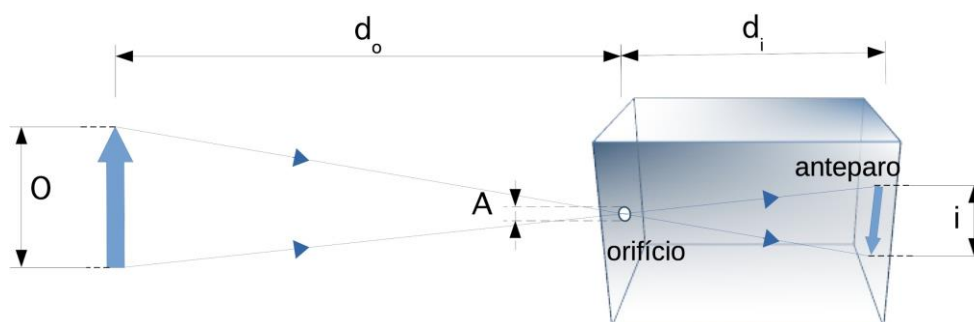
Figura 2: Construção da câmara *pinhole* pelos estudantes



Fonte: Autores.

Quanto mais escuro e fosco o interior das câmaras, melhores serão os resultados obtidos, visto que a penetração de luz externa, para além daquela permitida pelo orifício aberto com o alfinete, comprometeria a qualidade da imagem. Outra questão fundamental foi o cálculo das dimensões da abertura de luz para sua confecção (Figura 3), a qual foi feita com auxílio de um alfinete — por um processo de aproximação, já que não havia ferramentas de precisão. Isso exigiu que os estudantes se apropriassem dos conceitos da física para relacionar a distância focal da câmara com o tamanho da abertura (Quadro 2). Tal relação é importante, pois altera a qualidade da imagem no que se refere ao tempo de exposição, nitidez e foco.

Figura 3: Esquema ilustrativo do processo de captação da imagem numa câmara *pinhole* a partir de dois raios de luz



Fonte: Autores.

A óptica geométrica adota um modelo que considera a propagação de luz através de raios retilíneos e independentes emitidos pelos objetos, sendo capazes de formar imagens reais (aquelas que podem ser projetadas sobre anteparos) ou virtuais (como aquelas normalmente formadas pelos espelhos planos). Pode-se observar, na Figura 3, o comportamento de dois raios de luz que provêm dos extremos de um objeto e atravessam o orifício, projetando-se sobre um anteparo no fundo da câmara escura, formando, assim, uma imagem real e invertida. O tamanho da imagem (i) formada depende basicamente do tamanho do objeto (O) e das distâncias a que o objeto (d_o) e a imagem (d_i) estão do orifício. A nitidez da imagem estará diretamente relacionada ao tamanho do orifício, e este não deverá ser tão grande a ponto de que diversos raios provenientes de um mesmo ponto no objeto atinjam diferentes pontos do anteparo, nem tão pequeno que fenômenos da luz tipicamente ondulatórios (como difração e interferência) ocorram. De fato, d_i será definida pelas dimensões da *pinhole*, e a partir desse comprimento determina-se o diâmetro do orifício circular. Na prática, para se maximizar a nitidez, utiliza-se a equação 1 (Quadro 2) para o diâmetro do orifício.

Um último parâmetro físico importante para a obtenção de fotos nítidas está relacionado ao tempo de exposição, ou seja, o intervalo de tempo durante o qual a película fotográfica — colocada sobre o anteparo — ficará recebendo a luz proveniente dos objetos. A equação 3 (Quadro 2) determina o parâmetro *f-stop*, convenção esta que padroniza valores equivalentes para a abertura do diafragma de diferentes câmaras fotográficas. O valor encontrado pela equação possibilita definir, por aproximação, os parâmetros *f-stop* de determinada câmara *pinhole*, o que viabiliza o uso de fotômetros e quadros para o cálculo de exposição. As fotometragens realizadas no projeto aconteceram por meio de aplicativos de celular emuladores de fotômetros, como o *Light Meter*. Outro procedimento utilizado para o cálculo da exposição com *pinhole* foi o método analógico sistematizado nos discos disponibilizados para impressão no site: www.harmantechnology.com.

