



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA



ELOIZA DALAZOANA

**INTERDISCIPLINARIDADE NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: UMA
EXPERIÊNCIA COM O TEMA COR**

PONTA GROSSA
2020

ELOIZA DALAZOANA

INTERDISCIPLINARIDADE NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: UMA
EXPERIÊNCIA COM O TEMA COR

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, área de concentração Formação de Professores, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Orientadora: Prof. Dra. Josie Agatha Parrilha da Silva.

PONTA GROSSA
2020

D136 Dalazoana, Eloiza
Interdisciplinaridade na formação de professores: uma experiência com o
tema cor / Eloiza Dalazoana. Ponta Grossa, 2020.
118 f.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática -
Área de Concentração: Formação de Professores e Ensino de Ciências),
Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Josie Agatha Parrilha da Silva.

1. Interdisciplinaridade. 2. Formação de professores. 3. Arte e ciência. 4.
Cor. I. Silva, Josie Agatha Parrilha da. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Formação de Professores e Ensino de Ciências. III.T.

CDD: 371.12



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. Carlos Cavalcanti, 4748 – Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 – Ponta Grossa – PR - <https://uepg.br>

TERMO DE APROVAÇÃO

ELOIZA DALAZOANA

“INTERDISCIPLINARIDADE NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: UMA
EXPERIÊNCIA COM O TEMA COR”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Ponta Grossa 03 de Novembro de 2020.

Membros da Banca:

Dra. Josie Agatha Parrilha da Silva - (UEPG) – Presidente

Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves - (PPGECM-UEPG-UEM)

Dr. Michel Corci Batista -(UTFPR)

Dedico esta dissertação aos meus pais, Izabel e Evaldo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a minha querida orientadora Dr^a Josie Agatha Parrilha da Silva, que com sua vasta gama de conhecimentos, auxiliou-me na execução deste trabalho desde os primeiros passos. Reconheço toda a sua imensa dedicação e paciência, registrando aqui a minha admiração como pessoa e profissional.

Ao Professor Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves por suas contribuições no desenvolvimento das oficinas e, em especial, por suas observações feitas na qualificação.

Ao Professor Dr. Michel Corci Batista, por suas ricas contribuições feitas na banca de qualificação.

À Rute Yumi Onnoda por todo o apoio e auxílio, em especial, durante o curso realizado para obtenção dos dados desta pesquisa.

Aos meus sujeitos de pesquisa, pela sua assídua participação e colaboração em todas as oficinas realizadas para a execução das oficinas. Sem vocês, este trabalho não seria possível.

Aos professores que fizeram parte da minha formação, em especial, aos professores do Departamento de Artes e do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Sou grata a todas as pessoas que se fizeram presentes, de alguma maneira na elaboração deste trabalho.

RESUMO

A presente dissertação contempla reflexões sobre o processo formativo do professor de ciências naturais. Considera-se a especificidade e fragmentação do conhecimento desse campo disciplinar no currículo de formação, além de discutir sobre a interdisciplinaridade e suas relações entre arte e ciência a partir da cor. O trabalho se justifica pela necessidade do saber interdisciplinar na formação de professores, devido as exigências formativas do campo docente. O problema de pesquisa gira em torno da seguinte questão: diante da formação disciplinar, a vivência de experiências interdisciplinares pode modificar a percepção sobre a interdisciplinaridade de professores? Para responder a questão, o objetivo principal foi investigar a percepção sobre interdisciplinaridade dos professores por meio do tema cor. Buscando um caminho metodológico mais adequado para a pesquisa, adotamos uma abordagem qualitativa, que se justifica pelo caráter interpretativo. Utiliza-se aqui a concepção filosófica da fenomenologia, ou seja, uma forma de estudar os fenômenos do conhecimento e suas relações. Os sujeitos de pesquisa são professores de ciências da natureza discentes de um programa de pós-graduação *strictu sensu*. Os dados foram obtidos por meio da realização de oficinas, nas quais os sujeitos vivenciaram a interdisciplinaridade através do tema transversal cor. Os registros foram feitos através de observações, entrevistas e análises documentais e descritos fenomenologicamente. Foi possível perceber que as concepções primárias dos sujeitos estavam mais ligadas ao conceito da multidisciplinaridade, ou seja, vendo-a como uma mera justaposição de disciplinas. Ao final das oficinas ministradas, os participantes apresentaram novas percepções das inter-relações do saber dentro da interdisciplinaridade, o que resultou em visões similares entre os sujeitos.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade. Formação De Professores. Arte e Ciência. Cor.

ABSTRACT

This dissertation thesis deliberates about the academic process of the science teacher. It discusses the interdisciplinarity between science and art through de colors, caring for the specificity of the science discipline in the scholar curriculum. The research justification is the importance of reflecting teacher development. This is the focus question: Does the experience with interdisciplinarity can innovate the teacher's perception of interdisciplinarity? To discover the answer, we examined the teacher's color perception in the scholar situation, adopting a qualitative method that benefits the analysis. This work uses the phenomenological philosophy conception, a procedure that investigates the knowledge and its relationship with the world. The research subjects are science teachers in post-graduated studies, who participated in interdisciplinarity workshops about colors. It used recording, observation, and documents to analyze the evidence phenomenologically. It was possible to perceive that the subjects do not discern multidisciplinary and interdisciplinarity, thinking it as many juxtaposed disciplines. Conclusively the workshops, the teachers showed up new perceptions about the intersections of knowledge inside the interdisciplinarity method, resulting in a similar conception between the subjects.

Keywords: Interdisciplinarity; Teacher Development; Science And Art; Color.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espaço de cores de Isaac Newton.....	31
Figura 2 - Experimento de Newton observando através de um prisma um objeto com metades diferentes	32
Figura 3 - Representação original do experimento crucial (Experiência 6 do Livro I de Óptica) feito por Newton	34
Figura 4 - Representação do experimento crucial (Experiência 6 do Livro I de Óptica) feito por Newton.....	34
Figura 5 - Olho humano, vista lateral	43
Figura 6 - Formação da imagem na retina	44
Figura 7 - Pequena faixa do espectro eletromagnético, na qual conseguimos distinguir as cores.....	48
Figura 8 - Cores primárias da luz: azul, vermelho e verde	50
Figura 9 - Síntese aditiva da cor-luz.....	51
Figura 10 - Cores secundárias da cor-luz	51
Figura 11 - Estruturas-base de alguns pigmentos orgânicos: (A) Isopropeno, presente em carotenoides, (B) Macroциclo tetrapirrólico comum das porfirinas e (C) Cátion Flavílio, unidade estrutural dos Flavonóides.....	53
Figura 12 - A margarida amarela (<i>Rudbeckia</i> sp) como vista por humanos (A) e como deve ser vista por abelhas (B)	54
Figura 13 - Comparação dos espectros de ação e de absorção	56
Figura 14 - Construção de imagens a partir das cores primárias.....	76
Figura 15 - Composição das placas para sobreposição de exemplificação do sistema CMYK.....	77
Figura 16 - Composição das placas para sobreposição de exemplificação do sistema CMYK.....	78
Figura 17 - Crepúsculo de Veneza.....	78
Figura 18 - Apresentação de três lâmpadas compostas pelas cores primárias da luz: vermelho, azul e verde (a esquerda). Resultado da soma aditiva das três cores primárias, resultando na cor branca (a direita).	79
Figura 19 - Somatória de cores apresentada na oficina aos participantes: vermelho + azul = magenta, verde + vermelho = amarelo, verde + azul = azul-ciano	79

Figura 20 - Experimentos prismático de refração e dispersão da luz.....	80
Figura 21 - Experimento de sombras coloridas (1).....	81
Figura 22 - Experimento de sombras coloridas (2).....	81
Figura 23 - Experimento de sombras coloridas (3).....	82
Figura 24 - Experimento de sombras coloridas (3).....	83
Figura 25 - Reflexão e absorção da luz.....	84
Figura 26 - Caixa escura com luzes monocromáticas.....	85
Figura 27 - Círculo cromático da cor pigmento opaco na luz vermelha, azul e verde respectivamente	85
Figura 28 - Primeiro círculo cromático realizado pelo sujeito 1	88
Figura 29 - Primeiro círculo cromático realizado pelo sujeito 2	89
Figura 30 - Primeiro círculo cromático realizado pelo sujeito 3	90
Figura 31 - Círculo cromático: sujeito 1, 2 e 3 (da esquerda para a direita respectivamente) - segunda versão	90
Figura 32 - Produção a partir de cores primárias: sujeito 1, 2 e 3 (da esquerda para a direita respectivamente)	91
Figura 33 - Produção pictórica feita pelo sujeito 1.....	92
Figura 34 - Produção artística feita pelo sujeito 2	92
Figura 35 - Produção artística feita pelo sujeito 3	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Efeitos dos substituintes do anel na cor das antocianidinas	55
Quadro 2 - Atas do aparecimento de alguns dos mais importantes pigmentos.....	60
Quadro 3 - Demonstrativo dos produtos mais comuns à base de óxido	61
Quadro 4 - Análise de imagens produzidas pelo sujeito 1	101
Quadro 5 - Análise de imagens produzidas pelo sujeito 2	102
Quadro 6 - Análise de imagens produzidas pelo sujeito 3	103
Quadro 7 - Comparativo entre as respostas dos sujeitos.....	104

LISTA DE SIGLAS

PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
Nm	Nanômetros
Mm	Milímetros
°C	Graus Celsius
RGB	Red, Green, Blue
CMYK	Ciano, Magenta, Yellow, Black
PH	Potencial Hidrogeniônico

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1 - INTERDISCIPLINARIDADE NA RELAÇÃO ENTRE ARTE E CIÊNCIA	19
1.1 BREVE DEFINIÇÃO E HISTÓRICO DA INTERDISCIPLINARIDADE	19
1.2 INTERDISCIPLINARIDADE E ENSINO	23
1.3 RELAÇÃO ENTRE ARTE E CIÊNCIA.....	25
CAPÍTULO 2 - TEÓRICOS E TEORIAS DA COR	29
2.1 NEWTON E A COR.....	29
2.2 GOETHE E A COR.....	35
2.3 NEWTON E GOETHE: APROXIMAÇÕES E DISTANCIAMENTOS	36
2.4 INTRODUÇÃO À TEORIA DA COR A PARTIR DE GOETHE	39
2.4.1 Cor Fisiológica.....	40
2.4.2 Cor Física	46
2.4.3 Cores Químicas.....	52
CAPÍTULO 3 - O PERCURSO FENOMENOLÓGICO DA PESQUISA: EXPERIENCIANDO A INTERDISCIPLINARIDADE EM OFICINAS SOBRE O TEMA COR	63
3.1 TRAJETÓRIA INICIAL: ALGUMAS REFLEXÕES SOBRE A FENOMENOLOGIA E A PESQUISA QUALITATIVA.....	63
3.2 PERCURSO PREPARATÓRIO: SUJEITOS DA PESQUISA E SELEÇÃO DE INSTRUMENTOS.....	67
3.2.1 Sujeitos da Pesquisa.....	68
3.2.2 Instrumentos de Coleta de Dados	69
3.2.3 Análise Fenomenológica de Dados Textuais	70
3.2.4 Análise de Dados Imagéticos	72
3.3 CAMINHOS PERCORRIDOS – OFICINA TEÓRICO-PRÁTICA SOBRE O TEMA COR	74
3.3.1 Primeira Oficina.....	74
3.3.2 Segunda Oficina.....	79
3.3.3 Terceira Oficina	82
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DE DADOS: DISCURSOS E REPRESENTAÇÕES IMAGÉTICAS	87
4.1 DISCURSOS (E IMAGENS) DOS SUJEITOS (O QUE FIZERAM NO DECORRER DA OFICINA)	87
4.2 UNIDADES SIGNIFICATIVAS.....	93

4.2.1	Sujeito 1	94
4.2.1.1	Compreensão ideográfica do sujeito 1.	95
4.2.2	Sujeito 2	96
4.2.2.1	Compreensão ideográfica do sujeito 2.	97
4.2.3	Sujeito 3	98
4.2.3.1	Compreensão ideográfica do sujeito 3	98
4.3	CONVERGÊNCIAS DOS DISCURSOS	98
4.4	ANÁLISE DAS IMAGENS DOS SUJEITOS	99
4.4.1	Descrição e Análise Imagem: Sujeito 1	101
4.4.2	Descrição e Análise Imagem: Sujeito 2	102
4.4.3	Descrição e Análise Imagem: Sujeito 3	103
4.5	COMPREENSÃO NOMOTÉTICA	103
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
	REFERÊNCIAS	110
	APÊNDICE A - MATERIAIS UTILIZADOS DURANTE AS OFICINAS	116
	APÊNDICE B - DOCUMENTAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA	117
	APÊNDICE C - DOCUMENTAÇÃO PROEX	118

INTRODUÇÃO

A formação de professores no século XXI encontra-se dentro de um modelo disciplinar de ensino, de modo que os conteúdos são vistos de forma fragmentada, o que ocasiona a dificuldade de estabelecer conexões globais do saber. O foco da presente pesquisa encontra-se na formação, em especial, dos professores de ciências da natureza. Essa formação fundamenta-se em um processo de aprendizagem que se desenvolve a partir de suas competências, ou seja, respeitando suas individualidades.

O conhecimento dos professores não acaba no momento da finalização de sua formação inicial, mas ocorre em uma continuidade temporal, modificando-se por sua formação pessoal, formação científica específica, além da sua prática pedagógica (LANGHI; NARDI, 2012). Segundo Zeichner (1993 *apud* LANGHI; NARDI, 2012) a visão simplista considera a formação de professores como algo fechado e acabado, porém o processo de formação e desenvolvimento do professor se prolonga por toda sua carreira docente. Esta formação continuada é denominada por Garcia (1990 *apud* LANGHI; NARDI, 2012) como desenvolvimento profissional de professores.

A proposta da interdisciplinaridade na educação surge da necessidade de reconectar o conhecimento, que foi se isolando cada vez mais no ensino escolar. O estudo rigidamente alocado em disciplinas acaba por dificultar no aluno a formação do pensamento globalizado para a resolução de problemas cotidianos, sendo necessária a consciência interdisciplinar nos professores para auxiliar os alunos em tal desenvolvimento mental (LUCK, 1997). Acostumados com o desenho segregado do conhecimento na educação básica, tanto professores quanto alunos raramente refletem sobre como o conhecimento foi construído no passado. Na concepção de Japiassu (1976), para compreender a interdisciplinaridade é preciso antes entender a disciplina, que, para o autor, tem o mesmo sentido que Ciência.

Ao tratar de interdisciplinaridade é imprescindível citar a história da ciência. A ciência é vista como uma exploração científica manifesta na junção sistêmica e organizada de conceitos característicos de planos de ensino, formação, métodos ou matérias, e objetiva gerar novos conhecimentos que suplantam os conceitos e sistemas do passado. Ao pensar nos primeiros cientistas, é necessário lembrar que não eram apenas matemáticos, filósofos ou químicos, altamente especializados em

suas áreas. Os grandes pensadores do início da história da ciência pensavam interdisciplinarmente entre as várias áreas do conhecimento, tirando assim conclusões amplas sobre seus estudos e conhecimentos, não se limitando a especializações. É justamente por isso que eram tidos como filósofos naturalistas (TRINDADE, 2008).

Áreas do conhecimento como as ciências humanas e as ciências da natureza, por exemplo, não eram vistas como disciplinas especializadas até o século XIX, nem existiam os profissionais que hoje chamamos de cientistas. O que se conhece hoje como ciência teve uma origem por volta dos séculos XVI e XVII. A chamada *nova ciência* ganhou espaço a partir do século XVII, no momento em que começa a se desprender de questões religiosas e místicas, diferente da antiga ciência, buscando assim formular suas proposições matematicamente (BELTRAN *et al*, 2014).

A ciência contemporânea se desenvolveu caminhando pelas especificações para que fosse possível aprofundar os conhecimentos em determinadas áreas, quanto mais restrito o estudo, maior a rigorosidade e aprofundamento do conhecimento. Neste contexto, os estudos devem ser aprofundados e impessoais, pois a personalidade e emoções do sujeito afetariam a verdade. Para Santos (2002, p. 46 *apud* TRINDADE, 2008, p.67) "a excessiva disciplinarização do saber científico faz do cientista um ignorante especializado", a autora ainda completa: "criou um pássaro, deu-lhe asas potentes, mas que só alça voo no campo restrito da sua especialidade — trancou-o em uma gaiola" (TRINDADE, 2008, p. 67), para a autora é necessário refletir e relacionar, não apenas acumular conhecimentos isolados.

Uma exigência quase que natural para a compreensão da Ciência e sua relação com a realidade cotidiana é a interdisciplinaridade, pois torna possível compreender as inter-relações do conhecimento (FAZENDA, 2008). Ao compreender o processo formativo do professor como um caminho permanente, busca-se nesta pesquisa discutir e trabalhar questões de interdisciplinaridade como tema de formação.

A disciplina permite o aprofundamento do conhecimento e a interdisciplinaridade, por sua vez, a ligação entre os conhecimentos disciplinares. A proposta interdisciplinar não é contra e nem pensa em extinguir o disciplinar, mas sim abrir possibilidades para que o conhecimento se desenvolva de forma ainda mais completa e eficaz. A fragmentação do conhecimento em áreas, ou ainda, nas

disciplinas, auxiliou o desenvolvimento do conhecimento, aprofundando-o dentro de cada especialidade. No entanto, chegou a um momento em que a extrema especialização começou a se tornar um “incômodo” para o desenvolvimento do pensamento global. Profissionais acabam se especializando em áreas cada vez mais restritas alterando e dificultando a sua percepção da totalidade do universo das ciências (LUCK, 1997).

Têm-se como exemplo interdisciplinar as relações entre a arte e a ciência. A arte e a ciência possuem aproximações e distanciamentos que variam no tempo e espaço ao longo da história. Kuhn (2011) compara o trabalho do cientista e do artista declarando que ambos precisam desenvolver soluções para problemas técnicos persistentes e que fazem parte de seus ofícios. O autor ainda aponta diferenças na arte e na ciência na questão do seu estudo, e ressalta que, na arte, um novo movimento ou artista não invalida os anteriores, tendo cada um suas especificidades. Na ciência, apenas historiadores tem contato com suas teorias mais antigas, valendo-se das ideias mais recentes. Compartilha-se aqui com o pensamento de Silva e Nardi (2017, p. 23): “entendemos a arte e a ciência como uma construção humana e o ser humano não é dividido em partes, ele é um ser que vive no mundo em sua totalidade. Acreditamos e valorizamos a educação que pensa o ser humano no seu todo”.

Existem diversos conteúdos/temas que foram separados no decorrer da disciplinarização e são estudados em diferentes áreas de conhecimento. Dentre estes, escolheu-se o tema *cor* para a pesquisa aqui apresentada. Trata-se de um conteúdo com grande potencialidade interdisciplinar por permear as disciplinas das ciências e da arte, ao estudar suas composições físicas e químicas (tanto na luz, quanto no pigmento), a fisiologia da recepção da cor pela percepção visual humana e questões técnicas, simbólicas e estéticas no âmbito da arte (BARROS, 2006).

Discutem-se aqui as abordagens sobre cor apresentadas por Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) e Isaac Newton (1643-1727), sendo possível perceber que uma não substitui a outra, mas sim se completam neste trabalho. A teoria das cores, em especial a teoria de Goethe, tem sua base formativa em um caráter interdisciplinar e fenomenológico. Goethe classifica as cores em seu caráter fisiológico, químico e físico, incluindo como fenômeno psicológico e filosófico. Embora a teoria Goethiana separe em categorias os aspectos da cor, em uma tentativa

organizacional, seu caráter interdisciplinar torna-a única, suas ponderações estão entrelaçadas e em constante interação (BACH JUNIOR, 2015).

As discussões em torno das teorias das cores são aqui evidenciadas com foco no trabalho de Goethe, trazendo as teorias de Newton como um comparativo. Nos estudos de Newton, a cor é vista fundamentalmente como um fenômeno físico, já para Goethe a cor física é apenas uma de suas partes, e não o todo. As observações de Newton sobre cor são base para os estudos de Goethe que propiciam continuidade e maior abrangência ao assunto.

A pesquisa se justifica pela dificuldade enfrentada pelos professores durante a atuação em sala de aula, devido a uma exigência, presente em documentos oficiais da educação, de que os professores atuem em alguns momentos de forma interdisciplinar. Contudo, durante a formação inicial, muitos professores nem ao menos tem contato com discussões interdisciplinaridade, gerando, como consequência, uma dificuldade na atuação do professor em sala de aula para que exerça atividades de forma interdisciplinar (SILVA; NARDI, 2017).

Para Fazenda (2008, p. 13) “um olhar interdisciplinarmente atento recupera a magia das práticas, a essência de seus movimentos, mas, sobretudo, induz a outras superações, ou mesmo reformulações”. É necessário apresentar aos professores uma teoria e prática de forma articulada, levando em conta que o processo de formação e aperfeiçoamento profissional de professores é um caminho contínuo e permanente. A interdisciplinaridade é vista como tema fundamental para a formação continuada, a qual busca reestabelecer as relações entre as áreas do saber para o entendimento de mundo globalizado.

Pensando na necessidade de levar até esses professores experiências interdisciplinares, o problema de pesquisa gira em torno da questão: diante da formação disciplinar, a vivência de experiências interdisciplinares pode modificar a percepção sobre a interdisciplinaridade de professores? Para responder a essa questão apresenta-se como objetivo geral: investigar a percepção sobre interdisciplinaridade dos professores de ciências da natureza. Os objetivos específicos da pesquisa são: sistematizar referencial teórico-prático sobre o tema cor a partir de Newton e Goethe; propiciar uma experiência interdisciplinar que relacione arte e ciência a partir de uma oficina sobre o tema cor para professores; descrever

fenomenologicamente o desenvolvimento da percepção sobre interdisciplinaridade dos professores no decorrer das oficinas.

Para investigar a percepção dos professores de ciências, é necessária uma investigação qualitativa, que se caracteriza pela presença do pesquisador nos locais de estudo, momento em que se anota ou utiliza ferramentas de áudio e vídeo para registrar seus dados de pesquisa de forma descritiva. Isso se deve a importância de perceber a contextualização dos dados a serem analisados, não os considerando como fatos isolados. Deste modo, a análise destes dados é feita de forma minuciosa.

Dentro da pesquisa qualitativa é importante atentar-se ao processo de construção do acontecimento e o perfil dos participantes, buscando-se perceber os pontos de vista dos participantes, não apenas ao resultado final. Levar em consideração apenas dados finais, poderia distorcer as conclusões do estudo (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Considerando-se a necessidade de uma visão flexível sobre a pesquisa, optou-se aqui pela concepção filosófica fenomenológica, isto é, um formato de estudar os fenômenos do conhecimento e suas relações. Para a fenomenologia, os acontecimentos provêm da percepção humana sem ela, eles são inexistentes. A compreensão das coisas é uma necessidade humana, começando por fatos cotidianos para que se consiga conviver harmoniosamente em sociedade. Para Husserl (2006), o ser humano tem, em alguns momentos, facilidade em entender o sentido de algo imediatamente, e em outros momentos, mais dificuldade. O filósofo fala também da existência de fatos e de que a sua existência não importa, mas sim, o sentido de sua existência (ALES BELLO, 2006).

A investigação sobre a concepção de interdisciplinaridade foi realizada por meio de coleta de dados obtidos em uma oficina com professores. O tema cor foi trabalhado de maneira interdisciplinar no decorrer da oficina que teve como público participante professores de ciências da natureza, atualmente, estudantes em programa de pós-graduação *strictu sensu*. A questão norteadora apresentada foi: “Quais as possibilidades do uso da cor na sua área de atuação?”

A dissertação foi organizada em quatro capítulos. O primeiro capítulo trata sobre a interdisciplinaridade a partir de autores como Hilton Ferreira Japiassu (1976), Ivani Arantes Fazenda (1979, 2008, 1995, 2011, 2014) e Pedro Demo (2011). Aborda também, as relações arte e ciência, tendo como temática a cor. O segundo capítulo

traz uma discussão entre Isaac Newton e Johan von Goethe, dois importantes pesquisadores que tiveram fizeram estudos sobre a cor; utiliza-se Israel Pedrosa (2010) e Johan van Goethe, traduzido por Marco Garaude Giannotti (2013) para contribuir com essas discussões. O terceiro capítulo trata da proposta de uma oficina interdisciplinar, partindo do tema cor, além de apresentar explicitações metodológicas em torno da fenomenologia; trazendo autores como Maria Aparecida Viggiani Bicudo (1994) e Marcos Cesar Danhoni Neves (1991). O quarto capítulo, traz a análise dos dados coletados, encaminhando-se para as considerações finais do trabalho.

A interdisciplinaridade é vista neste trabalho como um tema relevante para a formação continuada do professor. A percepção sobre a interdisciplinaridade deve estar em constante modificação durante a carreira do professor, pois cada nova leitura ou experiência agregará maior conhecimento e apropriação sobre a temática, afirmação que pode ser vista a partir das análises textuais e imagéticas presentes no capítulo 4.

CAPÍTULO 1 - INTERDISCIPLINARIDADE NA RELAÇÃO ENTRE ARTE E CIÊNCIA

Ao tratar a interdisciplinaridade como algo novo, não se deve negar o passado, tampouco condenar o sistema disciplinar, mas sim somar ideias para um caminho cooperativo. Um embate se dá na formação de professores pelo fato do ensino básico e o ensino superior serem organizados de forma rigidamente disciplinar, o que dificulta a aplicação de ações interdisciplinares, resultando na ambiguidade entre formação e exigências de aplicação da interdisciplinaridade na atuação.

O foco interdisciplinar que se busca neste trabalho é entre a arte e a ciência, em que se pode identificar, ao longo da história, relações de aproximação e distanciamento destas áreas variando em intervalos irregulares. Ao pensar em representações visuais na arte e na ciência, Kuhn (2011) faz um comparativo entre suas funções: na arte a produção é visual, como uma pintura, por exemplo, é o produto final do artista, devendo ser preservada. Já na ciência as ilustrações criadas são feitas de forma incidental, muitas vezes para análises de técnicos, raramente pelo próprio cientista. Neste contexto da ciência, quando o resultado da pesquisa é publicado, o material visual pode ser descartado, não sendo estas produções o resultado final, mas sim um meio para a obtenção destes. Na arte, as produções são o resultado final em si e na ciência, muitas vezes, são usadas apenas como um mero instrumento.

Neste capítulo, realiza-se uma síntese sobre a história da interdisciplinaridade e suas definições, incluindo a diferenciação entre os termos disciplinar, multidisciplinar, pluridisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar. Destaca-se também, as relações entre interdisciplinaridade e ensino, bem como as conexões existentes entre a arte e a ciência.

1.1 BREVE DEFINIÇÃO E HISTÓRICO DA INTERDISCIPLINARIDADE

A abordagem interdisciplinar surgiu na Europa, mais especificamente na França e na Itália, no final da década de 60, início da década de 70 e, desde então, assumiu grande importância no cenário educacional (FAZENDA, 2011). A oficialização do termo interdisciplinaridade acontece nos anos 1970. Na década de 1980, seu método é explicitado e na década de 1990 a teoria é enfim construída (FAZENDA, 1995).

A interdisciplinaridade surge como uma solução para o modelo fechado de ensino que não estimulava o pensar, tampouco considerava a experiência vivencial do aluno e suas relações com a sociedade. Outro aspecto a ser considerado é a ausência da experimentação, da curiosidade e do desenvolvimento do saber pela criação e experiência que confere sentido ao que se aprende (JAPIASSU, 1976).

Quando na contemporaneidade pensa-se na possibilidade do diálogo entre diferentes disciplinas, abre-se um horizonte que diverge do formalismo proposto pela educação tecnicista, que tinha como objetivo uma formação voltada para o aumento da produtividade e geração de renda. Essa perspectiva se repetia nos níveis fundamental e médio, momento em que a educação tecnicista objetivava capacitar para habilidades operacionais. Já no ensino superior, havia o caráter de formar mão de obra qualificada e, de acordo com Saviani (2009), formar dirigentes para o nosso país.

No Brasil o tema da interdisciplinaridade é ainda pouco aplicado em sala de aula, pois parte dos docentes tem dificuldades conceituais e estruturais para concretizar práticas interdisciplinares. Levando-se em conta que a interdisciplinaridade colabora com a aquisição de novos saberes e favorece novas maneiras de aproximação da realidade dos educandos, faz-se fundamental a sua inserção no cotidiano escolar. Para que seu uso se efetive, é necessário levar o conhecimento aos professores em formação, tanto estudantes de licenciaturas quanto professores já atuantes (SILVA; NARDI, 2017).

