

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A
MATEMÁTICA

DÉBORA FERREIRA DA SILVA

**Concepções alternativas de pessoas com deficiência visual sobre óptica: uma análise
fenomenológica**

MARINGÁ
2013

DÉBORA FERREIRA DA SILVA

Concepções alternativas de pessoas com deficiência visual sobre óptica: uma análise fenomenológica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Neide M. M. Kiouranis

MARINGÁ
2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

S586c

Silva, Débora Ferreira da
Concepções alternativas de pessoas com
deficiência visual sobre óptica : uma análise
fenomenológica / Débora Ferreira da Silva. --
Maringá, 2013.
169 f. : il. col., figs.

Orientador: Prof. Dr. Neide Maria Michellan
Kiouranis.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-
Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática,
2013.

1. Deficiência visual. 2. Óptica - Concepções
alternativas - Deficiência visual. 3. Educação
especial - Deficiência visual. 4. Fenomenologia. I.
Kiouranis, Neide Maria Michellan, orient. II.
Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências
Exatas. Programa de Pós-Graduação em Educação para a
Ciência e a Matemática. III. Título.

CDD 21.ed. 371.911

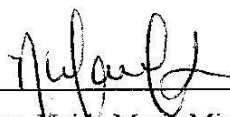
GVS-001318

DÉBORA FERREIRA DA SILVA

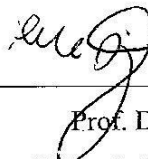
**Concepções alternativas de pessoas com deficiência visual sobre óptica:
uma análise fenomenológica**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática.

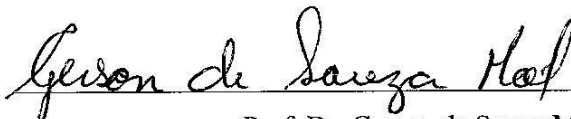
BANCA EXAMINADORA



Profª. Dra. Neide Maria Michellan Kiouranis
Universidade Estadual de Maringá – UEM



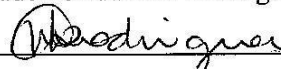
Prof. Dr. Eder Pires de Camargo
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP



Prof. Dr. Gerson de Souza Mol
Universidade de Brasília - Unb



Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves
Universidade Estadual de Maringá – UEM



Profª. Dra. Maria Aparecida Rodrigues
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Maringá, 23 de janeiro de 2013.

Dedico este trabalho aos meus pais, Sonia e João, por terem me ensinado a importância de querer seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

O caminho até aqui foi longo, mas pessoas importantes em minha vida me ajudaram muito, me dando todo o apoio necessário em mais essa etapa.

Agradeço, primeiramente, à minha família, meu porto seguro e bem mais valioso. Agradeço, principalmente, aos meus pais, Sonia e João, que me deram toda a base necessária para querer ir adiante e andar com as próprias pernas, sempre me incentivando a dar o melhor de mim em tudo e nunca me deixando desistir dos meus sonhos, que também são deles.

Agradeço muitíssimo aos colegas da época de graduação, Murilo, Jackes, Aline, Flávia, Jefferson, Allan, Matheus e Fernando, por participarem da construção da pessoa em que me tornei.

Agradeço ao Rafael Pagliari de Almeida, o *cameraman*, por ter me acompanhado durante todo o processo deste trabalho, com muita paciência e cumplicidade.

Agradeço à Prof. Dra. Neide M. M. Kiouranis, que apesar das diferenças que tivemos, continuou me apoiando e me orientando.

Agradeço, também, ao Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves, que mais do que um professor, foi um amigo, que sempre se fez presente quando precisei, acreditando no meu potencial quando nem eu mesma sabia que podia.

Agradeço, por fim, a todos os membros da banca examinadora.

“The answer, my friend, is blowin’ in the wind...”

Bob Dylan

Concepções alternativas de pessoas com deficiência visual sobre óptica: uma análise fenomenológica

RESUMO

A presente pesquisa buscou investigar as ideias e concepções que alunos com deficiência visual apresentam quando incitados a responder acerca de conceitos e conhecimentos físicos relacionados à óptica. Para a realização da pesquisa, três alunos com deficiência visual em diferentes níveis de escolaridade foram entrevistados, participando, posteriormente, de uma atividade fundamentada no uso de maquetes táteis. Para identificar as concepções desses alunos, buscamos no método fenomenológico, proposto por Edmund Husserl, a compreensão dos fenômenos acerca dos quais os alunos foram questionados e instigados a apresentarem explicações. Os resultados encontrados, derivados da análise fenomenológica das falas dos três alunos, nos indicam a existência de algumas concepções que se assemelham às concepções de senso comum, como a luz se propagar como as ondas, a percepção do processo de ocorrência da visão semelhante ao modelo conhecido como “banho de luz”, a interpretação da luz solar e da luz artificial como tendo naturezas diferentes e a noção de que são as lentes que corrigem defeitos na visão.

Palavras-chave: Deficiência visual. Concepções alternativas. Fenomenologia.

Alternative conceptions of visually impaired people about optics: a phenomenological analysis

ABSTRACT

This research sought to investigate the ideas and conceptions that students with visual impairments have when encouraged to answer questions on concepts and knowledge related to physical optics. For the research, three students with visual impairments at different levels of education were interviewed, participating later in an activity based on the use of tactile models. To identify the conceptions of these students, we seek the phenomenological method, proposed by Edmund Husserl, understanding the phenomena about the students were asked and abetted to submit explanations. The results derived from phenomenological analysis of the speeches of the three students, indicate the existence of some conceptions that resemble the common sense conceptions, like light propagates as waves, the perception of the occurrence of the vision process resembles the model known as “light bath”, the interpretation of sunlight and artificial light as having different natures and the notion that are lenses that correct vision defects.

Keywords: Visual impairment. Misconceptions. Phenomenology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação do olho humano.....	23
Figura 2 - Representação de feixes luminosos convergentes, divergentes e paralelos.....	24
Figura 3 - Representação de uma reflexão regular.....	25
Figura 4 - Representação de uma reflexão irregular ou difusa.....	26
Figura 5 - Representação do plano de incidência do raio incidente i	27
Figura 6 - Representação do plano de reflexão do raio refletido r	28
Figura 7 - Representação da analogia entre a reflexão de um raio e a bola colidindo com a parede).....	29
Figura 8 - Representação do raio incidente, da normal à superfície e dos meios de refração.....	30
Figura 9 - Representação do fenômeno da refração da luz.....	31
Figura 10 - Representação do fenômeno da refração, em que a luz passa de um meio menos refringente para um meio mais refringente.....	32
Figura 11 - Representação do fenômeno da refração, em que a luz passa de um meio mais refringente para um meio menos refringente.....	33
Figura 12 - Representação de uma lente esférica, com seus raios e centros de curvatura.....	34
Figura 13 - Representação dos seis tipos de lentes esféricas.....	35
Figura 14 - Representação de uma lente convergente.....	36
Figura 15 - Representação de uma lente divergente.....	36
Figura 16 - <i>As metamorfoses de um touro</i> (1945), de Pablo Picasso.....	53
Figura 17 - Maquete 1.....	164
Figura 18 - Maquete 2.....	165
Figura 19 - Maquete 3.....	166
Figura 20 - Maquete 4.....	167
Figura 21 - Maquete 5.....	167
Figura 22 - Maquete 6.....	167
Figura 23 - Maquete 7.....	167
Figura 24 - Maquete 8.....	169
Figura 25 - Maquete 9.....	169

SUMÁRIO

1	Educação Especial.....	16
1.1	Marcos históricos da Educação Especial.....	16
1.1.1	Alunos atendidos pela Educação Especial.....	18
1.2	Desenganando a deficiência visual.....	18
1.3	Definindo a deficiência visual.....	19
2	Óptica e Ensino de óptica para cegos.....	21
2.1	Como ocorre a visão.....	21
2.2	O olho humano.....	22
2.2.1	Caminho da luz no olho humano.....	22
2.3	Princípios básicos de óptica física e óptica geométrica.....	23
2.3.1	Raio de luz.....	23
2.3.2	Reflexão regular e irregular (ou difusa).....	25
2.3.2.1	As leis da reflexão.....	26
2.3.3	Refração da luz.....	29
2.3.3.1	Índice de refração.....	29
2.3.3.2	As leis da refração.....	30
2.3.4	Lentes esféricas.....	33
2.3.4.1	Lentes convergentes e divergentes.....	35
2.4	Ensino de Óptica para cegos.....	37
3	Concepções Alternativas.....	41
3.1	Considerações sobre concepções alternativas.....	41
3.2	Concepções alternativas de pessoas com deficiência visual.....	43
4	Fenomenologia.....	47
4.1	Definindo a fenomenologia.....	47
4.1.1	A intencionalidade da consciência.....	49
4.1.2	A essência fenomenológica e a subjetividade em fenomenologia.....	49
4.2	Definindo o processo de redução fenomenológica.....	50
4.2.1	A descrição fenomenológica.....	51

4.2.2	A redução fenomenológica.....	52
4.2.3	A compreensão fenomenológica.....	54
5	Percurso metodológico.....	55
5.1	Pesquisa qualitativa.....	55
5.2	Procedimentos para análise dos dados.....	57
5.2.1	O método fenomenológico.....	57
5.3	A pesquisa e suas etapas.....	58
5.3.1	O ambiente.....	60
5.3.2	Os sujeitos.....	61
5.3.3	Caracterizando a investigação – primeiros passos.....	62
6	Interpretação e Análise dos dados.....	65
6.1	Processo fenomenológico.....	65
6.2	Unidades significativas e compreensão ideográfica das respostas.....	65
6.2.1	Unidades significativas e compreensão ideográfica das respostas do Sujeito 1 (S ₁)....	66
6.2.2	Unidades significativas e compreensão ideográfica das respostas do Sujeito 2 (S ₂)....	75
6.2.3	Unidades significativas e compreensão ideográfica das respostas do Sujeito 3 (S ₃)....	82
6.3	Compreensão nomotética das respostas.....	91
	Considerações finais.....	95
	Referências Bibliográficas.....	97
	Apêndice A – Transcrição da entrevista com o Sujeito 1 (S ₁).....	101
	Apêndice B – Transcrição da entrevista com o Sujeito 2 (S ₂).....	106
	Apêndice C – Transcrição da entrevista com o Sujeito 3 (S ₃).....	110
	Apêndice D – Transcrição da aplicação das atividades com maquetes - Sujeito 1 (S ₁).....	114
	Apêndice E – Transcrição da aplicação das atividades com maquetes - Sujeito 2 (S ₂).....	137
	Apêndice F – Transcrição da aplicação das atividades com maquetes - Sujeito 3 (S ₃).....	152
	Apêndice G – Construção das maquetes utilizadas na segunda etapa da pesquisa.....	164

APRESENTAÇÃO

Em 1998, o Programa de Educação Tutorial (PET), o PET-Física da Universidade Estadual de Maringá iniciou o projeto Ensino de Física para Portadores de Necessidades Especiais Visuais (EF-PNEV), originalmente criado com o nome de Ensino de Física para Deficientes Visuais. O projeto consistia em aulas de Física e Matemática a alunos com alguma necessidade especial em relação à visão. Durante o ano de 2008, o projeto teve seu reinício em meados de abril, quando quatro petianos do grupo ministravam as aulas, sendo o atendimento individual, devido às diferenças nas necessidades didáticas e verbos-visuais de cada aluno. Este projeto requeria muito das habilidades dos petianos, uma vez que eles deveriam instruir-se a lidar com as dificuldades existentes na educação especial, aprendendo a contorná-las. Além disso, havia a necessidade de um ensino dinâmico, com o intuito de despertar o interesse dos alunos. Foi a partir desse projeto que a pesquisadora, uma das quatro petianas a retomá-lo em 2008, deu continuidade em sua investigação, em nível de mestrado.

Apesar de a literatura já contar com vários estudos que apontam as concepções alternativas em mecânica, não há muitos trabalhos que versem sobre as concepções acerca de conceitos de óptica. Há menos ainda os que versem sobre concepções de óptica de pessoas com deficiência visual. Camargo (2011) é um dos poucos pesquisadores que discutem o assunto, daí a importância de seus estudos e a contribuição para o ensino. Assim, o autor é uma das principais referências neste trabalho, sendo que questões fundamentais de suas elaborações foram utilizadas, incluindo a proposta metodológica com uso de maquetes.

Mas a importância deste trabalho não está só em identificar as concepções alternativas dos alunos com deficiência, e sim, em fornecer subsídios aos professores, que cada vez mais tem encontrado alunos com deficiência em suas salas de aula. Muitos destes docentes não se sentem preparados para atuar com tais alunos, principalmente por não saberem como esses alunos percebem certos fenômenos. E é nesse sentido que esse trabalho pode apresentar importante colaboração. Além disso, a grande maioria dos docentes não tem ideia de que materiais simples, como papelão, barbante e tinta em autorrelevo, podem fazer uma diferença imensa em se tratando de ensino para pessoas com deficiência visual.

A inclusão só acontece, de fato, quando a participação da pessoa com deficiência é efetiva, e para que isso ocorra, o professor deve assumir sua classe como heterogênea, mas não segregada. A inclusão só é efetiva quando o aluno com deficiência está presente nas salas de aula regulares, quando as escolas se adéquam às necessidades de seus participantes e

quando os alunos com deficiência se adequam ao contexto da sala de aula, mediante o fornecimento de condições para que tal adequação ocorra (Sasaki, 1999).

Dessa forma, fazem-se necessários estudos que apresentem alternativas que tenham relevância para serem utilizadas pelos professores na mediação da aprendizagem dos alunos, tenham eles deficiência visual ou não. Nessa perspectiva Camargo (2011) realizou estudos com o uso de maquetes táteis. Trata-se de uma ferramenta de natureza tátil e visual, portanto, pode ser usada em ambiente convencional de sala de aula, incluindo também alunos com deficiência visual.

O propósito desta investigação foi o de identificar, a partir das falas dos alunos com deficiência visual, suas concepções com relação a conteúdos de óptica, como: propagação da luz, reflexão, refração e estudo de lentes. Para identificar tais concepções buscamos no método fenomenológico, a compreensão dos fenômenos, acerca do quais os alunos foram questionados e instigados a apresentarem explicações.

Quem deu início à forma de movimento de pensamento denominado fenomenologia foi Edmund Husserl (1859-1938), que a define como a *ciência dos fenômenos*, sendo o fenômeno imediatamente dado em si mesmo à consciência do homem. Para Husserl, a fenomenologia é uma ciência rigorosa, mas não exata, uma ciência eidética (que busca a compreensão da essência) que procede por descrição, e não por dedução. A fenomenologia se ocupa da análise e interpretação dos fenômenos, mas com uma atitude totalmente diferente das ciências empíricas e exatas (Dartigues, 1992).

O presente trabalho foi dividido em seis capítulos. O primeiro discute alguns aspectos da Educação Especial no Brasil e no mundo, atentando para a mudança na nomenclatura das pessoas com deficiência no decorrer dos anos. Discutem-se, também, alguns mitos que rodeiam a deficiência visual e, por fim, caracteriza-se a pessoa com tal deficiência.

O segundo capítulo discorre sobre os tópicos de óptica a serem utilizados na investigação, como propagação da luz, reflexão, refração, lentes esféricas, entre outros. Neste capítulo se discute também sobre o ensino de óptica para alunos com deficiência visual.

No terceiro capítulo, são apresentados alguns vieses sobre Concepções Alternativas, bem como as concepções de deficientes visuais.

No quarto capítulo, a Fenomenologia é apresentada com suas ideias e fundamentos. Discute-se desde o que é fenômeno até a definição do processo de redução fenomenológica, apresentando as nuances filosóficas da fenomenologia de Edmund Husserl.

No quinto capítulo, o percurso metodológico da pesquisa, é definida (e defendida) a pesquisa qualitativa. É nesse capítulo que a pesquisa e suas etapas são exibidas. Estas etapas são: a) entrevista semiestruturada individual e b) utilização das maquetes táteis para apresentação dos conceitos físicos abordados na entrevista. O ambiente e os sujeitos também são caracterizados. O ambiente tratava-se de uma sala de aula de um colégio de médio porte da rede estadual de ensino da cidade de Maringá – PR, onde funciona o Centro de Atendimento Especializado para Deficientes Visuais (CAEDV) e os sujeitos eram alunos com deficiência visual total que frequentam ou frequentavam o CAEDV.

O sexto capítulo apresenta os resultados da pesquisa, ou seja, a interpretação e a análise dos dados. Neste capítulo são apresentadas as unidades de significados do discurso de cada um dos três sujeitos, com a compreensão ideográfica das respostas, além da compreensão nomotética, isto é, a categorização das unidades de significado.

CAPÍTULO 1

Educação Especial

1.1 Marcos históricos da Educação Especial

A Educação Especial tem sido atualmente definida no Brasil segundo uma perspectiva mais ampla, que ultrapassa a simples concepção de atendimentos especializados, tal como vinha sendo a sua marca nos últimos tempos. De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1996, artigo 58, “entende-se por educação especial [...] a modalidade de educação escolar, oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos portadores de necessidades especiais”. Além disso, a educação especial não visa apenas à escolarização dos educandos, mas também sua efetiva integração na vida em sociedade, preparando-os para o trabalho.

Existem, recentemente, grandes discussões relacionadas à nomenclatura e denominação de pessoas com deficiência. De acordo com Camargo (2005), o melhor termo a ser utilizado é “pessoa com deficiência”, diferentemente do que consta na LDB/96, “portadores de necessidades especiais”. Segundo o autor, portar algo é poder segurá-lo e soltá-lo, como um objeto, por exemplo, e a deficiência, por mais difícil que seja seu entendimento e sua aceitação, não pode ser deixada à margem, deve ser discutida e encarada. Em contrapartida, a expressão “pessoa com necessidade especial” engloba aqueles alunos com algum tipo de deficiência (visual, auditiva, intelectual e/ou física), alunos com transtornos globais de desenvolvimento (TGD) e alunos com altas habilidades/superdotação, sendo, então, de extrema importância quando se trata de educação. Portanto, tanto o termo “pessoa com deficiência” quanto a expressão “pessoa com necessidade especial” podem ser utilizados, sem se tornarem pejorativos ou obsoletos.

Para entender melhor a educação especial hoje e sua terminologia, é necessário que se faça uma retrospectiva, enfatizando sua história e como ela foi e vem sendo construída ao longo dos anos.

Tradicionalmente, a educação especial se caracterizou como atendimento educacional especializado substitutivo ao ensino comum, realizado em instituições especializadas, escolas e classes especiais. No Brasil, o atendimento às pessoas com deficiência teve início na época do Império, com a criação do Imperial Instituto dos Meninos Cegos, em 1854, e do Instituto

dos Surdos Mudos, em 1857. A primeira Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) foi fundada apenas em 1954.

O atendimento às pessoas com deficiência passou a ser fundamentado em 1961, com a publicação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN). Essa Lei garantia o direito dos “excepcionais” à educação, mas não definia quem eram os “excepcionais”, tornando a Lei passível de interpretações divergentes.

Já em 1971, a Lei que alterava a LDBEN de 1961 definiu os alunos “excepcionais”, mas, em contrapartida, não promoveu a organização de um sistema de ensino que fosse capaz de atender tais alunos. Isso acabava por reforçar que os alunos com deficiência continuassem em classes especiais.

Em 1988, a Constituição Federal, pautada na municipalização, na descentralização do poder federal, trazia a educação como um direito de todos “sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação” (BRASIL, 1988). Além disso, garantia, como dever do Estado, a oferta do atendimento educacional especializado, de preferência na rede regular de ensino.