Quadro 2: Nome, fórmula e significado dos principais conceitos utilizados na óptica geométrica da câmara *pinhole*.

Nome (número)	Fórmula	Significado
Diâmetro do orifício (1)	$A = \frac{\sqrt{d_i}}{28}$	Determinar o diâmetro (A) ideal do orifício a partir da distância entre orifício e imagem (d_i), que será determinada pelo tamanho da <i>pinhole</i> . Equação deduzida a partir do comprimento de onda médio do espectro visível — cor amarelo/verde, comprimento de onda 550 nm.
Posição do objeto (2)	$d_o = d_i \left(\frac{O}{i} \right)$	Inferir a distância (d_o) máxima a qual deve se posicionar o objeto de tamanho O para que sua imagem sirva no tamanho (i) na película fotográfica.
<i>f-stop</i> (3)	$N = \frac{d_i}{A}$	Convenção fotográfica (N) fundamental para o cálculo de exposição, resultante da relação entre a distância focal (d) da câmara fotográfica (câmeras com ou sem lente) e a abertura do seu diafragma (A). O <i>f-stop</i> trata-se da convenção de abertura do diafragma para diferentes tipos de câmeras.

Fonte: Autores, com base em Worldwide Pinhole Photography (2020).

Adotou-se o cuidado de alertar os estudantes para a fixação do filme de raio x virgem (película fotográfica) no interior da câmara. É essa colocação sobre o anteparo da película sensível à luz e essa administração do intervalo de tempo de incidência dos raios de luz sobre ele que tornam o simples aparato de câmara escura uma câmara fotográfica analógica sem lente. Assim, o ato de

colocar o filme precisou ser feito na sala escura preparada para a revelação. Cabe destacar que a sala escura foi preparada cobrindo-se as janelas e a porta com uma lona plástica preta, reforçando a vedação para luz com fitas nos marcos da porta e das janelas. A luz de emergência foi desligada, de forma que a escuridão era total no ambiente, para que assim os estudantes pudessem, com o auxílio do professor, fazer a inserção da película em suas câmaras.

Cientista químico: eu assim como ele no registro artístico

A partir da pesquisa e da assimilação dos conteúdos relatados anteriormente, seguindo o processo de releitura de retratos de artistas, químicos e físicos relevantes ao desenvolvimento da fotografia, os participantes produziram imagens. Entre as personalidades mais conhecidas no desenvolvimento técnico da fotografia, cada grupo de estudantes teve a liberdade de escolher uma para homenagear. Os eleitos foram Joseph Nicéphore Niépce, inventor francês considerado o autor da primeira fotografia permanente; Frederick Scott Archer, escultor inglês que inventou a emulsão do colódio úmido; William Henry Fox Talbot, escritor e cientista inglês inventor do calótipo; e James Clerk Maxwell, físico e matemático britânico responsável pela primeira fotografia colorida. O trabalho demandou, inicialmente, a pré-produção atentando para a organização do cenário, a elaboração do figurino e a direção do modelo e do processo de registro.

Feito isso, fizeram-se necessários cuidados com o alinhamento tridimensional da câmara em relação ao objeto (modelo), valendo-se de cálculos (equação 2, Quadro 2) para tentar prever a posição e o tamanho da imagem que seria formada sobre a película, bem como obter o tempo de exposição diretamente relacionada à iluminação do dia e às dimensões da *pinhole* (Figura 4). Com o valor do *f-stop* (Quadro 2) da câmara *pinhole* definido (valor fixo para cada câmara), era realizada a fotometragem da cena, determinando o tempo de exposição necessário para manter a qualidade da imagem.

Figura 4: Preparo do registro fotográfico



Fonte: Autores.

As fotografias meticulosamente realizadas ainda estavam sujeitas a interferências e imprevistos, algo que só seria conhecido após a laboratorização. Os processos de revelação e fixação da imagem eram realizados após cada investida fotográfica, a fim de corrigir possíveis erros e suprir a expectativa coletiva. Cabe destacar que ocorreram ajustes no cronograma de realização da oficina, pois, na data marcada para a realização do processo de fotografar, o dia estava nublado,

com baixa luminosidade, e a presença da luz solar em abundância auxilia a obtenção de fotografias de melhor qualidade.