As práticas interdisciplinares propõem uma ruptura na lógica da fragmentação do conhecimento, estimulando assim a criticidade e a curiosidade de quem aprende. Um dos pioneiros a tratar sobre no tema foi Japiassu (1976, p. 48), que critica o grau de fragmentação das ciências, ressaltando que cada pesquisador se cerca da sua parcela de saber especializado de modo a *fugir ao verdadeiro conhecimento*. A interdisciplinaridade na ciência propõe justamente que se produzam novos saberes a partir da experimentação plural e das práticas inclusivas e diversificadas, uma vez que conceber o conhecimento compartimentalizado e isolado da realidade é inconcebível nessa perspectiva de ensino.

Para o desenvolvimento da interdisciplinaridade, a dificuldade se encontra em romper com os modelos formais de ensino, dentro da organização compartimentalizada e disciplinar da educação formal no Brasil, estabelecendo nas

escolas e universidades direcionamentos pedagógicos, práticas e discursos interdisciplinares. Há obstáculos que contrapõem as práticas interdisciplinares, como o próprio currículo básico, a carga horária limitada de cada disciplina, a formação do professor voltada para as práticas disciplinares, a diminuta quantidade de horas aula destinadas ao preparo das atividades, entre outros fatores (FAZENDA, 2011).

Fazenda (2011) pressupõe que a metodologia interdisciplinar é um *novo jeito de educar*, dentro do qual se perde a dimensão linearizada do conhecimento, dando lugar a uma relação dialógica e recíproca. Na concepção de Fazenda (2011), o conhecimento dissociado não é significativo, *tampouco transformador*, fato pelo qual deve ser superado. Há de se pensar que, durante a produção do conhecimento, não há fatores isolados em disciplinas e sim um ambiente, seja ele natural ou sintético, no qual os fenômenos ocorrem e podem ser observados. A compartimentalização passou a ser adotada de maneira a melhorar os aspectos da compreensão e especialização do conhecimento. No entanto, quando se estudam os pensadores da antiguidade clássica, têm-se indivíduos interessados em compreender os fenômenos naturais, a organização dos astros, a casualidade lógica dos fatos, a organização dos seres vivos no ambiente e sua interação com os fenômenos físicos, observando o meio como um todo e não como a mera soma de suas partes isoladas (FAZENDA, 2011).

Em algumas escolas percebe-se a questão da intuição nas propostas intituladas equivocadamente de interdisciplinares feitas na educação básica. Para Fazenda (2008, p. 13) “nelas impera a circulação de conceitos e esquemas cognitivos sem consistência, ou apenas disciplinarmente consistentes, portanto, insuficientes para agir ou pensar interdisciplinarmente”. A partir desta constatação é dada, ao formador de professores, a premissa de trabalhar os conceitos e contextualizar para tais o real sentido da interdisciplinaridade. Para Fazenda (2008, p.13):

O primeiro passo para a aquisição conceitual interdisciplinar seria o abandono das posições acadêmicas prepotentes, unidirecionais e não rigorosas que fatalmente são restritivas, primitivas e ‘Tacanhas’, impeditivas de aberturas novas, camisas-de-força que acabam por restringir alguns olhares, tachando-os de menores. Necessitamos, para isso, exercitar nossa vontade para um olhar mais comprometido e atento às práticas pedagógicas rotineiras menos pretensiosas e arrogantes em que a educação se exerce com competência.

No momento em que as propostas práticas são realizadas de maneira intuitiva, é comum ocorrer uma confusão de conceitos. Ao tentar efetivar uma prática interdisciplinar acaba-se, em alguns casos, realizando práticas multi ou pluridisciplinares, por exemplo, o que não é um erro, mas deve-se ter as suas diferenças explicitadas para que ocorra um trabalho consciente.

Hilton Japiassu (1976) e Ivani Arantes Fazenda (1979) definem de forma complementar os conceitos de disciplinaridade, multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. Disciplina ou disciplinaridade, como dito no início do capítulo, tem o mesmo sentido que ciência. A exploração do conhecimento científico especializado, com suas próprias características e metodologias, buscando a geração de novos conhecimentos que podem vir a substituir os anteriores.

O trabalho multidisciplinar é visto por Japiassu (1976, p. 72) como uma “simples justaposição, num trabalho determinado, dos recursos de várias disciplinas, sem implicar necessariamente um trabalho de equipe coordenado”. É visto como algo simples, isto é, “consiste em estudar um objeto sob diferentes ângulos” (JAPIASSU, 1976, p. 73). Em síntese, toma-se informações emprestadas de duas ou mais disciplinas ou áreas do conhecimento, sem causar modificações ou enriquecimentos. Segundo Fazenda (1979), a justaposição entre as disciplinas é desprovida de relações internas.

No caso da pluridisciplinaridade, segundo Fazenda (1979) a justaposição é feita entre disciplinas similares, por exemplo, física e matemática. Para Japiassu (1976) o pluridisciplinar, assim como o multidisciplinar, concretiza apenas agrupamentos de conteúdo, de forma intencional ou não.

As relações interdisciplinares exigem reciprocidade em suas trocas, para que ao final do processo, o conjunto envolvido tenha seu aprendizado enriquecido. A interdisciplinaridade lança uma ponte de religação entre as fronteiras do saber. Japiassu (1976, p.75) ao falar sobre a transdisciplinaridade, traz uma citação de Jean William Fritz Piaget (1896-1980), e busca, assim, uma definição:

Enfim, à etapa das relações interdisciplinares, podemos esperar que se suceda uma etapa superior, que não se contentaria em atingir interações ou reciprocidade entre pesquisas especializadas, mas que situaria essas

ligações no interior de um sistema total, sem fronteiras estabelecidas entre as disciplinas.

Nas palavras de Fazenda (1979, p. 27), a transdisciplinaridade é “resultado de uma axiomática comum a um conjunto de disciplinas”. Para Japiassu (1976) há ainda uma distância a ser enfrentada para chegar a uma educação que toma por base objetivos globais. O autor enfatiza, ainda, que o próprio Piaget¹ ao fazer tal definição, aponta a possibilidade como algo além da realidade.

1.2 INTERDISCIPLINARIDADE E ENSINO

A interdisciplinaridade não surgiu recentemente, contudo, ganha destaque na contemporaneidade devido aos novos discursos e conceitos sobre o ensino. A consciência sobre a fragmentação do ensino reflete a complexidade gerada sobre os conteúdos, dificultando as relações com a realidade contextual. Não basta uma formação polivalente, é preciso direcionar o aprender para uma visão globalizada do mundo; é preciso que o educando tenha consciência das conexões entre esses conhecimentos e sua aplicabilidade na vida em sociedade (LUCK, 1997).

Para Silva e Nardi (2017), o modelo disciplinar fragmentado contribuiu, em outros tempos, para a ampliação e aprofundamento do conhecimento. No presente, se faz necessária uma reaproximação para dar conta de desafios reais apresentados ao professor, que, isolado em sua formação, tem dificuldades de resolver. Silva e Nardi (2017, p. 99) consideram que “o professor se vê diante de uma dicotomia: formação inicial e organização escolar no modelo disciplinar e propostas educacionais interdisciplinares”.

Para Fazenda (2008), deve-se começar por desfazer as amarras primitivas limitantes sobre o ensino que acabam desvalorizando olhares inovadores para a educação. Ainda sob o olhar de Fazenda (2008), uma visão positiva sobre a interdisciplinaridade pode renovar práticas, levando os professores a reformular o método e superarem medos, buscando romper a ambiguidade: o hábito do tradicional e desafio da inovação do ensino na prática.

¹ O Professor Doutor Hilton Japiassu conviveu com Jean Piaget em meados de 1970.

Para Luck (1997) a interdisciplinaridade busca reatar a relação do conhecimento com o mundo real, humanizando-o e tirá-lo do isolamento de como é apresentado na escola, que muitas vezes não faz sentido para o educando. A proposta deve ser realizada e reelaborada como um processo dinâmico e de interação com os educandos. Luck (1997, p. 20) considera a interdisciplinaridade como uma forma de reumanizar o conhecimento:

O enfoque interdisciplinar, no contexto da educação, manifesta-se, portanto, como uma contribuição para a reflexão e o encaminhamento de solução às dificuldades relacionadas à pesquisa e ao ensino, e que dizem respeito à maneira como o conhecimento é tratado em ambas funções da educação.

Na concepção de Japiassu (1976, p. 74), para a interdisciplinaridade se efetivar, é necessária a “intercomunicação entre as disciplinas, de modo que resulte uma modificação entre elas, por meio de diálogo compreensível”. Apenas a troca de informações não é suficiente para constituir a interdisciplinaridade, visando-se construir o conhecimento sem rupturas ou divisões. Japiassu (1976, p. 65-66) supõe a necessidade de equilibrar “amplitude, profundidade e síntese”, de forma que a primeira visa abranger o nível de informações necessário, a segunda, a profundidade e especialidade do conhecimento e a terceira tem função de integrar os saberes.

Interdisciplinaridade, na concepção de Ivani Fazenda (1976, p.27), é definida como “interação existente entre duas ou mais disciplinas”, podendo interagir desde a comunicação de ideias até a integração de diferentes conceitos. Fazenda (2014) destaca que a interdisciplinaridade não é a simples junção de disciplinas, a autora fala que é preciso ter atitude e pensamento interdisciplinar.

Para Pedro Demo (2001), a realidade deve guiar a ciência, pois a realidade por si só é naturalmente interdisciplinar. A discussão interdisciplinar é vista como algo que está sempre avançando e sobre o qual as visões e teoria são parciais, pois aparecem novos obstáculos a todo o momento no caminho. A sua definição de interdisciplinaridade é: “[...] a arte do aprofundamento com sentido de abrangência, para dar conta, ao mesmo tempo, da particularidade e da complexidade do real” (DEMO,1998, p. 88-89 *apud* SILVA; NARDI, 2017, p. 105). Torna-se uma busca incessante o aprofundamento e o estabelecimento de conexões, buscando um alinhamento equilibrado e real.

O papel de um trabalho interdisciplinar é superar barreiras da tradição, reformular e tornar o ensino significativo. A questão da ambiguidade citada por Fazenda (2008) não se encontra apenas nas exigências documentais, mas também nas questões de hábito de sala de aula, momento em que o trabalho interdisciplinar exige uma força de ação diferente do que os professores e alunos estão habituados. A interdisciplinaridade “não admite a possibilidade de professores produzidos em série. Exige a consideração do que é próprio a cada um” (FAZENDA, 2008, p. 14). O desafio vai além de compreender como cada professor pode aderir e praticar, mas envolve também o desenvolvimento de políticas educacionais que auxiliem neste processo.

Fazenda (2008) constata a relevância do ensino da interdisciplinaridade na formação de professores devido à ambiguidade entre as exigências dos documentos oficiais sobre o trabalho e a formação inicial dos professores. Pode-se notar em documentos oficiais da educação, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), a existência do termo interdisciplinaridade como aspecto norteador do ensino, e embora não tenha caráter obrigatório acaba sendo uma exigência para o trabalho dos docentes em sala de aula nas escolas.

Ainda que exista tal menção com importante destaque em documentos oficiais como os Parâmetros Curriculares Nacionais, ao adentrar no ensino básico, depara-se com professores com uma formação de forma disciplinar e que se isolam a novas propostas, muitas vezes por não a conhecer ou ter percepções errôneas sobre a interdisciplinaridade. Para que essa contradição seja enfrentada, é necessário priorizar não só teorias sobre interdisciplinaridade na formação de professores como também a união entre a teoria e a prática docente (SILVA; NARDI, 2017).

1.3 RELAÇÃO ENTRE ARTE E CIÊNCIA

A possibilidade de aproximação entre arte e ciência, por um lado, pode apresentar certo estranhamento, contudo, há vários estudos que discutem essa relação, como os de Silva e Neves (2015, 2017); Zamboni (2006), e Beltran (2002).

Silva e Neves apresentam pesquisas e atividades ligadas a ensino e extensão que aproximam as áreas de arte e ciência e afirmam que “ao propor uma relação mais estreita entre arte e ciência, não queremos promover um acúmulo de conhecimentos

e sim sua construção prática, efetiva, metodológica, criadora” (SILVA; NEVES, 2015, p. 429)

Importante destacar as propostas desenvolvidas, como PIBID Interdisciplinar; Workshop Arte-Ciência; Projeto Sem Fronteiras e demais pesquisa desenvolvidas pelo grupo de pesquisa *INTERART – Interação entre arte, ciência e educação: diálogos e interfaces com as Artes Visuais* (CNPq).

Zamboni (2006) considera que a história do conhecimento acompanha perfeitamente o desenvolvimento da própria humanidade, mostrando-se de diferentes formas, conforme o contexto de cada época e local. Argumenta que a divisão do saber, em especial entre a arte e a ciência, acontece a partir do racionalismo.

Segundo Zamboni (2006) a arte pode ser vista como veículo para a compreensão de outros conhecimentos humanos, já que dela é possível extrair informações sobre a humanidade. Pensando em um caráter mais didático, a ciência e a arte possuem papéis na compreensão do mundo, fazendo-o de modos diferentes. Para o autor, a ciência busca explicações gerais, que possam ser aplicadas a diversas situações e realidades, enquanto na arte, as explicações são mais individualizadas. Arte e ciência andam lado a lado, complementando-se.

Uma aproximação entre arte e ciência é apresentada por Beltran (2002) que compara, de modo poético, o ambiente e os instrumentos utilizados por artistas e por alquimistas. O atelier e o laboratório são vistos como ambientes próximos e distantes ao mesmo tempo, deve-se levar em consideração que ambos acabam muitas vezes por manipular e experimentar os mesmos e/ou similares materiais, cada um com uma finalidade diferente, mas ambos acabam colaborando entre si, de forma direta ou indireta, com o resultado de suas descobertas.

Cabe comparar a produção artística com o trabalho do químico para o qual a prática e a reflexão se completam. Desta maneira, o saber não é inseparável do fazer. Na arte o próprio artista, dominando o saber, deve executar seus trabalhos, pois na arte o saber a ser aplicado nas produções é mais subjetivo e individual. Na química, por exemplo, outra pessoa pode executar as mesmas tarefas contanto que tenha o saber, pois o saber é passado de forma sistemática. Embora diferentes, ambos dão importância enfática as práticas (BELTRAN, 2002). Beltran (2002) compara o trabalho prático do artista e do cientista e conclui que ambos utilizam o fazer, criar e o saber no mesmo ato. Em relação à história da ciência, Beltran (2002) afirma que a arte é

utilizada como registro para a obtenção de informações sobre as ciências do passado, tanto objetos, quantos desenhos, pinturas, gravura e inclusive textos, como nas iluminuras.

O Renascimento é considerado um exemplo explícito desta ligação entre a arte e a ciência. Contudo, para Tabosa (2005), na antiguidade a arte não fora vista de forma separada da ciência: “em sua acepção mais geral, arte significa todo o conjunto de regras capazes de dirigir uma atividade humana qualquer” (TABOSA, 2005, p. 1). A partir deste pensamento, na concepção de Platão, toda atividade humana é arte. Ele dividia a Arte em duas: judicativa e dispositiva (ou imperativa). A primeira se refere em conhecer/ saber e a segunda em colocar em prática/ dirigir uma atividade. Já Aristóteles excluía a arte do âmbito da ciência, assim como separa quais atividades humanas são e não são ciência (TABOSA, 2005).

Silva e Neves trazem, em diversos de seus trabalhos, reflexões sobre a relação arte e ciência. Como citado anteriormente, destaca-se aqui suas reflexões em torno do período renascentista, em especial sobre a Lua. Um exemplo de relação arte e ciência é apresentado por Silva *et al* (2017), ao discutir sobre o trabalho de Lodovico Cardi (1559-1613), conhecido como Cigoli e Galileo Galilei (1564-1642). Cigoli fora mais reconhecido pela arte, já Galileu pela ciência. Frequentaram ao mesmo tempo a Accademia Del Disegno e, mais tarde, dedicaram-se a estudos da lua, como observações telescópicas da Lua, elaborando, ainda, imagens representativas do que viam em suas observações. Influências de suas observações-representações puderam ser vistas a partir de uma restauração, em 1931, na cúpula da Capela Borguesa (Paolina) da Basílica Papale di Santa Maria Maggiore, em Roma (Itália). Pode-se perceber, por exemplo, aos pés da Madonnaiv (Nossa Senhora), uma lua com crateras. Os estudos de Cigoli e Galileo contribuíram para uma nova representação artística (SILVA *et al*, 2017).

Ao falar sobre arte e ciência, toma-se como tema interdisciplinar a cor. A cor possui, em sua essência, a efemeridade, pois não existe isoladamente. Para Barros (2006, p. 16 e 17), a cor se expressa em um caráter fortemente interdisciplinar assumindo “conotação técnica, associada a física óptica e à química dos pigmentos, e, por outro lado, o caráter subjetivo da percepção fisiológica e psicológica. Arte e ciência se alternam quando o assunto é cor”.

De acordo com Silveira (2011), é preciso refletir sobre os primeiros aspectos necessários para a existência da cor. Para a cor se concretizar diante dos olhos, é necessária a presença da luz no momento em que traça uma trajetória luminosa do objeto para os órgãos visuais. A cor não existe sem a luz e é algo efêmero e que se modifica a todo tempo. Interpretando-a com base em sua formação física, também é possível visualizar sua lógica matemática ao adentrar na questão de percepção de sólidos.

A cor é percebida quando há influência mútua entre a luz e o corpo (objeto). “A luz incide sobre os átomos componentes das substâncias, interagindo na geração a coloração no objeto” (SILVEIRA, 2011 p. 48). É conforme a capacidade de refletir ou absorver a luz que ela pode ser percebida no objeto.

Na arte, em especial nas artes visuais, a cor é um elemento primordial. Durante a produção de obras que utilizem quaisquer tipos de técnicas, até a sua ausência, a cor pode ser de fundamental importância em uma obra de arte. Na química, na biologia e áreas afins, ela está presente na composição de pigmentos e é um instrumento para coletas e análises de dados. Na física, é visível sua relação mais profunda ao levar em consideração que a cor depende da luz para existir, sendo assim, torna-se instável diante das oscilações de luz.

No próximo capítulo, busca-se uma discussão sobre as teorias da cor. Dentre os teóricos existentes, opta-se pelo trabalho de Isaac Newton (1643-1727) e Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), pois as teorias se complementam. Como será abordado com mais detalhes no capítulo a seguir, dentro da teoria Newtoniana, a cor é vista como fenômeno físico isolado e, na teoria de Goethe, a cor se relaciona com a interação entre o fenômeno físico e a percepção humana.

CAPÍTULO 2 - TEÓRICOS E TEORIAS DA COR

Descrições e demonstrações para fenômenos da luz e da cor tomam corpo a partir do século XVII. O reconhecido Isaac Newton (1643-1727) trouxe importantes discussões sobre o tema, em especial na sua obra *Óptica*, publicada em 1704. Goethe (1749 – 1832), em seus estudos sobre cor, teve contato com as discussões de Newton, mas direcionou suas pesquisas para a relação entre cor e a percepção humana.

Neste capítulo discute-se o tema cor a partir de alguns pontos, julgados aqui como fundamentais para a compreensão do tema e que foram discutidos por Newton e Goethe. Na sequência, foca-se na compreensão da cor em sua interação com o ser humano com ênfase na teoria de Goethe.

2.1 NEWTON E A COR

Isaac Newton é uma figura constantemente presente ao falar sobre física. É especialmente reconhecido pelo desenvolvimento na mecânica, muito pela teoria da gravitação, e na matemática, além de seus interesses voltados para óptica. A obra *Óptica*² (NEWTON, 1996), com tradução em português de André K. T. Assis, contém os resultados mais expressivos de experiências e descrições dos fenômenos observados.

Isaac Newton contribuiu com a consolidação da Revolução Científica iniciada por Nicolau Copérnico, Giordano Bruno, Galileu Galilei, Tycho Brahe e Johannes Kepler, que buscavam na natureza um grande sistema, no sentido de compreender suas leis, fazendo proposições para descortiná-las. Entre seus trabalhos, Newton, publicará uma obra só dedicada à Ótica, intitulada *Óptica* (GOETHE, 2013).

Diferente do que pode ser encontrado, comumente, em livros didáticos e científicos atuais, Newton não chegou a elaborar uma teoria consistente sobre a natureza e comportamento da luz, apesar de imaginá-la como uma entidade corpuscular (sujeita às leis da Mecânica). Tal ideia é suportada historicamente por Martins e Silva (2015) quando apontam que Newton não conseguiu dar uma explicação satisfatória e coerente para a natureza das cores. Muitas vezes os

² *Óptics*, em tradução livre, *óptica*, é um livro de autoria de Isaac Newton. Uma de suas maiores obras científicas, que possui ampla influência na ciência moderna. Com primeira edição em 1704, encontra-se também, traduzido para o português pela primeira vez em 1996 (NEWTON, 1996).

fenômenos observados por meio de suas experiências, como as realizadas com um prisma triangular de vidro, foram reexplicados com teorias envolvendo um enfoque diferenciado de seu tratamento corpuscular, especialmente considerando a luz como um fenômeno ondulatório. Isto faz parecer que foi Newton quem descreveu a refração da luz em relação ao comprimento de onda correspondente a cada cor. Diferente disto, ele interpretou a luz por uma hipótese corpuscular, pensando-a como corpúsculos que se movimentavam a partir de uma fonte (SALVETTI, 2008).

Para entender o interesse e trabalho de Newton sobre luz e cor, é necessário retomar o contexto de época. Jovem, Newton teve contato com o livro *The Mysteries of Nature and Art*³, de John Bate (com primeira edição em 1634) que detalha procedimentos para a preparação de cores para desenho e pintura. Sabe-se que Newton copiou parte do livro em um caderno, hoje conservado na *Pierpont Morgan Library* em Nova York. Seu interesse só reaparece claramente em anotações iniciadas em 1664. Registrou, por meio de cadernos (hoje conservados na Biblioteca da Universidade de Cambridge), as leituras de obras de René Descartes, Walter Charleton e Robert Boyle. Ao mesmo tempo, aproveitou para escrever considerações e ponderações próprias sobre o que lia, inclusive, anotando experimentos para realizar - tem-se dúvida se realizou alguns deles na mesma época ou apenas depois (MARTINS E SILVA, 2015). A maneira com que Newton descreve a luz e as cores parece ter sido construída com grande influência destes autores.

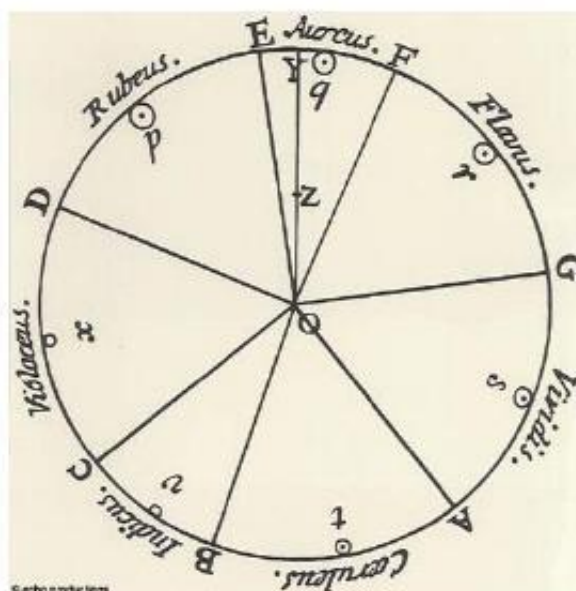
A crença de que a luz branca era indivisível tomou o pensamento da humanidade por séculos, acreditando que as cores só existiam devido à presença ou ausência de luz. Newton é o primeiro a criar um experimento que possibilita a divisão da luz branca em partes, de acordo com seu grau de refração (GOETHE, 2013).

A teoria da cor mais influente no século XVII resultou da análise espectral de Newton. Apesar de ter posto fim a ideia de um conjunto limitado de cores primárias (ao demonstrar que todas as cores estavam individualmente presentes no espectro da luz branca), difundiram-se a crença, por analogia com os sete tons da escola musical diatônica, que essa teoria mostrava uma sequência de setes cores básicas: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta (GAGE, 2012, p.14-16).

³ *The Mysteries of Nature and Arte* em tradução livre *Os mistérios da Natureza e da Arte* é um livro de autoria John Bate, escrito em 1634. “O livro funciona como um guia prático para experimentos científicos amadores e é dividido em quatro seções: Trabalhos na Água, Trabalhos no ar, Desenho, Coloração, Pintura e Gravura e Diversos experimentos” (THE, 2020).

O espectro Newtoniano é apresentado em *Óptica* que, na tentativa de organização das cores, cria um círculo cromático como pode ser visto na figura 1:

Figura 1 - Espaço de cores de Isaac Newton



Fonte: Feitosa-Santana *et al* (2006, p.).

O círculo não era feito de forma simétrica, mas de acordo com as proporções das faixas de cor. Newton observa nesses estudos que a junção de duas cores opostas no círculo cromático formava um cinza-esbranquiçado, o que o levou a colocar o “branco” no centro. A partir disto começa-se a criar círculos simétricos e a desvendar questões das cores complementares (GAGE, 2012).

Isso dava a entender que as cores opostas tinham algo de especial, e os artistas logo começaram a criar círculos simétricos, não apenas para demarcar os contrastes máximos, mas também para mostrar que eles compreendiam em si toda a gama das cores: vermelho opunha-se à cor secundária verde, que era uma mistura de duas primárias remanescentes, amarelo e azul; o azul opunha-se ao laranja, resultante da mistura de vermelho e amarelo, e assim por diante. Moses Harris, que publicou o que talvez seja o mais antigo círculo simétrico, chamou de ‘Sistema Natural das Cores’ (GAGE, 2012, p. 20).

Em seus experimentos, Newton utiliza um prisma triangular de vidro, com o qual analisou a dispersão e composição da luz branca, percebendo as radiações monocromáticas. Para a concretização do experimento, percebeu a importância do

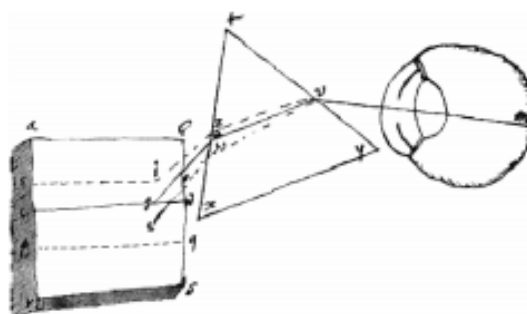
material a ser utilizado no meio refrator, pois os materiais alteram a refração e modificam o resultado do experimento (SILVEIRA, 2011; PEDROSA, 2010)

Para Martins e Silva (2015, p. 4202-09), “a cronologia detalhada dos experimentos ópticos de Newton é muito confusa”. Seus primeiros experimentos registrados envolvem a observação de uma superfície iluminada utilizando-se de um prisma, inspirado nos ensaios de Charleton.

Se o vértice do prisma estiver para cima e a superfície observada através do prisma tiver sua metade superior branca e a metade inferior negra, então o observador verá uma faixa vermelha separando as partes branca e preta, e essa faixa estará acima da divisão entre as duas metades. Se a superfície observada for invertida, ficando com a parte negra acima e a branca abaixo, mantendo a posição do prisma, então aparecerá uma faixa azul separando as partes branca e negra (MARTINS; SILVA, 2015, p.4202-10).

O exemplo ilustrado na figura 2 mostra uma experiência descrita por Charleton, que Newton repetiu, fazendo diversas anotações em seus cadernos. Com o prisma na posição do experimento (figura 2), olhando para um objeto com parte superior branca e inferior preta, notou que aparecia uma faixa vermelha entre as partes⁴. Invertendo o objeto, (preto acima e branco abaixo), uma faixa azul aparecia (MARTINS; SILVA, 2015).

Figura 2 - Experimento de Newton observando através de um prisma um objeto com metades diferentes



Fonte: Martins e Silva (2015, p. 10)

Newton gradualmente criou uma concepção que o ajudou a encontrar e descrever fenômenos durante suas experiências. Resumidamente: passou a

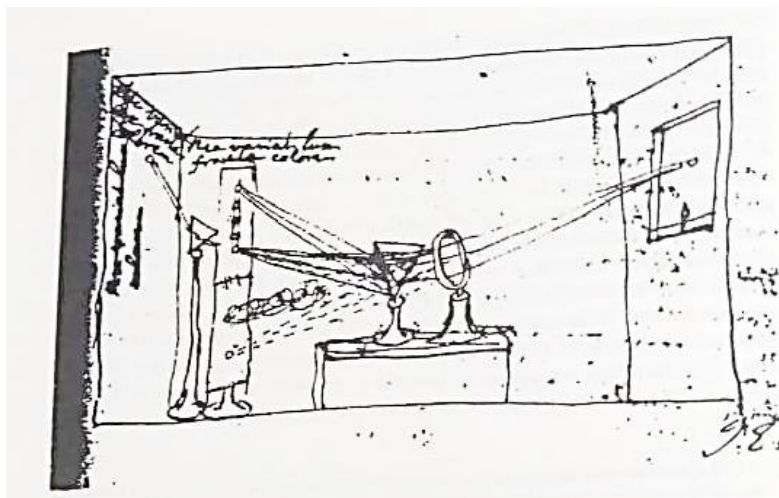
⁴ Não foi possível encontrar uma representação imagética do experimento em cores.

considerar a luz branca como composta por uma série de cores, ordenadas de certa maneira. Quando refratada por um prisma, cada uma das cores presentes na luz branca é desviada de maneira diferente e não pode ser recomposta ou ter a cor modificada ao refletir sobre objetos com cores, mas somente ser 'absorvida' ou 'refletida'. Tal concepção, inédita na época, aparece muito mais claramente no decorrer das suas anotações. Depois de muito tempo (e de alguns artigos publicados e criticados), Newton resolveu expor seus estudos e conclusões no livro *Óptica* (NEWTON, 1996).