Foi na década de 1990 que a Educação Especial teve seu apogeu, com a Declaração Mundial de Educação para Todos, de 1990, e a Declaração de Salamanca, de 1994. Ambas defendiam a erradicação do analfabetismo, a educação universal, ou seja, para todos, e a educação inclusiva. Cabe destacar que a Declaração de Salamanca propunha que não bastava estar em uma escola comum, tinha que estar em uma sala comum. Isso parafraseia as definições de integração e inclusão. O termo “integração” surgiu após a década de 1950, concebendo que todas as pessoas com deficiência teriam o direito de usufruir as condições de vida mais comuns ou normais possíveis na comunidade onde viviam. Já o termo “inclusão”, mais abrangente que integração, é um termo mais recente. Segundo Stainback e Stainback (1992), trata-se de um novo paradigma que os autores definem da seguinte maneira:

A noção de *full inclusion* prescreve a educação de todos os alunos nas classes e escolas de bairro (...) reflete mais clara e precisamente o que é adequado: todas as crianças devem ser incluídas na vida social e educacional da escola e classe de seu bairro, e não somente colocadas no curso geral *mainstream* da escola e da vida comunitária, depois de elas já terem sido excluídas (STAINBACK & STAINBACK, 1992).

Em 1999, o Decreto nº 3.298 definiu a educação especial como uma modalidade transversal a todos os níveis e modalidades de ensino. Ou seja, enfatizava a educação especial como dispendo de uma atuação complementar ao ensino regular. A partir disso, as Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica, de 2001, determinavam que:

Os sistemas de ensino devem matricular todos os alunos, cabendo às escolas organizarem-se para o atendimento aos educandos com necessidades educacionais especiais, assegurando as condições necessárias para uma educação de qualidade para todos (MEC/SEESP, 2001).

Em 2007, O Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE) teve como eixos a formação de professores para a educação especial, a implantação de salas com recursos multifuncionais, o acesso e a permanência de pessoas com necessidades especiais educacionais, tanto no ensino regular quanto no ensino superior. Fortalecia, ainda, o ingresso desses alunos nas escolas públicas.

1.1.1 Alunos atendidos pela Educação Especial

A educação especial é parte integrante da proposta pedagógica do ensino regular, de acordo com a perspectiva da educação inclusiva. Ela promove o atendimento às necessidades especiais educacionais de alunos com deficiência, transtornos globais de desenvolvimento e altas habilidades/superdotação, atuando de forma articulada com o ensino comum.

[...] considera-se pessoa com deficiência aquela que tem impedimentos de longo prazo, de natureza física, mental ou sensorial que, em interação com diversas barreiras, podem ter restringida sua participação plena e efetiva na escola e na sociedade (MEC/SEESP, 2007).

Além disso, pessoas com qualquer tipo de necessidade especial, temporária ou não, devem ser atendidas pela educação especial, tendo os mesmos direitos que as pessoas com deficiência crônica.

1.2 Desenganando a deficiência visual

O não conhecimento de atitudes, especificidades e potencialidades de uma pessoa com deficiência visual pode ser considerado como um dos principais ocasionadores de carência na perspectiva social. Alguns mitos que rodeiam a deficiência visual precisam ser desmentidos para que haja uma relação saudável e produtiva entre videntes e não videntes.

De acordo com Camargo (2005, p. 11), “a estreita relação estabelecida pelo senso comum entre o ‘ver’ e o ‘conhecer’” é fato inegável. No contexto social, considerando que a maioria da população é vidente, essa relação torna-se de codependência, ou seja, o “conhecer” depende estritamente do “ver”. Nesse sentido, atitudes consideradas corriqueiras para quem enxerga perfeitamente, como contar dinheiro, escolher uma roupa, frequentar uma sala de aula, apresentam-se extremamente complexas, e até constrangedoras, para pessoas com deficiência visual.

Para compreender profundamente a deficiência visual, precisamos entender as relações sociais que circundam essa deficiência. Começaremos pela análise e desmitificação de algumas lendas.

Uma afirmação que muito se ouve é “a audição nos cegos é super desenvolvida”, ou ainda: “o tato dos cegos é super desenvolvido”. Estudos sobre a psicologia da pessoa cega mostram que não são os sentidos que se desenvolvem mais, como que por compensação, ou por uma natureza divina que “tira com uma mão e dá com a outra”, mas sim toda a personalidade do cego está envolvida na mudança. Ou seja, não é um sentido ou outro que será modificado, mas todo o sistema, em busca do que se denomina super compensação. Essa super compensação pode ter dois resultados extremos: o êxtase e o fracasso. O primeiro se delinea como uma superação das dificuldades que a deficiência apresenta, além do desenvolvimento das capacidades do próprio indivíduo, “criando do defeito, uma capacidade” (CAMARGO, 2005). O fracasso, como o próprio vocábulo já diz, é quando o sentimento de debilidade é dominante, podendo levar à loucura. Nas palavras de Camargo (2005, p. 14), “seria ingênuo pensar que qualquer enfermidade termina em êxito e que todo defeito se transforma felizmente em um talento”.

1.3 Definindo a deficiência visual

Agora, vamos nos ater à deficiência visual em si, que é também contemplada pela educação especial. Esse tipo de deficiência nada mais é do que a redução ou perda total da capacidade de ver com o melhor olho e após a melhor correção óptica. Pode manifestar-se de duas formas:

- cegueira: “acuidade visual igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica” (BRASIL, 2004). “Sob o enfoque educacional, a cegueira representa a perda total ou o

resíduo mínimo da visão que leva o indivíduo a necessitar do método braile como meio de leitura e escrita, além de outros recursos didáticos e equipamentos especiais para a sua educação” (BRASIL, 1998, p. 26);

- baixa visão (visão reduzida): “acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica” (BRASIL, 2004). “Sob o enfoque educacional, trata-se de resíduo visual que permite ao educando ler impressos a tinta, desde que se empreguem recursos didáticos e equipamentos especiais” (BRASIL, 1998, p. 26).

CAPÍTULO 2

Óptica e Ensino de óptica para cegos

2.1 Como ocorre a visão

A óptica é o estudo de fenômenos ligados à luz e à visão, compreendendo sua natureza, suas propriedades, fontes, sua propagação e medição. A visão é responsável por grande parte das informações que recebemos. Nossos olhos são sensíveis à luz, como nossos ouvidos ao som ou nossa pele ao calor e ao toque. Se nenhuma fonte emitir som, não há nada para que os ouvidos escutem. Da mesma forma, as coisas têm que ser iluminadas ou luminosas para que as enxerguemos, ou seja, devem refletir ou emitir luz para que possam ser vistas.

Sabemos que, na ausência de iluminação, e, portanto, de luz, o olho humano encontra muitas dificuldades para distinguir objetos. Isso significa que estes existem, independentemente de nossa capacidade de enxergá-los. Por outro lado, uma deficiência visual pode impedir a visão dos objetos, mesmo com a presença de luz. Os físicos entendem, hoje, que o fenômeno da visão resulta da combinação de três elementos: a luz, o olho e o cérebro. Em outras palavras, podemos dizer que o olho reage à luz e isso possibilita o desencadeamento, em nosso cérebro, de uma série de processos, como memória, conhecimento, reconhecimento etc. Para enxergar nitidamente os objetos, é necessário, então, que estes estejam iluminados, ou seja, é preciso haver uma fonte de luz.

Mas nem sempre o homem percebeu a ocorrência da visão dessa forma. Pitágoras, Demócrito, Platão, Aristóteles e outros desenvolveram diversas teorias acerca da natureza da luz entre os séculos V e III a.C. Para Pitágoras, os raios de luz emergiam dos olhos, assim como a luz é emitida por uma lanterna; para Demócrito, os olhos emitiam uma substância mágica; Platão supunha que nossos olhos emitiam pequenas partículas que, ao atingirem os objetos, tornavam-nos visíveis; Aristóteles considerava a luz um fluido imaterial que se propagava entre o olho e o objeto visto.

Não sendo possível, com essas hipóteses, explicar um grande número de fenômenos luminosos que ocorrem na natureza, vários dos mais notáveis físicos, como Isaac Newton, Christian Huyghens, Thomas Young e James Clerk Maxwell, procuraram modificá-las, lançando novas ideias sobre a natureza da luz.

2.2 O olho humano

O ser humano dispõe de cinco sentidos: o paladar, o olfato, o tato, a audição e a visão. Entretanto, é através da visão que a maior parte das informações chega até o cérebro. Nele, as informações são processadas, interpretadas e memorizadas como as imagens daquilo que os olhos veem. Por isso, é de extrema importância entender, biológica e fisicamente, o sistema de percepção e interpretação das coisas, que é o olho humano.

O olho humano é um órgão aproximadamente esférico, com diâmetro em torno de 25 mm, equivalente ao sistema óptico da filmadora de vídeo ou da máquina fotográfica, constituído basicamente por: um sistema de lentes, cuja função é desviar e focalizar a luz que nele incide – a córnea e o cristalino; um sistema de diafragma variável, que controla automaticamente a quantidade de luz incidente no olho – a íris; um anteparo fotossensível – a retina. Além destes, o olho possui outros componentes: a esclerótica e a coroide, que o caracterizam como uma câmara escura. Há ainda outros componentes do olho humano com a função de fornecer nutrientes e manter a pressão interna do olho: o humor aquoso e o humor vítreo (GREF¹, 1998).

2.2.1 Caminho da luz no olho humano

A córnea, uma membrana curva e transparente, de espessura de aproximadamente 0,5 mm, é o primeiro meio transparente encontrado pela luz. A luz que atinge obliquamente a superfície da córnea sofre um desvio, que é responsável por 2/3 de sua focalização na retina (GREF, 1998).

De acordo com o grupo, a esclerótica é o envoltório fibroso, resistente e opaco mais externo do olho, comumente denominado “branco do olho”. Na frente, a esclerótica torna-se transparente, permitindo a entrada de luz no olho (a córnea). Internamente, em relação à esclerótica, o olho apresenta uma camada pigmentada denominada coroide. A coroide é uma camada rica em vasos sanguíneos e células pigmentares, e tem a função de absorver a luz, evitando reflexões que possam prejudicar a qualidade da imagem projetada na retina (GREF, 1998).

O grupo afirma que a íris é uma camada também pigmentada, sendo suficientemente opaca para funcionar como diafragma. Sua principal função é limitar a quantidade de luz que atinge a parte central do cristalino, devendo atuar também na focalização dos objetos

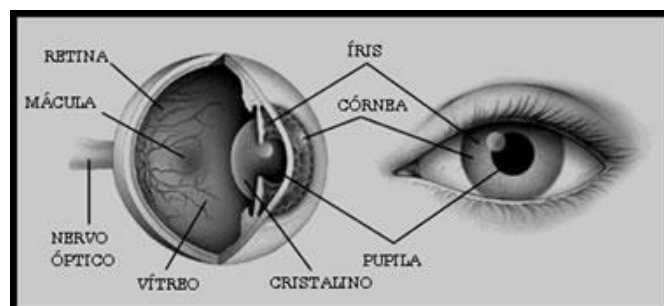
¹ Grupo de Reelaboração do Ensino de Física

próximos. Após ter sido controlada pela íris, a luz atinge o cristalino que, do mesmo modo que a córnea, atua como lente convergente, produzindo praticamente o terço restante responsável pela focalização na retina (GREF, 1998).

Entretanto, o grupo salienta que a importância maior do cristalino não está em desviar a luz, mas sim em acomodar-se para focalizar a luz na região mais sensível da retina. Em sua trajetória no olho, após atravessar o cristalino, a luz passa pelo humor vítreo, uma substância clara e gelatinosa que preenche todo o espaço entre o cristalino e a retina (GREF, 1998).

Finalmente, após atravessar os meios transparentes do olho, a luz atinge a retina, uma “tela” sobre a qual deverá se formar a imagem, que, decodificada pelo sistema nervoso, permitirá a visão dos objetos. É uma camada fina, com espessura de aproximadamente 0,5 mm, rosada e constituída de fibras e células nervosas interligadas, além de dois tipos especiais de células sensíveis à luz: os cones e os bastonetes, responsáveis pela conversão da luz em impulsos elétricos transmitidos ao cérebro. Esses impulsos são transmitidos ao cérebro através do nervo óptico (GREF, 1998).

Figura 1 – Representação do olho humano



Fonte: www.laboratotiorigor.com.br/anatomia.html

Nesta figura, está representado o olho humano. À esquerda, é mostrado um olho semiaberto, com a indicação de algumas de suas partes: retina, íris, córnea, pupila, cristalino, vítreo, nervo óptico e mácula. À direita, é mostrado um olho humano, com a indicação da localização da íris, da córnea e da pupila.

2.3 Princípios básicos de óptica física e óptica geométrica

2.3.1 Raio de Luz

Antes de falarmos a respeito dos raios de luz, devemos nos ater aos três princípios básicos da óptica geométrica: a propagação retilínea da luz, a reversibilidade dos raios de luz

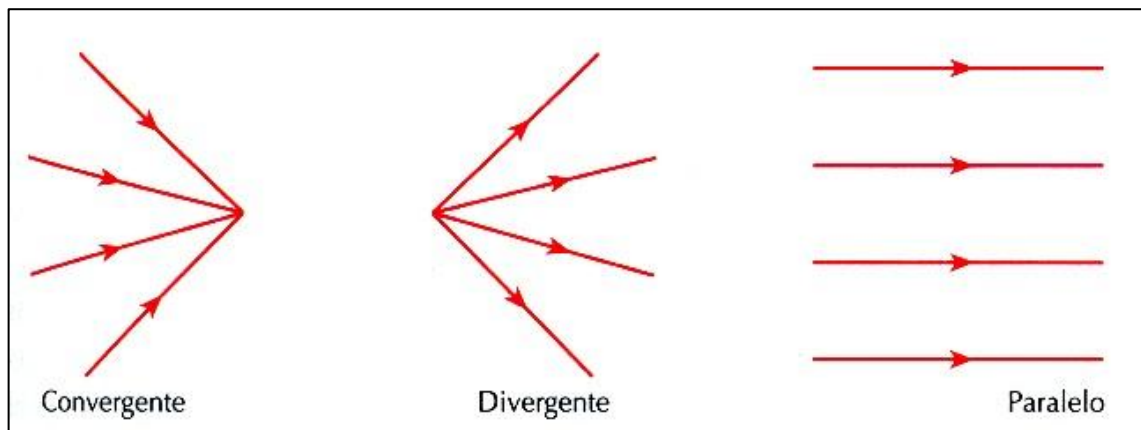
e a independência dos raios de luz. O primeiro princípio afirma que, em meios homogêneos e transparentes, a luz se propaga em linha reta; o segundo, que a trajetória dos raios de luz não depende do sentido de propagação da luz; o terceiro afirma que cada raio de luz se propaga independentemente do outro. A partir desses três princípios, observamos que a luz se propaga em linha reta, que o caminho de ida de um raio de luz pode ser igual ao caminho de volta e que um raio de luz pode se cruzar com outro sem que nenhuma mudança ocorra em suas trajetórias.

O princípio de propagação retilínea da luz explica o fenômeno da sombra. Sabendo que a luz se propaga em linha reta, podemos determinar o tamanho e a posição da sombra de um objeto sobre um anteparo. Observando os feixes de luz que entram por um pequeno orifício de um determinado local escuro, verificamos que eles se propagam em linha reta. Sombras projetadas por luz pontiforme ou pontual são claramente definidas, ou seja, geometricamente semelhantes ao contorno do corpo que as originou.

Já o princípio da independência dos raios de luz explica porque vários observadores em uma sala enxergam nitidamente os objetos lá existentes, apesar de os raios luminosos que levam as imagens a seus olhos estarem se cruzando.

Agora, consideremos uma fonte que emita luz em todas as direções. As direções em que a luz se propaga podem ser indicadas por meio de linhas retas. Essas linhas são denominadas raios de luz. Na figura abaixo, apresentamos três tipos de feixes de raios de luz emitidos por uma fonte: a) feixe convergente, b) feixe divergente e c) feixe de raios paralelos.

Figura 2 – Representação de feixes luminosos convergentes, divergentes e paralelos.



Na figura estão representados três tipos de feixe de luz: o convergente, com quatro raios convergindo para um ponto em comum; o divergente, com quatro raios divergindo a partir de um ponto em comum; e o paralelo, com quatro raios horizontalmente paralelos entre si.

O feixe de luz emitido por uma fonte luminosa é sempre divergente, mas, em um farol, por exemplo, o feixe emitido pela lâmpada sofre modificações, transformando-se em um feixe de raios praticamente paralelos. O feixe que nos atinge, proveniente de uma fonte de luz muito afastada, é também constituído de raios praticamente paralelos, como a luz do Sol que chega à Terra, por exemplo.

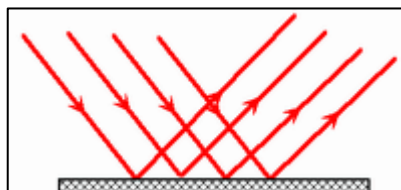
Falaremos mais sobre raios luminosos convergentes, divergentes e paralelos algumas seções mais à frente, quando abordarmos o assunto “lentes esféricas”.

2.3.2 Reflexão regular e irregular (ou difusa)

Por que, quando olhamos para um espelho, para uma superfície tranquila de água ou para um metal polido, vemos nossa imagem refletida e, quando olhamos para outras coisas, vemos essas coisas e não nossa imagem?

Consideremos um feixe luminoso que se propaga no ar e incide na superfície lisa de um bloco de vidro. É um fato conhecido que, em virtude de ser o vidro transparente, parte dessa luz penetra no bloco, mas a outra parte volta a se propagar. Dizemos que a porção do feixe que voltou a se propagar no ar sofreu *reflexão*, ou seja, parte da luz se refletiu ao encontrar a superfície lisa do vidro. O feixe de luz que se dirige para a superfície é denominado *feixe incidente* e o feixe devolvido pela superfície refletora, *feixe refletido*. Isto é, quando a superfície refletora é bem plana e polida, a luz incidente muda de direção, mas se mantém ordenada. Isso, que acontece quando vemos nossa imagem refletida, é chamado *reflexão regular*.

Figura 3 – Representação de uma reflexão regular.



Nesta figura, está representada uma superfície horizontal lisa e polida, com quatro raios incidindo nela e quatro raios sendo refletidos. Todos os raios têm o mesmo ângulo de incidência e de reflexão, caracterizando a reflexão regular.

Agora suponha que um feixe de luz incida em uma superfície irregular. Nesse caso, cada pequena porção da superfície reflete a luz em uma determinada direção e, conseqüentemente, o feixe refletido não é bem definido, observando-se o espalhamento de luz em todas as direções. Isto é, quando a superfície é irregular, rugosa, a luz volta de maneira desordenada; então, temos uma *reflexão difusa* ou *irregular*. Nesse caso, ao invés de vermos nossa imagem, vemos apenas a própria superfície.

Figura 4 – Representação de uma reflexão irregular (ou difusa).



Fonte: http://www.ciencia-cultura.com/pagina_fis/vestibular00/vestibular-FenomenosOpticos003.html

Nesta figura, está representada uma superfície horizontal rugosa e irregular, com quatro raios incidindo nela e quatro raios sendo refletidos. Os raios incidentes têm o mesmo ângulo de incidência, mas os ângulos de reflexão não são os mesmos, caracterizando a reflexão irregular ou difusa.

A maioria dos corpos reflete difusamente a luz que incide sobre eles. Assim, esta folha de papel, uma parede, um móvel de uma sala etc. são objetos que difundem a luz que recebem, espalhando-a em todas as direções. Quando essa luz penetra em nossos olhos, nós enxergamos o objeto; se ele não difundisse a luz, não seria possível vê-lo. Como na difusão a luz se espalha em todas as direções, várias pessoas podem enxergar um objeto, apesar de situadas em posições diferentes em torno dele.

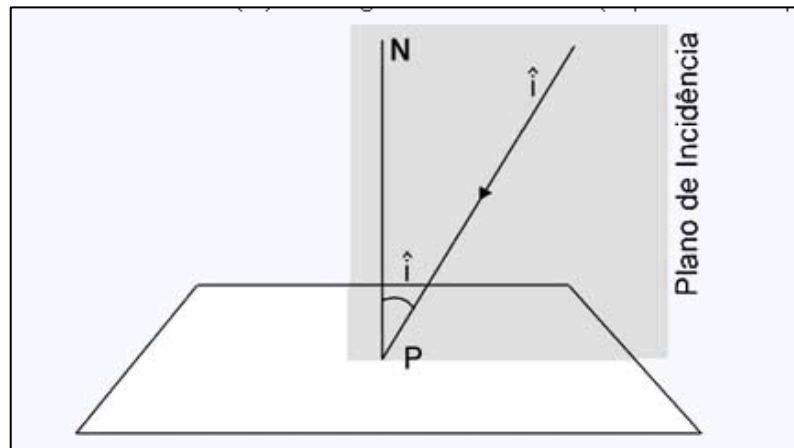
2.3.2.1 As leis da reflexão

Para entendermos as leis que regem o fenômeno da reflexão, precisamos introduzir as definições de plano de incidência da reflexão e ângulos de incidência. Quando o raio de luz incide sobre a superfície de separação entre dois meios, ela o faz num ponto P sobre a superfície. Por um ponto qualquer de uma superfície, podemos fazer passar uma reta que

“fura” o plano e que é perpendicular a ele. Só existe uma tal reta e a denominamos reta normal N .