Revelação: a produção documental

Como parte da apropriação de conteúdos, foram manipuladas as soluções usadas nos processos de laboratorização (revelação, interrupção e fixação). Tais soluções estão descritas, resumidamente, no Quadro 3.

Quadro 3: Soluções utilizadas no processo de laboratorização.

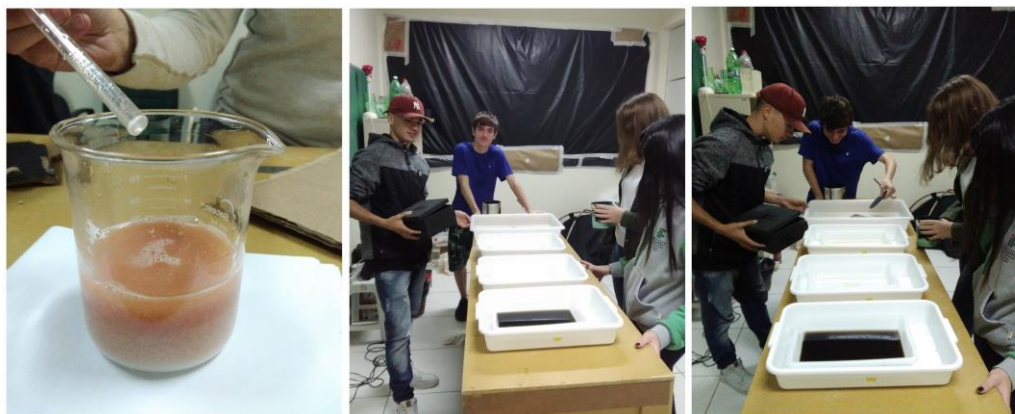
Preparação das soluções de revelação				
Solução	Reagentes	Modo de preparo	Observação	Referência
Revelador "Parodinal"	Paracetamol; sulfito de sódio; hidróxido de sódio; água destilada	Solubilizar 20 comprimidos de paracetamol 750 mg (ou 5 frascos de 15 mL de paracetamol 200 mg/mL) em 250 mL de água destilada. Adicionar 50 g de sulfito de sódio (agitar até a completa diluição), depois adicionar 20 g hidróxido de sódio anidro. Por fim, armazenar em frasco âmbar, ao abrigo da luz, por 48 h antes do seu uso. A solução de trabalho deve ser a diluição, de até 1:100, e necessita ser utilizada no máximo 30 min após sua preparação.	O paracetamol em gotas deve usar o "original" (sem sabor). O sulfito de sódio pode ser substituído por metabissulfito de sódio ou adição de brometo de potássio como agente antivéu. Cuidado com a adição do hidróxido de sódio, pois a reação libera calor. Esse revelador é universal para materiais fotográficos em preto e branco.	http://www.foto.art.br/home/processos/laboratorio-pb/ http://www.novacon.com.br/revelapar.htm
Interruptor	Vinagre; água destilada	Solubilizar no recipiente próprio já para a imersão da fotografia aproximadamente 15 mL de vinagre em 1000 mL de água destilada.	Faz-se necessária uma lavagem abundante e curta, sendo a película rapidamente conduzida para a banheira do fixador.	http://www.foto.art.br/home/processos/laboratorio-pb/ https://www.infoescola.com/fotografia/revelacao-fotografica/

Fixador	Tiossulfato de sódio; água destilada	Solubilizar em recipiente próprio já para a imersão da fotografia 200g de tiossulfato em 1000 mL de água	Uma imersão muito curta pode não interromper o processo de revelação e prejudicar a fixação da imagem. Recomenda-se, no mínimo, 3 min de imersão.	http://www.fotoart.br/home/processos/laboratorio-pb/ https://www.infoescola.com/fotografia/revelacao-fotografica/
---------	---	--	---	--

Fonte: Autores.