Com suas conclusões, Newton nega uma ideia antiga, aceita desde a antiguidade clássica, como descrita por Aristóteles, de que as cores eram compostas por combinações de branco e preto, luz e sombra. Ao mesmo tempo, diverge de todas as descrições sobre a luz e cor apresentadas na sua época e pouco tempo antes por Hooke, Boyle, Charleton e Descartes (que também ofereceram interpretações alternativas à formação da cor) (NEWTON, 1996). Concebe que a luz não tem a cor modificada ao passar por diferentes meios, como prismas, ou quando é refletida. Isto permitiu argumentar que a luz é composta por uma série de cores e, na verdade, é decomposta através da refração no prisma. Demonstra, então, o que se conhece hoje por espectro - o nome foi dado posteriormente à primeira publicação de seu *Óptica*, antes descrita como íris prismática ou íris (NEWTON, 1996).

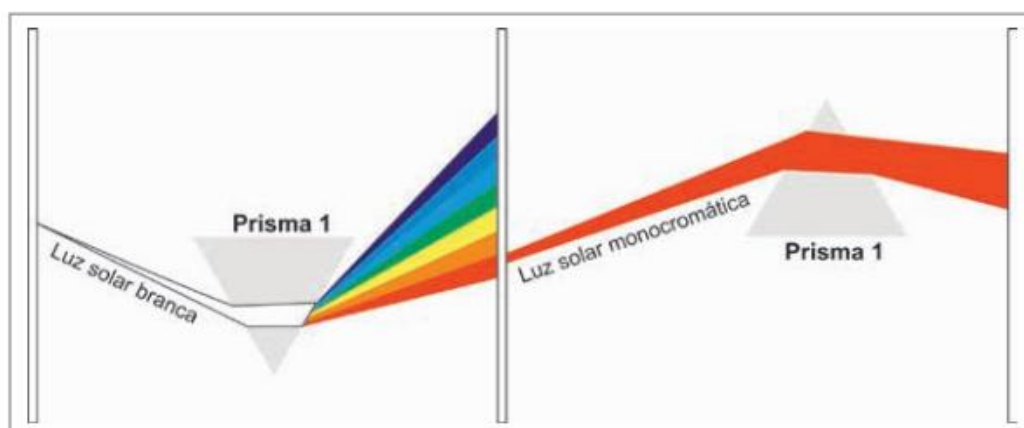
Newton aponta fortemente para uma ideia de purificação da luz natural provida pelo sol e por velas, a partir do momento em que foi notada como composta por diversas cores. Um dos seus experimentos tornou-se popular por esta tentativa de isolar as cores da luz. É a *Experiência 6* do Livro I do *Óptica*, comumente chamado de *experimentum crucis* (experimento crucial). Nele, Newton faz a luz de um feixe entrar por um orifício numa sala escura, passando por um prisma; a luz que passou pelo prisma, então, passa por outro orifício, que deixa passar apenas uma das cores entre o que descreve como azul e vermelho; a luz da cor escolhida, então, pode passar por um segundo prisma. Uma representação deste experimento é dada pela figura 3 e 4 (SILVEIRA, 2011).

Figura 3 - Representação original do experimento crucial (Experiência 6 do Livro I de Óptica) feito por Newton



Fonte: Newton (1996, p.67)

Figura 4 - Representação do experimento crucial (Experiência 6 do Livro I de Óptica) feito por Newton



Fonte: Silveira (2011, p. 29).

Com esta experiência, Newton pode iluminar cartões de cores variadas, escolhendo uma das cores providas pelo prisma que passaria pelo orifício (entre o vermelho e azul, dadas as limitações experimentais da época). Ele notou, por exemplo, que, ao iluminar um cartão azul com a luz vermelha, o cartão parecia escuro, diferente de iluminar um cartão vermelho com luz vermelha, que pareceria ainda mais vermelho. Além disso, a luz com a cor escolhida que passa pelo segundo prisma sofre desvio pela refração, mas não se separa em mais cores (SILVEIRA, 2011).

Newton havia desenvolvido uma nova concepção para a observação dos fenômenos da luz, procurando isolar as cores e mostrar que a luz branca é uma composição de diversas cores.

2.2 GOETHE E A COR

Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) foi um teórico que se baseou na relação entre a cor e o aparelho visual humano, focalizando na ação viva das cores. Goethe não separa homem e mundo. Considerava a cor como um fenômeno que dependia do seu espectador para ser percebida. Ao contrário da teoria das cores Newtoniana, que vê as cores como um fato e as observa em situações muito específicas e ambientes controlados a partir do uso do prisma, Goethe observa a cor como um fenômeno, isto é, a estuda no cotidiano e a partir da fisiologia óptica do olho humano.

Goethe foi um estudioso posterior a Newton. Alemão, nascido em Frankfurt, filho de um reconhecido advogado, teve acesso aos estudos desde pequeno, quando, teve aulas com o seu pai e depois com professores particulares. Aos 16 anos entrou para a universidade e se formou em Direito. Paralelamente ao curso, Goethe estudou desenho e pintura (GOETHE, 2013).

Destaque dentro da literatura, Goethe teve uma vasta carreira, mas considerava a sua obra científica mais importante que a obra poética. O hábito de pensar o conhecimento de forma fragmentada é responsável pelo estranhamento causado ao deparar-se com os estudos entre poesia e ciência feitos por Goethe. O pesquisador, ao contrário, não conseguia ver o saber de forma compartimentalizada (KESTLER, 2008).

A curiosidade de Goethe pode ser vista em algumas informações bibliográficas, como quando estudava direito e teve contato com estudantes de medicina. Neste contexto, Goethe começou a assistir aulas de química, medicina e fisiologia. Em sua personalidade, um traço marcante foi o fato de querer *saber tudo* - estava sempre em busca de novos saberes. Com esse interesse pelo conhecimento, tornou-se um importante e influente cientista do seu tempo (KESTLER, 2008).

O pesquisador estudou a área de mineralogia e da geologia, publicando diversos estudos sobre o assunto. Percorrendo, também, por profundos estudos em anatomia humana, osteologia e zoologia, momento em que defendia o parentesco entre homens e animais, uma ideia veementemente negada pela comunidade científica contemporânea ao pesquisador. Estes últimos estudos encaminham Goethe para a botânica, buscando gerar classificações dentro do mundo vegetal e entender

suas interpelações. A botânica leva Goethe até a morfologia, de maneira que estuda as formas que a matéria pode tomar. É durante a sua estadia na Itália que o pesquisador começa a debruçar-se sob a teoria das cores, publicando obras como *Contribuições para a Óptica* (1791) e *Doutrina das cores* (1810) (KESTLER, 2008).

Goethe dizia que “nada pode ser exterior a nós, o mundo se reflete no sujeito. Mas os próprios fenômenos objetivos também devem se manifestar nele” (GOETHE, 2013, p, 41). Ou seja, para Goethe o mundo externo e o ser humano estão mutuamente relacionados. Seu estudo foca a noção da cor como uma ação viva de interação com o aparelho visual humano (GOETHE, 2013).

Doutrina das Cores, embora seja um livro complexo, denso e que colabora de forma consistente no desenvolvimento da teoria da cor, é visto pelo próprio Goethe apenas como um esboço ainda inacabado. As críticas à teoria de Newton dificultaram a aceitação da obra, o que ocasionou uma dificuldade de acesso, criando barreiras para compreensão da teoria e divulgação (PEDROSA, 2010). Em seu livro, Goethe adiciona mais um campo do estudo para a compreensão da cor, a dimensão fisiológica, pois para Goethe “todos os órgãos sensórios são análogos aos fenômenos que percebem” (GOETHE, 2013, p. 12).

A teoria de Goethe organiza-se em três categorias principais: a cor fisiológica, a cor física e a cor química. Na primeira, Goethe introduz o fenômeno relacionado a interioridade perceptiva de cada sujeitos, apresentando-se de forma fugaz. A cor física engloba os fenômenos da luz. A cor química está atrelada a matéria e a sua composição química. Sua teoria será apresentada com maior profundidade no item 2.4 deste trabalho.

2.3 NEWTON E GOETHE: APROXIMAÇÕES E DISTANCIAMENTOS

As pesquisas de Newton e Goethe foram fundamentais para os estudos de cor na contemporaneidade. Como já foi discutido anteriormente, Newton voltou seu estudo para a luz e para sua composição, já Goethe percebeu a cor como um fenômeno aliado ao ser humano. Ao comparar as teorias de Newton e Goethe, é possível perceber o caráter de complementaridade entre as duas. Devido a isto, discute-se aqui suas aproximações e distanciamentos (SILVEIRA, 2011).

Goethe relacionava as cores de um modo fenomenológico, em uma postura dialógica, estabelecendo uma relação de estudo da natureza e na natureza, opondo-se a Newton que pesquisava sobre a natureza e buscava compreender os seus sistemas (BACH JUNIOR, 2015). Newton investigava a cor através dos fenômenos luminosos em experiências, enquanto Goethe apresenta uma nova visão sobre a percepção da cor (BARROS, 2006).

Após viagem à Itália, em 1791, Goethe pede prismas emprestados a Buttner. Um dia, ao olhar casualmente em direção a uma parede branca através de um prisma, não vendo cor alguma, diz imediatamente a si mesmo que a teoria de Newton estava errada. A partir daí dedica boa parte do tempo para tentar provar experimentalmente aquilo que havia intuito (GOETHE, 2013, p. 43).

Goethe questiona a aceitação da teoria de Newton e o modo como tratava a cor apenas como fenômeno físico. De acordo com Goethe, a percepção da cor através do olho humano era o que devia ser estudado, fazendo conexões interdisciplinares e não a tratando como fenômeno isolado. Para Goethe, o conhecimento das cores não se baseia na luz cotidiana, no externo, mas sim a partir do observador que com ela interage. Daí vem importância do estudo do órgão visual e sua percepção cromática.

Goethe propõe uma interpretação das cores a partir do órgão da visão, que não pode ser identificado a um conjunto de prismas e lentes, pois o olho é um órgão vivo. Sua aversão a experimentos com lentes e prismas no interior de um quarto escuro, ilustra bem essa nova postura diante do fenômeno cromático. A investigação ao ar livre, onde o olhar reencontra a natureza, é única que parece fasciná-lo (GOETHE, 2013, p. 45).

É possível perceber que Goethe tem no órgão visual o ponto fundamental do seu estudo, pois se interessa nas condições que propiciam o aparecimento do fenômeno de modo geral. Para ele, não basta explicar como a cor surge na luz, mas como ela chega até a interpretação visual humana. Neste momento, Goethe nega para si mesmo que a luz branca possa ser formada por outras luzes coloridas, pois as luzes coloridas são mais escuras que a luz branca (GOETHE, 2013).

A recusa em aceitar essa verdade fechou-lhe o caminho da Óptica física, tal como a concebemos desde a sua criação, mas não impediu que ele imprimisse um novo rumo à teoria das cores, encaminhando-a no sentido da Fisiologia e da Psicologia. São os êxitos verificados nestes campos que dão atualmente à sua teoria o caráter de contemporaneidade (PEDROSA, 2010, p. 65).

Mais tarde descobriu-se ser uma conclusão equivocada, mas esta foi uma observação que ajudou o pesquisador desenvolver mais sobre a cor. As observações de Goethe desenvolveram a cor como um fenômeno físico, fisiológico e psíquico ao relacionar a cor com outras áreas do conhecimento. A sua pesquisa visa a percepção da cor por pessoas comuns, em ambientes cotidianos (BARROS, 2006).

A percepção da cor se modifica a partir do ponto de vista que está analisando. Seus critérios são vistos como fenômenos da consciência, da retina ou físicos. Newton buscava a compreensão como fenômeno físico e o que destaca Goethe não é negar o outro pesquisador, mas sim colaborar com a sua teoria, mostrando que a cor vai além da física. Isto faz com que as teorias não sejam contraditórias, mas sim complementares, interpretadas a partir de critérios e métodos diferentes (GOETHE, 2013).

O pesquisador discerne a cor como algo que envolve a filosofia, busca saber como fenômeno é sentido e percebido pelo ser humano, preocupa-se com a cor como um fenômeno universal. Já Newton enxerga a cor como algo mecânico, analisa a natureza da luz, baseado em conceitos de ação e reação de modo isolado (BARROS, 2006).

Se Newton escolhe a luz como ponto central, Goethe escolhe o próprio homem e o enxerga como receptor e participante do fenômeno focando no órgão visual na sua elaboração teórica. Goethe é contra o conhecimento dogmático, ele busca novas formas de aprofundar seus saberes sem se prender a ideias pré-concebidas, pois as considera limitantes para o saber humano. Sua crítica não é a Newton, mas sim, a classe científica do momento histórico que não aceitava novas ideias (BARROS, 2006). Goethe (1963, p. 443 *apud* PEDROSA, 2010, p. 65) comenta sua posição na situação:

Com isso, fiz com que toda a escola (Newtoniana) se voltasse contra mim; todos se admiravam de alguém sem o domínio superior das matemáticas ousasse contradizer Newton, porque pareciam não ter a mais remota ideia de que pudesse existir uma física absolutamente independente das matemáticas.

Goethe vê a subjetividade como algo importante para o desenvolvimento do conhecimento, procurando orientações no seu subjetivismo natural para “extrapolar a

frieza e impessoalidade do gênero científico” (BARROS, 2006, p. 279). O pesquisador leva em consideração a interação entre luz e sombra, a dinâmica da interação que faz a cor surgir, contrário de Newton que “considera a luz o único fenômeno responsável pela existência da cor” (BARROS, 2006, p. 279). Newton dedica-se ao estudo da luz e a cor é uma de suas propriedades, Goethe estuda a cor e a luz é uma das variáveis necessárias para a sua existência.

Newton e Goethe iniciam seus trabalhos a partir de pontos de vista distintos. Enquanto Newton preocupava-se em analisar a cor em sua composição, Goethe defendia que a cor, vai além do fenômeno físico, deve ser analisada levando em consideração sua interação com o ser humano. Neste contexto, é necessária a conclusão não só de como se forma a luz branca, mas como é recebida pela percepção cromática humana.

2.4 INTRODUÇÃO À TEORIA DA COR A PARTIR DE GOETHE

No princípio de seus estudos, Goethe fez estudos prismáticos, mas ainda não se encontrava satisfeito com os resultados. Para Barros (2006, p. 291) “a obra *Sur Les Couleurs Occidentales de Buffon*, leva Goethe a trocar o prisma pelo próprio órgão visual, percebendo uma nova perspectiva de abordagem do fenômeno cromático”. A partir deste momento a cor é estudada pela percepção visual humana no seu cotidiano e não mais de forma isolada.

De acordo com Pedrosa (2010, p. 62), “de todos os pesquisadores, Goethe é o que exerce maior influência entre os intelectuais e artistas contemporâneos no tocante à utilização estética dos princípios cromáticos”. Sendo o primeiro a explorar o funcionamento fisiológico dos órgãos visuais para o estudo da percepção da cor, “Goethe organiza a aparência cromática: em relação ao olho (cor fisiológica), em relação a luz e a sombra (cor física) e relação a matéria (cor química)” (BARROS, 2006, p. 295). Essa divisão das cores proposta por Goethe é explicada de forma sintética por Silveira (2011, p. 32):

As cores fisiológicas eram as cores que pertenciam aos olhos e que dependiam diretamente da sua capacidade de ação e reação. As cores físicas de Goethe eram aquelas cuja origem se devia a fontes de luz refletidas pelos objetos coloridos, hoje denominadas cores luz. Por fim, as cores químicas

eram aquelas dependentes das substâncias químicas que formam os objetos, hoje denominadas cores pigmento.

Goethe defende a cor como luz sombreada, pois a cor surge a partir do encontro da luz com a escuridão. Para Goethe,

as cores são ações e paixões da luz. [...] Na verdade, luz e cores se relacionam perfeitamente, embora devamos pensa-las como pertencentes a natureza como um todo: é ela inteira que assim quer revelar ao sentido da visão. (GOETHE, 2013, p. 39).

Apresenta-se, a seguir, as definições de cor-fisiológica, cor-física e cor-química com maiores detalhes. O maior destaque encontra-se ao falar da cor-fisiológica, devido ao seu destaque dentro de teoria de Goethe. Além das informações provenientes da própria teoria de Goethe, acrescentam-se também teorias contemporâneas sobre tais âmbitos da cor em uma tentativa de aproximação do que é vivenciado na ciência atual.

Goethe realiza a categorização das cores como manifestações fenomenológicas, levando em conta a sua durabilidade e transitoriedade de manifestação. Cores fugidas são as fisiológicas, cores temporárias são as físicas e cores permanentes são as químicas (BACH JUNIOR, 2015).

2.4.1 Cor Fisiológica

O foco maior da teoria de Goethe está na óptica fisiológica, pois trata da interpretação de como o aparelho visual percebe a cor. As cores fisiológicas “pertencem ao olho saudável e são consideradas condições necessárias à visão, indicam uma viva alternância interna e externa no olho” (GOETHE, 2013, p,79). Neste subitem serão explicitados os conceitos biológicos da formação e recepção da cor no cérebro humano e as colocações de Goethe ao relacionar tal fenômeno com a teoria cromática.

Inicialmente, Goethe busca compreender a atuação do olho na relação com a luz e a escuridão, constatando a participação ativa do olho para a efetivação das percepções. “O ambiente e os objetos exercem uma atuação [Wirkung] sobre o órgão sensorial. O olho exerce uma contra-atuação [Gegenwirkung] na sua interação com escuridão e luz, gerando o oposto complementar” (BACH JUNIOR, 2015, p. 69). Com

esta explicação, Goethe afirma ser possível perceber as imagens pretas e brancas. Para a percepção das imagens coloridas, Goethe, utiliza-se da mesma explicação de contra atuação ocular:

A percepção das cores fisiológicas, porém, é mais difícil de ser constatada no cotidiano. Num experimento metodicamente proporcionado, uma imagem, vermelha (púrpura) é apresentada durante certo tempo ao olho. Quando o olho volta-se a um fundo branco, depois de sua exposição à imagem púrpura, é possível perceber uma imagem de cor verde. Este verde não existe no objeto, ele é a cor fisiológica complementar que foi produzida pelo olho quando este, em seu contra atuação, o criou como complementar ao objeto vermelho (BACH JUNIOR, 2015, p. 70).

A contra atuação ocular é responsável pelo fenômeno da cor complementar fisiológica. No aparelho visual humano existem os bastonetes que são responsáveis pela formação da imagem colorida e pela distinção das cores. Possuindo as três cores primárias da luz (azul, verde e vermelho), estes cones são capazes de gerar a visualização de todas as cores do espectro visível. Ao observar por um longo período uma cor, o bastonete responsável se sobrecarrega e como resposta ao olhar para uma superfície branca gera a sua cor complementar.

Se o objeto é azul, o olho produz o laranja, se a imagem é violeta, o olho produz o amarelo. Assim, estabelece-se um padrão de complementaridade formando pares opostos como resultados da observação fenomenológica: vermelho e verde, azul e laranja, violeta e amarelo (BACH JUNIOR, 2015, p. 70).

Hoje, devido aos estudos posteriores ao tempo de Goethe, pode-se compreender os fenômenos cromáticos fisiológicos de forma complementar aos pensamentos de Goethe. Por este motivo, são trazidos aqui autores contemporâneos para explicitar de forma mais aprofundada o fenômeno da percepção cromática humana.

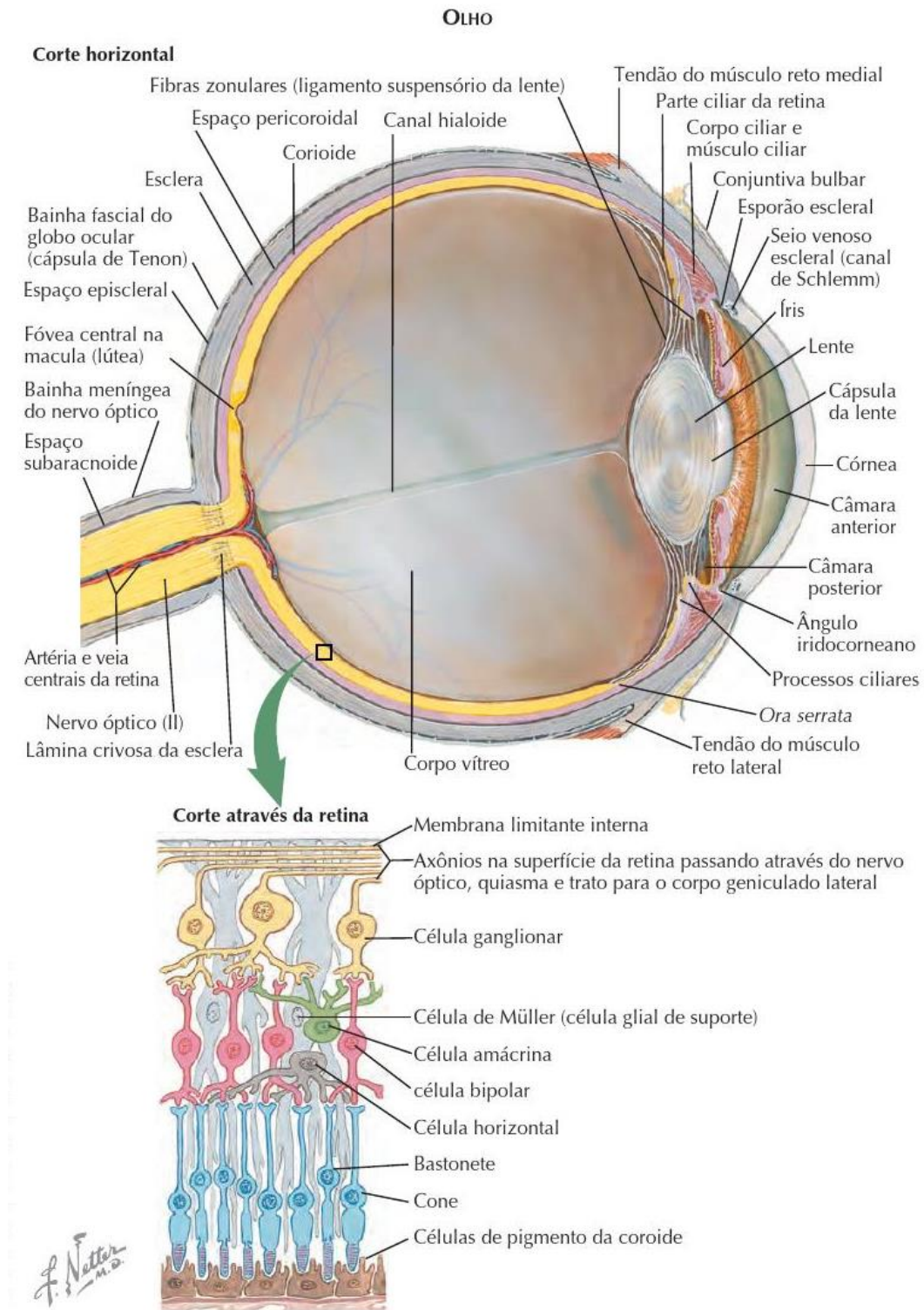
O primeiro passo para tal compreensão é entender a estrutura e o funcionamento do olho humano. O olho humano é capaz de perceber e processar imagens numa infinidade de ambientes, seja com pouca ou muita luz, objetos próximos ou distantes, objetos inanimados ou em movimento. Essa capacidade decorre do arranjo anatômico do globo ocular e a formação das imagens resulta da interação de fenômenos físicos e processos biológicos, resultado da evolução da espécie humana (GARCIA, 2002).

Para compreender o funcionamento do olho humano, faz-se necessário relacionar os conceitos de percepção de imagens aos princípios de óptica fisiológica. Desse modo, o olho humano é capaz de perceber brilho e cor. O mecanismo biológico da visão consiste numa conjuntura intrincada de músculos, nervos e demais tecidos especializados em receber os estímulos foto-visuais e transformá-los em imagens complexas. O diâmetro médio do olho é de 24 mm, revestido quase que em sua totalidade pela membrana esclerótica (GARCIA, 2002).

Dentre os componentes do olho humano, de acordo com Jones *et al.* (2014), Garcia (2002) e Sobotta (2006), podem-se destacar os grupamentos musculares responsáveis pela sua sustentação e movimentação. Dentre eles, os músculos extraoculares que são denominados: oblíquo maior, oblíquo menor, reto interno, reto externo, reto superior e reto inferior; sua inserção ocorre na membrana esclerótica.

Esses grupamentos musculares têm função de movimentar o globo de modo a posicionar corretamente a entrada de luz para a apreensão da imagem objetivada. Ainda segundo Jones *et al.* (2014), há o músculo ciliar que está relacionado ao ajuste de foco, proximidade e distância. Já os músculos da íris (músculo dilatador da pupila e esfíncter pupilar) são responsáveis por regular a intensidade luminosa que atinge a retina, variando o tamanho da abertura pupilar. Formando o globo ocular (figura 5) em si, tem-se o filme lacrimal, a córnea, a esclera, o cristalino, o humor vítreo e o humor aquoso. Todos esses componentes trabalham no sentido realizar a aposição da imagem sobre a retina (GARCIA, 2002).

Figura 5 - Olho humano, vista lateral



Fonte: Jones *et al.* (2014).

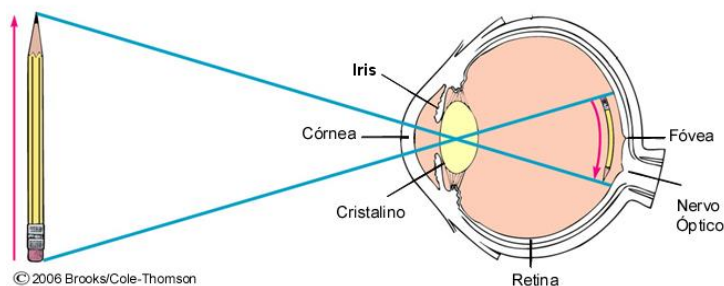
A parte anterior do olho é formada por uma camada mucosa, a conjuntiva, e por uma camada córnea, que é transparente e tem formato de cúpula. Já a porção

posterior revela-se em três camadas distintas: esclerótica, coroide e retina (GARCIA, 2002). A camada esclerótica confere sustentação e forma ao globo ocular. A coroide é responsável pela nutrição da retina e também por reduzir a reflexão da luz no globo ocular, ela é dotada de grande quantidade de vasos sanguíneos e ricamente melanizada. Na retina estão as células fotorreceptoras, cones e bastonetes, e é nela que se processam as primeiras informações visuais.

A parte central da retina, ou fóvea retiniana, é constituída pelas fibras nervosas denominadas cones – devido a sua forma. Os cones, em número aproximado de 7 milhões, são os responsáveis pela visão colorida. Envolvendo a fóvea, encontram-se os bastonetes, cerca de 100 milhões, sensíveis as imagens em preto e branco. No fundo do olho, correspondendo à parte central da retina, há uma interrupção dos cones e bastonetes num ponto denominado ponto cego, correspondente a localização do nervo óptico. É por este nervo que as impressões visuais são transmitidas ao cérebro (PEDROSA, 2010, p.40).

Jones *et al.* (2014) afirmam que a luz deve atingir uma camada de células fotorreceptoras externamente à retina, e para isso, a atravessa-a. Há também uma camada de células de pigmento, que tem por função eliminar reflexos e absorver a luz. De maneira funcional a retina pode ser dividida em duas regiões: periférica, na qual predominam os bastonetes, e central, neste local está a fóvea que contém apenas cones, responsáveis pela acuidade visual. A imagem formada na retina é sempre invertida e menor (figura 6).

Figura 6 - Formação da imagem na retina



Fonte: Nishida *et al.* (2019)

Os bastonetes são células fotorreceptoras altamente sensíveis, que geram uma resposta monocromática. Os cones são ligeiramente menos sensíveis, porém, sua resposta é a visão em cores. Esses dois tipos de células são estimulados pela

energia luminosa de modo a causar um tipo de hiperpolarização estimulando o pigmento visual rodopsina (GARCIA, 2002).