O ângulo formado pelo raio incidente i e a reta normal N é o ângulo de incidência, representado, na figura, por \hat{i} .

Figura 5 – Representação do plano de incidência do raio incidente i .

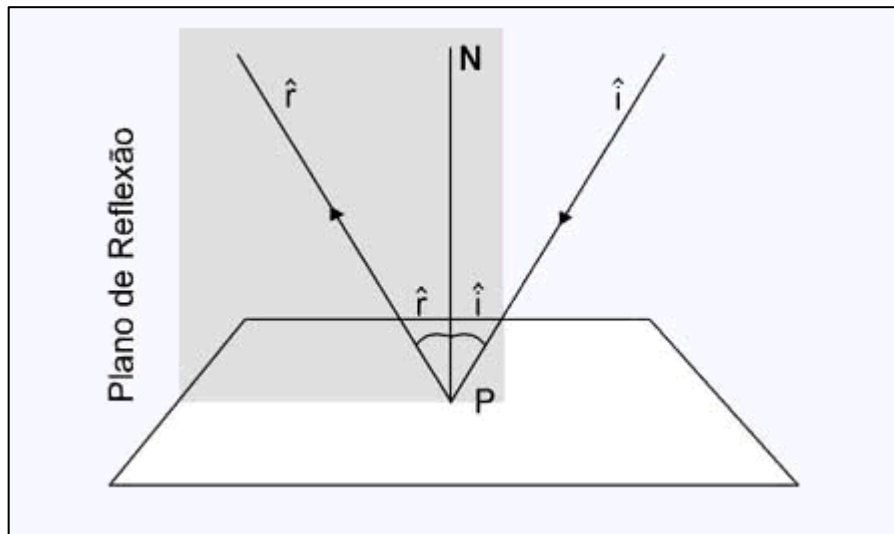


Fonte: <http://www.efisica.if.usp.br/ótica/básico/reflexão/leis/>

Nesta figura, há um plano horizontal, representando a superfície refletora, e um raio incidindo nesta superfície. Além do raio, está representada a reta normal, que forma um ângulo i com o raio incidente. Tanto a reta normal quanto o raio de incidência tocam a superfície em um ponto P . Além disso, a reta normal e o raio incidente são coplanares, ou seja, estão no mesmo plano.

Para o raio refletido r , aplica-se uma definição análoga. O ângulo de reflexão r é o ângulo formado pelo raio refletido e a reta normal N . O plano formado pelo raio incidente (ou a reta que o contém) e a reta normal é o plano de incidência. Analogamente, o plano de reflexão é o plano que contém o raio refletido r e a reta normal N .

Figura 6 – Representação do plano de reflexão do raio refletido r .



Fonte: <http://www.efisica.if.usp.br/ótica/básico/reflexão/leis/>

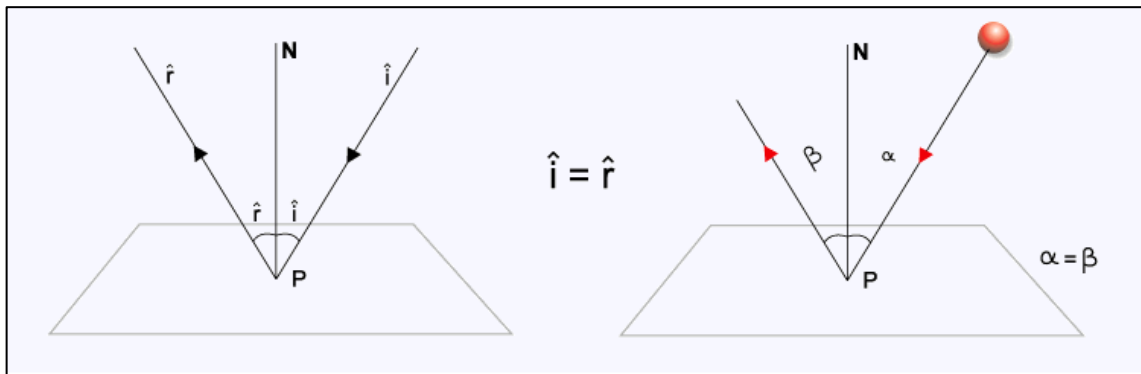
Nesta figura, há um plano horizontal, representando a superfície refletora, um raio incidindo nesta superfície e um raio sendo refletido por ela. Além do raio, está representada a reta normal, que forma um ângulo i com o raio incidente e um ângulo r com o raio refletido. Os ângulos i e r são iguais. Tanto a reta normal quanto os raios de incidência e de reflexão tocam a superfície em um ponto P . Além disso, a reta normal e os raios incidente e refletido são coplanares, ou seja, estão no mesmo plano.

O fenômeno da reflexão é descrito por duas leis. Tais leis têm uma base empírica, isto é, elas seguem inúmeras observações do fenômeno.

- **Primeira lei: o plano de incidência coincide com o plano de reflexão.** Dito de outra forma, essa lei estabelece que o raio de incidência, a reta normal e o raio refletido estão emitidos no mesmo plano.

- **Segunda lei: o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.** Na verdade, essas duas leis, essencialmente empíricas, podem ser entendidas a partir da natureza corpuscular da luz. De fato, podemos pensar na reflexão como resultado da colisão dos fótons com a superfície de separação entre dois meios. É algo semelhante à colisão de uma bola com uma parede. O fenômeno da colisão da bola com a parede obedece às mesmas leis da reflexão da luz (e vice-versa!).

Figura 7 – Representação da analogia entre a reflexão de um raio e a bola colidindo com a parede.



Fonte: <http://www.efisica.if.usp.br/ótica/básico/reflexão/leis/>

Nesta figura, há duas representações. À esquerda, está a representação de um raio incidindo em uma superfície e sendo refletido, formando ângulos i e r com a reta normal, todos no mesmo plano. À direita, há uma superfície horizontal, representando uma parede, a reta normal, perpendicular a essa superfície, e uma bolinha colidindo com a parede, formando um ângulo α com a reta normal. Ao colidir com a parede, a bolinha é lançada em outra direção. O ângulo entre o vetor que indica a direção que essa bolinha toma após a colisão forma um ângulo β com a reta normal. A semelhança entre as representações está no fato de que a colisão da bolinha com a parede obedece às mesmas leis da reflexão ilustradas na representação da esquerda.

2.3.3 Refração da Luz

Quando a luz passa de um meio material para outro, ocorrem duas coisas: uma mudança na velocidade da luz e, quando a incidência não é oblíqua, uma mudança na direção de propagação da luz. À passagem de luz de um meio para outro se dá o nome de *refração*.

2.3.3.1 Índice de refração

Como dissemos, ao mudar de meio, a luz altera sua velocidade de propagação. Isso, de certa forma, é esperado, pois ao aumentarmos a densidade de um meio, maior será a dificuldade de propagação nele. Os fótons devem efetuar sucessivas colisões com as partículas do meio, provocando um atraso, ou seja, reduzindo sua velocidade.

A velocidade da luz no vácuo, simbolizada pela letra c , é a maior velocidade que qualquer objeto pode atingir. Em um meio natural qualquer, portanto, a velocidade da luz, agora denominada v , é menor do que c . Dessa forma, podemos escrever que:

$$c = n \cdot v$$

ou

$$n = c/v,$$

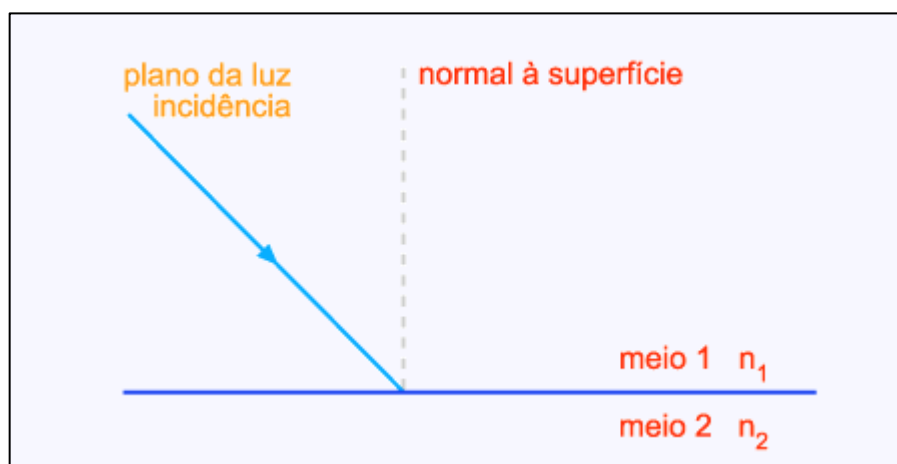
em que o coeficiente n é o índice de refração do meio. Tal coeficiente é uma das grandezas que caracteriza o meio. O valor do índice de refração para cada meio material pode ser obtido por meio de dados experimentais emitidos em tabelas. O índice de refração da luz no vácuo, por exemplo, é 1, e o índice de refração da água é, aproximadamente, 1,33.

Vale destacar que o índice de refração de uma substância é muito sensível ao estado físico em que ela se encontra. Além disso, pode depender de fatores externos, como pressão e temperatura.

2.3.3.2 As leis da refração

O fenômeno da refração, assim como o da reflexão, é regido por duas leis. Ao enunciarmos as leis da refração, estaremos tratando de um raio luminoso que incide sobre uma superfície, a qual estabelece a separação entre dois meios. Um meio material será designado meio 1, enquanto o outro meio será designado meio 2. Designaremos o índice de refração do meio 1 como n_1 e o do meio 2, como n_2 .

Figura 8 – Representação do raio incidente, da normal à superfície e dos meios de refração.

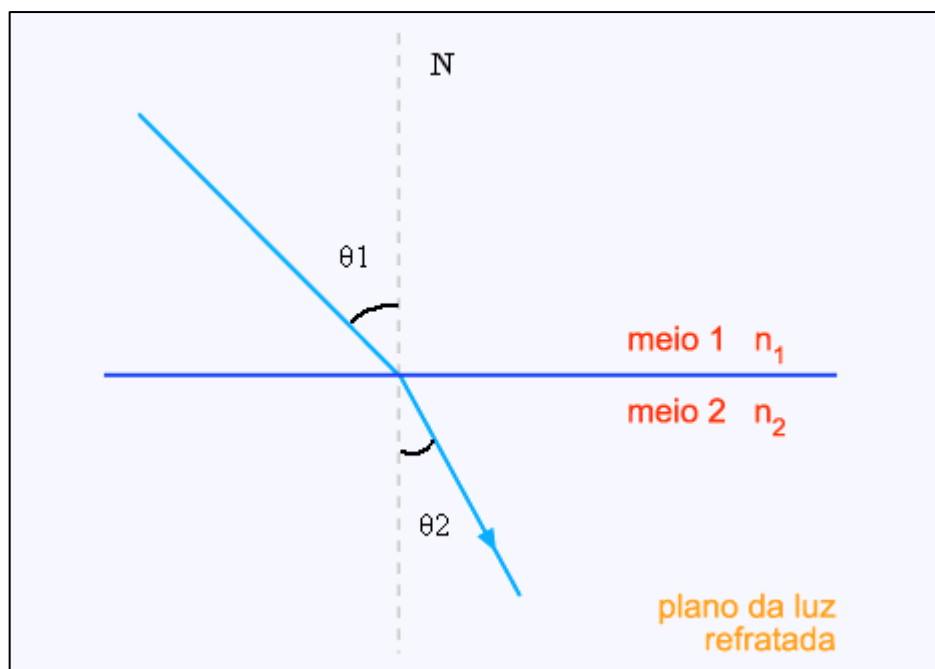


Fonte: <http://www.efisica.if.usp.br/optica/basico/refracao/snell/>

Na figura, há uma superfície horizontal entre dois meios, o meio 1, de índice de refração n_1 , e o meio 2, de índice de refração n_2 . Há também um raio de luz, incidindo na superfície, e a reta normal, coplanar ao raio incidente.

Os meios 1 e 2 podem ser pensados, por exemplo, como sendo o ar (meio 1) e a água (meio 2). A luz incide no meio 1 de tal forma que o raio de luz incidente forma o ângulo θ_1 com a reta normal N à superfície no ponto de incidência. Esse raio é refratado, formando um ângulo θ_2 com a reta normal N à superfície no ponto de incidência.

Figura 9 – Representação do fenômeno da refração da luz.



Fonte: Adaptado de <http://www.efisica.if.usp.br/optica/basico/refracao/snell/>

Nesta figura, há uma superfície horizontal entre dois meios, o meio 1, de índice de refração n_1 , e o meio 2, de índice de refração n_2 . Há também um raio de luz incidindo na superfície (meio 1), a reta normal e o raio refratado abaixo da superfície (no meio 2), todos coplanares. O raio incidente forma com a reta normal um ângulo θ_1 e o raio refratado forma com a reta normal um ângulo θ_2 . Os ângulos θ_1 e θ_2 são diferentes.

- Primeira lei: **o plano de incidência e o plano da luz refratada coincidem**. Isto é, o raio incidente, o raio refratado e a normal N pertencem a um mesmo plano.
- Segunda lei: **na refração, o produto do índice de refração do meio no qual ele se propaga pelo seno do ângulo que o raio luminoso faz com a normal é uma constante**. A

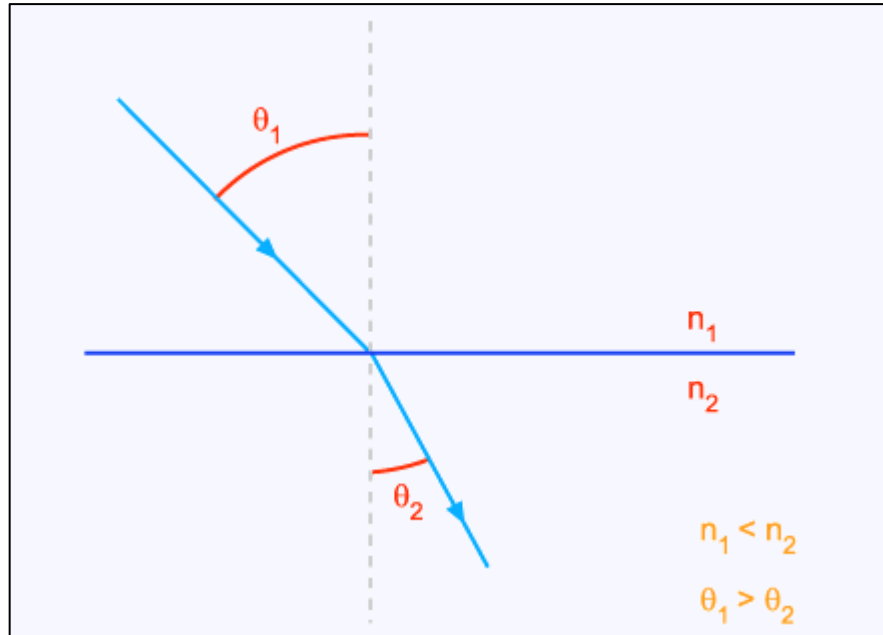
segunda lei estabelece uma relação entre os ângulos de incidência, de refração e os índices de refração dos meios. Tal relação é conhecida como a lei de Snell-Descartes. Em linguagem matemática, a segunda lei pode ser escrita como:

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2.$$

Dessa equação, podemos tirar algumas conclusões, como, por exemplo, se a incidência for normal (com ângulo de incidência igual a zero), o ângulo refratado será nulo. Nesse caso, a luz não sofre qualquer desvio. A única consequência da refração no caso da incidência normal é a alteração da velocidade da luz ao passar de um meio para outro.

Quando a incidência é oblíqua, o raio refratado pode mudar sua direção de propagação em dois sentidos diferentes: a) ele pode se aproximar da normal se o meio 2 for mais refringente que o meio 1, isto é, se n_2 for maior que n_1 ; b) o raio refratado pode se afastar da normal se o meio 2 for menos refringente que o meio 1, isto é, se n_2 for menor que n_1 .

Figura 10 – Representação do fenômeno da refração, em que a luz passa de um meio menos refringente para um meio mais refringente.

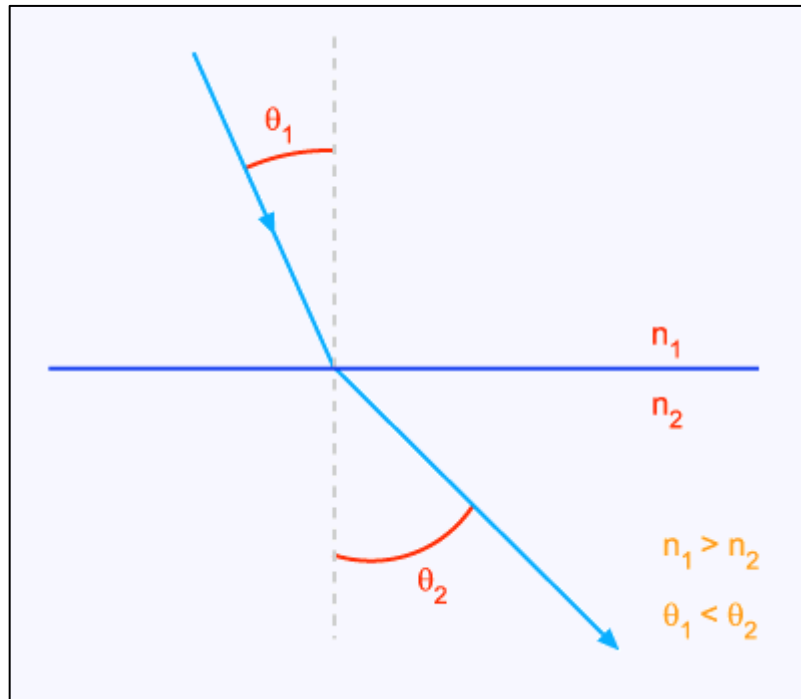


Fonte: <http://www.efisica.if.usp.br/optica/basico/refracao/snell/>

Nesta figura, há uma superfície horizontal entre dois meios, o meio 1, de índice de refração n_1 , e o meio 2, de índice de refração n_2 . Há também um raio de luz incidindo na superfície (meio 1), a reta normal e o raio refratado abaixo da superfície (no meio 2), todos coplanares. O raio incidente forma com a reta normal um ângulo θ_1 e o raio refratado forma

com a reta normal um ângulo θ_2 . Os ângulos θ_1 e θ_2 são diferentes. O índice de refração n_1 é menor do que o índice de refração n_2 . Por isso, θ_1 é maior do que θ_2 .

Figura 11 – Representação do fenômeno da refração, em que a luz passa de um meio mais refringente para um meio menos refringente.