Para o revelador, utilizou-se um procedimento alternativo baseado no composto conhecido como Parodinal, formado basicamente por paracetamol, sulfito de sódio, hidróxido de sódio anidro e água. Já para o interruptor foi utilizada a mistura composta por água e vinagre (0,5% de ácido acético), e o fixador foi o tiossulfato de sódio diluído em água. Após a exposição a cada uma dessas soluções, a fotografia foi lavada apenas com água destilada e deixada para secar ao ar, dentro da sala usada como laboratório, suspensa por um dos cantos com um grampo de roupa. O processo de secagem durou aproximadamente 3 dias. Os estudantes realizaram o procedimento de laboratorização (Figura 5) na sala escura iluminada com luz vermelha. Eles também foram alertados sobre a necessidade de seguirem a sequência ordenada dos banhos de imersão das películas fotográficas para não prejudicarem o processo químico de oxidação/redução envolvido e, assim, produzirem uma fotografia com melhor qualidade, ou seja, com os contrastes, sem manchas e marcas decorrentes do processo de secagem.

Figura 5: O processo de laboratorização da revelação



Fonte: Autores.

Exposição: compartilhando um retorno ao passado

Com as fotografias realizadas, reveladas e secas, tinha chegado a hora de digitalizar as películas. O processo permitiu a positivação, a edição e o compartilhamento das imagens de forma economicamente viável (Figura 6).

Figura 6: O processo de positivação das fotografias



Fonte: Autores.

Depois da pós-produção das fotografias, os resultados foram apresentados e debatidos em grupo e, posteriormente, em evento público. As imagens foram impressas em diferentes tamanhos. Realizou-se uma exposição (Figura 7) nas dependências da escola, durante um evento aberto à comunidade, enfatizando e valorizando os resultados gerados. No entanto, manteve-se uma relação didática sobre todo o processo de criação das etapas do projeto. Estiveram expostos os equipamentos de laboratório, as câmaras *pinhole* e as películas matriz das imagens.

Figura 7: O processo de positivação



Fonte: Autores.

A proposta promoveu uma abertura crítica sobre o ato fotográfico, dilatou o tempo de relação com a técnica e promoveu a integração de conteúdos ocultos nos processos de geração de imagem. Os estudantes foram capazes de perceber e de apreender os objetos em seu contexto, compreender a complexidade em seu conjunto e compartilhar sua experiência com a comunidade.

Considerações Finais

É pela articulação entre o cotidiano e o teórico que se torna possível subsidiar o conhecimento concreto complexo, que emerge com elementos significativos para a compreensão dos fenômenos e que é construído na relação entre o conteúdo e as múltiplas condições da realidade. As oficinas, e o próprio ato de fotografar, possibilitaram novos espaços de interação para os professores e estudantes. Relacionar-se num espaço de informalidade na escola contribui para o

desenvolvimento da empatia e da identificação pessoal do professor com aquilo que ele ensina, melhorando a qualidade motivacional do estudante, que acaba valorizando mais as atividades e os conteúdos propostos, e sua internalização de exigências. Reconhece-se que uma só forma de trabalho não é capaz de atingir a todos os estudantes; assim, as oficinas realizadas foram uma alternativa de atividade para estimular o desenvolvimento de diferentes habilidades e competências através da arte e da fotografia para a compreensão de conteúdos da química e da física. De forma ampliada, como ciências ligadas à tecnologia, o entendimento de aspectos a elas relacionados favorece a tomada de decisões frente a situações do dia a dia e provoca reflexões sobre atitudes e comportamentos da sociedade.

Na perspectiva da criação em arte, a partir da interação com outras disciplinas, especificamente em sua relação com a prática fotográfica e os processos criativos, introduziu-se no ensino e na aprendizagem da química e da física o prazer da produção autoral e poética, atrelada aos primórdios da tecnologia fotográfica. A arte, no contexto da química e da física, evoca a criatividade e intensifica o desenvolvimento cognitivo, emocional e psicomotor, além de ampliar a compreensão do mundo através da descoberta de diferentes culturas, relacionando-se com as próprias condições pessoais e sociais dos estudantes.

A realização das oficinas de fotografia, com a construção e o uso de câmaras *pinhole*, oportunizou desvendar um tipo de aparelho e a própria técnica fotográfica, os fenômenos físicos da luz e os processos de oxidação/redução envolvidos tanto na película fotográfica quanto na revelação. A metodologia proposta, influenciada por essas questões, manteve-se aberta a interferências e sugestões, acreditando-se no crescimento orgânico e participativo do conhecimento. Por fim, os estudantes puderam aprender a utilizar não somente a linguagem verbal, mas também a visual para se expressar e exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos, a cooperação e a partilha de informações, indo ao encontro das competências e habilidades específicas previstas na BNCC.