Existem cones excitáveis com os comprimentos de onda que resultam na luz vermelha, outros com a luz verde e outros com a luz azul (visão fotópica⁵), portanto, são células especialmente estimuladas em ambientes bem iluminados. A região da fóvea, no eixo visual, é repleta de cones, logo, a visão central ou foveana possui grande acuidade e as imagens nela recebidas são vistas com nitidez, forma e cor bem definidas. Já os bastonetes são responsáveis pela visão escotópica⁶, sendo células mais sensíveis à luz, capturando fótons em ambientes de baixa luminosidade, mas não apresentam boa resolução e não permitem definição de detalhes nas imagens que recebem. Há, na retina, uma faixa de visão chamada mesópica, que processa as imagens numa faixa intermediária de luminosidade, na qual os sistemas de visão fotópica e escotópica são operantes conjuntamente (GARCIA, 2002).

Conforme aponta Garcia (2002) o olho humano é capaz de captar comprimentos de onda entre 370 e 740 nanômetros (nm) e é nessa faixa do espectro da luz que estão as cores percebidas pelo olho humano. Kolb (1995) coloca que os bastonetes têm seu pico de sensibilidade ao comprimento de onda aproximado em 500 nanômetros, devido à presença do pigmento rodopsina, que é um derivado da combinação de 11-cis-retinal (secretado pelas células pigmentares da retina) e opsina. Os cones têm picos de sensibilidade às ondas curtas (S, 420–440 nm), médias (M, 530–540 nm), e longas (L, 560–580 nm) (KOLB, 1995; GARCIA, 2002; GUIMARÃES *et al.*, 2014).

Intimamente ligadas aos neurônios sensoriais estão as células ganglionares, cuja função é enviar as informações visuais ao sistema nervoso central para processamento e análise (GARCIA, 2002). Guimarães *et al.* (2014) colocam que os fotorreceptores e as células ganglionares na retina estão distribuídos em densidades diferentes, de acordo com a localização. Desse modo, na região mais central da retina têm-se alta concentração de cones e células ganglionares, intimamente ligadas às células bipolares, de forma a permitir alta resolução espacial. Já na chamada retina

⁵ A visão fotópica é a que possibilita ver cores, que é utilizada durante o dia ou em níveis normais de luminosidade.

⁶ A visão escotópica capta baixos níveis de luminosidade e não detecta as cores. Este tipo de visão é utilizado durante a noite, ou estando em ambientes escuros.

periférica, essa densidade decresce e conseqüentemente a resolução espacial decai. No entanto, esse balanço da quantidade e densidade de células nas diferentes regiões da retina é fundamental para a manutenção da visão no sentido de otimizar a detecção de detalhes na retina central, assim como a acuidade visual em baixa luminosidade, função da retina periférica. (GUIMARÃES *et al.*, 2014).

O sentido do estímulo nervoso provocado pela luz segue dos cones e bastonetes para as células bipolares e delas para células ganglionares que conduzem o impulso através do nervo óptico até o cérebro. Existe uma região na retina denominada ponto cego ou disco óptico. Nela, estão os vasos sanguíneos responsáveis pela nutrição do globo ocular, dessa maneira, ali, não são formadas imagens visíveis (GARCIA, 2002).

Para que ocorra o fenômeno da visão da cor é necessário o estímulo da luz. Ao deparar-se com a ausência de luz, o órgão visual se retrai. Já em um ambiente com luminosidade exacerbada, a visão ofusca-se. Percebe-se, então, na teoria de Goethe, que é necessária uma proporção próxima entre escuridão e luminosidade para que o órgão visual consiga interpretar as imagens (GOETHE, 2013).

Luz e escuridão externas se relacionam com a dinâmica da sensibilidade ocular para determinar a qualidade da percepção. Para a constatação desse fenômeno, Goethe realizava experimentos com forte contraste entre preto e branco, escuridão e luz. Para uma forte imagem clara, o olho cria a correspondente imagem complementar escura, e vice-versa. O fenômeno da visão está intrinsecamente relacionado ao fenômeno fisiológico ocular. Nesta relação, o olho é um contínuo criador de complementaridade para, na sua interação com o ambiente, formar uma totalidade (BACH JUNIOR, 2015, p.71).

Para que a cor possa ser percebida, é primordial o seu contato com a luz. A relação da cor com a física se faz justamente a partir da luz. É a interação entre ambas que gera a formação da imagem no cérebro. No item a seguir aborda-se sobre os aspectos físicos da cor.

2.4.2 Cor Física

Para Goethe, a cor física é obtida através de meios transparentes ou incolores, podendo estar em estado gasoso, líquido ou sólido. As cores físicas dependem do meio. Sendo assim, não são permanentes como as químicas e nem tão

fugidias como as cores fisiológicas. A cor física tem duração variada e está entre o tempo de duração da percepção fisiológica e de sua composição química (BACH JUNIOR, 2015).

Denominamos cores físicas aquelas cuja origem se deve a certos meios materiais, incolores, que podem ser transparentes, turvos e translúcidos, ou completamente opacos. Tais cores são assim produzidas no olho mediante causas externas determinadas ou, se de algum modo já se produziram fora de nós, refletidas no olho. Embora lhes atribuamos um tipo de objetividade, nelas ainda persiste a característica de serem fugidias e difíceis de fixar (GOETHE, 2013, p. 113).

A cor, a partir da óptica física, tem seu fundamento na luz. De acordo com Silveira (2011, p. 45), “pode-se pensar a cor física como a trajetória luminosa da fonte para o objeto e daí para os nossos órgãos visuais. Isso significa que se trata da aparição da cor ainda sem a interpretação do ser humano”. Para ser percebida, a cor física precisa interagir com a cor fisiológica. Goethe realiza experiências prismáticas, nas quais, utiliza superfícies divididas entre preto e branco. Ao colocar o prisma na fronteira entre o preto e o branco, percebe-se o aparecimento das cores fundamentais. Este fato o levou a afirmar:

O surgimento das cores em meios turvos (o prisma, a atmosfera da terra) entre dois polos, a luz e a escuridão. Tendo a claridade à frente e a escuridão nos fundos, o observador nota o surgimento da cor azul intensificando-se ao violeta até a fronteira com o preto. No seu oposto, tendo a escuridão à frente e a claridade aos fundos, aparece à observação a cor amarela intensificando-se ao laranja e vermelho, até a fronteira com o preto (BACH JUNIOR, 2015, p.75).

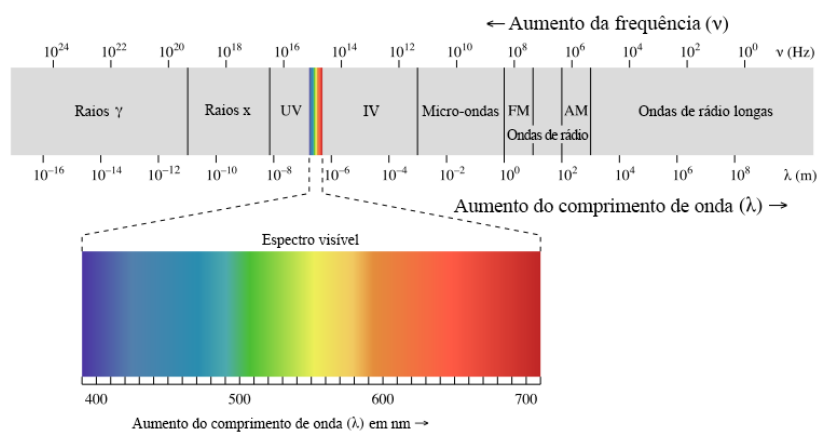
Reproduzindo as experiências diversas vezes, Goethe nota o aparecimento constante do azul e amarelo, consideradas cores físicas fundamentais, manifestando-se o azul e o amarelo sob a superfície branca e tornando-se avermelhados à medida que se estendem sob o preto (BACH JUNIOR, 2015).

As cores físicas se mostram em uma medida equilibrada entre a luz e a escuridão. A escuridão absoluta não permite a percepção visual da mesma forma como a iluminação plena ofusca a visão. A percepção humana da cor física exige luz e escuridão simultâneas em proporção adequada (BACH JUNIOR, 2015). Para Pedrosa (2010) todos os corpos que nos cercam emitem luz, mas não são todos que emitem em frequência visível.

Emitir luz é uma propriedade de todos os corpos quentes, isto é, dos que têm temperatura superior a zero absoluto. É chamado zero absoluto a temperatura aproximada de $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. O que equivale a dizer que todos os corpos que nos cercam emitem luz. Quando fortemente aquecidos, sua luz contém grande número de raios visíveis; se fracamente aquecidos, emitem apenas raios infravermelhos, invisíveis. Em tais casos, a energia das moléculas num permanente fluxo de emissão e absorção de quanta inteiros. Um corpo só deixa de emitir luz quando se consegue deter o movimento de suas partículas. Tal imobilidade o leva a baixar a temperatura, atingindo a zero absoluto (PEDROSA, 2010, p. 29).

Pedrosa (2010) menciona que todos os corpos que nos cercam emitem luz, porém apenas uma pequena faixa do espectro eletromagnético é visível pelo aparelho visual humano. A figura 07 representa o espectro eletromagnético destacando o espectro visível da luz.

Figura 7 - Pequena faixa do espectro eletromagnético, na qual conseguimos distinguir as cores



Fonte: Tungsten (2017).

Apenas uma pequena faixa da radiação eletromagnética é visível: são as chamadas cores luz. Segundo Pedrosa (2010), as chamadas cores luz são classificadas como cores físicas. A melhor fonte de luz branca a ser explorada é a luz natural, isto é, a luz solar, pois ela reúne o equilíbrio de todos os matizes da natureza. Ao isolar suas faixas do espetro através da refração são chamadas de luzes monocromáticas.

Lang (2010) afirma ser necessário ter a consciência de que nem todas as cores podem ser associadas às suas frequências ou comprimentos de onda da luz (radiação eletromagnética). O espectro da luz branca não contempla todas as cores

visíveis. Exemplos como magenta, marrom, cinza e branco, são cores extra espectrais. Deste modo, não se pode confundir cor com frequência da luz.

Ao observar as experiências com as cores físicas, volta-se atenção maior aos meios incolores, pois são eles que criam condições para o seu aparecimento. A luz, em diferentes circunstâncias, pode ser condicionada em quatro modos: cor dióptrica, cor catóptrica, cor paróptrica, cor endóptrica (GOETHE, 2013).

A cor dióptrica é “a cor produzida pela dispersão da luz sobre vários corpos refratores: prisma, lâminas delgadas (bolhas de sabão, manchas de óleo sobre a água) etc.” (PEDROSA, 2010, p. 27). A cor catóptrica é a luz refletida sobre um meio, ou seja, é a cor que se enxerga sobre a superfície de corpos opacos (PEDROSA, 2010; GOETHE, 2013). A cor paróptrica, aparece ocasionalmente na superfície dos corpos, geralmente de forma rápida, e são chamadas de cores acidentais. A cor endóptrica é percebida no interior de alguns corpos transparentes (PEDROSA, 2010).

Ao pensar que as cores físicas são as cores-luz, é preciso atentar-se que são, como dito anteriormente, diretamente fisiológicas. Para que a sua percepção aconteça, é necessária a interação do aparelho visual com o fenômeno luminoso. Trata-se aqui de cores que não são fixas e sim que se alternam constantemente (GOETHE, 2013).

A cor não tem existência material: é apenas sensação produzida por certas organizações nervosas sob a ação da luz – mais precisamente, é a sensação provocada pela ação da luz sobre o órgão da visão. Seu aparecimento está condicionado, portanto, à existência de dois elementos: a luz (objeto físico, agindo como estímulo) e o olho (aparelho receptor, funcionando como decifrador do fluxo luminoso, decompondo-se ou alterando-o através da função seletora da retina) (PEDROSA, 2010, p. 20).

Goethe realiza estudos do espectro da luz e também do espectro da escuridão, vendo-os como complementares. Os estudos de Goethe influenciaram o surgimento de teorias contemporâneas. O espectro da luz possui mistura aditiva (vermelho, verde e azul) e o da escuridão subtrativa (ciano, magenta e amarelo). A primeira utilizada na formação da imagem em telas digitais (RBG⁷) e a segunda em impressoras (CMYK)⁸ (BACH JUNIOR, 2015).

⁷ “RGB é a abreviatura de um sistema de cores aditivas em que o Vermelho, o Verde e o Azul são combinados de várias formas de modo a reproduzir um largo espectro cromático” (RGB, 2020).

⁸ “CMYK é a abreviatura do sistema de cores subtrativas formado por Ciano (Cyan), Magenta (Magenta), Amarelo (Yellow) e Preto (Black (Key ou para não confusão com o B de "Blue" no padrão Hi-Fi com RGB))” (CMYK, 2020).

O sistema tricromático utiliza-se do espectro da luz e é aplicado para a formação da imagem coloridas em meios luminosos, como monitores, televisores e telas de celular. As cores primárias são denominadas de RGB (figura 8) (do inglês, Red = vermelho; Green = verde; Blue = azul). De acordo com Pedrosa, a chamada “Cor geratriz ou primária – É cada uma das três cores indecomponíveis que, misturadas em proporções variadas, produzem todas as cores do espectro. Para os que trabalham com a cor-luz, as primárias são: vermelho, verde e azul-violetado” (2010, p. 22).

Figura 8 - Cores primárias da luz: azul, vermelho e verde



Fonte: Acervo da autora (2019).

As cores luz se complementam por síntese aditiva, ou seja, suas cores se somam para gerar todas as outras. O resultado da síntese aditiva das cores luz é a luz branca (Figura 9).

O caso da cor branca é interessante pois podemos enxergar branco quando a nossa retina é atingida por todas as ondas luminosas provenientes do sol ou quando apenas luz vermelha, luz verde e luz azul chega à retina com intensidades convenientes. [...] A tela do computador ou da televisão somente emite as três luzes (cores) fundamentais (ou primárias) por adição (a tela opera com o sistema rgb – red, green, blue). Os físicos Young e Helmholtz descobriram no século XIX que todas as nossas sensações coloridas podem ser obtidas apenas pela adição das três cores fundamentais com específicas intensidades (LANG, 2010).

Ao visualizar na tela do computador a cor amarela, por exemplo, não se vê a frequência correspondente à onda amarela pura, mas o que chega aos nossos olhos como amarelo é formado pela junção das luzes vermelha e verde, sendo o amarelo uma cor secundária. Lang (2010) afirma que as telas digitais não utilizam diversas luzes coloridas, mas é “importante frisar: na tela do computador ou da televisão

TODAS as cores são produzidas apenas com luz vermelha, verde e azul, superpostas com convenientes intensidades!”.

Figura 9 - Síntese aditiva da cor-luz



Fonte: Acervo da autora (2019)

As cores primárias presentes na cor luz são equivalentes às cores secundárias da cor pigmento (será explicitada no próximo tópico) e as cores secundárias da cor luz, são equivalentes às cores primárias da cor pigmento.

Figura 10 - Cores secundárias da cor-luz



Fonte: Acervo da autora (2019).

Na figura 10, pode-se observar a junção da cor primária azul-violetado com a primária verde gerando a cor secundária azul-ciano; a cor primária vermelha com a primária verde gerando a cor secundária amarelo e a cor primária vermelho com a cor primária azul-violetado gerando a cor magenta.

2.4.3 Cores Químicas

As cores químicas são assim classificadas por Goethe pela sua característica de permanência. Estão relacionadas aos pigmentos presentes em compostos orgânicos, como as plantas, e inorgânicos como as tintas industriais. Goethe explora a química das cores nos diversos âmbitos da natureza, observando sua polaridade, intensificações e misturas. Nestes estudos, percebe que a mistura de todas as cores não gera o branco como na luz, mas sim o chamado-cinza neutro (BACH JUNIOR, 2015).

Em uma definição simples, a cor química, conhecida como cor pigmento, é a substância material palpável que dependendo da sua natureza de composição química reflete, refrata ou absorve a cor. O que define a cor de um objeto é a sua capacidade de absorver e refletir frequências de luz. Ao chamar um corpo de verde, está sendo julgada a capacidade do objeto de refletir a cor verde do espectro da luz branca e absorver o restante que determina a sua denominação. O que o corpo absorve não pode ser visto, o que o corpo reflete é o que pode ser visto (PEDROSA, 2010).

Denominamos cores químicas as cores estimuladas em certos corpos, mais ou menos fixas, que neles se intensificam, deles podem ser extraídas e transmitidas a outros corpos, às quais, por essa razão, atribuímos uma certa qualidade imanente. Em geral caracterizam-se pela durabilidade (GOETHE, 2013, p. 127).

Na teoria de Goethe a cor química apresentada de modo geral em *Doutrina das Cores* (2013) traz alguns conceitos considerados básicos em relação ao que se tem na química contemporânea sobre o tema da cor. Goethe trata sobre a derivação do branco e do preto, estímulo da cor, intensificação, culminação, equilíbrio, percorre o círculo cromático, inversão, fixação, mistura real, mistura aparente, comunicação real, comunicação aparente, descoloração, nomenclatura, minerais, plantas, vermes, insetos e peixes, pássaros e, por fim, mamíferos e homem.

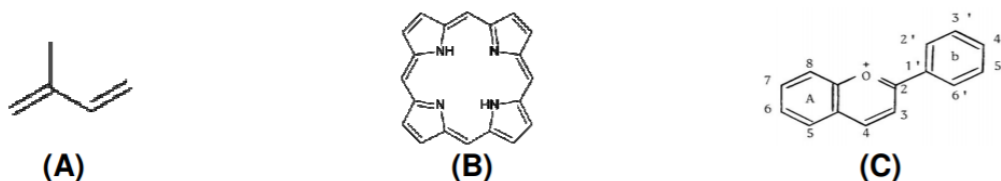
Trazendo a teoria de Goethe para uma visão contemporânea da cor na química, pode-se ressaltar que engloba também o fenômeno fisiológico e físico como descritos anteriormente, de modo que se foca aqui nos compostos orgânicos e inorgânicos.

Os compostos orgânicos da cor encontram-se nos seres vivos que se apropriam das cores de diversas maneiras, sempre de modo a otimizar seu *modus vivendi* e sua sobrevivência no meio (BEGON *et al.*, 2007). A fotossíntese, que é a reação química fundamental ao suporte da vida, demanda o pigmento verde clorofila, responsável em aproveitar determinados comprimentos de onda e dentro do cloroplasto, na presença de gás carbônico e minerais, produzir carboidratos que sustentam toda a vida vegetal e, por conseguinte, os demais organismos heterotróficos da natureza (TAIZ, 2013; RAVEN *et al.*, 2007). Porém, os vegetais se utilizam também de outros pigmentos, que exercem as mais diversas funções auxiliares a sua sobrevivência.

No meio natural, os seres vivos e a matéria inanimada exibem diferentes cores, em função da absorção e reflexão de diferentes comprimentos de onda por seus compostos orgânicos (MARTINS *et al.*, 2015). Um composto orgânico possui arranjo molecular complexo e a respectiva cor dependerá da distância de ligação entre os elétrons.

Quimicamente, os pigmentos orgânicos são classificados em três grupos distintos: flavonoides, porfirinas e carotenoides, sendo os dois primeiros de estrutura heterocíclica e o último de estrutura isoprênica. Suas estruturas estão representadas na figura 11 (PINHEIRO, 2020).

Figura 11 - Estruturas-base de alguns pigmentos orgânicos: (A) Isopreno, presente em carotenoides, (B) Macrociclo tetrapirrólico comum das porfirinas e (C) Cátion Flavílio, unidade estrutural dos Flavonóides



Fonte: Pinheiro (2020, s/p).

Naturalmente, para a determinação da cor de uma estrutura viva, órgão vegetal ou animal e fluidos biológicos têm-se a combinação de diversas substâncias pigmentares ou corantes. Conforme Pinheiro (2020) e Couto *et al.* (1998), os flavonoides são os principais agentes pigmentares ou elementos corantes em órgãos vegetais como flores e frutos. Desse modo, existem diversos tipos de flavonoides na natureza, mas as antocianinas e os flavonóis merecem maior destaque, uma vez que

os flavonóis determinam a coloração amarela, similar à cor produzida pelos carotenoides, enquanto as antocianinas exibem coloração vermelha, laranja e tons de rosa, azul e violeta.

Os flavonóis absorvem comprimentos de onda mais curtos que as antocianinas, invisíveis ao olho humano (TAIZ, 2013). Conforme coloca o autor, é interessante notar, no entanto, que estes comprimentos de ondas são visíveis por polinizadores como abelhas e outros insetos, uma vez que nas pétalas, e no receptáculo floral como um todo, esses pigmentos dispõem-se de modo a formar padrões geométricos, como listras, pontos e círculos, chamados de guias de nectário (figura 12). Os flavonóis atuam também nas folhas verdes, auxiliando o processo fotossintético no sentido de permitir a passagem dos comprimentos de luz visível úteis na fotossíntese e impedir a passagem dos raios UV-B. Além disso, os flavonóis nas raízes podem mediar relações de simbiose com microrganismos benéficos para as plantas principalmente na fixação de nitrogênio.

Figura 12 - A margarida amarela (*Rudbeckia* sp) como vista por humanos (A) e como deve ser vista por abelhas (B)



Fonte: Taiz (2013, p. 143).

De acordo com Taiz (2013), o grupo das antocianinas é responsável pela coloração de flores e frutos de modo a atrair animais para a polinização das flores e dispersão das sementes. A determinação da cor da antocianina irá depender do pH⁹ do vacúolo onde estão armazenados e a presença de ácidos aromáticos em sua molécula, conforme observado no quadro 1.

⁹ "PH significa "potencial Hidrogeniônico", uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada solução. O pH é a medida da acidez ou alcalinidade de um líquido, com base na quantidade relativa de íons hidrogênio (H⁺) que a amostra contém (PH, 2020).

Quadro 1 - Efeitos dos substituintes do anel na cor das antocianidinas

Antocianidina	Substituintes	Cor
Pelargonidina	4'—OH	Vermelho alaranjado
Cianidina	3'—OH, 4'—OH	Vermelho violáceo
Delfinidina	3'—OH, 4'—OH, 5'—OH	Azul violáceo
Peonidina	3'—OCH ₃ , 4'—OH	Vermelho rosado
Petunidina	3'—OCH ₃ , 4'—OH, 5'—OCH ₃	Violeta

Fonte: adaptação de Taiz (2013, p. 163).

Nos animais e nos vegetais, é possível observar padrões distintos de coloração no seu tegumento, em função da espécie, assim como nos seus órgãos e fluidos biológicos, sempre com vistas à otimização das suas funções orgânicas. Pinheiro (2020) destaca o papel dos compostos porfirínicos na pigmentação de componentes, como a clorofila e a hemoglobina. Nessas duas moléculas orgânicas há em comum a presença de um cátion metálico no centro de anel de carbono, sendo o magnésio (Mg^{2+}) na clorofila e o Ferro (Fe^{2+}) na hemoglobina, responsáveis pela cor verde nas folhas e vermelha no sangue, respectivamente.

A clorofila é um pigmento fotossintético de reflete a cor verde e é encontrada predominantemente nas plantas, porém ocorre também noutros grupos de seres vivos, como em cianobactérias e algas. A hemoglobina é o pigmento responsável pelo transporte de oxigênio no sangue de animais superiores e alguns invertebrados.

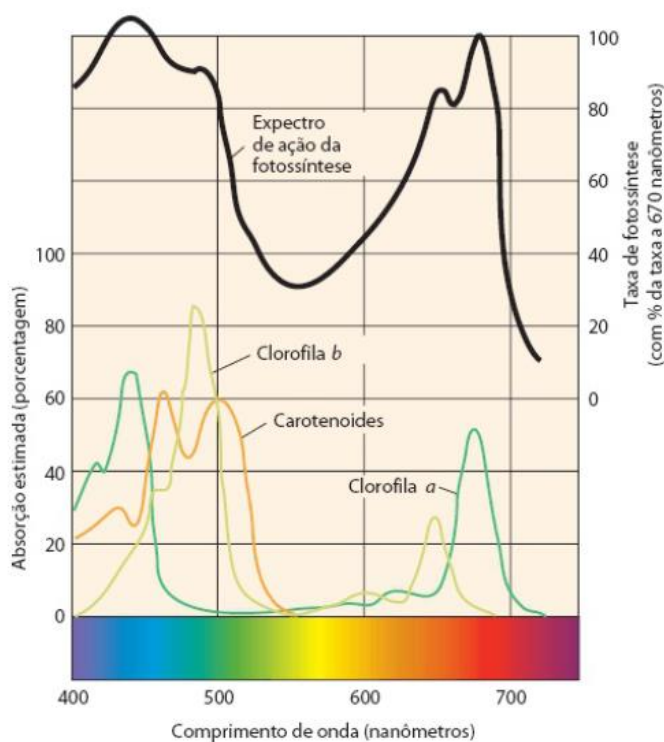
A molécula de clorofila é capaz de absorver a luz especialmente nos comprimentos de onda do violeta, azul e vermelho, o que resulta na reflexão da cor verde característica dos vegetais (RAVEN *et al*, 2007). Existe na natureza uma pequena variação no arranjo molécula da clorofila, derivando sua classificação em clorofilas *a*, *b*, *c* e *d*. Desse modo, as clorofilas *a* e *b* são as mais abundantes nas plantas verdes e as variações de clorofila *c* e *d* são frequentes em alguns protistas e bactérias fotossintetizantes.

Já os carotenoides podem ser encontrados em diversos grupos de seres vivos, como plantas, alguns tipos de fungos, bactérias, protistas, especialmente algas e até mesmo animais. Eles absorvem os comprimentos de onda no espectro da cor azul, logo refletem tons de vermelho, laranja e amarelo. Podem ser divididos em carotenos (apolares, logo insolúveis em água) e xantofilas (polares, logo, hidrossolúveis). Pela sua característica lipossolúvel os carotenos podem ser

encontrados conferindo a cor amarelada às gorduras animais e aos óleos em geral. Nas plantas, os carotenos atuam acessoriamente à clorofila protegendo as folhas da oxidação combatendo radicais livres, sendo, por isso, denominados pigmentos acessórios e fotoprotetores (TAIZ, 2013).

As xantofilas também atuam na proteção do maquinário fotossintético, e conferem cor a estruturas vegetais, tal como se observa nos grãos de milho e nos frutos de manga. Porém, as xantofilas podem ser encontradas em animais, como nos camarões, conferindo a eles o aspecto avermelhado quando cozidos. Seus espectros de ação e absorção são comparados na figura 13 (PINHEIRO, 2020).

Figura 13 - Comparação dos espectros de ação e de absorção



Fonte: Raven *et al* (2007, s/p).

A melanina é um pigmento de coloração marrom-escura, capaz de absorver a luz de qualquer comprimento de onda, atuando como um protetor solar natural nos animais, protegendo-os da radiação ultravioleta (JUNQUEIRA *et al.*, 2017). Quando mais melanizada for a estrutura, mais escura ou enegrecida ela irá parecer. Na espécie humana, indivíduos albinos possuem uma alteração genética responsável pela produção de melanina muito baixa ou nula, enquanto indivíduos com pigmentação normal obedecem ao padrão genético de herança quantitativa, no qual

a cor da pele é determinada pelo número de alelos que induzem a produção de melanócitos, variando gradualmente seu fenótipo entre pele clara a negra.

Conforme Junqueira *et al.* (2017, p. 357) “a pigmentação da pele é regulada por fatores genéticos, ambientais e endócrinos que modulam a quantidade, o tipo e a distribuição de melaninas na pele, nos pelos e olhos”. Pode-se citar ainda a presença nos vegetais das betalainas, pigmentos hidrossolúveis avermelhados (betacianinas) e amarelados (betaxantinas), semelhantes às antocianinas, encontrado principalmente na beterraba conferindo sua cor vermelho escura característica (VANUCHI, 2019).

Os taninos são compostos fenólicos hidrossolúveis encontrados em vegetais, cuja função primordial é repelir herbívoros preservando a integridade da planta, devido ao seu acentuado sabor amargo, refletindo na impalatabilidade do vegetal (RAVEN *et al.*, 2007). Conforme Vanuchi (2019) os taninos possuem coloração variante entre o amarelo e marrom escuro, porém, combinados com íons de Ferro, são capazes de produzir pigmentação preto-azulada. Os taninos podem ser encontrados não somente nas folhas e caule dos vegetais, como também nos frutos como em uvas, azeitonas e açaí ou em sementes como nas amêndoas, conferindo certa adstringência a esses alimentos (TAIZ, 2013).

Outra categoria de pigmentos naturais inclui os chamados pigmentos quinoidais, cuja cor varia entre o amarelo, vermelho e marrom. Vanuchi (2019) coloca que o grupo mais expressivo desses pigmentos é o das antraquinonas, cujos principais são o pigmento cochonilha e carmim-cochonilha, que podem ser encontrados em estruturais vegetais como raízes e troncos, mas principalmente em animais invertebrados, como nos insetos hemípteros do gênero *Dactylopius*, denominados popularmente de cochonilhas (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011).

Adentrando-se, agora, nos pigmentos inorgânicos, os mesmos são constituídos das mais diferentes matérias primas e processos de produção. Devido a sua amplitude, foca-se aqui na produção das tintas industriais. Fazenda (1995, p. 46) define tinta como:

Composição líquida, geralmente viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em película fina, forma um filme opaco e aderente ao substrato. Esse filme tem a finalidade de proteger e embelezar as superfícies (FAZENDA, 1995, p. 46).