Fonte: <http://www.efisica.if.usp.br/optica/basico/refracao/snell/>

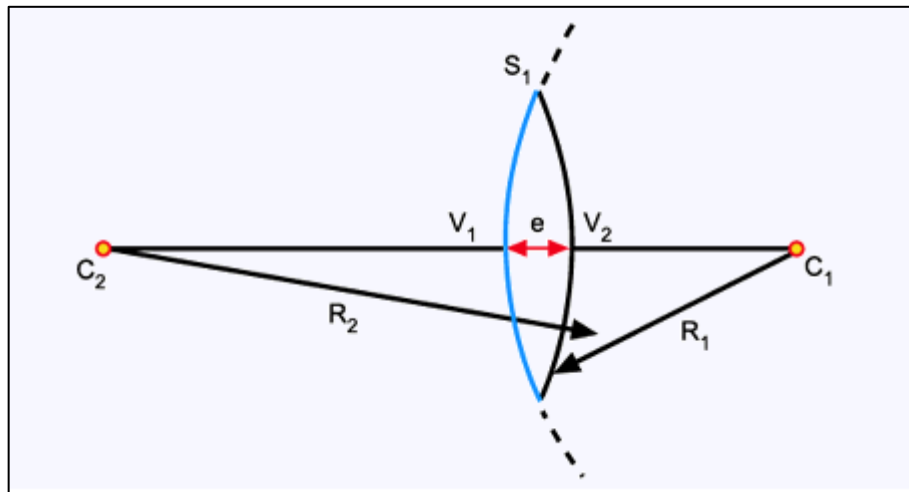
Nesta figura, há uma superfície horizontal entre dois meios, o meio 1, de índice de refração n_1 , e o meio 2, de índice de refração n_2 . Há também um raio de luz incidindo na superfície (meio 1), a reta normal e o raio refratado abaixo da superfície (no meio 2), todos coplanares. O raio incidente forma com a reta normal um ângulo θ_1 e o raio refratado forma com a reta normal um ângulo θ_2 . Os ângulos θ_1 e θ_2 são diferentes. O índice de refração n_1 é maior do que o índice de refração n_2 . Por isso, θ_1 é menor do que θ_2 .

2.3.4 Lentes Esféricas

As lentes são dispositivos empregados em um grande número de instrumentos muito conhecidos, tais como: óculos, máquinas fotográficas, microscópios, lunetas etc. A utilidade das lentes está no fato de, com elas, podermos aumentar ou reduzir o tamanho dos objetos, sendo que esse aumento pode chegar a milhares de vezes, como é o caso dos microscópios e dos telescópios.

Denominamos lentes esféricas a um arranjo no qual estão dispostos dois dioptros. Um dos dioptros deve ser um dioptro esférico e o outro poderá ser tanto um dioptro esférico quanto um dioptro plano. A lente esférica é o objeto transparente limitado pelas superfícies S_1 e S_2 dos dois dioptros. Esse meio transparente é, em geral, vidro ou acrílico, mas poderia ser, até mesmo, a água ou o ar. Denominaremos n_1 o índice de refração do meio no qual a lente está imersa (em geral, o ar) e n_2 o índice de refração do meio do qual a lente é constituída. Adotaremos, ainda, as seguintes definições: a) cada face é constituída de uma superfície esférica de raio R . Temos, portanto, em uma lente esférica, em geral, dois raios de curvatura, R_1 e R_2 . Conseqüentemente, teremos também dois centros de curvatura, C_1 e C_2 .

Figura 12 – Representação de uma lente esférica, com seus devidos raios e centros de curvatura.



Fonte: www.passeiweb.com/na_ponta_lingua/sala_de_aula/fisica/optica/optica/lentes

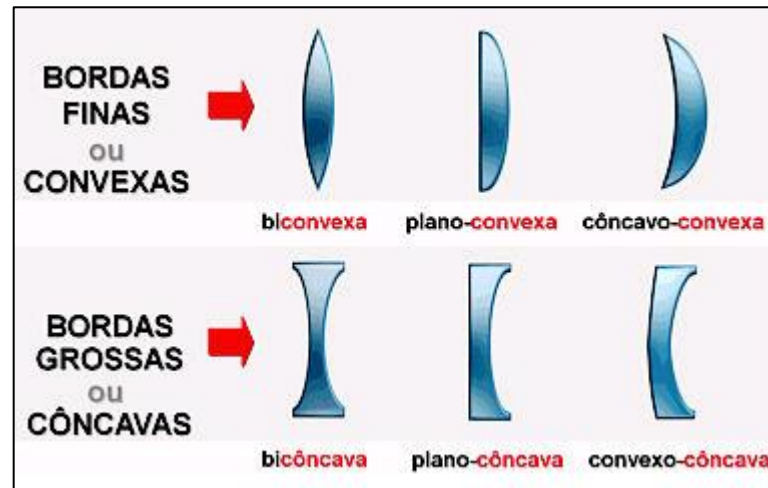
Nesta figura, está representada uma lente esférica. No centro da imagem, há duas superfícies esféricas, denominadas S_1 e S_2 . Cada superfície tem um raio de curvatura, R_1 e R_2 , respectivamente, e um centro de curvatura, C_1 e C_2 , respectivamente. Há um eixo passando por C_1 e C_2 , denominado eixo principal. Ele cruza perpendicularmente a superfície S_1 no ponto V_1 e a superfície S_2 no ponto V_2 . V_1 e V_2 são os vértices das superfícies S_1 e S_2 , respectivamente.

O eixo passando por C_1 e C_2 é denominado eixo principal. Ele cruza a primeira face no ponto V_1 (um vértice da lente) e a segunda face no ponto V_2 (o segundo vértice da lente). A distância entre V_1 e V_2 é adotada como sendo a espessura da lente.

Agora, vamos introduzir a nomenclatura comumente usada ao se tratar de lentes esféricas. Podemos ter seis tipos de lentes esféricas, formadas por dois dioptros esféricos ou

um esférico e um plano. Olhando tais lentes de perfil, percebemos que três delas têm bordas finas e as outras três, bordas espessas.

Figura 13 – Representação dos seis tipos de lentes esféricas.



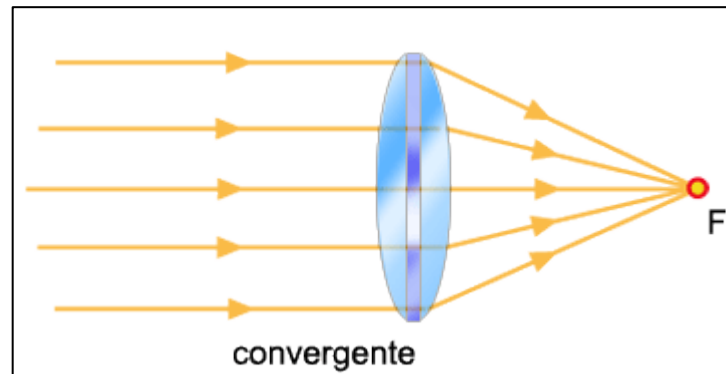
Fonte: http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2011-04-24_2011-04-30.html

Nesta figura, estão representados seis tipos de lentes esféricas. As três primeiras, do tipo convexo, são: a biconvexa, com dois dióptros convexos; a plano-convexa, com um dióptro plano e um convexo; e a côncavo-convexa, com um dióptro côncavo e um convexo. As três últimas, do tipo côncavo, são: a bicôncava, com dois dióptros côncavos; a plano-côncava, com um dióptro plano e um côncavo; e a convexo-côncava, com um dióptro convexo e um côncavo.

2.3.4.1 Lentes convergentes e divergentes

Considere um raio luminoso incidindo em uma lente biconvexa, paralelamente ao seu eixo. Ao penetrar na lente, esse raio é refratado, aproximando-se da normal e, ao emergir dela, torna a ser refratado, afastando-se da normal. Então, o raio se desvia cortando o eixo em um determinado ponto. Considere, agora, um outro raio, também paralelo ao eixo, atravessando a lente de maneira semelhante ao primeiro raio. Ele se desvia de modo a cortar o eixo naquele mesmo ponto. Podemos afirmar, então, que qualquer raio que incida na lente paralelamente ao seu eixo terá um comportamento análogo e, portanto, essa lente *converge*, para um ponto de seu eixo, os raios luminosos que nela incidem paralelamente. Por esse motivo, tal lente é denominada *lente convergente*.

Figura 14 – Representação de uma lente convergente.

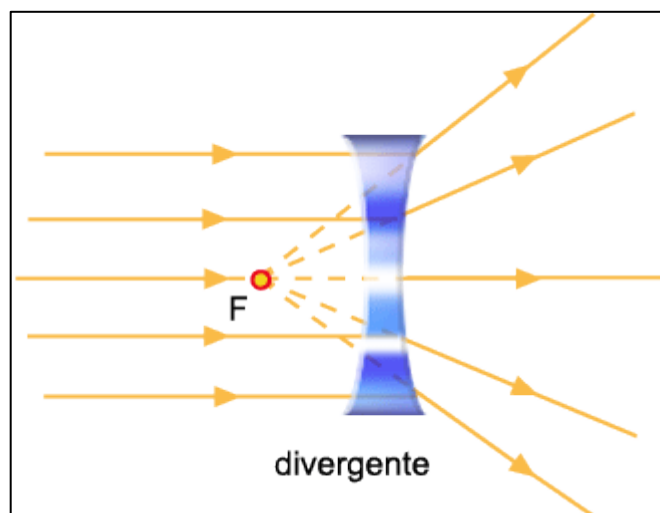


Fonte: <http://www.efisica.if.usp.br/optica/basico/lentes/equacao/>

Nesta imagem, há uma lente convergente, biconvexa, no centro e cinco raios incidentes, formando um feixe paralelo ao lado esquerdo da lente. Ao lado direito da lente, há cinco raios, formando agora um feixe convergente que se dirige ao foco da lente, formando uma imagem real.

Considere, agora, um raio luminoso incidindo paralelamente ao eixo de uma lente bicôncava. Nesse caso, os raios são desviados, divergindo da face da lente. Por isso mesmo, dizemos que a lente bicôncava é uma *lente divergente*.

Figura 15 – Representação de uma lente divergente.



Fonte: <http://www.efisica.if.usp.br/optica/basico/lentes/equacao/>

Nesta imagem, há uma lente divergente, bicôncava, no centro e cinco raios incidentes, formando um feixe paralelo ao lado esquerdo da lente. Ao lado direito da lente, há cinco raios,

formando agora um feixe divergente. Os prolongamentos dos raios desse feixe se dirigem ao foco da lente, formando uma imagem virtual.

De um modo geral, é possível verificar que as lentes que apresentam as extremidades mais finas do que a parte central (como a lente biconvexa) são *convergentes* e as que apresentam as extremidades mais espessas do que a parte central (como a lente bicôncava) são *divergentes*.

2.4 Ensino de óptica para cegos

Nos dias de hoje, com o crescente aumento do número de alunos com deficiência nas escolas regulares, o atendimento a essas diferentes deficiências se constitui como um importante e difícil desafio que o professor tem que enfrentar. De acordo com Moreira (2003), a utilização de novos procedimentos didáticos por parte do professor se faz necessária, assim como a reflexão crítica sobre sua ação e a superação da concepção baseada na deficiência como limitadora ou que impossibilita o aprendizado.

Um caminho para tentar resolver esse desafio é a participação efetiva do aluno com deficiência. Essa participação efetiva é compreendida em função da criação de atividades escolares que deem ao aluno com deficiência plenas condições de atuação e participação. Assim, “a compreensão de inclusão como participação efetiva torna-a objetiva, evidencia as reais dificuldades e viabilidades encontradas por professores e alunos e explicita variáveis específicas ligadas ao fenômeno educacional e às características da deficiência” (CAMARGO, 2011, p.13).

Uma alternativa para tornar a participação do aluno com deficiência mais efetiva é a interatividade. A interação desse aluno com alunos sem deficiência e com o professor permite que o aluno com deficiência tenha a oportunidade de apresentar suas dúvidas, interpretações e concepções alternativas (CAMARGO, 2011). Essa interação dialógica é também uma importante ferramenta na superação de dificuldades comunicativas.

Para que ocorra tanto a interatividade quanto a participação efetiva, Camargo (2011) faz algumas recomendações para o planejamento e a condução de atividades adequadas aos alunos com deficiência visual. São elas: a) para que se realize uma prática inclusiva, não devem ser criados ambientes de segregação; b) a interatividade entre os participantes das atividades deve ser uma peça chave; c) é fundamental que se abordem os múltiplos significados dos fenômenos ópticos; d) o professor deve se ater ao fato de não utilizar

somente estruturas empíricas visuais, como projetores de imagens ou quadro negro; e) o professor deve ter, como alternativa educacional, a utilização de maquetes táteis para a veiculação de significados vinculados a temas de óptica.

Dito isso, fica claro que a comunicação é um fator determinante para que o aluno com deficiência seja, de fato, incluído nas aulas de óptica. Para Camargo (2011),

A criação de contextos comunicativos adequados tem o potencial de incluir esse aluno [com deficiência visual] junto a processos intrínsecos de ensino/aprendizagem. Fora desses contextos, alunos com deficiência visual encontrar-se-ão numa condição de exclusão no interior da sala de aula. A partir da construção de um ambiente de comunicação adequado, esses alunos terão condições estruturais básicas de participação efetiva junto aos processos de ensino/aprendizagem de óptica (CAMARGO, 2011, p. 210).

Dessa forma, a utilização de maquetes táteis, como mencionado, se torna uma importante ferramenta de ensino/aprendizagem. O presente trabalho contou com o uso de nove maquetes táteis, cada uma abordando um conteúdo específico de óptica. Camargo, dentre os pesquisadores da área de ensino de ciências para pessoas com deficiência visual reúne resultados bastante significativos em seus trabalhos. Dessa forma, as maquetes de ocorrência da visão, de raios e feixes de luz, de reflexão regular e de refração foram retiradas de Camargo et al. (2008), enquanto que as maquetes de lentes esféricas foram retiradas de Camargo (2011). Neste, o pesquisador relata e analisa a realização de um trabalho sob a coordenação de um grupo de licenciandos, em que foram aplicadas quatro atividades de ensino de óptica em ambiente educacional que contou com a presença de alunos com e sem deficiência visual. Naquele, os autores apresentam sete artefatos tátil-visuais para o ensino de óptica a alunos cegos, além de algumas orientações práticas ao professor de Física.

Portanto, uma comunicação adequada como pré-requisito para o acesso de alunos com deficiência visual nos processos de ensino/aprendizagem de óptica é de suma importância. A criação de ambientes comunicacionais adequados e a utilização de bases sensoriais que ilustrem os fenômenos ópticos são decisivas para o sucesso do ensino de óptica para alunos com deficiência visual.

Outro ponto a que devemos nos ater e que nos auxiliará na análise fenomenológica das falas dos sujeitos participantes da pesquisa é o perfil linguístico utilizado por esses sujeitos no processo de veiculação de significados ópticos. Camargo (2011) apresenta algumas categorias de linguagem e padrão discursivo que objetivavam compreender se as informações veiculadas

pelos licenciandos foram acessíveis aos discentes com deficiência visual (op. cit. p. 19). Para o presente trabalho, tais categorias auxiliaram na análise não do perfil linguístico da pesquisadora e sim, do perfil linguístico dos sujeitos cegos. Além disso, para a análise fenomenológica das falas desses sujeitos, nem todas as categorias propostas por Camargo (2011) foram utilizadas, apenas a categoria de estrutura semântico-sensorial da linguagem, em que estão inclusos os significados indissociáveis e vinculados.

Significados indissociáveis são aqueles cuja representação mental é dependente de determinada percepção sensorial. Esses significados nunca poderão ser representados internamente por meio de percepções sensoriais distintas das que os constituem (op. cit. p. 20). Tais significados podem ser de dois tipos: indissociáveis de representações visuais e indissociáveis de representações não visuais.

- Significados indissociáveis de representações visuais: somente podem ser registrados e internamente representados por meio de códigos e representações visuais. A teoria de Vigotski sobre a cegueira justifica que os significados indissociáveis de representações visuais são inacessíveis às pessoas cegas de nascimento. Essa teoria afirma que tais pessoas não compreendem o fenômeno luminoso em seu âmbito visual, e sim a partir dos significados sociais a tal fenômeno relacionados (VIGOTSKI, 1997² *apud* CAMARGO, 2011). Nesse sentido, a cegueira nativa em nada se assemelha à sensação visual de um vidente com os olhos vendados, ou seja, o cego de nascimento não vive envolvido na escuridão, já que as ideias de claro, escuro, cores etc. não possuem, para esse indivíduo, um significado visual (CAMARGO, 2011, p. 20).

- Significados indissociáveis de representações não visuais: somente podem ser registrados e internamente representados por meio de códigos e representações não visuais. O acesso e/ou compreensão de fenômenos que contêm esses significados é dependente da observação não visual, na medida em que não são possíveis o registro interno e sua representação interna por meio de códigos e imagens visuais (op. cit. p. 21).

Já os significados vinculados são aqueles cuja representação mental não é exclusivamente dependente da percepção sensorial utilizada para seu registro ou esquematização. Sempre poderão ser representados por meio de percepções sensoriais

² VIGOTSKI, L.S. Fundamentos de defectologia: el niño ciego. In: **Problemas especiales da defectologia**. Havana: Editorial Pueblo y Educación, p. 74-87, 1997.

distintas da inicial (op. cit. p. 21). Esses significados também podem ser de dois tipos: vinculados às representações visuais e vinculados às representações não visuais.

- Significados vinculados às representações visuais: possuem as seguintes características: a) são significados registrados por códigos visuais e observados pelo olho; b) são, por esse motivo, representados internamente por imagens mentais (BAJO E CAÑAS, 1991³ *apud* CAMARGO, 2011); c) poderão sempre ser registrados e internamente representados por meio de códigos e representações não visuais (CAMARGO, 2011, p. 21).

- Significados vinculados às representações não visuais: possuem as seguintes características: a) são significados registrados por códigos não visuais e observados pelo tato, audição etc.; b) são, por esse motivo, representados internamente por imagens mentais não visuais (BAJO; CAÑAS, 1991 *apud* CAMARGO, 2011); c) poderão sempre ser registrados e internamente representados por meio de códigos e representações diferentes das que os constituem (CAMARGO, 2011, p. 21).

Portanto, para o caso da indissociabilidade, há uma relação inseparável entre significado e percepção sensorial. Já no caso da vinculação, essa relação não aparece.

³ BAJO, M.; CAÑAS, J. Las imágenes mentales. In: Ruiz Vargas, J. **Psicología de la memoria**. Madrid: Alianza Editorial, p. 2667-288, 1991.

CAPÍTULO 3

Concepções Alternativas

3.1 Considerações sobre concepções alternativas

Os alunos, antes de ingressarem na vida escolar, apresentam uma curiosidade e um fascínio marcantes acerca dos fenômenos naturais, motivados, principalmente, pelos avanços tecnológicos e por novas descobertas no campo das ciências. Levados pela curiosidade, os alunos se preocupam em tentar explicar os vários fenômenos da natureza que os cercam. De acordo com Peduzzi et al. (1992, p. 240), “as interações deste indivíduo [o aluno] com o mundo que o cerca, habilitam-no a construção de esquemas explicativos que lhe possibilitam fazer previsões e mesmo ‘explicar’ diversos fenômenos físicos do seu dia a dia”.

Essa tentativa de explicar os fenômenos que os rodeiam, na maioria das vezes, resulta na construção de concepções alternativas, já que esses alunos, ao chegarem à escola, trazem com eles certa bagagem de conhecimentos que oscila entre o alternativo e o científico.

No contexto das concepções alternativas, diversos estudos em diferentes áreas do conhecimento foram realizados, mas isso se limitou, basicamente, às décadas de 1960 ao final de 1980. Com destaque significativo, fica a área de conhecimento em mecânica, mas isso não quer dizer que as áreas de calor, eletricidade e óptica não tenham sido trabalhadas.

Além disso, como consequência desses estudos, houve uma variação, também, na nomenclatura. Dessa forma, termos como “conhecimentos prévios” (Camargo, 2005), “teorias ingênuas” (Caramazza et al., 1981⁴ *apud* Camargo, 2005) e “ciência das crianças” (Gilbert et al., 1982⁵ *apud* Camargo, 2005) podem ser encontrados na literatura especializada.

Estudos apontam que há uma divergência gigantesca entre as concepções de ciência dos estudantes e o pensamento científico atual. A linguagem diária de nossa sociedade colabora no sentido de formar, nos alunos, concepções bastante diferentes das dos cientistas. Muitas dessas concepções podem não mudar durante o processo de escolarização ou podem, ainda, voltar com o tempo. Em ambos os casos, é extremamente difícil efetuar uma mudança

⁴ CARAMAZZA, A.; McCLOSKEY, M.; GREEN, B. Naive beliefs in “sophisticated” subjects: misconceptions about trajectories of objects. *Cognitions*, v. 9, p. 117-123, 1981.