Referências

- Anastasiou, Léa das Graças C., & Alves, Leonir P. (Orgs.) (2009). *Processos de Ensino na Universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula* (8a ed.). Joinville: Univille.
- Berbel, Neusi A. N. (2011). As Metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, 32(1), 25-40.
- Ministério da Educação. (2006). *Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEB.
- Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC/SEB.
- Camargo, Fausto. (2018). Por que usar metodologias ativas de aprendizagem? In Fausto Camargo & Thuinie Daros, *A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo* (pp. 41-48). Porto Alegre: Penso.
- Fazenda, Ivani C. A. (Org.) (2005). *Didática e Interdisciplinaridade* (9a ed.). Campinas: Cortez.
- Fazenda, Ivani C. A. (2011). *Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia* (6a ed.). São Paulo: Edições Loyola.
- Flusser, Vilem. (1985). *Filosofia da Caixa Preta*. São Paulo: Editora HUCITEC.
- Gadotti, Moacir. (2000). Cruzando Fronteiras: Teoria, Método e Experiências Freireanas. *Anais do I Colóquio da Ciência da Educação*. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.
- Garofalo, Débora. (2019, 26 de junho). Como levar o STEAM para a sala de aula. *Nova Escola*. <https://novaescola.org.br/conteudo/18021/como-levar-o-steam-para-a-sala-de-aula>.

- Garofalo, Débora. (2020). A hora e a vez do steam na sala de aula. *Educatrix*. <https://educatrix.moderna.com.br/a-hora-e-a-vez-do-steam-na-sala-de-aula/>.
- Horn, Michel B., & Staker, Heather. (2015). *Blended: usando a inovação disruptiva par aprimorar a educação*. Porto Alegre: Penso.
- Instituto Federal Sul-rio-grandense. (2014). Plano de Desenvolvimento Institucional agosto de 2014 a abril de 2020. <http://www.ifsul.edu.br/plano-de-desenv-institucional>.
- Instituto Federal Sul-rio-grandense. (2018). Plano Pedagógico do Curso Técnico em Automação Industrial. <http://intranet.ifsul.edu.br/catalogo/download/projeto/398>.
- Japiassu, Hilton. (1976). *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago.
- Lorenzin, Mariana, Assumpção, Cristiana M., & Bizerra, Alessandra. (2018). Desenvolvimento do currículo STEAM no ensino médio: a formação de professores em movimento. In Lilian Bacich, & José Moran, *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática* (pp. 360-365). Porto Alegre: Penso.
- Lück, Heloísa. (1994). *Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos*. Petrópolis: Vozes.
- Mannrich, João Paulo. (2019). Um Olhar sobre o Movimento Maker na Educação (Científica). *Anais do XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Marcondes, Maria E. R. (2008). Proposições metodológicas para o ensino de química: oficinas temáticas para a aprendizagem da ciência e o desenvolvimento da cidadania. *Em Extensão*, 7, 67-77.
- Melo, Marlene R., & Lima-Neto, Edimilson G. (2013). Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em Química. *Química Nova na Escola*, 35(2), 112-122.
- Muenchen, Cristiane, & Delizoicov, Demétrio. (2012). A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. *Revista Ensaio*, 14(3), 199-215.
- Novacom. (n. d.). Pa Rodinal um revelador feito em casa. <http://www.novacon.com.br/revelapar.htm>.
- Porto, Gabriella. (2019). Revelação de Fotografias. *InfoEscola*. <https://www.infoescola.com/fotografia/revelacao-fotografica/>.
- Rosa, Maria I. P., & Rossi, Adriana V. (2008). *Educação Química no Brasil: memórias, políticas e tendências*. (2a ed.). Campinas: Átomo.
- Sasseron, Lúcia H., & De Carvalho, Anna M. P. (2011). Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59-77.
- Sakabira, Sérgio. (n. d.). FOTO ART. <http://www.foto.art.br/home/processos/laboratorio-pb/>.
- Vasconcellos, Celso S. (1994). *Construção do conhecimento em sala de aula*. São Paulo: Libertad.
- Worldwide Pinhole Photography Day. (2020). *Pinhole FAQ*. <http://pinholeday.org/support/?pid=faq>.