A tinta possui variedades de cores, texturas e funções de acordo com a sua composição de aglutinante e pigmento. O aglutinante é o elemento responsável pela função de amalgamador dos pigmentos entre si, ou seja, de misturar os pigmentos e proporcionar a textura desejada, e, ao mesmo tempo, liga-os ao suporte (MOTTA; SALGADO, 1992). Os mesmos autores, ainda definem o pigmento:

Pigmento é uma substância finamente dividida, insolúvel nos aglutinantes, trazendo na forma da partícula diferentes tamanhos e feitios, que lhe dão características foscas ou brilhantes, opacas ou transparentes, que fazem alterar fundamentalmente o aspecto da tinta (MOTTA; SALGADO, 1992, p. 165).

Os compostos inorgânicos fornecem um número expressivo de cores presentes no cotidiano. É importante identificar como acontece a interação entre os compostos químicos com a luz, resultando na cor visível. A formação das cores nos compostos inorgânicos “é baseada em transições eletrônicas que absorvem um comprimento de onda da luz, refletindo a cor complementar, a qual é observada pelos nossos olhos” (MARTINS *et al*, 2015, p. 1521).

Para a produção de uma boa tinta é preciso atentar-se a quantidade de pigmento e de aglutinante - ambos possuem a mesma importância. Sua combinação deve ser calculada de acordo com os materiais utilizando, visando a capacidade de cobertura das tintas, ou seja, a capacidade da tinta de aderir uniformemente sobre a superfície pretendida. As tintas focas e brilhantes se dividem em dois grupos:

Tintas anisotrópicas proporcionam pinturas focas, porque a velocidade da luz desenvolve-se em várias direções, quando esta incide sobre a sua superfície. Tintas isotrópicas proporcionam pinturas brilhantes, porque a velocidade da luz reflete-se apenas numa direção, quando esta incide sobre a sua superfície (MOTTA; SALGADO, 1992, p. 166).

A amalgamação é o que caracteriza a textura da tinta e qual será o seu efeito ao aplicar em determinadas superfícies, podendo ser dividida em: “Pintura peculiar – pouco pigmento e muito aglutinante; pintura granular - muito pigmento e pouco aglutinante; pintura veicular – proporção justa entre pigmento e aglutinantes” (MOTTA; SALGADO, 1992, p. 167).

As tintas são sensíveis e sofrem alterações por condições ambientais. A tinta óleo e a encáustica possuem maior impermeabilidade e conseqüentemente são mais resistentes. Devido a característica de impermeabilização, a tinta, é utilizada para a

conservação de superfícies, isolando-a, evitando as agressões de agentes externos. Outras técnicas, que não possuem, de forma tão acentuada, a característica da impermeabilidade, estão sujeitas ao aparecimento de fungos (MOTTA; SALGADO, 1992).

A origem dos pigmentos provém da natureza. As primeiras tintas usadas pelo homem eram simples, feitas com elementos encontrados facilmente na natureza. Os aglutinantes poderiam vir de cartilagens animais ou resinas vegetais e fungos (MOTTA; SALGADO, 1992). As primeiras tintas de que se tem conhecimento são as pertencentes à pré-história, utilizadas nas pinturas rupestres. Utilizava-se óxidos de ferro naturais ou ocre vermelho, além de carvão, sangue, cal ou terra. Aglutinantes como gordura animal e seiva de algumas plantas eram também utilizados (FAZENDA, 1995).

Os primeiros avanços em relação aos pigmentos inorgânicos são realizados por egípcios e chineses, inicialmente, utilizando-se de pigmentos naturais. Mais tarde, acabaram por desenvolver os pigmentos de origem mineral. Ambos utilizaram de goma arábica, gema ou clara de ovo como aglutinante (REIS, 2018).

A goma arábica é uma resina obtida das acácias, composta por uma mistura de polissacarídeos e glicoproteínas. A clara do ovo é constituída basicamente por água e proteínas, enquanto que a gema de ovo é constituída por proteínas, gorduras e água. Essas resinas naturais quando misturadas com pigmentos denominam os tipos de tintas. A mistura de pigmentos com goma arábica é conhecida como aquarela ou guache, já com clara ou gema de ovo, é conhecida como têmpera (REIS, 2018, p.49).

Alguns pigmentos descobertos na antiguidade são utilizados até hoje, mas a partir do século XIX, surge um número elevado de novos pigmentos sintéticos. Observe no quadro 2 as datas de aparecimento de alguns dos mais importantes pigmentos:

Quadro 2 - Atas do aparecimento de alguns dos mais importantes pigmentos

Azul da Prússia	1704
Azul cobalto	1802/3
Amarelo de cromo	1809
Verde-esmeralda ou Veronese (de Paris)	1814
Azul ultramar artificial	1826
Lacas de alizarim	1826
Óxido de cromo verde	1838
Branco de Zinco	1845
Amarelo de cádmio	1846
Branco litopone	1847
Laranjas e vermelhos de molibdênio	1863
Branco de titânio	1916
Vermelho de cádmio litopone	1926
Amarelo de cádmio litopone	1927
Ftalocioninas (azul)	1935
Toluidinas	1937
Quinacridones	Atuais

Fonte: adaptação de Motta e Salgado (1992, p.170).

As tintas, de maneira geral, são constituídas por resina, solvente, pigmento e aditivo. Seus constituintes podem ser divididos em voláteis ou não voláteis. A volatilidade está relacionada à facilidade do elemento de passar do estado líquido para o gasoso (REIS, 2008).

A resina é caracterizada como um elemento não volátil e possui a função de reunir as partículas de pigmento. Como é encontrada em formato sólido, necessita de diluição em solvente para ser utilizada. Os solventes se caracterizam pela alta volubilidade, são úteis no momento de fabricação e aplicação da tinta, pois se evaporam durante a secagem. Já os pigmentos que conferem cor não são voláteis. Os pigmentos inorgânicos se dividem em pigmento natural e sintético (FAZENDA, 1995).

Os pigmentos inorgânicos naturais são, em geral, obtidos a partir de minérios. Existem alguns minérios que são destaque entre as principais matérias primas, como “os óxidos de ferro, manganita, cromita, o quartzo, o feldspato, monazita, zirconita, titânia e micas (moscovita e biotita), entre outras” (CASQUEIRA; SANTOS, 2008, p.19). Como pode ser visto no quadro 3:

Quadro 3 - Demonstrativo dos produtos mais comuns à base de óxido

Cor	Componente	Fórmula	Variações de cor
Vermelho	Óxido de ferro III	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	Amarelo – Azul
Amarelo	Hidróxido de Ferro	$\alpha\text{-FeOOH}$	Verde – Vermelho
Preto	Óxido de ferro II e III	Fe_3O_4	Azul – Vermelho
Marrom	Óxido de ferro	Misturas	
Verde	Óxido de Cromo	Cr_2O_3	Azul – Amarelo
Azul	Óxido de Cobalto	$\text{Co(Al,Cr)}_2\text{O}_4$	Vermelho - Verde

Fonte: adaptação de Casqueira e Santos (2008, p.19).

Os pigmentos inorgânicos naturais possuem uma grande amplitude de cores e funções. De modo a sintetizar o assunto, podemos descrever apenas alguns destes pigmentos, entre eles: os óxidos naturais de ferro, óxido de manganês, óxido de cromo, cádmio e pigmentos responsáveis pelos azuis ultramarinos.

Os óxidos naturais de ferro são exemplos de destaque, pois se apresentam na natureza em um variado número de cores: amarelo, vermelho, marrom e preto. Os óxidos de ferro, tanto naturais quanto sintéticos, possuem ampla aplicabilidade, já que possuem alta estabilidade térmica (CASQUEIRA; SANTOS, 2008). O óxido de manganês, por sua vez, tem a sua cor alterada conforme a superfície sob a qual é aplicado.

Em telhas e alvenaria a cor preta do pó favorece o surgimento do tom amarronzado. Em vidrados a base de chumbo desenvolve-se uma cor vermelho-amarronzada, enquanto naqueles a base de óxido de zinco e cálcio surge um tom violeta devido à formação do cromóforo Mn^{3+} (CASQUEIRA; SANTOS, 2008, p. 20).

O óxido de cromo possui cor verde oliva, apresentando-se estável para aplicação em materiais de construção. Existem outros pigmentos de cromato, com destaque para a cor amarela com acabamento brilhante. O cádmio possui tons vermelhos e amarelos brilhantes, muito utilizado na indústria dos plásticos (CASQUEIRA; SANTOS, 2008).

Os azuis ultramarinos têm a sua produção inicial a partir da a partir da pedra preciosa lápis-lazúli, moída. Atualmente, a sua maioria é produzida sinteticamente, “a partir de china clay, feldspato, carbonato de sódio anidro e um agente redutor tal como óleo ou carvão”. Estáveis e seguros, são utilizados, entre outras funções, em detergentes, cosméticos e plásticos (CASQUEIRA; SANTOS, 2008, p. 21).

Pigmentos utilizados na coloração de vidros e cerâmicas provem da monazita. Utilizada em casos de necessidade do uso de altas temperaturas, caracteriza-se por

ser atóxico, apresentar estabilidade térmica e durabilidade da cor (CASQUEIRA; SANTOS, 2008). Como em qualquer processo de pigmentação inorgânica, a qualidade da matéria-prima é essencial, influenciando no resultado da cor. A pureza química é essencial, pois as impurezas podem modificar o resultado final da coloração e prejudicar a durabilidade e estabilidade do produto final. Da mesma maneira, a granulometria, responsável pelo tamanho e distribuição das partículas de pigmento, é fundamental, influenciando nas reações químicas entre componentes (CASQUEIRA; SANTOS, 2008). Os pigmentos inorgânicos sintéticos diferem-se dos pigmentos inorgânicos naturais pelo seu modo de preparo, métodos químicos de síntese.

Entre as principais características destes pigmentos destacam-se:

- alto grau de pureza e uniformidade;
- obtenção de cores não encontradas em pigmentos naturais;
- apresentam maior estabilidade térmica e química em relação aos naturais;
- mais caros do que os naturais, devido aos custos inerentes à preparação por rota química (seleção de matéria-prima, moagem, calcinação, controle de qualidade etc.) (CASQUEIRA; SANTOS, 2008, p.25).

A origem dos pigmentos inorgânicos sintéticos deve-se a uma necessidade de avanços em relação aos pigmentos naturais. Grande parte dos pigmentos inorgânicos sintéticos é composta por óxidos de ferro, responsáveis pelo vermelho, laranja, marrom escuro, entre outras cores (CASQUEIRA; SANTOS, 2008).

As vantagens propostas por este tipo de pigmento vão além da coloração, como aplicações anticorrosivas. A perspectiva de mercado para os pigmentos inorgânicos é grande, pois os pigmentos como acabamento metálico, por exemplo, são muito utilizados na indústria automobilística. Busca-se com os pigmentos inorgânicos sintéticos a diminuição do uso de metais pesados como o chumbo e o aumento do desenvolvimento tecnológico em relação às tintas (CASQUEIRA; SANTOS, 2008).

A proposta de Goethe de organizar a cor de acordo com seus aspectos fisiológicos, físicos e químicos, proporciona um leque abrangente em relação à cor, demonstrando que ela se encontra nos mais diversos aspectos da vida cotidiana, não se limitando ao que fora tratado neste capítulo, mas como um fenômeno que vive em constante fluxo de alterações e inovações. No capítulo seguinte, trata-se da aplicação de um curso com três oficinas teórico-práticas em torno das concepções de Goethe sobre a cor em uma abordagem fenomenológica e interdisciplinar.

CAPÍTULO 3 - O PERCURSO FENOMENOLÓGICO DA PESQUISA: EXPERIENCIANDO A INTERDISCIPLINARIDADE EM OFICINAS SOBRE O TEMA COR

A pesquisa adotou a abordagem fenomenológica, em especial, pela influência do principal referencial de estudo, *Teoria das cores* de Goethe. O livro é o resultado de estudos e observações de mais de vinte anos feitos pelo pensador. A metodologia fenomenológica de Goethe foi reconhecida pela comunidade científica apenas no século XX (BACH JUNIOR, 2015).

A pesquisa qualitativa com enfoque fenomenológico, busca compreender o fenômeno envolvendo sujeito e contexto, não trata o fenômeno isoladamente. De acordo com Fuser (2005, p. 75) é necessário compreender a estrutura do fenômeno “a pesquisa qualitativa permite uma abordagem mais centrada no específico. A generalização perde importância enquanto tem destaque a compreensão do fenômeno”.

O foco da investigação é o fenômeno da percepção dos professores sobre a interdisciplinaridade a partir do tema da cor, o questionamento principal foi: diante da formação disciplinar, a vivência de experiências interdisciplinares pode modificar a percepção sobre a interdisciplinaridade de professores? Para responder essa questão, desenvolveu-se uma oficina interdisciplinar com professores de ciência com a temática cor.

Esse capítulo é organizado em três partes: *Trajatória inicial: algumas reflexões sobre a fenomenologia*, momento em que se apresentam discussões que pautaram o enfoque fenomenológico adotado na pesquisa; na sequência o *percurso preparatório: seleção de instrumentos e sujeitos da pesquisa*; e ao final, os *caminhos percorridos: oficina teórico-prática sobre cor*, momento em que se explica o procedimento adotado para coleta de dados: o desenvolvimento da oficina.

3.1 TRAJETÓRIA INICIAL: ALGUMAS REFLEXÕES SOBRE A FENOMENOLOGIA E A PESQUISA QUALITATIVA

O termo Fenomenologia surge na filosofia. Suas discussões iniciaram-se na Alemanha entre os fins do século XIX e XX. O termo é de origem grega e é a união de duas palavras: “‘Fenômeno’ significa aquilo que se mostra; [...] ‘Logia’ deriva da

palavra logos, que para os gregos tinha muitos significados: palavra, pensamento” (ALES BELLO, 2006, p. 17). Tem como principal representante Edmund Husserl (1859-1938), que entende a fenomenologia como uma ciência que busca estudar os Fenômenos (HUSSERL, 2006). Além de Husserl, citamos como importantes fenomenologistas: Martin Heidegger (1889-1976), Maurice Merleau-Ponty (1908-1961), Hans-Georg Gadamer (1900-2002) e Paul Ricoeur (1913-2005).

Na concepção de Husserl (2006), o fenômeno só existe na presença do sujeito. Ainda, de acordo com o mesmo autor, a fenomenologia é a ciência que confere sentido a esse fenômeno. O fenômeno é compreendido como uma realidade, e essa realidade é interrogada. O “mostrar-se” do fenômeno não ocorre de uma única vez, mas gradativamente na busca do pesquisador. A fenomenologia pode ser encarada como uma teoria de postura filosófica com método próprio em prol de um rigor para o conhecimento. Para Buffon *et al* (2017, p. 3) “procura entender os discursos sobre o que e como se mostra em todos os aspectos: históricos, sociais, políticos, sentimentais e da vivência do homem”.

Os investigadores fenomenologistas procuram a compreensão interpretativa das interações humanas com os fenômenos. Por meio da subjetividade, busca-se compreender como os fenômenos são interpretados e quais significados cada pessoa absorve. Para os fenomenologistas, a realidade é composta de acordo com as experiências socialmente construídas. O pesquisador qualitativo em uma perspectiva fenomenológica busca um rigor que evite ao máximo a distorção dos dados (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

A fenomenologia busca uma visão rigorosa da realidade, o que a caracteriza é modo de agir para conquistar a meta. Neste contexto, procedimento, fenômeno interrogado e pesquisador são inseparáveis. De acordo com Bicudo (1994, p.17) “no procedimento estão presentes a busca do rigor e algumas concepções que dizem da interpretação de mundo, como: fenômeno, realidade, consciência, essência, verdade, experiência, *a priori*, categoria e intersubjetividade”. Para Bicudo (1994) a verdade na fenomenologia é subjetiva e relativa, portanto, para que o rigor do pesquisador fenomenológico se cumpra é necessário eliminar pré-conceitos que possam influenciar na sua análise de dados.

A essência de cada indivíduo pesquisado é de fundamental importância para compreender o que permeia a sua percepção de mundo. A fenomenologia busca

perceber como o fenômeno se mostra para as pessoas. Essa busca é rigorosa, mas não exata, sendo assim uma maneira de estudar os fenômenos sociais (BUFFON *et al* 2017). Para perceber a essência de cada participante de pesquisa, existe uma interação entre pesquisador e participantes, caracterizando um estudo social, o qual deve ser diretamente qualitativo. Vendo os fenômenos como eventos flexíveis e mutáveis que não podem ser reduzidos a variáveis quantificáveis (FUSER, 2005).

A postura investigativa da fenomenologia exige uma coleta de dados detalhada e de carácter qualitativo, para isso, aqui se utiliza a combinação de métodos de coleta de dados qualitativos: observação, análise documental e entrevista. A observação é uma das técnicas mais valorizadas dentro da pesquisa qualitativa. Ao utilizar apenas a observação para a coleta de dados, pode-se ter um trabalho limitado e incompleto, sendo interessante combiná-la com outros métodos. A vantagem da observação é a espontaneidade dos dados, pois acontece através do acompanhamento do desenvolvimento das atividades e permite, por exemplo, identificar comportamentos e ações inconscientes ou que simplesmente poderiam não ser retratadas por meio de documentos ou entrevistas, além do registro do comportamento dos sujeitos durante as ações propostas (ALVES-MAZZOTI; GEWANDSZNAJDER, 2002).

Para discorrer sobre análise documental, é preciso pensar que os documentos podem ser qualquer registro escrito ou imagético relacionado aos sujeitos, que possa ser usado como fonte de informações. Pode ser usada de forma exploratória, na procura por novos fatos, ou simplesmente complementar aos dados obtidos de outras maneiras (ALVES-MAZZOTI; GEWANDSZNAJDER, 2002).

A coleta de dados de uma abordagem qualitativa de carácter fenomenológico se caracteriza por ser essencialmente descritiva, sendo necessário conter nestas descrições dados sobre as interações e contexto das atividades propostas. Observa-se a questão da facilitação por se basear nos registros da fala e da escrita como de compreensão fácil e ampla, dificultada devido aos registros não serem suficientes para expressar todas as relações do vivido. A fenomenologia interpreta a verdade como uma revelação do oculto e a essência sobre o fenômeno. Essa essência é mostrada por rigorosa pesquisa que busca os primórdios para a compreensão, buscando dar passos em direção da verdade (BICUDO, 1994).

Para realizar a coleta de dados, é necessário cuidado para não influenciar nas respostas dos sujeitos de pesquisa. De acordo com Fuser (2005, p.75):

Nessa modalidade de pesquisa o pesquisador deve adotar a postura de recusar qualquer pressuposto teórico que possa circunscrever ou definir alguma característica do fenômeno estudado. Seus pressupostos devem realizar apenas uma pré-configuração do problema, de modo a indicar o método e os procedimentos de pesquisa. O pesquisador deve deixar que os sujeitos pesquisados façam sua própria descrição do fenômeno estudado, pois podem fazê-lo melhor que o pesquisador

Não influenciar nas respostas dos sujeitos não significa que o pesquisador deve isolar-se dos sujeitos. Ao contrário, é necessária a interação entre ambos para obter a essência do sujeito de pesquisa através da intersubjetividade e do diálogo. A fenomenologia pode ser definida como método de análise de dados funcionando em três etapas:

O método fenomenológico é construído em três etapas: redução, descrição e interpretação. A descrição pode ser definida como o ato de 'enumerar aqueles aspectos que são imprescindíveis para se ficar conhecendo que fenômeno é este que se está investigando'. A redução "é um modo peculiar de prestar atenção, ir ao fenômeno", e a interpretação se constitui em 'o caminho, laborioso sem dúvida, porém o mais seguro para que a verdade se desvele' (FRANÇA, 1989, p. 31-32 *apud* BUFFON *et al*, 2017, p.3).

A análise ideográfica é análise da essência do indivíduo, realizando a sua análise psicológica individual. Já a análise nomotética é a análise psicológica geral. Ambas fazem parte da Redução e Descrição.

De uma maneira geral, a análise ideográfica refere-se à representação de ideias por meio de símbolos, ou seja, trata-se de uma análise da ideologia que permeia as descrições ingênuas do sujeito. Já a análise nomotética indica algo de caráter legislativo que se origina de fatos ou que se baseia em fatos (MARTINS; BICUDO, 1989 *apud* BUFFON *et al*, 2017, p.3).

A fenomenologia procura ir à essência do fenômeno e, de forma qualitativa, obter resultados significativos. Para obter de uma forma mais clara e sistematizada as descrições sob o fenômeno observado, foram feitas entrevistas com atenção para não influenciar na resposta dos sujeitos. Pôde-se utilizar também, relatos feitos pelo pesquisador ao observar seus sujeitos em meio ao fenômeno pesquisado (MARTINS *et al*, 1990).

Para a realização das entrevistas como coleta de dados, são necessárias algumas etapas, por exemplo: formulação da pergunta fenomenológica; planejamento das oficinas; autorização de local; autorização do comitê de ética; realização das oficinas para finalmente realizar as entrevistas com os sujeitos de pesquisa.

Adquiridos os dados com as respostas dos sujeitos entrevistados, as análises das descrições devem ser feitas individualmente. Em seguida, o pesquisador deve buscar o que há de comum entre os discursos presentes nas descrições. A análise dessas descrições deve seguir quatro momentos:

- Leitura da descrição do princípio ao fim sem buscar ainda qualquer interpretação ou identificar qualquer atributo ou elemento, a fim de chegar a um sentido geral do que está descrito;
- No momento em que um sentido foi obtido, o pesquisador volta ao início e lê novamente o texto, agora tentando apreender unidades de significado, dentro de uma perspectiva (do psicólogo, do enfermeiro) e focalizando o fenômeno que está sendo pesquisado;
- Após obter unidades de significado, o pesquisador percorre todas as unidades identificadas e expressa o significado contido nelas, isto é particularmente verdadeiro para as unidades de significado que são mais reveladoras do fenômeno considerado;
- Finalmente, o pesquisador sintetiza todas as unidades de significado para chegar a uma estrutura do fenômeno. Alguns pesquisadores usam também para esse agrupamento de significados a palavra categoria, entendida aqui enquanto tema (MARTINS *et al*, 1990, p. 145 e 146).

É necessário ater-se a não misturar discursos na interpretação feita pelo pesquisador. Características de destaque para a abordagem fenomenológica são o uso da escrita em primeira pessoa no singular e não necessitar de uma conclusão. O uso da primeira pessoa do singular se deve ao fato do eu pesquisador precisar assumir a sua postura inquieta em relação ao fenômeno que interroga. A abordagem fenomenológica está sempre em movimento e em constante modificação, não havendo a necessidade de concluir, pois o fenômeno está sempre se desvelando e ocultando-se (MARTINS *et al*, 1990).

3.2 PERCURSO PREPARATÓRIO: SUJEITOS DA PESQUISA E SELEÇÃO DE INSTRUMENTOS

A pesquisa fenomenológica possui uma postura de investigação que busca conhecer o fenômeno e, juntamente com ele, como é experienciado. Assim, a proposta foi a de organizar uma experiência interdisciplinar com professores de

ciências da natureza a partir de um curso com três oficinas teórico-práticas interdisciplinar sobre o tema cor. O curso foi submetido ao comitê de ética – plataforma Brasil (apêndice B) e a Pró-reitoria de extensão e assuntos culturais – PROEX (apêndice C).

Neste momento são apresentados os sujeitos da pesquisa, instrumentos de coleta de dados, além do embasamento da análise fenomenológica de dados textuais e da análise de dados imagéticos.

3.2.1 Sujeitos da Pesquisa

A oficina foi divulgada por meio de redes sociais da universidade do qual o programa de pós-graduação faz parte, visando atingir o público de professores das mais diversas disciplinas. Na publicação feita nas redes sociais, foi disponibilizado um link de inscrição para os interessados em participar do curso. O número total de vagas foi de 10 (dez). O contato com os professores que se inscreveram foi feito por e-mail, veículo pelo qual foram estabelecidas as datas de aplicação das oficinas do curso. A pesquisa contou com a presença de um número considerável de professores, incluindo profissionais com formações em diferentes bacharelados, além da licenciatura e alunos de graduação.

Nas primeiras oficinas, compareceram oito professores atuantes em sala de aula. Como as oficinas ocorreram em finais de semana, alguns participantes não compareceram em todas as etapas. No decorrer das oficinas compareceram: três professoras de biologia, uma professora formada em pedagogia e cursando química, um professor de química, um professor pedagogo (também formado em direito), um engenheiro de materiais (que faz mestrado em química aplicada visando à docência no ensino superior), além de um aluno da graduação de artes visuais. Com exceção do aluno da graduação, todos participavam como discentes de programas de pós-graduação.

Estabeleceu-se alguns critérios para a escolha dos sujeitos que participariam da pesquisa: ter participado em tempo integral de todas as oficinas, ser professor formado e atuante em sala de aula. Os três sujeitos escolhidos são professores da área de ciências da natureza, discentes de programas de pós-graduação *strictu sensu*, descritos a seguir:

Sujeito 1 - Graduado em Licenciatura em Química, Especialista em Ensino de Química e Mestrando em Ensino de ciências e Educação Matemática. Possui experiência em sala de aula como professor auxiliar de turma no Ensino Fundamental I (séries iniciais), e como professor regente nas turmas do Ensino Fundamental II (séries finais), Ensino Médio, e também em cursos preparatórios para Vestibular e ENEM. Ministrando disciplinas de sua área de formação (química) e também disciplinas transversais como D.S.A. - Drogas Sexualidade e AIDS, além de Robótica Educacional, e o Projeto Extra Curricular de Iniciação ao Laboratório de ciências (Química, Biologia e Física) para turmas do Ensino Fundamental II (séries finais).

Sujeito 2 - Possui Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas. Foi aluno de Iniciação científica Júnior durante o Ensino Médio na área de Física, e de Iniciação Científica durante a graduação, nas áreas de Entomologia (um ano) e gênero e Ensino de ciências (dois anos). Em seu Trabalho de Conclusão de Disciplina (TCD) investigou os conhecimentos dos/as alunos/as da educação básica a respeito de ciência, gênero e suas relações e fecundação humana. Atualmente é mestrando no programa de pós-graduação em Ensino de ciências e Educação Matemática.

Sujeito 3 - Licenciado em Ciências Biológicas, atuou como bolsista recém formado no Programa Universidade sem Fronteiras (USF) aprovado pela SETI-PR, Participou como bolsista do Programa Universidade sem Fronteiras (USF) aprovado pela SETI-PR, no Projeto de Extensão: "Zoologia Itinerante como ferramenta no ensino/aprendizagem: interação entre escola, comunidade e universidade". Atualmente, é mestrando no programa de pós-graduação em Ensino de ciências e Educação Matemática.

3.2.2 Instrumentos de Coleta de Dados

O curso foi organizado em três oficinas, sendo a primeira com ênfase na cor química, a segunda a cor física e fisiológica, e a terceira unindo os conceitos trabalhados anteriormente. Apesar da ênfase em determinado tema, todas as oficinas foram realizadas de forma interdisciplinar, relacionando arte e ciência e trabalhando teoria e prática simultaneamente.

Nestas oficinas foram obtidos os dados nos formatos de: observação participante, análise documental e entrevista. Sendo a observação realizada de forma

presencial e inserida dentro do fenômeno, as produções imagéticas e escritas como análise documental e as perguntas registradas de forma escrita como entrevista, já que ocorreram na presença do pesquisador. Além dos dados obtidos presencialmente, utilizou-se o recurso do *Google Classroom* para a realização de algumas atividades. Não apenas os discursos, mas também as produções e acontecimentos foram fundamentais para a coleta de dados utilizados para responder à questão de pesquisa.

A aplicação dos instrumentos ocorreu durante as oficinas. As observações foram realizadas atentamente durante todo o seu tempo de execução. As entrevistas ocorreram em momentos específicos com registros escritos, e os documentos analisados foram produzidos de forma orientada ao longo do tempo de ação da oficina, englobando materiais escritos e imagéticos. A coleta ocorreu dentro de uma perspectiva qualitativa e fenomenológica, utilizando-se de relatos escritos e imagens. Os instrumentos utilizados no decorrer da oficina foram: a observação não-estruturada e a entrevista.

Utiliza-se aqui da chamada observação não-estruturada, de tal maneira que os “comportamentos a serem observados não são predeterminados, eles são observados e relatados da forma como ocorrem, visando descrever e compreender o que está ocorrendo em uma dada situação”. Configurando-se como observação participativa, pois o pesquisador se insere na situação estudada, interagindo com os sujeitos (ALVES-MAZZOTI; GEWANDSZNAJDER, 2002, p. 166).

A entrevista foi um importante instrumento utilizado, sendo registrada de forma escrita pelos próprios participantes. A entrevista pode ser utilizada como método principal ou combinar-se com a observação, como é caso deste trabalho. O interesse do investigador em uma pesquisa qualitativa é compreender os significados atribuídos pelo sujeito à situação vivenciada. A técnica de entrevista aplicada pode ser compreendida como mista, pois apresenta alguns momentos estruturados e outros mais livres (ALVES-MAZZOTI; GEWANDSZNAJDER, 2002).