⁵ GILBERT, J. K. OSBORNE, R. J. e FENSHMAN P. J. Children's Science and its consequences for teaching. *Science Education*, v. 66, n.4, p. 623-633, 1982.

efetiva nas concepções alternativas dos alunos em direção aos conceitos científicos (Osborn, 1983⁶ *apud* Andrade, 1995). Ademais, como cita Twigger et al. (1994⁷ *apud* Camargo, 2005):

Pode-se interpretar como uma melhor compreensão do significado desses “conceitos pré-escolares”, o fato de que tais, não se constituem em simples equívocos momentâneos, mas revelam-se como ideias muito sérias e persistentes, afetando de forma similar a alunos de distintos países e níveis, incluindo uma porcentagem significativa de professores (TWIGGER et al., 1994, p. 35).

É importante destacar que a forma de raciocínio expressa pelas concepções alternativas é muito semelhante ao pensamento histórico já superado, sobretudo o aristotélico. Por exemplo, a relação entre força e movimento. Zylbersztajn (1983) realizou um estudo envolvendo 125 alunos de escolas inglesas, de aproximadamente 14 anos. Nesse estudo, os alunos deveriam responder a um questionário composto por itens de múltipla escolha em que metade das questões versava sobre força e movimento, explorando situações como o lançamento vertical de uma pedra e o movimento de uma bala de canhão. Os resultados do estudo indicaram que cerca de 85% dos alunos associava, de forma consistente, a relação força e movimento.

O mesmo autor mostrou o resultado de outro estudo, realizado em 1971, que acarretava a mesma conclusão. Em tal estudo, foi solicitado a 300 universitários ingleses (de ciências e engenharia) que representassem graficamente as forças atuantes sobre um veículo em movimento circular uniforme. Menos de um terço deles representou a resultante como dirigida para o centro da curva e metade representou a resultante tangente à curva. Esses resultados também demonstram uma associação intuitiva entre força e direção do movimento.

Isso mostra quão similar ao pensamento aristotélico é o pensamento do estudante dos dias atuais e quão falho é o sistema de ensino de ciências, mundialmente falando. Não obstante, é imprescindível não amortizar a criteriosa Física aristotélica à visão de senso comum, muito menos complexa e elaborada, devido ao seu não interesse inquisitorial, pois ainda que não o seja matematicamente, a Física aristotélica é uma teoria extremamente

⁶ OSBORN, R.; BELL, B.F. Science teaching and children's views of the world. **European Journal of Science Education**, v. 5, n. 5, p. 1-14, 1983.

⁷ TWIGGER, D., BYARD, M., DRIVER, R., DRAPER, S., HARTLEY, R., HENNESSY, S., MOHAMED, R., O'MALLEY, C., O'SHEA, T. e SCANLON, E. The conception of force and motion of students aged between 10 and 15 years: an interview study designed to guide instruction. **International Journal of Science Education**. V. 16, n. 2, p. 215-229, 1994.

sofisticada que ultrapassa os eventos do senso comum, que servem de alicerce à sua elaboração.

Mediante esse quadro, podem ser apontadas algumas questões que se relacionam à citada divergência. Uma delas é o fato de que os estudantes precisam, por natureza, entender o mundo ao seu redor, utilizando-se, muitas vezes, de teorias baseadas no senso comum, resultando no surgimento de concepções alternativas. Ou seja, essas concepções são constituídas por ideias que os alunos já possuem antecipadamente ao aprendizado escolar. Nas palavras de Camargo (2005, p. 35), “todas as pessoas adquirem representações sobre o mundo, que lhes permitem conhecer suas regularidades, tornando-o, desta forma, mais previsível e compreensível”. Outra questão esbarra nas características do ensino tradicional, que, pelo modelo de transmissão-recepção, torna o aprendizado distante do aluno. Isto é, o estudante não participa do processo de construção do conhecimento e, por isso, não compreende o que está sendo feito.

Um aspecto a ser considerado no processo de aprendizagem é o relacionado com o prejuízo ou benefício que uma concepção alternativa pode representar para o desenvolvimento dos estudantes. Se o conflito criado pela mistura do conceito alternativo com o científico for bem explorado pelo professor, mostrando, por exemplo, que o conceito alternativo resolve somente algumas situações particulares, ou seja, mostrando a falibilidade, a pequena abrangência e a inconsistência desses conceitos frente aos conceitos científicos, o professor terá conseguido tornar os conceitos alternativos benéficos à aprendizagem. Se, ao contrário, o professor desconsiderar a presença dos conceitos alternativos e trabalhar somente com os formais, certamente isso será prejudicial à aprendizagem. Se considerarmos que a construção de conceitos se faz à custa de reelaborações de conceitos anteriores (pré-conceitos), mais rudimentares e incompletos, o professor atento deverá procurar ouvir seus alunos na tentativa de perceber qual a linha de base de conhecimento sobre um determinado conteúdo e apoiar nele o ensino a ser efetivado (Villani et al., 1985).

3.2 Concepções alternativas de pessoas com deficiência visual

Um estudo realizado por Camargo et al. (2000) acerca de concepções alternativas sobre repouso e movimento de pessoas com deficiência visual mostra que estas se assemelham a dos videntes. Isso evidencia que a construção espontânea de conceitos físicos por parte de não peritos em Física parece não depender fundamentalmente de aspectos visuais, verificando-se, em tal estudo, que as sensações auditivas e táteis têm papel relevante

na construção dessas concepções. No trecho a seguir, o autor deixa claro a semelhança entre videntes e não videntes em relação às concepções alternativas:

Verificou-se que, particularmente, para este sujeito existe uma forte tendência de suas idéias espontâneas convergirem aos modelos pré-científicos, elaborados principalmente por Aristóteles, no que se refere a princípios gerais de seu paradigma, como os de movimento forçado e de lugar natural, o que resulta no conceito de movimento natural. Um outro aspecto conceitual verificado junto ao pensamento espontâneo de S₁ [sujeito cego entrevistado no trabalho em questão] foi o de força impressa, proposto por Philoponus e complementado por Jean Buridan, acerca do movimento de objetos que não mantêm mais o contato com o movedor. (...) podemos afirmar que S₁, embora cego, não represente exceção à maneira espontânea de como o senso comum aborda questões relacionadas ao movimento. (CAMARGO, 2000, p.324)

Observa-se, então, que não é que o modelo tradicional de ensino não consiga modificar as concepções primárias dos alunos, mas sim que ele simplesmente não as leva em conta, ignorando-as no processo de ensino-aprendizagem. Dessa forma, uma outra metodologia de ensino tem de ser pensada para o ensino de ciências, tanto de videntes quanto de não videntes. Uma metodologia que leve em consideração as concepções alternativas, os conceitos pré-formados dos estudantes e a participação destes no processo de construção do conhecimento: o construtivismo.

Do ponto de vista construtivista, o caso das concepções alternativas pode ser compreendido se levarmos em consideração que essas concepções são construídas pelos próprios estudantes antes mesmo de eles ingressarem na vida escolar, antes de receberem instrução formal.

De acordo com Duit (1994),

A aquisição de conhecimento (ou seja, a aprendizagem) não é a transferência de “pedaços da verdade” ao indivíduo, mas sim uma construção pessoal dele. O aluno não é visto como um receptor passivo, e sim como construtor ativo do conhecimento (op. cit. p. 3, tradução nossa.)

Para Duit (1994), o construtivismo, no ensino de ciências, deve apresentar quatro características bem definidas: construção ativa baseada nas concepções já existentes, construção experimental, viabilidade e construção social.

A construção ativa baseada nas concepções já existentes propõe que os alunos construam os novos conhecimentos ativamente por si em razão dos conhecimentos já existentes. Não há aprendizagem a partir do zero, não há simples transferência de pedaços de conhecimento a partir de determinada fonte para o aluno (op. cit. p. 4).

A partir disso, o trecho subsequente define bem como as concepções alternativas e o construtivismo podem ser relacionados:

(...) alunos, do mesmo modo que cientistas, trazem para as aulas de ciências algumas ideias ou crenças já formuladas. Estas crenças afetam as observações que eles fazem bem como as inferências daí derivadas. Alunos, do mesmo modo que cientistas, constroem uma visão do mundo que os capacita a lidarem com situações. Transformar esta visão não é tão simples quanto fornecer aos alunos experiências adicionais ou dados sensoriais. Envolve também ajudá-los a reconstruir suas teorias ou crenças, a experimentar, por assim dizer, as evoluções paradigmáticas que ocorreram na história da ciência (NUSSBAUM et al., 1981, p.9⁸ *apud* ZYLBERSTAJN, 1983).

O erro, na perspectiva construtivista, é de fundamental importância, pois, vinculado às concepções alternativas dos alunos, atua como um trampolim no processo de ensino-aprendizagem. De acordo com Wheatley (1991), devemos considerar o pensamento dos alunos e aprender a ver o mundo com os olhos deles.

Melhor do que ser considerado um erro a ser corrigido, os “erros” dos alunos são ricas fontes de informação sobre os pensamentos das crianças. Eles indicam os significados adquiridos pelas crianças na associação de ideias. O mais importante não é o conhecimento acumulado, mais quais conceitos eles contribuíram, o nível de experiência em que eles estão trabalhando, suas intenções (WHEATLEY, 1991, tradução de CAMARGO).

Fica claro, portanto, que provocar uma mudança nas concepções alternativas dos alunos em direção aos conceitos científicos não é fácil, às vezes nem mesmo provável, porque as concepções já existentes fornecem as lentes, por assim dizer, para ver as novas concepções apresentadas pelo professor, pelo livro texto ou algo semelhante. Dessa forma, como sugere Driver (1986), uma atividade de ciências que prime pela mudança conceitual eficaz necessita de uma sequência de estratégias: “identificação e conscientização das ideias que os alunos já

⁸ Nussbaum, N.; Novick, S. Creating cognitive dissonance between students' preconceptions to encourage individual cognitive accommodation and a group cooperative construction of a scientific model. Trabalho apresentado na Conferência Anual da AERA, Los Angeles, 1981.

possuem; questionamentos, por meio de contra exemplos, de tais ideias; introdução de novos conceitos pelo professor por apresentação ou por meio dos materiais didáticos; geração de oportunidades aos estudantes para o uso das novas ideias, a fim de que adquiram confiança nas mesmas”. Ou seja, a sequência de estratégias proposta converge para uma abordagem construtivista de ensino, caracterizando-a como a mais indicada para tal fim.

Com relação à deficiência visual, e de acordo com um referencial construtivista, é de vital seriedade a noção das concepções alternativas de tais sujeitos, não só para o planejamento de atividades de ensino, como também para a apreensão das experiências que induzem os indivíduos a formularem elucidações acerca da realidade física que os rodeiam.

CAPÍTULO 4

Fenomenologia

4.1 Definindo a fenomenologia

A fenomenologia, de acordo com a etimologia do termo, é o estudo ou a ciência do fenômeno. Segundo Bello (2006), fenomenologia é a junção de duas palavras de origem grega: “fenômeno” (*phainomenon*), que significa aquilo que se mostra, e “logia” (*logos*), que, para os gregos, tinha muitos significados, como palavra e pensamento. Assim, a partir dos significados de origem grega, Bello (2006) define fenomenologia como “uma reflexão sobre um fenômeno ou sobre aquilo que se mostra” (BELLO, 2006, p. 18).

Mas o que é fenômeno? De acordo com Martins et al. (1990).

É aquilo que surge para uma consciência, o que se manifesta para essa consciência, como resultado de uma interrogação. Do grego *phainomenon*, significa discurso esclarecedor a respeito daquilo que se mostra para o sujeito interrogado. Do verbo *phainesthai*, como se mostra, desvelar-se. Fenômeno é, então, tudo que se mostra, se manifesta, se desvela ao sujeito que interroga (MARTINS et al., 1990, p. 36).

De acordo com Dartigues (1992), o termo fenomenologia foi usado, pela primeira vez, na obra *Novo órgão* (1764) de J.H. Lambert (1728-1772), que o entendia como teoria da ilusão sob suas diferentes formas. Immanuel Kant (1724-1804), em 1770, retoma o termo, agora como *phaenomenologia generalis*, designando a disciplina propedêutica que deveria preceder a metafísica. O vocábulo volta a ser utilizado por Kant, em 1772, na obra *Carta a Marcus Herz*, esboço da *Crítica à razão pura*, de 1781.

Em 1807, Friedrich Hegel (1770-1831) utiliza o termo *fenomenologia do espírito* para definir a ciência que considera a sucessão de diferentes formas ou fenômenos da consciência até chegar ao absoluto. Para ele, a fenomenologia do espírito representa a introdução ao sistema total da ciência, apresentando o devir do saber ou da ciência em geral. É com Hegel que a fenomenologia se define como método e filosofia, a partir do estudo do movimento do espírito.

Mas quem verdadeiramente deu início à forma de movimento de pensamento denominado fenomenologia foi Edmund Husserl (1859-1938). Com ele, o termo fenomenologia passou a ter um significado completamente novo e diferenciado dos

anteriores. Husserl define a fenomenologia como a *ciência dos fenômenos*, sendo o fenômeno imediatamente dado em si mesmo à consciência do homem.

Dartigues (1992) compara Husserl a Kant e a Hegel, diferenciando seus entendimentos em relação ao termo fenomenologia:

(...) a fenomenologia de tipo kantiano concebe o ser como o que limita a pretensão do fenômeno ao mesmo tempo em que ele próprio permanece fora de alcance, enquanto inversamente, na fenomenologia hegeliana, o fenômeno é reabsorvido num conhecimento sistemático do ser, a fenomenologia husserliana se propõe como fazendo ela própria, às vezes, de ontologia, pois, segundo Husserl, o sentido do ser e do fenômeno não podem ser dissociados (DARTIGUES, 1992, p. 3).

Para Martins et al. (1990), a fenomenologia husserliana emergiu como alternativa de abordagem das ciências humanas em pesquisa como oposição ao positivismo.

O que Husserl queria, sobretudo, rejeitar é o naturalismo das Ciências Humanas que, não tendo posto em evidência a especificidade do seu objetivo e tratando-o como se fosse um objeto físico, confundem a descoberta das causas exteriores de um fenômeno com a natureza própria desse fenômeno (MARTINS et al., 1990, p. 36).

É preciso, então, que se volte às coisas mesmas e se aprenda a essência dos fenômenos.

Dirigindo-se para a experiência, a fenomenologia emprega, necessariamente, uma forma de reflexão que deve incluir a possibilidade de olhar as coisas como elas se manifestam. É à volta às coisas mesmas, uma terceira via, uma alternativa proposta por Husserl entre o discurso especulativo da metafísica e o raciocínio das ciências positivas. É a busca à essência, ao invariante do fenômeno, pois, se é verdade que o fenômeno se doa ao sujeito que interroga por intermédio dos sentidos, ele se doa como datado de um sentido, de uma essência. Se todo fenômeno tem uma essência, isso significa que não se pode reduzi-lo a sua única dimensão de fato; se a essência permite identificar um fenômeno é porque ela é sempre idêntica a si própria, não importando as circunstâncias contingentes de sua situação (MARTINS et al., 1990, p. 37).

Dartigues (1992) afirma que, para Husserl, a fenomenologia é uma ciência rigorosa, mas não exata, uma ciência eidética (que busca a compreensão da essência) que procede por descrição, e não por dedução. A fenomenologia se ocupa da análise e interpretação dos fenômenos, mas com uma atitude totalmente diferente das ciências empíricas e exatas.

4.1.1 A intencionalidade da consciência

Segundo Martins et al. (1990), “o objeto do conhecimento não é o pensador nem a realidade em si, mas a realidade enquanto vivida pelo pesquisador” (MARTINS et al., 1990, p. 37). Vera (1983) afirma que o fenômeno é considerado o objeto da investigação fenomenológica e a intuição, seu instrumento para buscar o conhecimento. A intuição só é possível, devido à intencionalidade da consciência. De acordo com Husserl, consciência é sempre consciência de alguma coisa.

Todos os atos humanos, dizem Martins et al. (1990), são intencionalidades, e essa intencionalidade é um comportamento dirigido a alguma coisa no mundo. “No entender de Husserl, não há fase ou aspecto da consciência humana que surja de si e por si própria; consciência é sempre consciência de alguma coisa, não havendo fenômeno que não seja fenômeno para uma consciência” (MARTINS et al., 1990, p. 38). Por sua vez, o objeto é sempre *objeto-para-um-sujeito*.

A consciência e o objeto não são entidades isoladas, separadas na natureza; pelo contrário, configuram-se, respectivamente, a partir de sua correlação: “(...) Se a consciência é sempre consciência de alguma coisa e se o objeto é sempre objeto para a consciência, é inconcebível não admitir essa correlação, já que, fora dela, não haveria nem consciência nem objeto” (DARTIGUES, 1992, p. 18).

É por meio da ideia de intencionalidade que a fenomenologia busca a superação das tendências empiristas e racionalistas, como foi abordado anteriormente.

4.1.2 A essência fenomenológica e a subjetividade em fenomenologia

Nas palavras de Husserl (1986), “a fenomenologia é a doutrina universal das essências, em que se integra a ciência da essência do conhecimento” (HUSSERL, 1986, p. 22). Quando o fenômeno é colocado diante dos olhos, em suspensão, afirmam Martins et al. (1990), o pesquisador está buscando a essência que aponta para aquilo que a coisa é. Nessa linha, Dartigues (1992) define essência como a visão do sentido ideal que atribuímos ao fato materialmente percebido e que nos permite identificá-lo. Assim, as essências são dadas à intuição fenomenológica, que as transforma na apreensão de unidades significativas, de sentidos.

Se todo fenômeno tem uma essência, o que se traduzirá pela possibilidade de designá-lo, nomeá-lo, isso significa que não se pode reduzi-lo a sua única

dimensão de fato, ao simples fato que ele tenha se produzido. Através de um fato é sempre visado um sentido. Husserl gosta de evocar a esse respeito o exemplo da IX Sinfonia. Esta pode se traduzir pelas impressões que experimento ao escutar este ou aquele concerto, pela escritura desta ou daquela partitura, pela atividade do regente de orquestra ou dos músicos, etc. Em cada caso poderei dizer que se trata da IX Sinfonia e, contudo, esta não se reduz a nenhum desses casos, se bem que ela possa a cada vez se dar neles inteiramente. A essência da IX Sinfonia persistiria mesmo se as partituras, orquestras e ouvintes viessem a desaparecer para sempre (DARTIGUES, 1992, p. 14).

Essa forma de se pensar e conduzir a pesquisa apresenta em si a questão da subjetividade na fenomenologia.

Ela [a subjetividade] é essencial, pois nada é objetivo que não tenha sido subjetivo. A subjetividade é que permite alcançar objetividade. Assim, quando uma trajetória é percorrida, graus de objetividade serão alcançados. (...) é na intersubjetividade que se obtém uma reflexão mais precisa sobre o fenômeno (MARTINS et al., 1990, p. 41,42).

Tanto o sujeito quanto o fenômeno estudado estão no mundo-vida com outros sujeitos, que também percebem e vivenciam os fenômenos. Sujeitos que participam de experiências vividas em comum, compartilham entendimentos, interpretações, comunicações, estabelecendo-se, assim, a esfera da intersubjetividade:

Um dos caminhos propostos de intersubjetividade tem sido considerar que, quando falamos de um sujeito, não estamos pensando em um sujeito como ente empírico, mas como sujeito puro, transcendente, um sujeito geral. Outra via de intersubjetividade está representada no reconhecimento explícito de que não existem diferenças substanciais entre o subjetivo e o objetivo, que ambas são expressões de uma mesma realidade (TRIVIÑOS, 2002, p. 43).

4.2 Definindo o processo de redução fenomenológica

Obtida a descrição dos sujeitos da investigação, o pesquisador deve proceder à sua análise. Entretanto, para tal, não existe um procedimento único, pronto, pré-estabelecido a ser rigorosamente seguido pelo pesquisador. Existem, no entanto, trajetórias que podem revelar caminhos a serem seguidos adequadamente na busca da compreensão do fenômeno.

Martins (1992) apresenta e descreve três momentos da trajetória fenomenológica: a *descrição*, a *redução* e a *compreensão*.