3.2.3 Análise Fenomenológica de Dados Textuais

A análise dos dados obtidos foi realizada com base na fenomenologia. O embasamento teórico é feito aqui com base em Neves (1991), que interpreta trabalhos

como de Husserl. Para realizar uma análise fenomenológica é necessário o princípio da intencionalidade, que trata a consciência como consciência do algo, ou seja, a consciência só é reconhecida quando direcionada para um objeto.

Ao iniciar a *Époché*, definida por Neves (1991, p.31) como: “o encontro de duas subjetividades, esclarecedora e potencialmente objetivas”. Foi o momento em que se deixou para trás as concepções ao redor do tema proposto. Este passo foi essencial para a busca da percepção do fenômeno tal como é. Os registros feitos pelos sujeitos neste momento são descrições da vivência da interdisciplinaridade. A *Epoché* não se deu apenas durante as entrevistas, mas também nos processos de compreensão ideográfica, nas quais foi necessária a suspensão de julgamentos.

Estes dados foram coletados a partir de uma interrogação significativa, efetuada de forma intersubjetiva. Visando conseguir descrições, das quais pudessem ser retiradas informações significativas em torno do tema (NEVES, 1991). Nos discursos coletados dentro das descrições dos sujeitos, encontra-se a “natureza *noemática* (o objeto constituído pela atividade da consciência) e as referências *noéticas* (as atividades da consciência), impressas nas essencialidades desveladas” (NEVES, 1991, p. 32).

As descrições dos sujeitos foram lidas com atenção, uma a uma, a partir das quais inicia-se a *redução fenomenológica*. Na leitura de cada texto foram eliminados os chamados *discursos ingênuos*, destas exclusões surgiram as *unidades significativas*, que nada mais são do que trechos dos discursos que podem conter as essências do fenômeno estudado (NEVES, 1991).

Os trechos mais reveladores dos discursos estão contidos nas unidades significativas, para a compreensão destas etapas foi preciso uma leitura atenta de cada unidade que apresentou um caso particular que foi analisado. Caracteriza-se por transformar as expressões do sujeito em uma linguagem psicológica, denominada *compreensão da unidade*, este procedimento se deu através da reflexão do pesquisador em torno da unidade analisada (NEVES, 1991).

É preciso resgatar conjuntos de unidades para caracterizar as essências básicas do sujeito. A análise da junção de unidades do sujeito é chamada *compreensão ideográfica*, tendo a função de representação das ideias que garantam a representação da essência do ser (NEVES, 1991).

Com a conclusão das compreensões ideográficas de cada sujeito, procurou-se identificar as convergências entre os discursos dos sujeitos, tais convergências tem um caráter nomotético. A *compreensão nomotética* do conjunto de sujeitos é a unidade essencial do ser, refletindo as suas condições de ser no mundo e de como compreendo (NEVES, 1991).

3.2.4 Análise de Dados Imagéticos

Durante a realização das oficinas presenciais em formato de oficinas, foram produzidas imagens pictóricas pelos sujeitos de pesquisa. Essas imagens foram analisadas através de uma adaptação da leitura de imagens teorizada por Erwin Panofsky (2007). O trabalho de Panofsky é voltado para obras de arte e as imagens produzidas pelos sujeitos não se encaixam nesta categoria, justificando assim a necessidade de adaptação. A análise é feita com base na adaptação desta teoria, apresentada por Silva e Nardi (2017).

Ao pensar em analisar imagens produzidas em uma pesquisa de cunho científico, é interessante pensar na questão da neutralidade da observação na ciência, de acordo com Silva e Nardi (2017, p. 171 e 172),

A ciência é a área de excelência na qual se deve praticar a observação. Contudo, superamos a fase de acreditar que podemos fazer observações neutras, uma vez que nossa visão, que é algo natural, é influenciada ou condicionada ao nosso modo de ver/entender o mundo.

A partir desta compreensão, Silva e Nardi (2017), em seu livro *Arte e ciência na Lua: Interdisciplinaridade e formação de professores*, utilizam para a análise de imagens produzidas pelos seus sujeitos de pesquisa uma adaptação da teoria de Erwin Panofsky (2007), autor que trata a imagem como um documento e que considera a observação com algo comum entre o artista e o cientista.

Silva e Nardi (2017, p. 172) adotam três pressupostos que norteiam a compressão interdisciplinar das representações pictóricas dos sujeitos de pesquisa:

1º As imagens são um documento - Esse pressuposto é pautado em Erwin Panofsky (2007) e propicia uma posição epistêmica da IMAGEM COMO DOCUMENTO. Para o autor, as imagens são vistas como documentos que, juntamente a outras fontes, tornam-se importantes fontes de compreensão e análise histórica.

2º A observação é importante para pesquisas nas áreas de ciência e da Arte - na ciência, cujos dados são colhidos por essa ação; na arte desenhamos por meio da observação... se a observação é importante, precisamos aprimorar nosso olhar. Aqui nos reportamos novamente a Panofsky, que aponta que o ponto em comum entre o cientista e o humanista é que uma pesquisa se inicia com a observação.

3º A representação por meio de imagens é uma forma de expor conceitos e esquemas mentais – A imagem é importante para a apresentação de conceitos previamente formulados, quanto para a construção de novos conhecimentos, tanto na área de ciências quanto na arte.

Faz-se necessário enfatizar a importância da imagem para a arte e para a ciência, considerando a observação e a representação como ações fundamentais, pois, de acordo com Silva e Nardi (2017), é necessário aprimorar o olhar para nos tornarmos bons observadores e também para aprimorar as representações. Para as observações serem aprimoradas é necessária a observação. Existe uma relação de troca entre ir e vir em relação a observação e representação.

Em suma, Panofsky (2007) afirma que desde à primeira vista, o olhar do pesquisador já possui um método. A teoria de Panofsky (2007) *apud* Silva e Nardi (2017, p. 183) aponta os passos para o pesquisador: “1- observação dos fenômenos naturais e o exame dos registros humanos; 2- *descodificar* os registros e interpretá-los, assim como as *mensagens da natureza* recebidas pelo observador; 3- classificar os resultados num sistema coerente que *faça sentido*”.

Panofsky faz proposições para a análise de obras de arte e as produções feitas na ciência não se enquadram nesta classificação. Para realizar a análise de tais imagens, Silva e Nardi (2017, p. 193) adaptaram sua teoria às necessidades da imagem científica. A proposta se desenvolve em três passos, seguindo a ideia de Silva e Nardi (2017, p. 193):

1º Passo - Descrição da *forma* e *tema*: o critério para esse passo constitui em identificar o emprego do que foi desenvolvido no decorrer do curso quanto à *forma* e *tema*;

2º Passo - Comparação das diferentes representações: estabeleceu-se a comparação entre a representação inicial da Lua com as *Luas* desenvolvidas no decorrer do curso. Buscamos verificar se ocorreram mudanças a partir das questões relações entre *forma* e *tema*;

3º Passo - Descrição do estilo pessoal: neste momento buscamos verificar, nas representações dos professores, a construção de um estilo pessoal. Esse passo apresentou maior subjetividade, pois, coube ao olhar do pesquisador identificar características que configuram ou não um estilo pessoal no desenho/pintura dos professores.

Os passos descritos por Silva e Nardi (2017) foram utilizados na pesquisa apresentada no livro já citado anteriormente, justificando a temática da lua tratada nesta citação. A análise deve ser feita levando em consideração os dados da pesquisa para qual serão aplicados.

3.3 CAMINHOS PERCORRIDOS – OFICINA TEÓRICO-PRÁTICA SOBRE O TEMA COR

As oficinas foram ofertadas em formato de curso cadastrado na Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Culturais (PROEX) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) com a carga horária de 24 horas. O curso contou com 3 encontros em formato de oficinas, as quais, tendo como principais características a relação de teoria e prática, trataram da interdisciplinaridade através temática da cor baseando-se na teoria de Goethe.

A proposta contou com três oficinas interdisciplinares. A primeira oficina teve seu foco na cor química, a segundo na cor fisiológica e física e um terceiro unindo os três aspectos da teoria de Goethe: cor física, química e fisiológica. Todas as oficinas que ocorreram em formato teórico-prática, relacionando arte e ciência, destacando-se, na terceira e última oficina, a realização de produções pictóricas realizadas sujeitos de pesquisa utilizando os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, produções estas analisadas no item 4.4 deste trabalho.

As oficinas contaram com três sujeitos de pesquisa, descritos no item 3.2.1 deste trabalho, professores da área de ciências da natureza, discentes de programas de pós-graduação *strictu sensu*. Os roteiros percorridos por estas oficinas serão descritos nos subitens a seguir.

3.3.1 Primeira Oficina

A primeira oficina relacionou a cor química ocorreu com momentos teóricos e práticos. Para cumprimento das exigências do comitê de ética, os sujeitos de pesquisa receberam o Termo de Livre Consentimento Esclarecido (TCLE), tendo sido disponibilizado um tempo inicial para a sua leitura e assinatura.

Os participantes da pesquisa foram recebidos em um atelier de pintura, no qual, sem explicações relacionadas a conteúdos, receberam um papel em branco, em

que deveriam responder à questão norteadora “como você utiliza a cor na sua área de atuação?”.

Sem qualquer condução, interrupção ou influência para as suas respostas, os participantes responderam à questão individualmente de forma escrita. Ao coletar seus discursos, tem-se em mãos conteúdos significativos, dos quais se pode absorver a essência de cada participante em relação ao assunto. Suas respostas foram recolhidas e arquivadas sem nenhuma troca de informações ou qualquer formato de interferência em sua elaboração.

Para envolver os sujeitos na temática da cor, pediu-se para que respondessem quais são as cores primárias, secundárias e terciárias e como se formam. Após a resposta transcrita, os sujeitos elaboraram o seu próprio círculo cromático, sem nenhum tipo de consulta ou informações que alterem seus conhecimentos adquiridos ao longo da vida escolar e acadêmica. Concluídas as perguntas e feito o círculo cromático, a oficina prosseguiu com a apresentação aos participantes da existência dos três conjuntos diferentes de cores: a cor pigmento opaca, a cor pigmento transparente e a cor luz, ambas explicitadas inicialmente de forma sintética com desenhos do seu círculo cromático no quadro de giz.

Abriu-se aqui, neste primeiro momento, um espaço para demonstrar de forma sintética o que foi passado teoricamente aos sujeitos de pesquisa para a compreensão sobre a cor pigmento e sua relação com Goethe. Essa discussão foi apresentada a partir de Silveira (2011). Para a autora, a cor-pigmento é equivalente a cor química dentro da teoria de Goethe, é uma substância material presente nos objetos. O conjunto de cores-pigmento opacas é constituído por azul, vermelho e amarelo. Este conjunto foi construído culturalmente, pois quimicamente o vermelho é formado por amarelo e magenta, sendo uma cor decomponível. Culturalmente a mistura das três cores (azul, vermelho e amarelo) é chamada síntese subtrativa, sua mistura em proporções similares deveria resultar na cor preta, mas quimicamente resulta no chamado cinza neutro (SILVEIRA, 2011).

Apresentando as cores aos sujeitos de pesquisa ainda sob a descrição de Silveira (2011), explicitou-se sobre as cores-pigmento transparentes que são frequentemente utilizadas nas artes gráficas, e trabalhos artísticos que se utilizam da transparência, pois suas cores primárias são comprovadas quimicamente. Suas cores primárias são o magenta, o amarelo e o ciano e assim como a cor pigmento opaco; o

resultado da mistura das três cores primárias é o cinza-neutro (SILVEIRA, 2011). A cor-luz diferencia-se das cores pigmento, pois não se trata de matéria química, e sim de ondas eletromagnéticas de luz, é chamada cor física na teoria de Goethe. A principal fonte de cor luz branca é a luz natural do sol, fontes artificiais também podem ser usadas como lâmpadas. As chamadas cores-luz primárias são o vermelho (Red), o verde (Green) e o azul-violetado (Blue), a soma destas três cores, chamada síntese aditiva resulta na cor branca (SILVEIRA, 2011).

Concluídas as explicações sobre cada círculo cromático, tais teorias são explicadas de forma mais aprofundada com a ajuda de materiais projetados em Power Point e a projeção de vídeos (apêndice A).

Em seguida, as cores pigmento opaco são explicadas a partir da produção de desenhos completos, incluindo aplicações de luz e sombra, utilizando apenas as cores primárias e suas misturas em diferentes combinações e proporções. A partir do exemplo (figura 14), os sujeitos de pesquisa realizaram pinturas similares, aplicando tais conceitos.

Figura 14 - Construção de imagens a partir das cores primárias



Fonte: Acervo da autora (2019).

A cor pigmento transparente foi explicitada mostrando latas de tinta offset e utilizando-se da sobreposição de cores impressas em folhas de acetato com as cores correspondentes ao sistema de impressão CMYK ilustradas na figura 15¹⁰.

Figura 15 - Composição das placas para sobreposição de exemplificação do sistema cmyk.

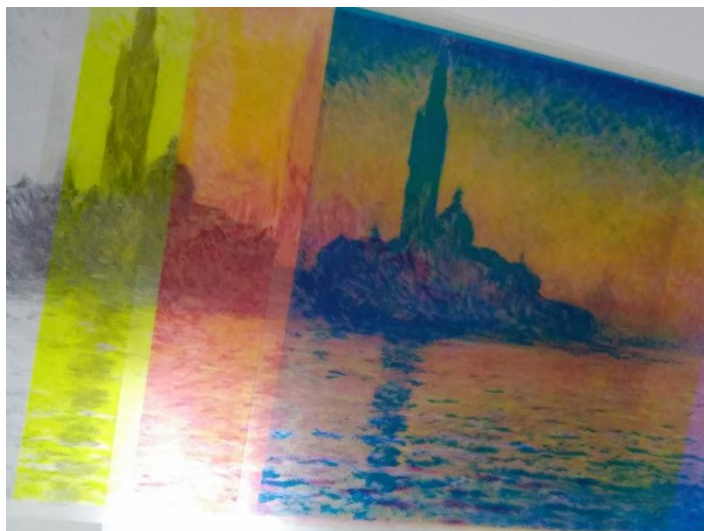


Fonte: Acervo da autora (2019). Adaptação por edição fotográfica de: MONET, Claude. **Crepúsculo de Veneza**. Associação Nacional de Museus do País de Gales, Gallery 16. São Francisco, Califórnia, 1908.

Na figura 16 é possível visualizar como foi feita a sobreposição de camadas e na figura 17 todas as camadas de cores aplicadas.

¹⁰ Material criado pela autora exclusivamente para ser utilizado na oficina.

Figura 16 - Composição das placas para sobreposição de exemplificação do sistema CMYK



Fonte: Acervo da autora (2019). Adaptação por edição fotográfica de: MONET, Claude. **Crepúsculo de Veneza**. Associação Nacional de Museus do País de Gales, Gallery 16. São Francisco, Califórnia, 1908.

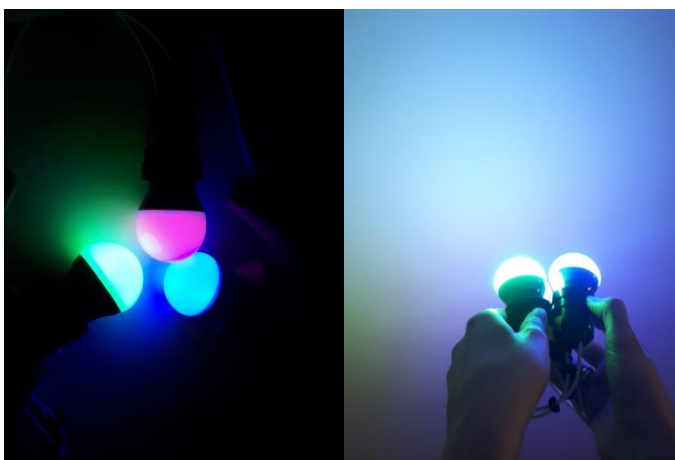
Figura 17 - Crepúsculo de Veneza



Fonte: MONET, Claude. **Crepúsculo de Veneza**. Associação Nacional de Museus do País de Gales, Gallery 16. São Francisco, Califórnia, 1908.

A cor luz foi explicitada utilizando-se de lâmpadas coloridas, com as quais foram feitas as misturas das luzes, exibindo suas cores secundárias e o resultado da soma das três primárias na cor branca. Os exemplos feitos durante a oficina estão representados nas figuras 18 e 19.

Figura 18 - Apresentação de três lâmpadas compostas pelas cores primárias da luz: vermelho, azul e verde (a esquerda). Resultado da soma aditiva das três cores primárias, resultando na cor branca (a direita).



Fonte: Acervo da autora (2019).

Figura 19 - Somatória de cores apresentada na oficina aos participantes: vermelho + azul = magenta, verde + vermelho = amarelo, verde + azul = azul-ciano



Fonte: Acervo da autora (2019).

As cores luz foram demonstradas em imagens e vídeos projetados, de forma breve, mas o seu aprofundamento foi realizado na oficina posterior.

3.3.2 Segunda Oficina

Na oficina referente a cor luz e a cor fisiológica, os sujeitos da pesquisa receberam um papel em branco no qual responderam à questão “como você utiliza a cor na sua área de atuação?”. Neste dia, após responder novamente a pergunta, os sujeitos foram recebidos com algumas explicações ao redor da luz na física e na teoria Newtoniana feitas por um professor convidado com formação na área de física.

Foram realizados experimentos com o prisma de Newton e com outras superfícies capazes de realizar a refração da luz branca. As experiências foram feitas com vela e lanternas de celular, tais experiências são representadas na figura 20.

Figura 20 - Experimentos prismático de refração e dispersão da luz

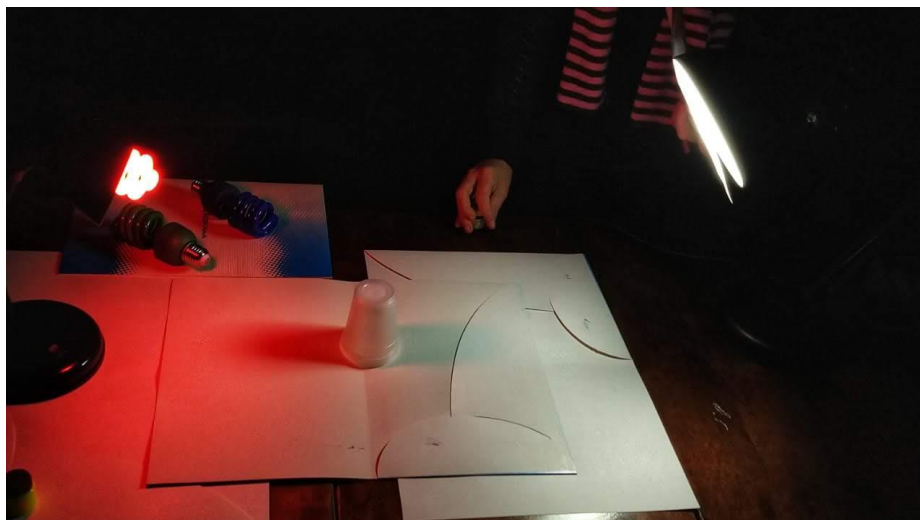


Fonte: Acervo da autora (2019).

Realizou-se também experimentos das sombras coloridas de Goethe. As sombras coloridas interagiram com o aspecto fisiológico e físico da cor. Goethe observou que uma sombra projetada pela luz do sol em plenitude sob uma superfície branca não dá a impressão de nenhuma outra cor. A sombra percebida pela interação com a luz solar varia do preto à tons de cinza (GOETHE, 2013).

Durante a oficina, foi realizada a experiências da projeção de sombras coloridas, representada na figura 21. Para o surgimento da sombra colorida são necessárias: uma superfície branca, uma luz branca e uma luz colorida. As luzes devem ser colocadas em lados opostos, iluminando um objeto.

Figura 21 - Experimento de sombras coloridas (1)



Fonte: Acervo da autora (2019).

No experimento, foram produzidas duas sombras. A sombra proveniente, por exemplo, da combinação da luz vermelha com a luz branca é o próprio vermelho de um lado e o azul-ciano de outro. Os olhos percebem na sombra a cor complementar, em relação a cor da luz colorida.

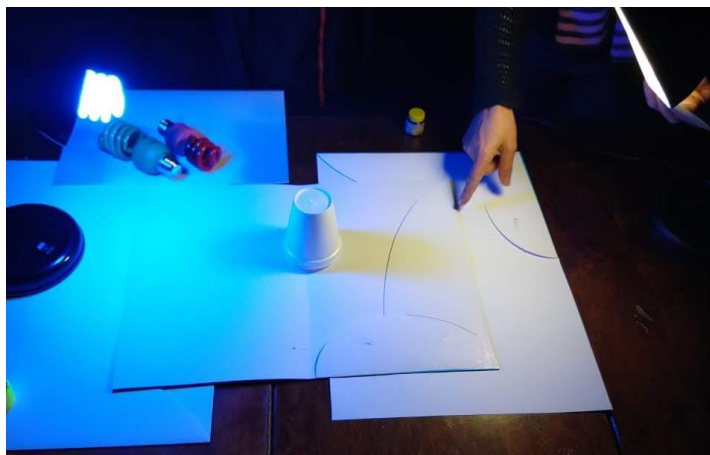
Figura 22 - Experimento de sombras coloridas (2)



Fonte: Acervo da autora (2019).

A figura 22 apresenta o experimento no qual os objetos foram iluminados pela luz branca e verde, gerando a cor complementar do verde, o magenta. A figura 23 foi iluminada pela luz azul e branca e produz a sombra da cor amarela, complementar ao azul.

Figura 23 - Experimento de sombras coloridas (3)



Fonte: Acervo da autora (2019).

Os experimentos foram baseados nos estudos feitos por Goethe citados em seu livro *teoria da cor* (2013). Goethe cita formas de fazer a experiência utilizando velas e a luz do pôr do sol, além de outros vários experimentos com sombra colorida.

A oficina foi finalizada com uma retomada da teoria de Goethe (apêndice A). Ao tratar da cor fisiológica, são feitos experimentos com base na persistência retiniana e na reação de contra-atuação ocular, explicada teoricamente no item 2.4.1 deste trabalho.

3.3.3 Terceira Oficina

Na última oficina, o foco foi em vivenciar os três aspectos da teoria Goethiana da cor, envolvendo o pigmento na produção da pintura, a luz na iluminação e o aspecto fisiológico da percepção das cores provenientes das diferentes cores pigmento e luzes aplicadas sobre a pintura. Para tanto, falou-se sobre a luz e suas relações com os objetos coloridos, ou melhor, a luz com as produções artísticas feitas pelos sujeitos de pesquisa. Foi necessário permear as teorias dos estímulos físicos que causam diferentes sensações cromáticas.

Como visto anteriormente, no capítulo 3, foi explicado aos sujeitos de pesquisa que a cor fisicamente trata-se de uma sensação produzida por organizações nervosas do corpo humano, mas ainda sem a interpretação do cérebro. De maneira a levar os sujeitos à compreensão do fenômeno da interação entre a cor luz (física) e a

cor pigmento (química), utilizou-se os conceitos trazidos por Silveira (2002, p. 45) que definem o fenômeno a partir da física:

Pensando somente pelo lado da física, a interação entre a luz e o objeto gera o fenômeno da cor percebida nos corpos. A luz incide sobre os átomos componentes das substâncias, interagindo e gerando a coloração dos objetos. A capacidade de absorver, refratar ou refletir determinados raios luminosos incidentes nos objetos os faz coloridos. Assim, não podemos dizer que as substâncias possuem cor, mas sim somente esta capacidade.

Foi explicado aos sujeitos que a luz ideal para visualizar a cor química presente nos objetos é a luz branca, mais especificamente a luz branca natural, proveniente do sol. A oficina baseou-se na interação entre a cor pigmento e a cor luz, para exemplificar as relações, foi utilizado um círculo cromático da luz pigmento produzido de modo a criar sombras, além dos círculos pigmento opaco, transparente e cor luz impressos. O círculo cromático mostrado na figura 24 é exibido na luz branca, na qual é possível perceber todas as cores normalmente.

Figura 24 - Experimento de sombras coloridas (3)

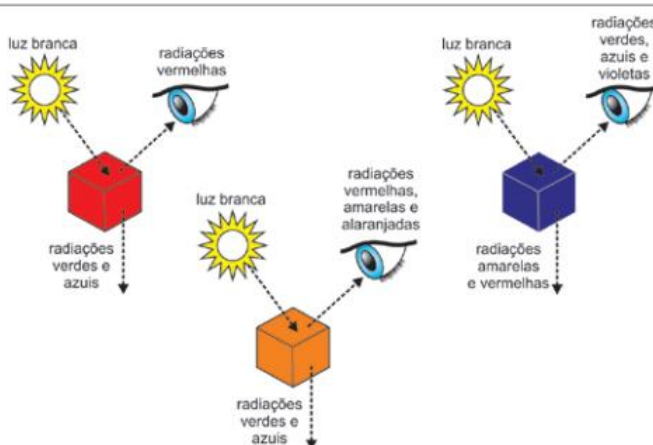


Fonte: Acervo da autora (2019).

A oficina prosseguiu com a interação entre luzes monocromáticas e cores pigmento, para falar sobre as luzes monocromáticas foi necessário falar sobre o experimento crucial, feito por Isaac Newton, já explicado anteriormente neste trabalho. Explicou-se o experimento aos sujeitos falando que ao dividir o raio de luz branca solar, observam-se componentes distinguíveis pela visão humana e também por suas propriedades físicas, as radiações monocromáticas. Definido como “um comprimento de onda fixo e absoluto. [...] Essas radiações não podem ser divididas novamente em

componentes com propriedades diferentes” (SILVEIRA, 2002, p. 45). A figura 25 foi projetada para explicar que os objetos com diferentes distribuições de energia espectral apresentam diferenças de cores. A cor visível está relacionada a interação entre a energia espectral e as características físicas do objeto.

Figura 25 - Reflexão e absorção da luz



Fonte: Silveira (2002, p. 46).

Seguindo a explicação oral, com base ainda na projeção da figura 25, foi explicado como um objeto parece ter a cor azul, por exemplo, ele deve refletir as radiações correspondentes a cor azul e as outras são fracamente refletidas ou simplesmente absorvidas. A luz branca é considerada uma fonte energética por dispersão, já a luz monocromática colorida é considerada uma fonte energética direta. Para Silveira (2002, p. 46):

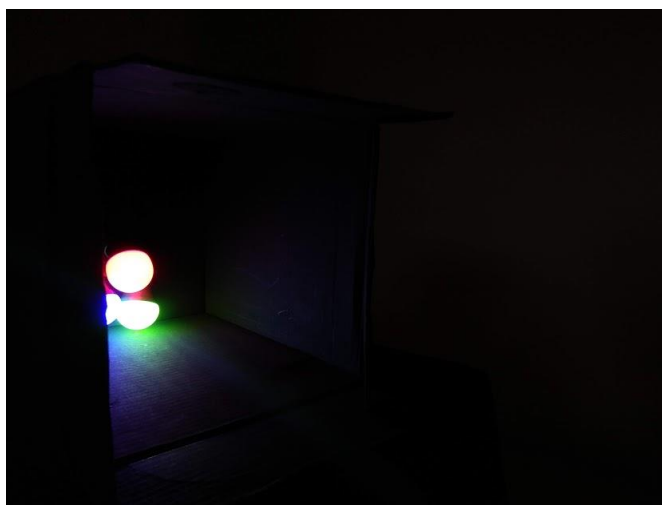
A transformação da luz branca em luz colorida é atribuída a três causas: natureza dos átomos e disposição dos átomos na molécula (onde a coloração resulta da absorção e reflexão diferenciada dos raios coloridos componentes da luz branca incidente sobre a substância. Trata-se de coloração influenciada pela composição e estrutura química dos corpos (as chamadas cores-pigmento) e a posição da molécula no espaço (fenômenos de dispersão, de interferência e de polarização cromáticas – as chamadas cores-luz)

Foram feitos experimentos durante a oficina utilizando lâmpadas coloridas e círculos cromáticos impressos. A experiência foi proposta com as luzes monocromáticas dentro de uma caixa escura, na qual cada sujeito observou as relações entre as cores pigmentos e as cores luz monocromáticas, recebendo

explicações teóricas que fundamentavam as ocorrências de dentro da caixa da escura (Figura 26):

As observações com luzes monocromáticas nos círculos cromáticos, aconteceram a partir das cores primárias da luz: vermelho, azul e verde. Foi possível perceber que a luz refletiu as cores pigmentos similares a cor luz utilizada no momento tornando-as esbranquiçadas, e as outras cores pigmentos que absorveram a luz, tornaram-se escuras como pode ser visto na figura 27:

Figura 26 - Caixa escura com luzes monocromáticas



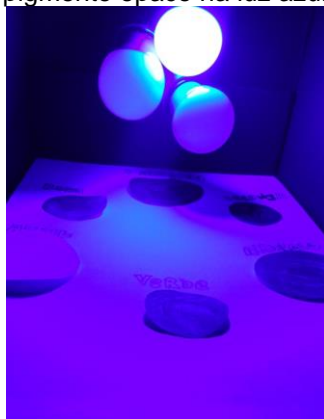
Fonte: Acervo da autora (2020).

Figura 27 - Círculo cromático da cor pigmento opaco na luz vermelha, azul e verde respectivamente

Circulo cromático da cor pigmento opaco na luz vermelha



Circulo cromático da cor pigmento opaco na luz azul.



Circulo cromático da cor pigmento opaco na luz verde.



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Os sujeitos realizaram suas observações, receberam as explicações em um formato de diálogo sobre o fenômeno que ocorre na interação entre os três vieses da teoria de Goethe: fisiológico, químico e físico. Em seguida, receberam a proposta de produzir uma pintura pensando em como ela ficaria na caixa com as luzes monocromáticas, para ao final da oficina, colocarem a sua produção dentro da caixa.

No capítulo a seguir serão descritos e analisados os dados obtidos durante as oficinas mencionadas no presente capítulo. A narrativa do último capítulo é feita em primeira pessoa, pois facilita explicitação da experiência intersubjetiva vivida na relação com os sujeitos de pesquisa, enriquecendo a colocação e apreciação dos dados.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DE DADOS: DISCURSOS E REPRESENTAÇÕES IMAGÉTICAS

Como pesquisadora, busquei¹¹, a partir dos dados obtidos, evidenciar as bases científicas que permeiam as questões discutidas ao longo da pesquisa. A utilização da fenomenologia foi fundamental na construção deste capítulo, já que pode ser definida como a compreensão dos fenômenos que se mostram. Dentro da concepção Husserliana, é a ciência que confere sentido ao ser e ao fenômeno, em um formato indissociável. Esse modelo teórico me auxiliou a perceber e interpretar, tendo a consciência da existência dos fatos.

Os dados aqui apresentados foram obtidos a partir de um curso com três encontros em formato de oficinas. Teve como questão norteadora: “como você utiliza a cor na sua área de atuação?”. O curso teve como foco a interdisciplinaridade, sem tratá-la especificamente, mas sim proporcionando a vivência interdisciplinar, para a qual, foi adotada a temática da cor.

Busquei distinguir os dados obtidos e evidenciá-los com base em uma ciência rigorosa. As descrições se tornam possíveis pela noção do *princípio da intencionalidade*, cujo qual, trata a consciência como consciência do algo, ou seja, a consciência só é reconhecida quando direcionada para um objeto (NEVES, 1991).

Este capítulo foi organizado em cinco partes. Na primeira, *Discursos (e imagens) dos sujeitos (o que fizeram no decorrer da oficina)*, momento em são apresentados os dados obtidos ao decorrer das oficinas. Na sequência as *Unidades significativas*, a partir das quais são realizadas as análises fenomenológicas, encaminhando-se para as *Convergências dos discursos*, seguida pela *Análise das imagens dos sujeitos*, finalizando o capítulo com a *Compreensão nomotética*

4.1 DISCURSOS (E IMAGENS) DOS SUJEITOS (O QUE FIZERAM NO DECORRER DA OFICINA)

Neste item são abordados os acontecimentos do decorrer da oficina e as impressões dos sujeitos conforme o desenvolvimento das atividades, conversas e

¹¹ Características de destaque para a abordagem fenomenológica são o uso da escrita em primeira pessoa no singular. O uso da primeira pessoa do singular se deve ao fato do eu pesquisador precisar assumir a sua postura inquieta em relação ao fenômeno que interroga.

explicações teóricas. Aqui, os discursos e imagens relevantes dos sujeitos são apresentados de forma mista, seguindo a cronologia dos acontecimentos.

Como uma forma de envolver os participantes na pesquisa, foi feito o questionamento “quais são as cores primárias, secundárias e terciárias e como elas se formam?”. Posteriormente, pediu-se uma representação de círculo cromático em papel sulfite branco, sem que os sujeitos não pudessem consultar quaisquer fontes de pesquisa. É interessante notar que, ao responder tal pergunta e formular a imagem solicitada, os sujeitos se mostram incomodados por não saber responder com facilidade a pergunta, pois segundo os mesmos, a pergunta seria básica e julgavam dever sabê-la previamente.

O sujeito 1 parte do pressuposto das cores primárias serem vermelho, azul e amarelo (cores correspondentes ao círculo cromático da cor pigmento opaco) embora ainda com a incerteza se eram as cores corretas, deu início as suas experimentações e encontra as cores secundárias, mas a partir das terciárias começou a obter tons de cinza-neutro.

Figura 28 - Primeiro círculo cromático realizado pelo sujeito 1



Fonte: Acervo da autora (2019).

Durante a produção do primeiro círculo cromático, o sujeito relata estar confuso em como realizar as combinações, o que pode ser visualizado na figura 28, primeiro círculo cromático feito pelo sujeito 1. O círculo cromático feito pelo sujeito não possui um formato próximo ao comumente visto nos livros didáticos, sendo ainda perceptível a tentativa de mistura de cores. A preocupação em obter as cores acabou desfocando o sujeito da proposta de apresentá-las dentro do círculo cromático

tradicional. Considerando que é necessário saber direcionar as proporções quantitativas de cada cor de tinta e quais cores devem se entrelaçar, em suas tentativas o sujeito acaba obtendo mais de uma vez tons de cinza-neutro e sentia-se frustrado por isso.

O sujeito 2 relata que as cores vermelho, azul e amarelo seriam as primárias, e assim como o sujeito 1, fez experimentações a partir destas cores para obter secundárias e terciárias, mas não obteve sucesso nas misturas e relatou que as secundárias seriam o verde, marrom, roxo, laranja. O círculo cromático do sujeito 2 (figura 29) é apresentado de forma linear, sendo a primeira linha das cores primárias (azul ciano, amarelo, magenta), a segunda (azul-esverdeado, verde, laranja) e terceira (preto) consideradas pelo sujeito como secundárias e terciárias consecutivamente.

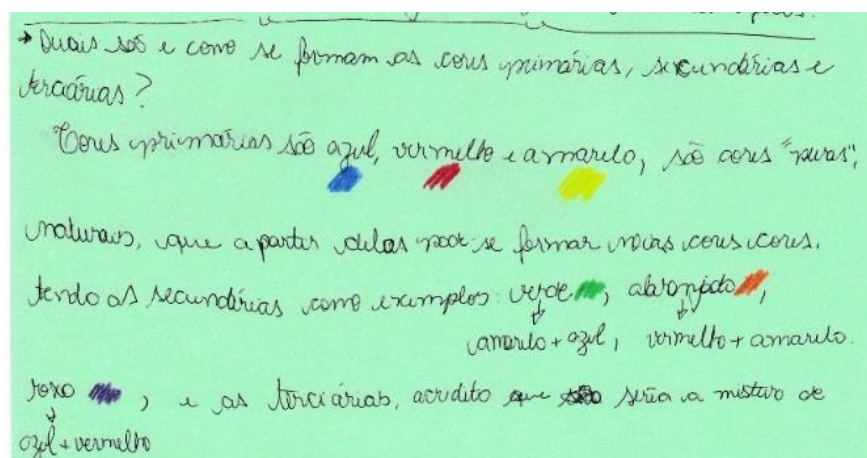
Figura 29 - Primeiro círculo cromático realizado pelo sujeito 2



Fonte: Acervo da autora (2019).

O sujeito 3 exemplificou quais são as cores pertencentes a cada categoria e como se formam, porém, não se ateve a questão do círculo cromático e suas cores foram aplicadas em meio ao texto, como é possível perceber na figura 30.

Figura 30 - Primeiro círculo cromático realizado pelo sujeito 3

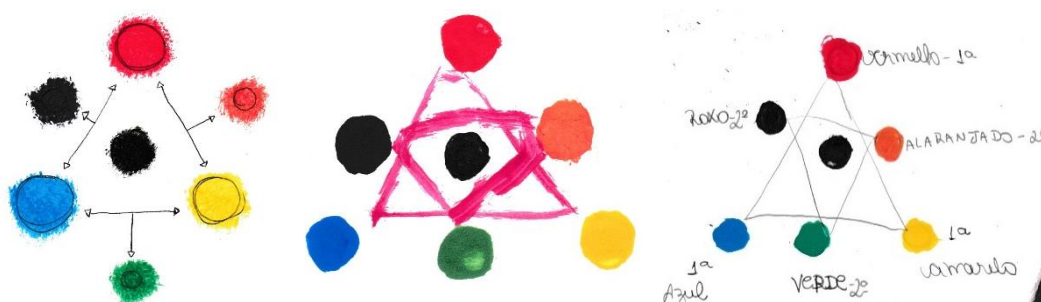


Fonte: Acervo da autora (2019).

Foi possível observar na resposta e imagem produzida pelos três sujeitos de pesquisa um conhecimento superficial e ingênuo em torno dos conceitos mais básicos sobre a temática da cor. Concluídas as perguntas e feito o círculo cromático, a oficina prossegue com a apresentação aos participantes dos três conjuntos diferentes de cores: a cor pigmento opaca, a cor pigmento transparente e a cor luz.

Para vivenciar a cor pigmento opaco os sujeitos produziram novamente o círculo cromático (figura 31), mas agora com orientações. Realizaram as misturas em proporções corretas para a obtenção das cores primárias, secundárias e terciárias.

Figura 31 - Círculo cromático: sujeito 1, 2 e 3 (da esquerda para a direita respectivamente) - segunda versão



Fonte: Acervo da autora (2019).

Para demonstrar a aplicabilidade das cores primárias, foi exemplificada a produção de uma maçã com luz e sombra utilizando apenas as cores primárias, sem a utilização de preto ou branco para a sua composição. A maçã foi construída aplicando a cor azul nas áreas de sombra, a cor amarela nas áreas de luz e a cor

vermelha sobrepondo-se as duas cores aplicadas anteriormente. A formação da imagem colorida a partir das cores primárias foi feita, também, pelos sujeitos de pesquisa (figura 32)

Figura 32 - Produção a partir de cores primárias: sujeito 1, 2 e 3 (da esquerda para a direita respectivamente)



Fonte: Acervo da autora (2019).

Durante a produção das pinturas das maçãs (figura 32), foi possível observar a forma como os sujeitos sentiram mais confiança em relação ao tema, apresentando em suas produções resultados próximos aos referenciais teóricos apresentados, além de evidenciar a compreensão da aplicabilidade das cores primárias.

Durante as três oficinas foram feitas produções imagéticas, mas destacam-se aqui as que foram feitas na última oficina. A terceira e última oficina teve como proposta a criação de pinturas baseadas nos conhecimentos adquiridos ao longo do curso (analisadas no item 4.4 deste trabalho), para que os sujeitos pudessem experienciar as cores e suas relações com a caixa escura, como explicitado no capítulo anterior. Na caixa havia lâmpadas correspondentes as cores primárias da luz, de forma que foram possíveis diversas combinações de cores luz. As produções feitas em cor pigmento foram colocadas na caixa para a realização de experimentações, possibilitando visualizar a interação entre luzes monocromáticas e cores pigmento.

O sujeito 1 realizou a sua produção (figura 33) pensando na utilização da luz vermelha, articulando que somente a lua ficasse em evidência, distanciando-a do restante preto/escuro. Após a observação, o próprio sujeito relata de forma escrita: “Ao testar a cor de interesse que era a vermelha, observou-se que além da lua vermelha, o mar se destacou, pois a mistura usada, continha vermelho. Porém, o céu e a “areia” reagiram como previsto”.

Figura 33 - Produção pictórica feita pelo sujeito 1



Fonte: Acervo da autora (2020).

É possível perceber que o sujeito 1 fez uma produção figurativa (figura 33), na qual as cores são facilmente identificadas dentro da caixa. Já o sujeito dois criou uma produção abstrata (figura 34), que embora tenha uma lógica na distribuição das cores tornou a identificação das cores na caixa mais complicada.

Figura 34 - Produção artística feita pelo sujeito 2



Fonte: Acervo da autora (2020).

O sujeito 2 relatou que esperava que a cor luz monocromática refletisse com perfeição a cor pigmento correspondente, mas se apresentou surpreso ao perceber relações não tão explícitas como esperava.

O sujeito 3, assim como o sujeito 2 optou por uma produção mais abstrata, como pode ser visto na figura 38. O foco do sujeito foi o de destacar a cor alaranjada com a luz vermelha, porém, obteve um tom acinzentado, conseguindo o efeito desejado apenas com a luz magenta.

Figura 35 - Produção artística feita pelo sujeito 3



Fonte: Acervo da autora (2020).

4.2 UNIDADES SIGNIFICATIVAS

Como descrito no item 3.2.3 deste trabalho, o pesquisador fenomenológico busca distinguir os dados obtido e evidenciá-los com base em uma ciência rigorosa. As descrições se tornam possíveis pela noção do princípio da intencionalidade. O momento da coleta de dados é a *Époche*, quando é necessário deixar as preconcepções de lado. Esses dados são obtidos a partir de uma interrogação significativa, os quais devem ser lidos atentamente para que ocorra a retirada do conteúdo ingênuo, ou seja, a realização da redução fenomenológica. A partir disso, surgirão as unidades significativas, trechos que revelam a essência do fenômeno estudado. Cada unidade é analisada individualmente e, ao final, tem-se a compreensão ideográfica dos sujeitos. Ao unir e comparar as análises de todos os sujeitos, tem-se a compreensão nomotética do fenômeno.

Nesta unidade apresentam-se as unidades significativas, compreensão ideográfica e a compreensão nomotética dos dados textuais obtidos através dos sujeitos pesquisa no decorrer do curso.

Para a realização da redução fenomenológica, os dados foram lidos de forma individualizada e atenta por diversas vezes, até a separação do conteúdo ingênuo e da essência se tornar satisfatória. Com base nestas unidades, foi feita a compreensão ideográfica de cada sujeito e ao final a compreensão nomotética, analisando os dados dos três sujeitos.

4.2.1 Sujeito 1

Unidade 1: “Conteúdos específicos da disciplina de química, como por exemplo espectros visíveis e invisíveis, ou cromatografia”.

Compreensão da unidade 1: A cor é vista em alguns momentos relacionada com as teorias de formação e decomposição, o sujeito expõe que existem conteúdos específicos da química que abordam o tema cor e cita a cromatografia, como exemplo.

Unidade 2: “Eu utilizo em aula em determinados momentos históricos da química [...] e em momentos de aulas práticas”

Compreensão da unidade 2: o sujeito relatou que utiliza o tema cor em 2 momentos diferenciados: em história da química e em aulas práticas. Esse contraponto entre história como teoria e a prática vista como algo separado, ilustra a ideia de reduzir a cor à uma ferramenta didática ilustrativa, como exemplo para identificar experimentos de densidade.

Unidade 3: “Percebi um universo de possibilidades dentro da própria disciplina de artes, mas também em relação à arte e a química”.

Compreensão da unidade 3: É possível perceber o despertar das relações interdisciplinares da cor no sujeito de pesquisa, que logo tenta realizar conexões com a sua área de formação.

Unidade 4: “Consegui observar algumas possibilidades que antes não havia observado, e não somente na disciplina de química, mas sim de maneira interdisciplinar”.

Compreensão da unidade 4: as oficinas não falaram diretamente sobre a interdisciplinaridade, mas tratam da cor de forma interdisciplinar. É possível perceber como o sujeito ampliou o seu olhar sobre a interdisciplinaridade ao longo do seu discurso. Expandindo a percepção da interdisciplinaridade da cor para além da relação entre a arte e química.

Unidade 5: “pensei como isso pode ser usado em aulas interdisciplinares ou como ilhas, principalmente saindo dos temas tradicionalmente usados como ‘água’”.

Compreensão da unidade 5: seguindo a perspectiva de desenvolvimento da percepção sobre interdisciplinaridade do sujeito, pode-se observar que agora a sua percepção vai além do tema da cor e o sujeito percebe possibilidades de aplicabilidade da interdisciplinaridade nos mais diversos assuntos. Cita alguns conteúdos específicos da disciplina de química, de forma ainda similar ao discurso inicial, porém com um leque maior de possibilidades e com uma compreensão maior entre as suas relações interdisciplinares com a cor. Relata também que a oficina despertou a vontade de estudar externamente as relações entre arte e ciência.

Unidade 6: “pude observar o como o estudo sobre cores pode ampliar as maneiras de se trabalhar em sala de aula, e como é um universo gigante e desconhecido, por mais que eu tenha estudado durante a graduação”.

Compreensão da unidade 6: Nesta unidade foi possível perceber um tom entusiasmado do sujeito ao perceber que a interdisciplinaridade possui ainda mais possibilidades do que as quais ele havia percebido, percebendo a dimensão do conhecimento que ainda pode ser obtido sobre e com a interdisciplinaridade.

Unidade 7: “recentemente em alguns estudos paralelos na relação arte-ciência”.

Compreensão da unidade 7: O sujeito assumiu uma visão protagonista em relação a interdisciplinaridade e consegue não só reconhecer, como também, aplicar as relações interdisciplinares, não só em relação a cor, mas reconhecer e trabalhar com outras temáticas dentro da interdisciplinaridade.

4.2.1.1 Compreensão ideográfica do sujeito 1

A interdisciplinaridade é complexa e leva tempo para ser percebida de uma forma mais aprofundada pelo sujeito 1. Foi possível perceber uma alteração gradativa da percepção da interdisciplinaridade pelo sujeito ao longo das oficinas, pois inicialmente citou conteúdos específicos de sua formação, em que a cor aparece visualmente, sendo posta como um instrumento didático do que um conteúdo que pode ser entrelaçado entre diferentes disciplinas.

Foi possível perceber a preocupação do sujeito em relacionar a química e a arte durante as oficinas. Observou-se um desenvolvimento em etapas: ao final da primeira oficina o sujeito ainda faz relações apenas entre arte e química, já na segunda oficina, conseguiu perceber, expressando um sentimento de descoberta. A existência de uma amplitude considerável de relações que podem ser efetuas entre disciplinas para além do tema cor.

A interdisciplinaridade não foi entendida pelo sujeito apenas como uma simples teoria. Ao final das oficinas a visão do sujeito não se limita ao tema da cor, este se torna protagonista perante a interdisciplinaridade, buscando inclusive em fontes externas saber mais para agregar a sua prática em sala de aula. Foi possível perceber no sujeito 1 a sua percepção sobre interdisciplinaridade ser modificada, aproximando-se dos referenciais teóricos que discutem a interdisciplinaridade, modificando a visão anterior que se encontrava engessada e com dificuldades de compreensão e aplicação.

4.2.2 Sujeito 2

Unidade 1: “Na biologia podemos utilizar as cores nos desenhos, para representar a diversidade de animais, plantas, da natureza, etc. as cores facilitam a visualização dos conteúdos e auxiliam na aprendizagem dos alunos”.

Compreensão da unidade 1: o sujeito percebe o tema da cor inicialmente como um mero instrumento didático para facilitar a visualização dos conteúdos de biologia, reduzindo relações com a interdisciplinaridade.

Unidade 2: “Na biologia, além do uso das cores pigmentos em imagens e desenhos da área (animais, plantas, esquemas, etc.), [...] pode-se fazer observação das cores na natureza, o “uso” das cores pelos animais e plantas, o pigmento natural do corpo humano (melanina), etc.”.

Compreensão da unidade 2: Assim como no sujeito 1, é possível perceber um desenvolvimento da percepção do tema cor, agora relacionando a cor com os conteúdos da biologia, que tratam da formação dos pigmentos orgânicos. A partir deste momento, a cor deixou de ser apenas um mero instrumento ilustrativo para o sujeito 2, e este já conseguiu estabelecer relações da cor dentro da sua área de formação de uma maneira mais sólida.

Unidade 3: “As oficinas conseguiram trazer outras disciplinas e conhecimentos que não apenas os de arte/ cor”

Compreensão da unidade 3: O sujeito apresentou uma concepção de que a cor seria aliada apenas aos estudos da arte, mas ao decorrer das oficinas passou a fazer as interligações da cor com outras áreas do saber, agora indo além da arte, como dita pelo mesmo, e da sua própria formação.

Unidade 4: “Eu pensava na cor na Biologia, apenas nos desenhos, nas ilustrações científicas, mas é mais que isso... É possível fazer uma relação da cor com os pigmentos que estão na natureza, com os pigmentos fotossintetizantes, os pigmentos que estão nas nossas células... Enfim. A cor está presente de diversas formas na Biologia, e a oficina me ajudou a perceber isso! ”.

Compreensão da unidade 4: O sujeito percebeu a própria mudança de percepção em relação a interdisciplinaridade. Tirando-a do âmbito de instrumento didático e percebendo as suas interações com outras áreas, em especial com a biologia.

4.2.2.1 Compreensão ideográfica do sujeito 2

O sujeito 2 apresentou, inicialmente, concepções sobre o tema da cor como um instrumento ilustrativo didático, tentando relacioná-la com outras disciplinas por meio do uso em ilustrações.

Na unidade 2, o sujeito ainda mantém a visão da cor como elemento didático, porém começa a relacionar as cores com as teorias dos pigmentos naturais, sua formação e as suas funções na natureza, sendo possível perceber uma mudança de sua percepção. Ao decorrer do seu discurso, o sujeito revela perceber inicialmente a cor como pertencente apenas a disciplina de arte, alegando ao final, entender que existem conexões com outras disciplinas.

No final de seu discurso o sujeito 2 apresentou uma alteração da visão da cor apenas como instrumento didático, mas ainda, relaciona a cor apenas no eixo arte e biologia, apresentando uma visão limitada em relação a percepção da interdisciplinaridade.

4.2.3 Sujeito 3

Unidade 1: “As cores podem ser usadas para representar ambientes terrestres, marinhos, tecidos do corpo humano, assim como outras partes e órgãos”.

Compreensão da unidade 1: Primariamente a cor é vista como instrumento ilustrativo didático, sendo essa uma percepção multidisciplinar ao tentar relacionar a cor com a biologia.

Unidade 2: “é possível relacionar de forma interdisciplinar com a física e a química, para mostrar como nossos olhos agem com relação as cores, espectros e outras funções”.

Compreensão da unidade 2: Uma visão interdisciplinar foi observada em seus discursos ao perceber inter-relações entre disciplinas e assuntos que, de modo interlaçado, podem tratar da teoria da formação e percepção da cor.

Unidade 3: “Essa relação de prática interdisciplinar mostra a ruptura com o tradicional, e permite que professores explorem estas práticas e relações”.

Compreensão da unidade 3: A apreensão e compreensão da interdisciplinaridade pelo sujeito já se encontra internalizada, o qual busca evidenciar as vantagens do uso da interdisciplinaridade em sala de aula, como ferramenta útil para o aperfeiçoamento profissional do professor.

4.2.3.1 Compreensão ideográfica do sujeito 3

O sujeito 3 iniciou seu discurso com uma visão multidisciplinar da cor ao tentar relacioná-la com a biologia como mero instrumento didático. Seu discurso desenvolve-se rapidamente para a percepção das inter-relações das diferentes áreas do conhecimento para se trabalhar o tema da cor. Ocorreu uma rápida mudança em sua percepção, algo perceptível em seu discurso ao evidenciar na unidade 3 as possibilidades do uso da interdisciplinaridade, além de ressaltar a importância do seu uso em sala de aula.

4.3 CONVERGÊNCIAS DOS DISCURSOS

Os três sujeitos iniciaram os seus discursos com uma visão da cor multidisciplinar, ou seja, vendo a cor como um instrumento didático ilustrativo para ser

utilizado nas explicações de conteúdos de outras disciplinas. Esta percepção foi se dissolvendo, até chegar à compreensão dos sujeitos das relações da formação das cores com as suas áreas de atuação, ao passar do tempo ampliando seu olhar para a relação da cor com outras áreas do conhecimento em níveis de profundidade diferentes entre os três sujeitos.

O sujeito 1 traça um caminho detalhado, em que sua percepção sobre interdisciplinaridade começou pela visão multidisciplinar da cor como instrumento, caminhou com o tema para a sua área de atuação, abrindo-o para outras áreas do conhecimento. Concluiu seus pensamentos com a percepção de que a interdisciplinaridade pode ser aplicada também com outros temas, além do que foi abordado nas oficinas, envolvendo-se a ponto de buscar outros projetos que tratam da interdisciplinaridade para ampliar seus estudos.

O sujeito 2 teve uma concepção inicial, de que a cor é um tema pertencente à arte e tem certa dificuldade para perceber seus entrelaçamentos entre outras áreas do conhecimento. Ao final das oficinas o sujeito percebeu a interdisciplinaridade dentro do tema proposto, mas ainda apresenta uma visão simplista relacionando-a apenas entre arte e biologia.

O sujeito 3 apresenta um rápido desenvolvimento da sua percepção iniciando com a visão comum aos 3 sujeitos, da cor como instrumento, perpassou pela relação entre arte e a sua área de formação, até chegar a sua percepção de relação do tema com diversas áreas do conhecimento. O desenvolvimento da sua visão sobre interdisciplinaridade vai além do tema da cor, comum ao sujeito 1, mas destaca-se o fato de evidenciar a importância do saber interdisciplinar para o professor atuante em sala de aula, sobretudo ao discursar como a temática se faz relevante para o aperfeiçoamento do ensino.

4.4. ANÁLISE DAS IMAGENS DOS SUJEITOS

Neste item são apresentadas as análises dos materiais imagéticos produzidos pelos sujeitos de pesquisa na última oficina do curso realizado no formato de oficina. Com base no nosso foco central, que é a interdisciplinaridade, assim como os discursos escritos, a análise ocorre através abordagem qualitativa fenomenológica.



As produções foram elaboradas, por meio de pinturas com tinta guache em papel, utilizando diferentes técnicas, escolhidas pelos próprios sujeitos. Pensando na questão interdisciplinar, em especial entre a arte e a ciência, as produções são feitas de forma planejada pelos sujeitos, conforme as cores que gostariam de obter durante a interação entre as cores químicas, físicas e fisiológicas, ocorridas na caixa com as lâmpadas nas cores primárias da luz. Com esta experiência, puderam presenciar o fenômeno da cor a partir da teoria de Goethe, envolvendo diversas áreas do conhecimento como a física, química e a biologia.

Todos os passos são realizados com base na adaptação da teoria de Panofsky (2007) realizada por Silva e Nardi (2017), como citado no item 3.4.2 deste trabalho. Compreendem produções pictóricas, relacionadas as concepções de interdisciplinaridade na arte e na ciência em torno do tema da cor adquiridos durante o curso.

A proposta se desenvolve em três passos, seguindo a ideia de Silva e Nardi (2017): descrição da forma e tema, comparação das diferentes representações e descrição do estilo pessoal.