4.2.1 A descrição fenomenológica

A descrição fenomenológica compõe-se de três elementos: a percepção, a consciência que se dirige para o mundo-vida e o sujeito que se vê capaz de experimentar o corpo-vivido por meio da experiência.

A percepção, operação pela qual o cérebro capta o mundo exterior por meio dos cinco sentidos, determinando nossa relação frente às diversas áreas da vida, foi muito bem teorizada pelo pensador norte-americano Charles Sanders Peirce (1839 - 1914).

Para Peirce (1958), a percepção está determinada por três componentes interdependentes, mas não irreduzíveis: o percepto, o *percipuum* e o julgamento de percepção. Para entender o percepto, é necessário recorrer àquilo que está fora de nós e que, ao se apresentar por meio de um ato perceptivo, só pode ser entendido pela mediação de um julgamento de percepção.

Nada podemos saber sobre o percepto a não ser pelo testemunho do julgamento de percepção, exceto o fato de que nós sentimos o golpe do percepto, a reação dele contra nós, assim como vemos os conteúdos dele arranjados num objeto, na sua totalidade – excetuando-se também certamente o que os psicólogos são capazes de extrair inferencialmente. Mas, no momento em que fixamos nossa mente sobre ele e pensamos sobre o menor detalhe dele, é o julgamento perceptivo que nos diz o que nós assim percebemos. Por esta e outras razões, proponho considerar o percepto, tal como ele é imediatamente interpretado no julgamento de percepção, sob o nome de *percipuum* (PEIRCE, v. 7, parágrafo 643).

A citação mencionada nos dá uma ideia geral da tríade perceptiva. Podemos concluir que o percepto é um elemento insistente de algo que está externo a nós e que não podemos evitar, porque o nosso aparelho sensorial sempre está pronto para captá-lo, motivo pelo qual o percepto age sobre nós independentemente de nossa vontade. Porém, ao atingir nossos sentidos, ele é convertido em *percipuum*, que nada mais é do que o percepto dentro dos limites que *nossos sensores lhe impõem* (SANTAELLA, 1998, p. 52). No processo perceptivo, como o *percipuum* age independentemente do nosso autocontrole, assim que aflui em nós, é imediatamente colhido pelos esquemas interpretativos, ou seja, pelos julgamentos de percepção.

Uma das conclusões a que Peirce chegou ao elaborar a tríade perceptiva é que só percebemos aquilo que estamos aptos a perceber. Portanto, “as operações mentais envolvidas

na formação de um julgamento perceptivo estão fora do nosso domínio” (SANTAELLA, 1998, p. 52) e são apenas inferências lógicas.

Desse modo, gostaríamos de ressaltar que, antes de qualquer forma estar na mente, ela deve passar por um juízo perceptivo. Além disso, o próprio ato perceptivo demanda uma interpretação, que caberá ao investigador/pesquisador fazer.

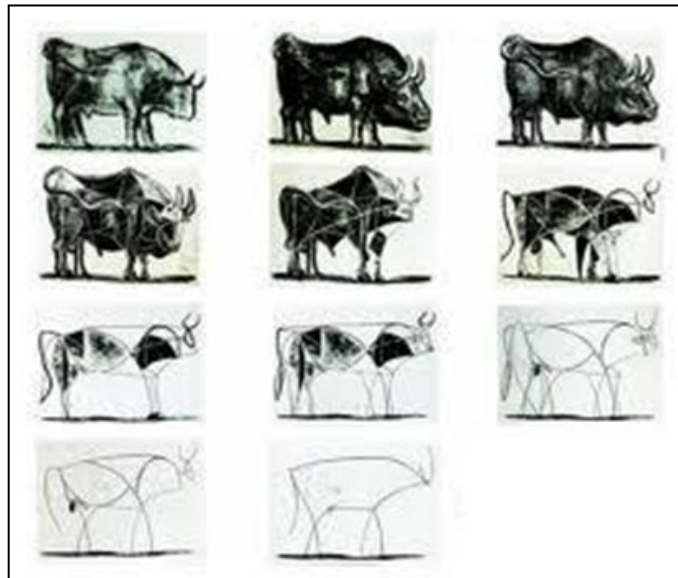
4.2.2 A redução fenomenológica

A redução fenomenológica é o momento em que são selecionadas, por intermédio da variação imaginativa, as partes essenciais da descrição do sujeito interrogado. Nesse processo de redução, aos poucos, os discursos vão sendo apreendidos em suas totalidades. De cada resposta, lida e relida com a atenção necessária, são excluídos os trechos de *discurso ingênuo*, aqueles que comportam visíveis traços não essenciais (NEVES, 2005). Dessa exclusão, afirma o autor que nascem as *unidades de significado* iniciais – trechos dos discursos que podem revelar a essência do fenômeno em questão.

Uma unidade de significado, em geral, é uma parte da transcrição cujas frases relacionam-se umas as outras para indicarem momentos distinguíveis. O tema de uma unidade pode, algumas vezes, ser denominado ou diferencialmente indicado numa única sentença após haver feito a descrição por inteiro (MARTINS, 1990, p. 44).

Um bom exemplo de redução é apresentado por Neves (2005), ao fazer um paralelo com a obra de Pablo Picasso, *As metamorfoses de um touro* (1945). Na obra, as primeiras figuras ilustram touros de grande porte, desenhados com uma incrível riqueza de detalhes, quase como um retrato fotográfico. Na sequência, a redução vai aparecendo. O touro robusto vai se transformando em simples rabiscos, mas que, ao final, ainda figuram um touro: nosso touro essencial.

Figura 16 – *As metamorfoses de um touro* (1945) de Pablo Picasso.



Fonte: Adaptado de <http://oficinasdeindividuacao.blogspot.com.br/2011/02/25-o-boi-e-arte-picasso-e-o-boi.html>

Nesta figura, aparecem onze ilustrações de touros. As quatro primeiras têm uma grande riqueza de detalhes, assemelhando-se a retratos fotográficos. Nas quatro seguintes, o touro vai perdendo detalhes, mas ainda há preenchimento de cor. Nas três últimas, há apenas traços, sem preenchimento, mas o touro ainda apresenta um tronco robusto, quatro patas, rabo e chifres. Ou seja, mesmo sem detalhes, ele ainda é um touro.

Nesse sentido, é possível afirmar que

[...] o conceito da redução fenomenológica (...) não é exclusão do verdadeiramente transcendente, mas exclusão do transcendente em geral com de uma existência a admitir, isto é, de tudo que não é dado evidente no sentido genuíno, dado absoluto do ver puro. Mas, naturalmente, mantém-se tudo o que dissemos: ficam excluídas e aceitam-se só como fenômenos as vigências ou as realidades, etc., derivadas nas ciências por indução ou dedução a partir de hipóteses, fatos ou axiomas; e fica igualmente em suspenso todo o recurso a qualquer saber, a qualquer conhecimento: a investigação deve manter-se no puro ver [...] (HUSSERL, 1986, p. 29).

4.2.3 A compreensão fenomenológica

Depois do processo de redução fenomenológica, por meio do qual serão extraídas as unidades significativas dos discursos, há mais três etapas: a *compreensão da situação relatada na unidade*, a *compreensão ideográfica* e, por fim, a *compreensão nomotética*. A primeira se caracteriza por uma transformação das expressões usadas pelos sujeitos investigados em uma linguagem psicológica, fazendo uso da reflexão e da variação imaginativa. A etapa seguinte resgata, de cada conjunto de unidades, uma inteligibilidade do indivíduo, ou seja, caracteriza o ser em sua unidade mais básica e essencial. Por fim, procura-se chegar a categorias, a convergências que deem um caráter geral às questões.

A compreensão fenomenológica, conforme Martins (1992), ocorre simultaneamente à interpretação. É, dessa forma, o momento em que se pretende obter o significado essencial na descrição e na redução.

O método fenomenológico constituiu-se como o referencial metodológico da presente pesquisa, uma vez que a análise das falas dos três sujeitos foi feita à luz da Fenomenologia. No capítulo seguinte, o método fenomenológico será descrito com mais detalhes, clareando ao leitor como a análise de cada sujeito foi efetuada.

CAPÍTULO 5

Percurso metodológico

5.1 Pesquisa qualitativa

Nos últimos anos, métodos qualitativos de pesquisa têm sido reconhecidamente utilizados em situações em que se pretende estudar, analisar e compreender fenômenos envolvendo seres humanos e suas relações sociais. Tal método possui características específicas que o identificam.

Uma das características da pesquisa qualitativa é o fato de o pesquisador buscar entender os fenômenos, partindo do discurso dos sujeitos investigados. É a partir daí que ele inicia sua interpretação dos fatos. Segundo Godoy (1995), “um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte” (GODOY, 1995, p. 21). Para isso, o pesquisador deve mergulhar na realidade do sujeito e “captar o fenômeno em estudo a partir da perspectiva das pessoas nele envolvidas, considerando todos os pontos de vista relevantes” (GODOY, 1995, p. 21).

Neves (1996) aponta que a pesquisa qualitativa “costuma ser direcionada ao longo de seu desenvolvimento”. Por aprovar tal flexibilidade, a investigação qualitativa não admite regras e procedimentos muito precisos e estruturados. Isso não quer dizer que o pesquisador deva iniciar sua investigação às cegas, mas sim que não há problemas se houver modificações nas questões iniciais ou nos procedimentos metodológicos, já que o foco da pesquisa vai sendo ajustado ao longo do processo.

A investigação qualitativa pode ser trilhada por diferentes caminhos. Dentre eles, os mais conhecidos e utilizados são, de acordo com Godoy (1995), a pesquisa documental, o estudo de caso e a etnografia.

Para realizar uma investigação qualitativa, o pesquisador pode se utilizar de uma grande variedade de procedimentos e instrumentos de coleta de dados. Dentre elas, destacam-se a observação e a entrevista. Alves-Mazzotti & Gewandsznajder (1998) apontam algumas vantagens atribuídas à observação, tais como: a) ser independente do nível de conhecimento dos sujeitos participantes; b) permitir conferir a sinceridade de algumas respostas; c) permitir identificar comportamentos inconscientes, explorando temas que os sujeitos talvez não se

sintam à vontade para discutir e d) proporcionar o registro de comportamentos em um contexto temporal-espacial.

As observações podem ser de dois tipos: estruturada e não estruturada, sendo que a segunda se qualifica como o tipo característico da investigação qualitativa. De acordo com Alves-Mazzotti & Gewandszajder (1998), na observação não estruturada, “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 numa dada situação” (ALVES-MAZZOTTI & GEWANDSZNAJDER, 1998, p. 166).

Uma das técnicas mais utilizadas nesse tipo de observação é a observação participante, em que o pesquisador se torna parte da investigação, interagindo com os sujeitos. Mas para que isso ocorra, são exigidas do observador participante algumas habilidades bem específicas. Dentre elas, segundo Alves-Mazzotti & Gewandszajder (1998), podemos destacar: a) a capacidade de estabelecer uma relação de confiança com os sujeitos investigados; b) ter habilidade e sensibilidade para lidar com pessoas; c) ser um bom ouvinte; d) conseguir estruturar boas perguntas; e) conhecer profundamente as questões investigadas; f) ser flexível e capaz de se adaptar a situações inesperadas e g) não ter pressa para identificar padrões ou atribuir significado aos fenômenos investigados.

A entrevista pode ser tanto o instrumento principal de coleta de dados, como uma ferramenta auxiliar na observação participante. Independentemente de como ela é utilizada, permite abordar temas que dificilmente poderiam ser tratados e investigados de forma adequada por meio de um questionário. Utilizando-se da entrevista, o pesquisador pode explorar assuntos complexos de forma mais aprofundada.

De forma geral, “as entrevistas qualitativas são muito pouco estruturadas, sem um fraseamento e uma ordem rigidamente estabelecidos para as perguntas, assemelhando-se muito a uma conversa” (ALVES-MAZZOTTI & GEWANDSZNAJDER, 1998, p. 168). Normalmente, o interesse do pesquisador está em compreender o significado que os sujeitos atribuem aos fenômenos que estão sendo investigados.

Na literatura, são apresentados variados tipos de entrevista, como as não estruturadas, as semiestruturadas, a história oral, a história de vida, dentre outras. As que mais se encaixam aos objetivos do presente trabalho são as semiestruturadas. Em tal modalidade de entrevista, o

investigador faz questionamentos específicos, mas deixando que o sujeito investigado responda com os próprios termos.

Para o presente trabalho, fizemos uso, para a coleta de dados, da observação participante, por já estarmos em contato há tempos com os sujeitos, e da entrevista semiestruturada. Para isso, adotamos questões norteadoras para cada tema a ser discutido, mas demos a liberdade ao sujeito para que fizesse os próprios questionamentos e reflexões durante as entrevistas.

5.2 Procedimentos para análise dos dados

A análise das falas dos alunos com deficiência visual foi feita, utilizando o método fenomenológico de análise, proposto por Edmund Husserl. Na sequência, serão tecidas algumas considerações sobre o referido método, para que fique claro ao leitor como se caracterizou a análise das falas dos sujeitos com deficiência visual.

5.2.1 O método fenomenológico

Uma vez apontadas as bases gerais da fenomenologia clássica, podemos tecer algumas considerações acerca da fenomenologia como alternativa metodológica de pesquisa, isto é, a utilização do método fenomenológico em pesquisas.

Nesse sentido, apontam Martins et al. (1990), “a questão básica é a proposição da fenomenologia como método alternativo de pesquisa, entendendo aqui a palavra alternativa no seu sentido verdadeiro, ou seja, não se pode pretender que este seja o único método. (...) Trata-se de um caminho selecionado pelo pesquisador e que tem significado para ele” (MARTINS et al., 1990, p. 39). Ainda para Martins (1992), o método fenomenológico busca a compreensão do fenômeno interrogado, não se preocupando com explicações ou generalizações. O pesquisador não parte de um problema específico, mas conduz sua pesquisa a partir de um questionamento, de uma indagação acerca de um fenômeno, o qual precisa ser situado, ou seja, estar sendo vivenciado pelo sujeito.

Do ponto de vista epistemológico, o método fenomenológico é contrário às ideias que isolam o sujeito ou o objeto para o desenvolvimento de estudos, concebendo-os como correlacionados. Há, portanto, o entendimento de que, em uma relação entre sujeito e objeto, um não pode existir sem o outro.

Para pôr em prática o método fenomenológico, segundo Martins e Bicudo (1989), é necessário, frente ao fenômeno investigado, que o pesquisador assuma uma atitude radical, colocando entre parênteses ou em suspensão o mundo natural. A crença na realidade do mundo natural e todas as proposições que dessa crença possam ter origem devem ser colocadas entre parênteses por meio da chamada *epoché fenomenológica*. Para Martins et al. (1990), a *epoché* significa suspender, diante do fenômeno, as crenças referentes ao mundo natural. Significa que o pesquisador deve deixar de olhar o fenômeno de uma forma comum, abandonando os preconceitos e pressupostos em relação àquilo que está interrogando.

Na *epoché*, o pesquisador precisa se afastar o quanto puder dos seus dados, para tentar olhá-los “de fora”, não no sentido de negar o mundo ou as experiências, mas sim de refleti-los e questioná-los da maneira adequada. Isso possibilita o emergir do sentido de fatos que não tinham sido antes propriamente observados e analisados. Por meio da *epoché*, então, apresenta-se um novo sentido à atitude natural (ou senso comum).

Depois de colocar o fenômeno entre parênteses, o pesquisador iniciará as descrições das experiências dos sujeitos da pesquisa. Pelo fato de o pesquisador não saber o que se passa na cabeça do sujeito, é preciso que o sujeito o faça. Para tal, ele se utiliza da *descrição*. A descrição se dá, de acordo com Martins et al. (1990), “na experiência do sujeito que está experienciando aquela situação. É dessa maneira que o fenômeno situado se ilumina e se desvela para o pesquisador” (MARTINS et al., 1990, p. 43). A descrição da experiência por quem vivencia um fenômeno é um caminho para a compreensão dele, e a linguagem é uma das formas que se abrem para essa compreensão.

O pesquisador fenomenológico não parte de teorias; não que elas não estejam presentes, mas o pesquisador deve evitar que elas o influenciem. Para Martins et al. (1990), a pesquisa fenomenológica interroga fenômenos, e não fatos, e envolve um pensamento anterior daquilo que está sendo investigado/interrogado. É por meio de suas experiências que é possível ao pesquisador interrogar o mundo que o circunda em busca da compreensão do fenômeno.

5.3 A pesquisa e suas etapas

A presente pesquisa foi desenvolvida com três alunos com deficiência visual, que já frequentaram, ou ainda frequentam, o Centro de Atendimento Especializado para Deficientes Visuais (CAEDV). A base empírica da investigação constitui-se de duas etapas: a primeira

constou de entrevistas semiestruturadas e individuais com os sujeitos em busca das ideias alternativas dos mesmos acerca de fenômenos relacionados à óptica física e geométrica; a segunda caracterizou-se pelo uso de maquetes tátil-visuais como instrumentos para a apresentação e discussão dos conceitos físicos abordados nas entrevistas da primeira etapa.

As questões das entrevistas versavam sobre conteúdos de óptica, como a propagação da luz, como se dá o processo de visão, reflexão regular, refração e lentes esféricas. As questões têm por finalidade, segundo Neves et al. (2001), fazer com que o aluno recorra a experiências ou conhecimentos precedentes para que se possa estudar suas ideias acerca dos fenômenos de uma forma dependente desses conhecimentos e experiências. O maior objetivo das entrevistas era incitar nos alunos um processo de reflexão, visto que as questões não abriam espaço para respostas como “sim” ou “não”.

Antes que se realizasse a segunda etapa da pesquisa, foi feita uma leitura interpretativa das entrevistas, com o intuito de identificar as concepções mais espontâneas e iniciais dos alunos. Além disso, o resultado dessa leitura interpretativa nos forneceu subsídios para traçarmos o plano de aplicação das maquetes, no sentido de compreendermos o que o aluno já sabe e, assim, sabermos qual caminho trilhar, ao fazer uso das maquetes.

Feito isso, foi realizada a segunda etapa, que se constituiu no uso das maquetes supracitadas como instrumento para apresentação dos conceitos físicos abordados nas entrevistas da primeira etapa. O principal objetivo dessa segunda etapa foi retomar os conceitos abordados na entrevista para, numa cooperação pesquisador-pesquisado, chegar às concepções científicas dos fenômenos. Para que isso fosse possível, a pesquisadora foi “guiando” o sujeito em uma sequência de questões e reflexões.

O presente trabalho contou com o uso de nove maquetes táteis, cada uma abordando um conteúdo específico de óptica. As maquetes de ocorrência da visão, de raios e feixes de luz, de reflexão regular e de refração foram retiradas de Camargo et al. (2008), enquanto que as maquetes de lentes esféricas foram retiradas de Camargo (2011).

As quatro maquetes correspondentes à ocorrência da visão foram utilizadas para a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre como se dá a visão. Tais maquetes continham uma placa representando o modelo científico atualmente aceito para a ocorrência da visão e mais três placas com modelos alternativos, incluindo alguns encontrados na história

da óptica. Para que se identificassem as concepções dos alunos, estes deveriam apontar qual das quatro maquetes ilustrava melhor sua concepção de ocorrência da visão.

A maquete com os raios e feixes de luz foi proposta com o objetivo de ilustrar como a luz se propaga e facilitar o entendimento de maquetes posteriores, como a de reflexão, a de refração e a de lentes esféricas. Isso porque saber que os raios de luz se propagam de forma linear é fundamental para o entendimento de comportamentos geométricos.

As maquetes sobre reflexão regular, refração e lentes esféricas foram idealizadas com o objetivo de ilustrar tais fenômenos, possibilitando que os alunos com deficiência visual percebessem as estruturas formadoras desses fenômenos, como as posições dos raios de luz em cada maquete, o formato das lentes esféricas, como deve ser uma superfície para que a reflexão seja dita regular, entre outros.

5.3.1 O ambiente

O ambiente de investigação se constitui em uma sala de aula de um colégio de médio porte da rede estadual de ensino da cidade de Maringá - PR. Essa escola abriga, há mais de 15 anos, o Centro de Atendimento Especializado para Deficientes Visuais (CAEDV), que tem como finalidade atender às necessidades educacionais dos alunos com tal deficiência, disponibilizando livros em braile, materiais em alto relevo e mais alguns instrumentos utilizados pelo aluno cego, como o soroban (calculadora para cegos), o geoplano (que consiste em uma placa de metal com alguns orifícios, nos quais podem ser encaixados pinos, permitindo, dessa forma, com a ajuda de elásticos comuns usados em maços de dinheiro, que se formem retas e polígonos), dentre outros.

Meu primeiro contato com os alunos e a professora do CAEDV foi quando eu ainda estava na graduação. Nesse período, eu participava do Programa de Educação Tutorial (PET) do curso de Física da Universidade Estadual de Maringá, sendo um dos quatro petianos a reiniciar o projeto “Ensino de Física para Portadores de Necessidades Especiais Visuais” (EF-PNEV) (nome dado ao projeto em 1998). Participei do projeto entre os anos de 2008 e 2010, só deixando de atuar quando me graduei, em 2010. Por ter passado tanto tempo em contato com os alunos do CAEDV, me senti à vontade para utilizar a observação participante e a entrevista semiestruturada como métodos de coleta de dados, visto que eu tinha uma relação muito próxima e amigável com os alunos.

5.3.2 Os sujeitos

Os sujeitos da pesquisa eram bem distintos em se tratando de idade, escolaridade e tipo de cegueira. Vale destacar que, com relação à cegueira deles, ela poderia ser total ou parcial e de nascença ou adquirida. Os três sujeitos tinham em comum o fato de serem todos do sexo masculino e a cegueira dos três se caracterizar como total.

O primeiro sujeito, denominado aqui S_1 , cursava o nono ano do Ensino Fundamental e tinha apenas 14 anos. Por esse motivo, nunca havia tido contato formal com conhecimentos físicos, como na disciplina de Física, nem ouvira falar sobre o ramo da Óptica. Com relação ao tipo de cegueira, S_1 nos disse que perdera a visão por ter ficado muito tempo na incubadora. Dessa forma, podemos classificá-lo como cego de nascença. Além disso, S_1 acrescentou que não enxerga absolutamente nada, nem vultos, nem claridade, o que podemos considerar como cegueira total. Cabe destacar que S_1 frequenta o CAEDV desde seus primeiros anos e tem cursado todo o Ensino Fundamental na rede pública de ensino.

O segundo sujeito, denominado aqui S_2 , havia concluído o Ensino Médio no ano de 2011 e tinha 18 anos. Dessa forma, já havia tido contato tanto com a disciplina de Física quanto com o ramo da Óptica. Com relação ao tipo de cegueira, S_2 nos contou que perdera a visão após uma cirurgia mal sucedida de catarata, quando tinha apenas 5 anos de idade. A partir disso, S_2 ficou com a visão totalmente comprometida, não tendo nenhuma percepção de luz. Podemos, então, classificar sua cegueira como total e adquirida. A partir do momento em que S_2 não mais percebia a luz, ele passou a frequentar o CAEDV.

O terceiro sujeito, denominado aqui S_3 , encontrava-se cursando o primeiro ano de graduação em História pela Universidade Estadual de Maringá e tinha 46 anos. Ele nos contou que cursou o ensino regular até o 5º ano, mas, por conta de uma doença que afetava sua visão, teve de largar os estudos. Com 30 anos de idade, S_3 resolveu que voltaria a estudar, pois sonhava em terminar o Ensino Médio. Nessa época, cursou o Ensino Fundamental e o Ensino Médio em um Centro Estadual de Educação Básica para Jovens e Adultos (CEEBJA) e passou a frequentar o CAEDV. S_3 nos disse que aprendeu o braile e a utilizar a bengala de auxílio antes de perder a visão completamente, o que aconteceu quando ele tinha aproximadamente 39 anos. S_3 , então, já havia tido contato tanto com a disciplina de Física quanto com o ramo da Óptica, assim como S_2 . Com relação ao tipo de cegueira, S_3 nos contou que foi perdendo a visão gradualmente, por efeitos de uma doença denominada retinose pigmentar. S_3 ainda tem uma parca percepção da luz, mas nos disse que, com o passar dos

anos e o desenvolvimento da doença, ele não mais terá essa percepção. Portanto, podemos classificar sua cegueira como total, com pouca percepção de luz, e adquirida.

5.3.3 Caracterizando a investigação – primeiros passos

Depois de ter deixado de atuar no projeto EF-PNEV do PET-Física, em 2010, retornei ao CAEDV em meados de 2011, com o intuito de conversar com a professora responsável sobre a realização da pesquisa com os alunos. Tivemos uma conversa informal, em que destaquei os objetivos da pesquisa e questionei sobre os alunos que eu teria à disposição. Dentre todos os alunos que havia, que não eram muitos, optei por selecionar alguns que possuísem níveis de escolaridade diferentes. Dessa forma, eu teria em mãos concepções mais ou menos elaboradas, dependendo do nível de escolaridade de cada aluno.

Definidos os alunos que participariam da pesquisa, começamos a trabalhar na elaboração dos instrumentos de coleta de dados. A utilização de maquetes táteis, de acordo com Camargo (2011), é uma alternativa viável para a veiculação de significados vinculados às representações visuais. Com base nessa alternativa, nove maquetes foram construídas, maquetes estas que envolviam conceitos de óptica, como raio e feixes de luz, reflexão, refração, lentes e como se dá o processo da visão.

As entrevistas foram pensadas no sentido de elaborar questões que fizessem com que o aluno refletisse ao responder, visto que as questões não permitiam respostas como “sim” e “não”. Quando perguntamos ao estudante “o que é a luz?”, por exemplo, esperávamos que ele discorresse sobre a luz, pois é a partir das informações obtidas que poderíamos verificar o que o estudante pensava e, dessa forma, conduzir a entrevista. Portanto, mais importante que uma resposta objetiva do estudante, é perceber as informações secundárias que ele pode nos dar em uma conversa menos formal.

Por se caracterizarem como entrevistas semiestruturadas, as questões não eram fechadas, como as de um questionário, e sim norteadoras. Ou seja, eram questões centrais que remetiam o aluno a alguns conceitos e que permitiam que outras perguntas, relacionadas com o assunto, fossem feitas, dependendo do rumo que a entrevista tomava.

As entrevistas individuais eram formadas por quatro questões norteadoras que respeitavam uma linha de pensamento linear, cada uma com um objetivo específico. As questões e seus objetivos foram os seguintes:

1. O que você acha que é a luz?

A primeira questão tinha como objetivo identificar qual(is) concepção(ões) o aluno tinha a respeito da luz, se ele conhecia o significado de luz, se ele identificava o movimento da luz ou seu sentido de propagação. Questões como “você acha que a luz se movimenta?” e “como você acha que é esse movimento?” surgiram conforme as entrevistas foram se desenrolando.

2. Como você acha que ocorre o processo de visão?

A segunda questão tinha como objetivo investigar se os alunos tinham consciência dos elementos necessários para que o processo de visão ocorra e como se dá esse processo. Por exemplo, se eles tinham a noção de que é necessário ter três elementos: a luz, o objeto e o observador e que esses três elementos precisam interagir entre si de uma forma específica para que ocorra o processo de visão.

3. O que você acha que é um espelho?

A terceira questão tinha como objetivo identificar as concepções dos alunos com relação à reflexão regular. Questões como “o que você acha que acontece no espelho quando as pessoas olham para ele?” e “qual a diferença, tatilmente, entre um pedaço de espelho e um pedaço de vidro?” surgiram no decorrer da entrevista.

4. Você sabe por que as pessoas fazem uso de óculos?

A quarta e última questão norteadora tinha como objetivo investigar se os alunos tinham formado conceitos sobre lentes. O fato de questionarmos sobre óculos, e não especificamente sobre lentes, foi proposital, visto que, se perguntássemos diretamente “Você sabe para que serve uma lente?”, a maioria dos alunos responderia “não”, por achar que se trata apenas de um conteúdo da disciplina de Física. Dessa forma, achamos que seria mais produtivo se aproximássemos o aluno de questões de seu cotidiano e, a partir delas, chegássemos ao conteúdo de Óptica propriamente dito. Em face disso, questões como “você acha que há diferença entre enxergar com os óculos e sem eles?” e “por que você acha que há essa diferença?” surgiram conforme a entrevista foi se desenvolvendo.

Agora que já caracterizamos os sujeitos e o ambiente onde a pesquisa foi realizada, podemos nos ater à análise dos dados e seus aspectos.

A Fenomenologia é que deu suporte à análise, isto é, o método fenomenológico percorreu todo o processo de interpretação e apreciação das falas dos alunos. A essência fenomenológica, que nos guiou na apreensão das unidades de significados, e a subjetividade, que nos proporcionou uma reflexão mais precisa sobre o fenômeno, foram cruciais para que a análise das falas fosse realizada de maneira eficiente e satisfatória.

A redução fenomenológica, em que partimos da descrição do fenômeno pelo sujeito e extraímos as unidades de significado, caracteriza-se como um dos passos mais importantes, pois são essas unidades de significado que nos permitem identificar, de fato, a essência dos fenômenos contida, implícita ou explicitamente, nas falas dos sujeitos.

Cabe destacar que os autores que tiveram papel de destaque e deram suporte à investigação foram Husserl (1986) e Martins (1989, 1990, 1992).

Compreender e interpretar fenômenos, a partir de seus significados e seu contexto, são tarefas sempre presentes na investigação qualitativa. Vista por esse ângulo, a pesquisa qualitativa se encaixa muito bem na análise fenomenológica de dados, que, dentre muitas definições, pode ser caracterizada como uma reflexão sobre um fenômeno ou sobre aquilo que se mostra.

CAPÍTULO 6

Interpretação e Análise dos dados

6.1 Processo fenomenológico

A partir de leituras sucessivas de cada uma das respostas, inicia-se o trabalho principal da Fenomenologia: a *redução fenomenológica*. Esta, nas palavras de Neves (2005), citando a obra *A Ideia da Fenomenologia* de Husserl (1986), é empregada para a atribuição de um índice zero a todo transcendente. Ou seja, a redução é claridade, a compreensão da possibilidade do aprender, do fazer, do ser e do estar. Nesse processo de redução, aos poucos, os discursos vão sendo apreendidos em suas totalidades.

De cada resposta, lida e relida com a atenção necessária, são excluídos os trechos de “discurso ingênuo” (NEVES, 2005), aqueles que comportam visíveis traços não essenciais. Dessa exclusão, conclui Neves (2005), nascem as “unidades de significados” iniciais – “trechos dos discursos que podem revelar as essências do fenômeno em questão”. É a partir dessas unidades que as respostas serão analisadas.

De acordo com Neves (2005), depois do processo de redução fenomenológica, por meio do qual serão extraídas as unidades significativas do discurso, há mais três etapas: a *compreensão da situação relatada na unidade*, a *compreensão ideográfica* e, por fim, a *compreensão nomotética*. A primeira se caracteriza por uma transformação das expressões usadas por S₂, no caso, em uma linguagem psicológica, fazendo uso da reflexão e da variação imaginativa. A etapa seguinte resgata de cada conjunto de unidades uma “inteligibilidade do indivíduo”, ou seja, caracteriza o ser em sua unidade mais básica e essencial. Por fim, procura-se chegar a categorias, a convergências que deem um caráter geral às questões.

6.2 Unidades significativas e compreensão ideográfica das respostas

Depois de discutir os principais aspectos da Fenomenologia e explicitar suas etapas, começaremos o processo de redução fenomenológica, em que as unidades significativas serão separadas do discurso ingênuo, delineando os perfis ideográficos dos sujeitos.

Vale destacar que, na sequência, P refere-se à pesquisadora, S1 ao Sujeito 1, S2 ao Sujeito 2 e S3 ao Sujeito 3.

6.2.1 Unidades significativas e compreensão ideográfica das respostas do Sujeito 1 (S₁)

Unidade 1

“P: O que você acha que é a luz?”

“S₁: Ah, a luz é o lugar né, que a gente acende às vezes, como eu posso explicar, pra gente enxergar, né, muitas vezes no escuro, e ajuda bastante também, né, pra enxergar muitas vezes também, né.”

O desafio de explicar o tratamento físico da luz para pessoas com deficiência visual configura-se como um dos mais sérios no ensino de Física. Isso porque a pessoa cega pode, sim, ter conhecimento sobre a luz, mas um conhecimento resultante de relações sociais, pelo fato de viver em uma sociedade formada majoritariamente por videntes. Ela não tem conhecimento empírico da luz, pois esse significado é indissociável de representações visuais. Pelo fato de tal conhecimento ser desse tipo, o aluno não tem como representá-lo, a não ser que o esquema de representação seja explicado por alguém com um instrumento tátil, como a maquete, por exemplo.

Deparamos, então, com uma questão de aspecto nitidamente social. Ao dizer que a “luz é um lugar que a gente acende”, S₁ mostra assimilar a luz com o interruptor de luz ou o ato de acender uma lâmpada. Cotidianamente, é uma concepção com muito sentido, visto que sempre dizemos “acenda/apague a luz” quando nos referimos às lâmpadas e coisas do tipo. Mas, fisicamente, essa noção é infundada, caracterizando-se como senso comum.

Além disso, a luz é interpretada em termos de sua fonte (“lugar que a gente acende”) ou reconhecida somente por seus efeitos (“pra gente enxergar (...) ajuda bastante”), e não como uma entidade física dotada de características próprias.

Unidade 2

“P: Porque você acha que é mais difícil enxergar no escuro?”

“S₁: Não sei como eu posso explicar bem, mais sei que é bem difícil, porque... é... é ruim enxergar sem clareza, vamos dizer assim.”

Como foi dito, o conhecimento empírico da luz e de suas características configura-se como significado indissociável de representações visuais. S₁ sabe que não se pode enxergar no escuro, mas não consegue explicar o porquê. Isso pode ser justificado pelo fato de ele

estar inserido em uma sociedade de videntes, ou seja, ele socializa com esses sujeitos e assimila significados por eles expressos, tomando para si conceitos formados por outras pessoas.

Além disso, S₁ parece compreender a necessidade da luz para a ocorrência do processo de visão. Ao dizer que “é ruim enxergar sem clareza”, o aluno atribui à luz papel de destaque nesse processo.

Unidade 3

“P: E o que você acha que acontece quando as pessoas olham num espelho? O que elas enxergam quando elas olham pra um espelho?”

“S₁: Por exemplo, como eu disse aí, elas olham pra se enxergar, elas enxergam, por exemplo, a beleza delas, né, se elas estão bonitas. Ajuda a enxergar tudo isso que tá precisando.”

Ao ser questionado sobre o que as pessoas enxergam ao se olharem em um espelho, S₁ afirma que elas enxergam “a beleza delas”. O aluno cego pode ter acesso às características ópticas de um espelho e a todas as equações referentes à reflexão regular, mas o processo de reflexão, ou seja, ver a própria imagem refletida no espelho caracteriza-se como significado indissociável de representações visuais. Isto é, esse processo empírico é inacessível ao sujeito com deficiência visual.

Além disso, S₁ parece não conhecer o fato de que o espelho reflete, além da imagem de quem se vê, o ambiente. Isso nos remete a uma concepção muito encontrada nas pesquisas relacionadas às concepções de óptica. Tal concepção é de que o espelho reflete apenas o que está na frente dele, isto é, os alunos não levam em consideração que o espelho refletirá tudo o que estiver no ambiente. A apresentação de tal concepção pelo aluno talvez ocorra pelo fato de as pessoas não comentarem que o ambiente também é refletido pelo espelho. Se os sujeitos que socializam com a pessoa cega não expressam um significado indissociável, não há meios de a pessoa cega assimilá-lo.

Dessa forma, o fato de o aluno mencionar que as pessoas utilizam o espelho para verificar se estão bonitas e não expressar, em momento algum, a reflexão do ambiente, reflete a influência do aspecto social sobre as concepções de S₁.

Unidade 4

“P: Então qual você acha que é a diferença entre um pedaço de espelho e um pedaço de vidro? Você acha que tem alguma diferença, que não tem?”

“S₁: Ah, é tudo meio igual.”

Aqui, regressamos à questão de o processo empírico da reflexão regular ser indissociável de representações visuais. Ao ser questionado sobre a diferença entre um pedaço de vidro e um pedaço de espelho, o aluno responde não perceber diferença. Isso porque, tatilmente, a superfície de um espelho e a superfície de um vidro qualquer, desde que liso, são muitíssimo semelhantes: polidas, lisas.

Unidade 5

“P: E por que você acha que as pessoas usam óculos?”

“S₁: Muitas vezes quem enxerga pouco sem o óculos, coloca e melhora bem a visão, né.”

(...)

“P: Tá, mas que parte do óculos você acha que faz essa diferença?”

“S₁: Ali onde coloca no olho, ali. Aquela parte da perna onde tampa o olho aqui [põe a mão sobre o olho]. E o vidrinho.”

“P: É isso mesmo. E você tem ideia de como funciona essa lente?”

“S₁: Tem vários graus da pessoa, né, cada grau... você vai lá na ótica, vê os graus que você enxerga melhor e aí você vai lá, faz seu óculos... o grau que você tá enxergando melhor né, e daí consegue... ajuda a gente a ver perfeitamente.”

Aqui S₁ demonstra conhecer a função dos óculos, ou seja, ele compreende que os óculos são utilizados para correção de possíveis defeitos na visão. Além disso, o aluno tem conhecimento de que são as lentes as responsáveis por produzir o efeito de “enxergar melhor”, como o próprio sujeito diz. Estes também são significados indissociáveis de representações visuais, portanto, o aspecto social influencia nas concepções de S₁.

S₁, apesar de superficialmente, esboça o funcionamento das lentes de forma correta. Ao dizer que, indo à ótica e aferindo os graus que proporcionem uma visão melhorada, a pessoa enxergará perfeitamente, S₁ nos apresenta a própria explicação para o funcionamento das lentes.

Dessa forma, podemos dizer que o aluno apresenta concepções em nível imediato de percepção. Ou seja, S₁ conhece o fenômeno, apresenta concepções corretas sobre ele, mas sem profundidade.

Unidade 6

“P: E você acha que o óculos faz o que? Que ele aumenta, que ele diminui, ele traz mais pra perto, ele deixa o objeto mais longe, o que que ele faz? O que você acha que o óculos faz?”

“S₁: Ah, ele ajuda a ter uma visão mais longa também, né. Muitas vezes você não consegue enxergar bem, né, ou que tá meio longe, por exemplo, aí coloca o óculos e ajuda.”

Nesse trecho, S₁ mostra, novamente, conhecer o funcionamento e as características de lentes. Mas, pelo fato de ter dito apenas que os óculos ajudam a ter uma visão mais longa e ajudam a enxergar o que está mais longe, referindo-se apenas à miopia, S₁ provavelmente convive com pessoas que sejam míopes. Isso nos diz que o aluno tem um conhecimento influenciado pelo aspecto social, visto que nada foi dito sobre a hipermetropia, o astigmatismo ou a presbiopia.

Portanto, o aluno apresenta interpretações corretas, mas superficiais sobre o assunto, não se aprofundando em nenhuma questão.

Unidade 7

“P: Eu te apresentei quatro maquetes diferentes. Eu vou distribuir as quatro aqui na mesa, caso você queira voltar e tocar alguma delas, e eu quero que você escolha a que melhor ilustre, no seu entender de processo de visão... [interrupção].”

“S₁: Ah, todas.”

Ao lhe ser sugerido que escolhesse uma das quatro maquetes apresentadas, o aluno afirmou que todas elas ilustravam de forma satisfatória o processo de visão. Podemos inferir dessa afirmação dois entendimentos: ou S₁ não compreendeu as maquetes, não podendo, assim, escolher qual se assemelhava mais às suas concepções ou ele não tem bem fundamentada uma concepção do processo de visão.

O primeiro caso seria justificado se as maquetes não estivessem muito bem formuladas ou bem executadas. Nesse caso, a percepção tátil do aluno seria alterada, não lhe proporcionando escolher uma entre as quatro maquetes apresentadas.