4.4.1 Descrição e Análise Imagem: Sujeito 1



Quadro 4 - Análise de imagens produzidas pelo sujeito 1

FIGURA A: Primeira produção feita pelo sujeito 1	FIGURA B: Segunda produção feita pelo sujeito 1
	
Fonte: Acervo da autora (2020).	Fonte: Acervo da autora (2020).
Descrição das representações pictóricas feitas pelo sujeito 1	
1º Passo: Descrição da forma e conteúdo	<p>A – A imagem é feita de forma abstrata. Percebemos o uso das cores primárias misturadas diretamente no papel. Nas extremidades estão as cores quentes e ao centro as cores frias. A produção é feita em um esquema de degrade partindo cor vermelha, que se sobrepõe ao azul formando o roxo, seguida pelo azul que sobreposto ao amarelo forma o verde, retornando a aplicações do vermelho que, embora puro em alguns momentos, formam também alguns tons de cinza neutro. O sujeito aparenta estar realizando a exploração do uso das cores primárias do pigmento opaco.</p> <p>B – A imagem é feita de forma figurativa. A representação parece se basear em uma paisagem, na qual o céu é azul, o sol vermelho, o mar cinza-neutro e a areia amarela. O sujeito realiza a produção de forma organizada e clara para poder visualizar as cores resultantes nas luzes coloridas dentro da caixa.</p>
2º Passo Comparação das diferentes representações.	A representação abstrata demonstra conhecimento dos conceitos sobre cores passados durante o curso. Ao explorar os elementos formais da linguagem visual, o sujeito parece estar centrado na questão da cor química. Na representação figurativa, as cores são colocadas de forma organizada de modo que pudesse identificar com clareza quais eram as cores pigmentos aplicadas ao visualizar o trabalho iluminado por diferentes cores luz. Neste momento, pensando interdisciplinarmente entre os três conceitos da teoria de Goethe, aplicando a cor química no papel, sua interação com a cor física e a identificação das cores realizadas pelo sistema fisiológico humano.
3º Passo Descrição do estilo Pessoal.	O estilo do sujeito se apresenta desprendido de conceitos de técnicas figurativas, a sua preocupação em ambas as representações está focada na representação e exploração da cor, sem se prender à técnicas de desenho.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4.4.2 Descrição e Análise Imagem: Sujeito 2

Quadro 5 - Análise de imagens produzidas pelo sujeito 2

FIGURA A: Primeira produção feita pelo sujeito 2	FIGURA B: Segunda produção feita pelo sujeito 2
	
Fonte: Acervo da autora, (2020).	Fonte: Acervo da autora, (2020).
Descrição das representações pictóricas feitas pelo sujeito 1	
1º Passo: Descrição da forma e conteúdo.	<p>A – A imagem é feita de forma figurativa. Utiliza cores primárias do pigmento opaco, em alguns momentos pura, e em outros misturadas diretamente no papel. A representação utiliza cores quentes na maior parte do espaço da produção. Na lateral, pode-se observar a cor azul e vermelha, em alguns momentos puras e em outros sobrepostas, formando a cor roxa. Ao centro da imagem, o sujeito mistura as três cores primárias, formando um cinza-neutro.</p> <p>B – A imagem é feita de forma abstrata. A pintura foi feita utilizando os dedos da mão, existe uma organização lógica das cores, foram utilizadas apenas as cores primárias do pigmento opaco, misturadas diretamente no papel ou até mesmo nos próprios dedos. As linhas variam entre cores quentes e cores frias, formando uma composição harmoniosa.</p>
2º Passo Comparação das diferentes representações.	As duas imagens exploram os conceitos passados no curso. A primeira produção explora as linhas e o ponto visual, já a segunda explora o ponto, sem se prender ao conceito de ponto gráfico. A harmonia é presente de formas diferentes nas duas produções, nas quais, os conceitos de misturas e cores quentes e frias são trabalhados. O sujeito dois realiza uma obra figurativa e uma abstrata, buscando ver os diferentes resultados dentro da caixa, na qual percebe as interações entre os aspectos físicos, químicos e fisiológicos da cor.
3º Passo Descrição do estilo pessoal.	O sujeito dois possui um estilo gestual, as duas produções foram pintadas utilizando os dedos. Percebe-se o uso das cores em suas produções como uma forma de expressão. O despreendimento da forma e dos conceitos clássicos de arte, são fatores visíveis em suas pinturas, valorizando a exploração dos elementos visuais.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4.4.3 Descrição e Análise Imagem: Sujeito 3

Quadro 6 - Análise de imagens produzidas pelo sujeito 3

FIGURA A: Primeira produção feita pelo sujeito 3		FIGURA B: Segunda produção feita pelo sujeito 3
		
Fonte: Acervo da autora, (2020).		Fonte: Acervo da autora, (2020).
Descrição das representações pictóricas feitas pelo sujeito 1		
1º Passo: Descrição da forma e conteúdo	<p>A – A imagem é feita de forma abstrata. A maior parte da imagem é tomada pela cor azul, aplicada com batidas irregulares de pincel. O ponto visual da imagem possui as cores secundárias verde e alaranjado, aplicada com pinceladas rápidas em linhas diagonais, dando sensações de movimento.</p> <p>B – A imagem é feita de forma abstrata. Nesta produção, são explorados diferentes recursos para a aplicação de tinta. O sujeito 3 aplica a tinta pela técnica de respingo, por batidas realizadas com o fundo de um copo e pelos próprios dedos. As cores se misturam, formando cinza neutro em alguns pontos. Apesar das formas irregulares, a produção pictórica possui harmonia, tendo como ponto visual a aplicação por respingo da tinta azul na parte esquerda superior.</p>	
2º Passo Comparação das diferentes representações.	As duas pinturas possuem movimento. É possível visualizar a tinta sendo aplicada de forma expressiva. O sujeito 3 explora mais as cores secundárias, feitas por ele mesmo, com afeição especial pelo laranja nas duas produções. Produções equilibradas, harmoniosas e com pontos visuais chamativos.	
3º Passo Descrição do estilo Pessoal.	Desprendimento dos conceitos figurativos e tradicionais da arte. Expressões e movimentos vistos através da técnica de respingo aplicada nas duas obras. Exploração de cores quentes em contraste com o azul frio.	

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4.5 COMPREENSÃO NOMOTÉTICA

A análise nomotética é o momento no qual as convergências e divergências dos sujeitos são analisadas, forma-se aqui uma síntese integrativa. Na tabela a seguir pode-se perceber de forma comparativa suas convergências e divergências.

Quadro 7 - Comparativo entre as respostas dos sujeitos

	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3
Procurar relação direta da cor com a própria disciplina.	X	X	x
A cor inicialmente vista como forma de ilustração didática.	X	X	x
Despertar das conexões interdisciplinares da cor com a própria disciplina de formação.	X	X	x
Ampliação do olhar sobre a interdisciplinaridade ao longo do discurso.	X	X	x
Expandindo a percepção da interdisciplinaridade da cor já para além da relação entre a arte e sua disciplina.	X		x
Perceber a interdisciplinaridade em outros temas.	X		
Assume uma visão protagonista sobre a interdisciplinaridade e vai em buscar de novos conhecimentos de forma externa ao curso.	X		
Evidência a importância da interdisciplinaridade em sala de aula.			x

Fonte: elaborado pela autora (2020)

No Quadro 7 é visível que os três sujeitos de pesquisa buscam, em um primeiro momento, estabelecer relações da cor (tema interdisciplinar tratado) impulsionamento com a sua disciplina de atuação e a arte, resultando em uma visão equivocada que colocou a cor em um papel de instrumento de ilustração didática.

Ao longo das oficinas os sujeitos começaram a estabelecer relações mais complexas entre a cor e sua disciplina de atuação, mas sempre vendo a cor como instrumento da arte. Suas percepções começam a divergir a partir da ampliação da interdisciplinaridade da cor para além da sua própria disciplina e a arte, momento que o sujeito 2 deixa de compartilhar informações em comum com os outros sujeitos. O sujeito 1 apropria-se do conceito da interdisciplinaridade e apresenta percepções além do tema da cor apresentado e o sujeito 3 focaliza na importância deste conceito no ensino básico.

A interdisciplinaridade foi tratada na pesquisa pensando nas relações entre a arte, a ciência e suas linguagens. Para Silva e Neves (2015, p. 311) é necessária a compreensão da natureza tanto da arte, quanto da ciência para compreender a questão da sua aproximação. No ensino superior as linguagens das artes e da ciência são encontradas em formato de bacharelados e licenciaturas, porém no contexto escolar se resumem da seguinte maneira: “a arte está organizada em apenas uma disciplina. Já a ciência, no ensino fundamental é apresentada como disciplina com

essa mesma denominação, no ensino médio, é organizada nas seguintes disciplinas: Biologia, Química e Física” (SILVA; NEVES, 2015, P. 311 e 312).

As oficinas ocorreram com a exposição do tema da cor, por se tratar de um assunto interdisciplinar que perpassa com muita facilidade pelos entrelaçamentos da arte e da ciência, buscando visualizar a percepção da interdisciplinaridade nos sujeitos de pesquisa.

Analisando os dados obtidos durante as oficinas, foi possível perceber que, entre os sujeitos de pesquisa, existia uma visão ingênua da interdisciplinaridade ao utilizar-se da cor apenas como instrumento. Cabe aqui um trecho escrito por Silva e Neves (2015, p.312), que embasa a origem dessa visão.

Ao discutirmos essa possibilidade de aproximação faz-se necessário apresentar o panorama de como essa relação se configura na prática escolar. De um lado, a ciência tenta aproximar-se da arte por meio de algumas pequenas experiências realizadas em sala de aula, em cursos, em sua divulgação junto ao grande público etc. Na maioria das vezes, sem a compreensão da dimensão da arte, o que fazem na prática é uma ‘simulação de aproximação’, uma vez que os professores utilizam trabalhos artísticos para ilustrar suas aulas e deixá-las mais interessantes. Por outro lado, a arte tenta aproximar-se da ciência de diferentes maneiras.

Essa concepção estaria ligada a multidisciplinaridade, a qual, de acordo com Japiassu (1976), justapõe as disciplinas lado-a-lado, utilizando-se dos recursos da outra disciplina, sem necessariamente haver um trabalho em equipe.

Os conceitos de multi, pluri, inter e transdisciplinaridade apresentam-se inicialmente de forma confusa nos sujeitos pesquisa, que recebem exigências de trabalhar com a interdisciplinaridade na escola, mesmo sem o domínio de sua compreensão.

Esta percepção inicial da utilização da cor como instrumento pertencente apenas a arte, utilizada para ilustrar outras disciplinas, logo se modificou a partir das experiências vividas nas oficinas em que os sujeitos compareceram. Esta visão inicial da interdisciplinaridade não se dá por falta de esforço ou qualquer coisa do gênero, por parte dos professores, mas sim por toda uma formação que vem desde o ensino básico em um sistema rigidamente disciplinar.

O desenvolvimento das oficinas ocorreu de uma forma muito dinâmica e participativa, em que os sujeitos pareceram estar à vontade, apresentaram questionamentos e curiosidades. É possível dizer que todos estavam fazendo

descobertas em torno da interdisciplinaridade, principalmente ao perceber que estavam vivenciando um tema sem fronteiras ou limites disciplinares, verificando potencialidades de expansão.

As possibilidades de expansão foram percebidas aos poucos pelos sujeitos que desenvolveram uma nova visão da interdisciplinaridade de forma muito similar entre si, de modo que primariamente estabeleceram relações com a sua própria formação, expandindo o mesmo tema para outras áreas, e, como no caso do sujeito 1, a percepção da interdisciplinaridade e sua aplicabilidade de forma aberta. Tenho aqui, como pesquisadora a percepção de que caso houvesse uma continuidade do curso, a relação dos sujeitos com a interdisciplinaridade se tornaria cada vez mais próxima.

A pesquisa fenomenológica, busca evidenciar justamente as diferentes formas de vivência do fenômeno por cada sujeito. Os sujeitos receberam as mesmas informações durante o curso, embora ainda existam diversas convergências, cujas diferenças percebidas se devem às variadas vivências e percepções de vida dos sujeitos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formação disciplinar foi abordada aqui como um modo de aprofundamento dos conhecimentos específicos, tendo como consequência uma perda da noção global da história da ciência. É necessário repensar sobre a formação disciplinar de professores, em especial os das áreas de ciências naturais. Hoje, os documentos oficiais da educação exigem dos professores uma atuação de caráter interdisciplinar, ou seja, estabelecer inter-relações entre as áreas do saber de maneira colaborativa, de modo que, esse trabalho enriqueça a aprendizagem dos educandos.

No decorrer da pesquisa, vivenciávamos no país, intensas discussões sobre a Base Nacional Comum Curricular – BNCC, que atualmente, norteia a Educação Básica do país. O documento surgiu de uma ampla discussão realizada por educadores, ou seja, reflete desejos e anseios para a educação contemporânea. Trata-se de uma discussão complexa, mas enfatizamos aqui apenas que o documento reforça a substituição das disciplinas isoladas pelas áreas de conhecimento e faz a opção de guiar o ensino para a educação integral. Ainda é cedo para afirmar se o documento contribuirá efetivamente para o Educação Básica. Contudo, a presença da interdisciplinaridade reforça nossa discussão sobre a formação de professores.

O objetivo geral desta pesquisa foi de investigar a percepção sobre interdisciplinaridade em professores, sendo os sujeitos escolhidos professores de ciências da natureza, estudantes de pós-graduação *strictu sensu*. E as oficinas propostas tiveram o intuito de levar a vivência interdisciplinar aos sujeitos de pesquisa, tendo a cor como tema, percorrendo facilmente entre a arte e a ciência.

As teorias de Newton e Goethe foram postas em prática através de experimentações que envolvem os sujeitos de forma dinâmica com o tema da interdisciplinaridade. Buscou-se evidenciar a importância da interdisciplinaridade na formação de professores, podendo demonstrar como o tema é ainda de difícil compreensão para os professores. Foi possível perceber uma confusão entre os termos multi, pluri, inter e transdisciplinar, notando uma visão majoritariamente da interdisciplinaridade como a utilização de outras disciplinas apenas como apoio didático, ou seja, a visão multidisciplinar vista como interdisciplinar.

Paul Feyerabend, ao falar em arte e ciência, discorre sobre a valorização da teoria em detrimento às observações e às habilidades práticas, defendendo a

necessidade de um trabalho conjunto entre teóricos e artesãos. Para explicar as discussões entre teoria e trabalho manual, o autor traz um comparativo entre o pensamento de Platão e Aristóteles. Para Platão, enquanto os teóricos aproximam-se da verdade e os artesãos criam objetos úteis, já os artistas não fazem praticamente nada. Assim, o pintor apenas tenta fazer uma cópia da realidade, cópia essa que é imitativa e enganosa. Além da sua produção não ser, Platão condena a pintura por ser propositalmente enganosa, considerando-a uma quimera. Já Aristóteles, argumentaria de forma contrária a Platão, defendendo que as habilidades práticas e produtos de artesãos e artistas não são opostos ao ser, mas sim são produzidos por ele (FEYERABEND *apud* NEVES; SILVA, 2020).

Ao relacionar tais pensamentos, Goethe, citado por Feyerabend, defende que as obras de arte são produtos da natureza humana. Para ele, “as magníficas obras de arte são, ao mesmo tempo, magníficas obras da natureza produzidas por seres humanos de acordo com leis verdadeiras e naturais” (FEYERABEND *apud* NEVES; SILVA, 2020, p. 36036). Este pensamento é visto com maior ênfase em seu livro *Teoria das Cores*, utilizado como base deste trabalho.

Goethe vê os fenômenos da natureza como resultado das interações mútuas entre o ser humano e o mundo externo a ele. Não percebe diferenças entre os produtos artísticos e os produtos da natureza. Em sua teoria das cores Goethe vê o fenômeno de forma global e intrínseca a interação com o homem.

A proposta das oficinas foi baseada na visão de Goethe, considerando arte e ciência intrínsecas ao ser humano. A cor é apresentada como exemplo destas interações, perpassando pela arte e por diferentes disciplinas das ciências. A intenção das oficinas não foi de explicar e ensinar o que é a interdisciplinaridade aos sujeitos de pesquisa, mas sim levar até eles a vivência interdisciplinar, perpassando de forma conjunta pela física, química, biologia e pelas artes visuais, sem explicações diretas sobre o tema. A experiência interdisciplinar a partir da cor demonstrou ser vivida de forma agradável pelos sujeitos, que de forma subjetiva, apropriaram-se do conceito da interdisciplinaridade, por meio da sua vivência teórico-prática.

Pode-se afirmar, assim, que mesmo diante de uma formação disciplinar, a vivência de experiências interdisciplinares pode modificar a percepção sobre a interdisciplinaridade de professores e que esta modificação está em constante construção. A constatação obtida por meio dos dados obtidos no capítulo 4 deste

trabalho, é que foi possível perceber modificações, inclusive similares, entre os sujeitos em relação a aplicabilidade e importância da interdisciplinaridade para o ensino.

As modificações das percepções dos professores puderam ser entendidas, também na análise das produções pictóricas produzidas, nas quais os sujeitos apresentaram padrões similares entre os mesmos. Buscaram realizar pinturas figurativas ou com padrões organizados e outras mais abstraídas, visando vivenciar a cor interdisciplinarmente na caixa de formas diferentes. A experimentação foi um elemento visto em abundância durante a participação dos sujeitos envolvidos no curso. A fenomenologia se fez essencial na construção da análise dos dados obtidos, pois, por meio da redução fenomenológica e da criação das unidades significativas, pode-se realizar uma análise qualitativa, detalhada e rígida. A partir das análises nomotéticas e ideográficas, pode-se identificar as essências de cada sujeito e suas relações com o fenômeno da interdisciplinaridade.

Por fim, destacamos que os professores de ciências da natureza, sujeitos desta pesquisa, passaram por um grande envolvimento em relação ao percurso interdisciplinar do grupo, em especial, o sujeito um que teve despertada a iniciativa de continuar estudando sobre a interdisciplinaridade, mais especificamente, entre arte e ciência. Os sujeitos, agora, buscam novos caminhos para as suas práticas docentes, enfatizando a importância e quanto a interdisciplinaridade pode enriquecer o processo de ensino-aprendizagem.

Inferese aqui que a interdisciplinaridade possibilita novos caminhos para a formação de professores, caminho marcado pela busca da construção de um conhecimento amplo e não fragmentado. Dada a pesquisa realizada, defende-se a necessidade de cursos de formação de professores que contemplem a interdisciplinaridade como forma de propiciar uma visão mais ampla sobre o ensino de ciências.

REFERÊNCIAS

- ALES BELLO, A. **Introdução à fenomenologia**. Bauru: EDUSC, 2006.
- BACH JUNIOR, J. **Educação em STEINER e a Fenomenologia de GOETHE**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2015.
- BARROS, L. R. M. **A cor no processo criativo: um estudo sobre a Bauhaus e a teoria de Goethe**. 4ªed. São Paulo: SENAC, 2006.
- BEGON, M., C. R. TOWNSEND E J. L. HARPER. **Ecologia de Indivíduos a Ecosistemas**. 4ªed. Artmed, Porto Alegre. 2007.
- BELTRAN, M. H. R. O laboratório e o atelier in: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.;
- BELTRAN, M. H. R (Org.). **O Laboratório, a Oficina e o Ateliê: A arte de fazer o artificial**. São Paulo: EDUC - Editora da PUC-SP, 2002.
- BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da ciência para formação de professores**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- BICUDO, M. A. V. A pesquisa qualitativa olhada para além dos seus procedimentos. In: **Pesquisa qualitativa segundo a visão fenomenológica**. São Paulo: Editora Cortez, 2011, v., p. 11-28.
- BICUDO, M. A. V. Sobre a Fenomenologia. In: BICUDO, M.A.V.; ESPOSITO, V.H.C. (Org.). **Pesquisa qualitativa em educação: um enfoque fenomenológico**. PIRACICABA: UNIMEP, 1994, p. 15-22.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Editora Porto, 1994.
- BUFFON, A. D.; MARTINS, M. R.; NEVES, M. C. D. **A Fenomenologia como Procedimento Metodológico em Pesquisa Qualitativa na Formação de professores**. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017.
- CARVALHO, A. M.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências**. 10ªEd. São Paulo: Cortez, 2011.
- CASQUEIRA, R. G.; SANTOS, F. S. **Pigmentos Inorgânicos: Propriedades, Métodos de Síntese e Aplicações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.
- CMYK**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/CMYK>. Acesso em 20 jan. 2020.
- COUTO, A. B.; RAMOS, L. A.; CAVALHEIRO, É. T. G. Aplicação de pigmentos de flores no ensino de química. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 221-227, Abr.

1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v21n2/3459.pdf> Acesso em 10 out. 2020.

DEMO, P. **Educar pela pesquisa**. 9ª Ed. Campinas: Autores associados, 2011.

FAZENDA, I. C. A (Org.). **DIDÁTICA e interdisciplinaridade**. 13ª ed. Campinas: Papyrus, 2008.

FAZENDA, I. C. A (Org.). GODOY, H. P. (coordenadora técnica). **Interdisciplinaridade: pensar, pesquisar, intervir**. São Paulo: Cortez, 2014.

FAZENDA, I. C. A. (Org.). **Práticas interdisciplinares na escola**. São Paulo: Cortez, 2011.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. 2Ed. Campinas: Papyrus, 1995.

FAZENDA, I. C. A. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia?** São Paulo: Loyola, 1979.

FAZENDA, J. M. R. **Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia**, 2 Ed. ABRAFATI: São Paulo, 1995.

FUSER, C. **Os sentidos das atividades realizadas pelos alunos nas aulas de arte: um estudo fenomenológico em uma escola da periferia de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em educação – psicologia da educação) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2005.

GAGE, J. **A cor na Arte: 195 ilustrações, 166 cores**. Tradução Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2012.

GARCIA, E.A.C., **Biofísica**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Sarvier, 2002.

GOETHE, J. W.; **Doutrina das cores**. Tradução de Marco Gianotti. 4º. ed. São Paulo: Nova Alexandria, 2013.

GUIMARÃES, M. R., ALENCAR, C., GUIMARÃES, R. Os limites da visão humana. *In*: CREMA, A. S., AMBRÓSIO JUNIOR, R. **Tratado Brasileiro de Catarata e Cirurgia Refrativa**. Sociedade Brasileira de Cirurgia Refrativa (SBCR). 2014.

HUSSERL, E. **Ideias para uma fenomenologia pura e para uma filosofia fenomenológica**. Aparecida: Ideias & Letras, 2006.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

JONES, R. H.; BURNS, T. N.; AMINOFF, M. J.; POMEROY, S. L. **Coleção Netter de Ilustrações Médicas. Sistema Nervoso**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 2014.

JONES, R. H.; BURNS, T. N.; AMINOFF, M. J.; POMEROY, S. L. **Coleção Netter de Ilustrações Médicas. Sistema Nervoso.** 2ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. **Histologia básica: texto e atlas.** 13 Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

KESTLER, I. M. F. Johann Wolfgang von Goethe: Arte e Natureza, Poesia e Ciência *In:* NEVES, M. C. D.; SILVA, J. A. P. **Evoluções e Revoluções: O mundo em Transição.** Maringá: Massoni, 2008.

KOLB, H.; NELSON R.; FERNANDEZ E.; JONES, B.; **Webvision: the organization of the retina and visual system.** Salt Lake City (UT): University of Utah Health Sciences Center; 1995.

KUHN, T. S. **A tensão essencial: estudos selecionados sobre tradição e mudança científica.** Trad. Marcelo Amaral Penna-Forte. São Paulo: Editora UNESP, 2011.

LANG, F. **Nem toda a cor está no espectro visível! Como pode ser isso?** Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=nem-toda-a-cor-esta-no-espectro-visivel-como-pode-ser-isso>. Acesso 20 jan. 2020.

LANGHI, R; NARDI, R. **Trajetórias formativas docentes: buscando aproximações na bibliografia sobre formação de professores.** Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 5, n. 2, p. 7-28, 2012.

LUCK, H. **Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos.** 3.ed. Petrópolis: Vozes, 1997.

MARTINS, G. B. C.; SUCUPIRA, R. R.; SUAREZ, P. A. Z. A Química e as Cores. **Revista Virtual de Química.** Brasília, 2015, V. 7, No. 4, p. 1508-1534.

MARTINS, G. B. C.; SUCUPIRA, R. R.; SUAREZ, P. A. Z. A Química e as Cores. **Revista Virtual Química.** Brasília, vol. 7, n. 4, p. 1508-1534, maio, 2015.

MARTINS, J.; BOEMER, M. R.; FERRAZ, C. A. **A fenomenologia como alternativa metodológica para pesquisa algumas considerações.** Rev. Esc. Enf. USP, São Paulo, 24(1):139-147, abril. 1990.

MARTINS, R. de A.; SILVA, C. C. As Pesquisas de Newton Sobre a Luz: Uma visão histórica. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 37, n. 4, 2015.

MONET, Claude. **Crepúsculo de Veneza.** 1908. Associação Nacional de Museus do País de Gales, Gallery 16. São Francisco, Califórnia. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Claude_Monet,_Saint_Georges_majeur_au_cr%C3%A9puscule.jpg. Acesso em janeiro 2020.

MOTTA, E.; SALGADO, M.L. G. **Iniciação à pintura.** 4Ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1976.

Nanómetro. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Nan%C3%B3metro>. Acesso em 20 jan. 2020.

NEVES, M. C. D. **Uma perspectiva fenomenológica para o professor e sua expressão:** “o que é isto, a ciência?”. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de educação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1991.

NEVES, M.C.D., SILVA, J.A.P. 2020. **Paul Feyerabend:** translation of a remarkable work about arts-science. International Journal of Development Research Vol. 10, Issue, 05, p. 36033-36038.

NEWTON, I. **Óptica.** Tradução: ASSIS, A. K. T. Editora da Universidade de São Paulo: São Paulo, 1996. Reimpressão: 2002 e 2017.

NISHIDA, S. M., OLIVEIRA, F. A., TROLL, J. Como vemos o mundo? A formação da imagem. In: **Como funciona o corpo humano?** Instituto de Biociências. UNESP Botucatu. Disponível em https://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/2_qualidade_vida_humana/Museu2_qualidade_corpo_sensorial_visao2.html. Acesso em 15 nov. 2019.

PANOFSKY, E. **Significado nas Artes Visuais.** Trad. M. C. F. Keese e J. Guinsburg. 3ª Ed. São Paulo: Perspectiva, 2007.

PEDROSA, I. **Da cor a cor inexistente.** [10.ed.]. Rio de Janeiro: SENAC, 2010.

PH. In: **SPLABOR.** Disponível em: <http://www.splabor.com.br/blog/phmetro/bate-papo-tecnico-tudo-sobre-ph-informacoes-curiosidades-e-dicas-para-aumentar-a-eficiencia-de-suas-leituras/>. Acesso em: 20 jan. 2020.

PINHEIRO, A. N. **A Química dos Pigmentos?** Disponível em: <http://gpquae.iqm.unicamp.br/textos/T10.pdf>. Acesso em: 24 jan. de 2020.

RAVEN, P. H. **Biologia vegetal.** 6Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

RAVEN, P. H., R. F. EVERT & S. E. EICHORN. **Biologia vegetal.** 7ªEd. Guanabara: Rio de Janeiro, 2007.

REIS, M. T. **O ensino de química e arte por meio de uma abordagem interdisciplinar com a temática tintas.** Dissertação (Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2018.

RGB. Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/RGB>. Acesso em: 20 jan. 2020.

SALVETTI, A. R. **A história da luz.** 2ª Ed. São Paulo: Editora livraria da física, 2008.

SANTANA, C. F.; OIWA, N. N.; COSTA M. F.; TIEDEMANN, K. B.; LIMA SILVEIRA, L. C.; FIX VENTURA, D. **Espaço de cores.** Universidade São Paulo - USP

Universidade Federal do Pará – UFPA. *Psicologia USP*, 2006, 17(4), 35-62. Disponível em <https://www.scielo.br/pdf/pusp/v17n4/v17n4a03.pdf>. Acesso em julho 2020.

SAVIANI, D. **Formação de professores**: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro. *Rev. Bras. Educ.*, Abr 2009, vol.14, no.40, p.143-155.

SILVA, J. A. P.; DANHONI NEVES, M. C. **Arte e Ciência**: possibilidades de reaproximações na contemporaneidade (Ensaio). *INTERCIENCIA*. v.14, p.423 - 432, 2015.

SILVA, J. A. P.; NARDI, R. **Arte e Ciência na Lua**: Interdisciplinaridade e formação de professores. São Paulo. Cultura Acadêmica, 2017.

SILVA, J. A. P.; NARDI, R. Formação de professores: abordagens metodológicas na arte e na ciência. **Formação docente.**, v.9, p.11 - 28, 2017. <https://revformacaodocente.com.br/index.php/rbfpf/article/view/149>

SILVA, J. A. P.; NEVES, M. C. D. **Arte e Ciência: Possibilidades de Reaproximações na Contemporaneidade**. UNOPAR Cient., Ciênc. Human. Educ., Londrina, v. 16, n.4, p. 311-321, 2015.

SILVEIRA, L. M. **Introdução a teoria da cor**. Curitiba: UTFPR, 2011.

SOBOTTA, J. **Atlas de anatomia Humana**. 22ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

TABOSA, A. S. A perda do conceito original de Arte. **O olho da História**. 8. ed. Jan, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. Ed. Porto Alegre, Artmed, 2013.

THE. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Wikimedia, 2020. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/The_Mysteryes_of_Nature_and_Art . Acesso em: 18 jan. 2020.

TRINDADE, D. Um novo olhar sobre as ciências. In: FAZENDA, I. **O que é interdisciplinaridade** (Org.). São Paulo: Cortez, 2008.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N.F. **Estudo dos insetos**. 7ª Ed. Tradução de Borror and DeLongPs Introduction to the study of insects. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

TUNGSTEN, Y. **Espectro eletromagnético apresentando as regiões de radiações ionizantes e não ionizantes**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:EM_spectrum_pt_2.svg. Acesso em 22 set. 2020.

VANUCHI, V. C. F. **Corantes naturais da cultura indígena no ensino de Química**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências

Naturais e Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ciências: Química da Vida e Saúde. RS. 2019.

ZAMBONI, Silvio. **A pesquisa em arte:** um paralelo entre arte e ciência. 4.ed.rev. Campinas: Autores Associados, 2012.

APÊNDICE A - MATERIAIS UTILIZADOS DURANTE AS OFICINAS

Primeira oficina:

<https://www.slideshare.net/secret/gumaFPTKFJ9KLC>

Segunda oficina:

<https://www.slideshare.net/secret/xOUbDKQjS65Eyy>

Terceira oficina:

<https://www.slideshare.net/secret/eJq8vM2lThQHxw>

APÊNDICE B - DOCUMENTAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA

https://drive.google.com/drive/folders/1Brwja2j7l0xDqy_xXdGJ7m2d4EwIMcry?usp=sharing

APÊNDICE C - DOCUMENTAÇÃO PROEX

<https://www.slideshare.net/secret/eC5HbE64IsR2hp>