Já no segundo caso, muitos fatores poderiam influenciar tal justificativa. Pelo fato de as maquetes serem diferentes umas das outras, não havia meios de S_1 escolher mais de uma. Ele poderia ficar em dúvida entre uma e outra, mas dizer que as quatro satisfazem plenamente sua escolha não é uma resposta cabível. Por exemplo, a maquete 3 é a única que exclui totalmente a luz do processo. Caso essa maquete fosse escolhida, nenhuma outra poderia ser, já que, ao escolhê-la, o sujeito assume que a luz não faz parte do processo de visão.

Dessa forma, podemos afirmar que, ou o aluno não assimilou as maquetes, ou ele simplesmente não tem concepções formadas a respeito do processo de ocorrência da visão.

Unidade 8

“ S_1 : É... eu acho que vai ser escolhida ou a 2 ou a primeira.”

“P: (...) E por que você acha que é ou a primeira ou a segunda?”

“ S_1 : Porque elas ilustram melhor, eu acho.”

“P: E por que ilustram melhor?”

“ S_1 : Porque tá mais perto, mostrando bem a luz.”

Ao contrário do que o aluno havia afirmado, de que todas as maquetes ilustravam bem o processo de visão, após uma explicação mais detalhada de cada maquete, S_1 sugeriu que estaria em dúvida entre as maquetes 1 e 2.

Apesar do avanço notável, o aluno não conseguiu se expressar muito bem, ao ser questionado sobre o motivo de sua escolha. A primeira e a segunda maquetes, apesar de parecerem semelhantes, esboçam dois modelos muito diferentes de ocorrência da visão. A primeira ilustra o modelo científico, em que a luz atinge o objeto, é refletida e chega aos olhos do observador. A segunda ilustra o modelo conhecido como “pitagórico” ou “dos raios visuais” (ANDRADE, 1995). Nesse modelo, a luz tem a função específica de iluminar o objeto, mas existe uma ligação entre o observador e o objeto, em que ao observador é dada a responsabilidade de “ir buscar” o objeto. Isso nos remete ao antigo pensamento grego de que a luz saía dos olhos do observador e viajava na direção do objeto.

Por conta disso, S_1 não parece ter conhecimento sobre os modelos de ocorrência da visão, não apresentando ainda concepções a respeito.

Unidade 9

“S₁: Eu vou escolher a quatro.”

“P: Tá. Por quê?”

“S₁: Porque ela tá mais completa, mostrando todos os detalhes. O Sol tá iluminando o homem, certinho. Tá mostrando mais detalhes, eu acho.”

Após apresentações mais detalhadas de cada maquete e uma posterior discussão acerca dos elementos envolvidos em cada uma, S₁ escolheu a maquete 4. Essa maquete apresenta o modelo denominado “banho de luz” (ANDRADE, 1995). Nesse modelo, a fonte luminosa, o objeto e o observador não estão inter-relacionados, mas imersos no mesmo espaço luminoso. A luz é entendida como um fluido estático, que ocupa todo o espaço e envolve todos os objetos presentes nesse meio, permitindo que sejam vistos pelo observador. Nesse modelo, não há relação entre o olho do observador e a luz que chega até ele (ALMEIDA, CRUZ & SOAVE, 2007).

Essa concepção do modelo de banho de luz é a mais encontrada em pesquisas sobre concepções de óptica (ANDRADE, 1995; ALMEIDA, CRUZ & SOAVE, 2007), mostrando que as concepções de S₁, apesar de não coincidirem com o modelo científico de ocorrência da visão, não destoam da maioria dos estudantes.

Unidade 10

“P: Tenho [hipermetropia]. O grau é bem baixo, mas eu tenho. O *cameraman*, ao contrário, tem problema pra enxergar de longe. Você acha que meus óculos tem a mesma lente que os dele?”

“S₁: Não.”

“P: Por quê?”

“S₁: Uma é pra perto e a outra é pra longe.”

Ao ser questionado sobre diferentes defeitos da visão e os tipos de lentes a serem utilizadas para a correção desses defeitos, S₁ demonstra conhecer o fato de lentes diferenciadas produzirem efeitos diferentes sobre o olho humano.

Novamente, S_1 , apesar de aparentar ter conhecimento sobre o assunto, faz interpretações superficiais dos fenômenos discutidos, apresentando concepções em nível imediato de percepção.

Unidade 11

“P: Imagine que eu tô aqui na salinha mesmo e coloco um espelho grande na minha frente. Você acha que no espelho eu vejo só a mim ou eu vejo também tudo o que está atrás de mim?”

“ S_1 : Se colocar só na frente do seu olho?”

“P: Não, vou colocar, por exemplo, ali na porta, atrás de você. Então, eu estou aqui e o espelho tá ali onde tá a porta. Você acha que nesse espelho vai aparecer só eu ou vai aparecer tudo que tem no ambiente? Tudo o que tá um pouco a frente de mim e tudo que tá atrás de mim.”

“ S_1 : Eu acho que um pouco do ambiente.”

“P: E que pouco você acha que seria esse? Você acha que seria só o tamanho do espelho? Você acha que teria um campo de visão maior? Você acha que ia refletir só o que tá na reta do espelho ou que ia abranger um pouco mais?”

“ S_1 : Ia refletir o que tá mais na reta do espelho.”

“P: Na reta do espelho?”

“ S_1 : Aham.”

Aqui, S_1 nos mostra ter formada, mesmo que superficialmente, a noção do conceito de campo de visão. Ao contrário do que é encontrado nas pesquisas relacionadas às concepções dos alunos sobre óptica, ou seja, que o espelho reflete apenas o objeto, S_1 nos apresentou uma concepção mais próxima da concepção científica de reflexão em espelhos planos. Sabemos que a imagem formada por um espelho plano não é somente do objeto em questão, mas também de parte do ambiente em que esse objeto está inserido, sendo reproduzida a distância que separa o objeto do espelho. E foi essa concepção que S_1 apresentou.

Pelo fato de conceitos como campo de visão e reflexão em espelhos planos se tratar de significados indissociáveis de representações visuais, podemos inferir que as concepções de

S₁ sobre tais conceitos foram influenciadas por aspectos sociais resultantes da sua convivência com pessoas que não possuem deficiência visual.

Unidade 12

“P: (...) Ele jogou o arpão na reta do peixe e errou. Passou por cima do peixe. O que você acha que aconteceu? Por que você acha que ele não conseguiu pegar o peixe? Não é porque ele não sabe pescar.”

“S₁: Ah, é porque ele errou a direção que ele tinha que jogar.”

(...)

“S₁: Ele não jogou errado, né?”

“P: Não, ele tacou certinho. Você acha que aconteceu alguma coisa? Você acha que o peixe tava naquele lugar que ele tinha visto mesmo?”

“S₁: Não, o peixe tinha ido pra outro lugar, por isso que ele não acertou.”

Nessa passagem, o aluno demonstra não ter conhecimento do processo de refração da luz. Primeiramente, sugere que o pescador jogara o arpão em uma direção que não fosse a do peixe. Ao ser dito que a direção estava correta, S₁ recorre ao peixe, isto é, diz que foi o peixe que se locomoveu enquanto o arpão era lançado pelo pescador.

É de se esperar que os alunos não tenham formado o conceito de refração da luz antes, ou mesmo depois, de o terem estudado. Isso porque tal fenômeno não é comentado comumente como a reflexão de um espelho, por exemplo. E, como temos visto, significados indissociáveis de representações visuais são facilmente influenciados pelas relações sociais do sujeito.

Unidade 13

“P: (...) Mas a luz que vem do Sol até aqui, você acha que ela vem em linha reta, que ela vem em formato de onda, que ela vem em espiral? Como você acha que ela chega até na gente?”

“S₁: De onda.”

“P: Por quê?”

(...)

“S₁: Em linha reta?”

“P: Por que em linha reta?”

“S₁: Como que eu posso dizer...”

“P: Por que você acha que é em linha reta? Ou você só chutou que é em linha reta? Pode ser também, você nunca tinha falado sobre isso.”

“S₁: Ah, ela vem meio em linha reta, eu acho.”

(...)

“S₁: Vem aqui, vem em formato de onda, reto assim?”

“P: Mas formato de onda e reto não é a mesma coisa.”

“S₁: O que você quer saber?”

“P: Eu quero saber como você acha que é a luz. Se ela se propaga em linha reta, se ela se propaga em forma de onda, se ela se propaga em espiral.”

“S₁: Em linha reta.”

“P: Tá bom. Você consegue me explicar por que ou você só acha que é em linha reta?”

“S₁: Esse é difícil explicar. Eu só acho que é em linha reta.”

Ao ser questionado sobre o tipo de trajetória traçado pela luz ao se propagar, S₁ acabou por se contradizer, fazendo duas afirmações opostas. Primeiro, ele afirmou que a luz se propagava em forma de ondas. Quando lhe foi pedido que justificasse sua resposta, S₁ disse que a luz se propagava em linha reta. Novamente lhe foi solicitado que justificasse sua escolha. Dessa vez, S₁ respondeu: “vem em formato de onda, reto assim”, o que não é possível; trajetória, concomitantemente, ondulatória e reta não é admissível.

Como a pesquisadora insistiu para que o aluno justificasse as respostas dadas, S₁ afirmou que não sabia explicar o porquê, só achava que era em linha reta.

Isso nos mostra que o aluno não tem formada a noção de que a luz se propaga em linha reta. Quando tratamos de características físicas da luz, como seu sentido de propagação, todos são considerados cegos diante de tais fenômenos, pois não se pode ver um raio de luz se

propagando do Sol até a Terra, por exemplo. Portanto, por se tratar de um significado indissociável de representações visuais, o aluno só teria acesso a ele, caso outro sujeito compartilhasse esse conceito.

6.2.2 Unidades significativas e compreensão ideográfica das respostas do Sujeito 2 (S₂)

Unidade 1

“P: O que você acha que é a luz?”

(...)

“S₂: Ah, tem a luz elétrica, a luz solar... acho que é só isso. Ah, é diferente porque uma é pelas hidrelétricas e a outra é pelo Sol, mesmo.”

“P: E as duas tem a mesma função ou não?”

“S₂: Ah, uma é aquecer a Terra e a outra é clarear, clarear as casas, não sei. Clarear o ambiente.”

Aqui deparamos com uma questão fundamental: um deficiente visual não conhece a luz, exceto os que tenham perdido a visão depois de certa idade. O problema é explicar o visível a partir do invisível. Podemos pensar “ah, mas qualquer problema de física, na concepção de um não vidente, será explicar o visível partindo do invisível”. O maior encaixo aqui é a própria definição de luz, que é fundamentalmente filosófica. Por se tratar de um significado indissociável de representações visuais, S₂ só terá acesso a ele quando outro sujeito compartilhá-lo, tanto durante uma aula de ciências como durante uma conversa informal.

Os gregos antigos acreditavam que a luz fosse uma torrente de partículas ínfimas que viajavam alinhadas e rebatiam em um espelho, como uma bola rebata em um anteparo. Ninguém tinha verdadeiramente visto partículas de luz, mas até presentemente é simples elucidar o porquê dessa hipótese. As partículas podiam ser muito pequenas ou se moviam muito rapidamente para serem vistas ou, quiçá, para que os nossos olhos enxergassem transversalmente a elas. Somente no final do século XVII é que novas teorias acerca da natureza da luz foram propostas. Há duas maneiras de pensarmos a luz, atualmente: como partícula, expressa em parte pelo fóton, ou como onda, expressa pelo termo onda de luz. Os físicos modernos acreditam que a luz pode se comportar tanto como partícula quanto como

onda, mas também reconhecem que essa hipótese se trata de um esclarecimento simplista para algo muito mais complexo.

Costa (2004) nos aponta em seu trabalho que, de cinco entrevistados, apenas um respondeu à questão referente ao conceito de luz, mas este havia perdido a visão já com alguns anos de idade. Mesmo assim, sua resposta foi bem pouco esclarecedora, fisicamente: “Coisas [pausa] como se diz [pausa] claro, brilhante”. Dessa forma, torna-se clara a dificuldade de definir o que é luz, tanto para videntes quanto para não videntes. O desafio de explicar o tratamento físico da luz para uma pessoa com deficiência visual constitui-se, atualmente, como um dos mais sérios do ensino de Física, principalmente do ensino de Física experimental.

O aluno ainda interpreta vários conceitos à sua maneira. Por exemplo, a luz é interpretada em termos de sua fonte (“luz elétrica”, “luz solar”) ou reconhecida somente por seus efeitos (“aquecer a Terra”, “clarear o ambiente”), e não como uma entidade física dotada de características próprias.

Luz solar e luz artificial são interpretadas como tendo naturezas diferentes. Alguns consideram luz solar como “luz natural”. Tal concepção pode estar sendo reforçada durante as aulas, quando o professor faz referência à luz de uma lâmpada como artificial. Deve-se enfatizar que tal denominação é adotada apenas por ser produzida por um dispositivo construído pelo homem, mas que é luz tão natural quanto a luz do Sol (ALMEIDA, CRUZ & SOAVE, 2007).

É claro que, cotidianamente, é uma concepção com muito sentido, visto que sempre dizemos “acenda/apague a luz” quando nos referimos às lâmpadas e coisas do tipo. Mas, fisicamente, essa noção está completamente infundada, não passa de senso comum. Além disso, S₂ afirma que a luz elétrica e a luz solar são diferentes. Isso porque ele não tem desenvolvida a noção de que o conceito de luz é, hoje em dia, muito bem definido, com características próprias. Portanto, separar “luz elétrica”, das lâmpadas, da luz solar nos mostra a não formação de conceitos relativos à luz e às suas características.

Unidade 2

“S₂: Ah, a terceira [maquete] eu já sei que não é. Eu tô entre essa [aponta a maquete 2] e essa [aponta a maquete 4].”

Quando apresentado às maquetes que representavam diferentes modelos para a ocorrência da visão, S₂, de início, já excluiu a maquete 3. Essa maquete ilustrava um modelo em que a luz não fazia parte do sistema, ou seja, o sistema se constituía apenas por observador e objeto se inter-relacionando. Essa exclusão indica que o sujeito tem claro, em suas concepções, que a luz é um componente fundamental para a ocorrência da visão, como ele já havia dito na entrevista.

Com relação às maquetes 2 e 4, S₂ se mostrou confuso ao ter que escolher entre uma das duas para representar suas concepções, mas ambas não ilustravam o modelo científico de ocorrência da visão. A maquete 2 ilustrava o modelo denominado por alguns autores de “modelo pitagórico” ou “modelo dos raios visuais” (ANDRADE, 1995). Nesse modelo, a luz tem a função específica de iluminar o objeto, mas existe uma ligação entre o observador e o objeto, em que ao observador se dá a responsabilidade de ir “buscar” o objeto. Isso novamente nos remete ao pensamento antigo grego, em que se imaginava que a luz saía dos olhos do observador e viajava na direção do objeto. Além disso, o fato de o sujeito reconhecer o olho humano como uma fonte de luz é reforçada pela cultura na qual ele está imerso: na poesia, por exemplo, é comum encontrar trechos que dizem: “a luz que emana dos olhos seus”; nas revistas de histórias em quadrinhos, encontram-se heróis, como o super-homem, que emite luz pelos olhos.

Já a maquete 4 ilustrava um modelo conhecido como “modelo do banho de luz” (ANDRADE, 1995). Nesse modelo, a fonte luminosa, o objeto e o observador não estão inter-relacionados, mas imersos em um mesmo espaço luminoso. A luz é entendida como um fluido estático que ocupa todo o espaço, envolvendo os objetos mergulhados nesse meio, permitindo que sejam vistos pelo observador, sem haver relação alguma entre o olho do observador e a luz que chega até ele (ALMEIDA, CRUZ & SOAVE, 2007).

Para o estudante se apoderar do modelo físico, é condição necessária que o sujeito adquira a ideia chave da óptica geométrica, ou seja, que a luz é uma entidade própria que se propaga no espaço e que é dotada de certas propriedades. Sem esse entendimento, ele não consegue compreender o modelo científico da ocorrência da visão. Nesse modelo, a luz emitida pela fonte luminosa ilumina o objeto e é refletida no olho do observador, atingindo a sua retina e iniciando o processo de visão (ANDRADE, 1995).

A teoria científica sobre a visão diz, contrariamente à linguagem usual, que os olhos não veem os objetos diretamente. Em vez disso, os olhos detectam a luz que vem dos objetos.

Em pesquisas sobre concepções alternativas sobre óptica (ANDRADE, 1995 e ALMEIDA, CRUZ & SOAVE, 2007), as respostas dos alunos, quando questionados sobre como se dava a visão, são consistentes com a interpretação de que a função da luz é clarear um objeto. Quanto à função dos olhos no processo de visão, eles os descreviam como perscrutadores de objetos, quando deveriam considerá-los como receptores de luz. Isso muito se aproxima das concepções de S_2 , que teve dúvidas ao avaliar as maquetes e decidir qual delas representava melhor suas ideias relacionadas ao processo de visão.

Unidade 3

“P: E você acha que eles [os raios de luz] vêm em que formato?”

(...)

“ S_2 : Acho que é que nem ondas [faz o movimento de onda com as mãos]. Porque tem lugar que pega mais forte, que pega mais fraco. Não sei se tem alguma coisa a ver. Diretamente, não sei... Não sei se quando ele pega na camada de ozônio ele continua igual.”

Ao ser questionado sobre o tipo de trajetória traçado pela luz ao se propagar, S_2 afirmou que seria uma trajetória como a das ondas, esboçando um movimento senoidal com as mãos. O aluno definiu a propagação da luz em termos de seu alcance e de sua intensidade, e não de sua trajetória, quando diz: “porque tem lugar que pega mais forte, que pega mais fraco”. O alcance da luz é medido de acordo com vários fatores, como, por exemplo, a potência do aparelho óptico ou a distância do observador em relação à fonte de luz. Já a trajetória da luz ocorre sempre da mesma forma: em linha reta.

Além disso, essa afirmação de S_2 , de que a luz “pega” mais forte ou mais fraca em certos lugares, está relacionada com a vivência do sujeito. Isso porque S_2 sente os raios solares e associa a isso a propagação da luz. Por exemplo, na sombra, onde há menos incidência de luz, o Sol “pega menos”, enquanto que fora da sombra, ele “pega mais”. Ou seja, o fato de S_2 confundir a propagação da luz com a sua intensidade se deve ao fato de ele associar a incidência da luz com a percepção térmica dela.

Dessa forma, fica claro que o aluno apresenta concepções alternativas acerca da propagação da luz e faz interpretações do fenômeno da propagação apenas em nível de percepção imediata.

Unidade 4

“P: Qual a diferença que o óculos dá [para alguém que faz uso dele]?”

“S₂: Ele vê mais longe, ou vê mais perto, não sei.”

(...)

“P: E nos óculos, qual parte você acha que faz essa diferença?”

“S₂: A lente.”

(...)

“P: Você me falou que ele pode enxergar mais perto ou mais longe, que às vezes o óculos é pra mais perto ou pra mais longe. É a mesma lente que eu vou usar nos dois casos?”

“S₂: Não, não.”

“P: E você lembra os tipos de lente?”

“S₂: Ah, não lembro não, hein.”

No primeiro fragmento, o aluno deixa claro que entende a função dos óculos, isto é, compreende que a maioria dos óculos é utilizada para corrigir defeitos da visão, como miopia (“vê mais longe”) ou hipermetropia (“vê mais perto”). Além disso, ele tem a noção de que são as lentes que produzem esse efeito corretor nos óculos, como ele afirma no segundo trecho.

Mais à frente, S₂ também mostra saber que, para corrigir os defeitos da visão comentados – não enxergar bem de perto ou de longe –, são necessárias lentes diferentes, ou seja, o aluno demonstra conhecer diferentes tipos de lente, mas não lembra seus nomes específicos.

Novamente, o aluno faz interpretações superficiais dos fenômenos, apresentando apenas as concepções em nível imediato de percepção. Isso nos mostra que o aluno conhece o fenômeno, tem concepções assertivas sobre ele, mas não apresenta profundidade nos tópicos discutidos.

Unidade 5

“P: Então a gente sabe que pra corrigir miopia, a gente tem que usar a lente divergente. Agora vamos pro caso da hipermetropia. A hipermetropia é quando você não enxerga muito bem de perto. É o que eu tenho. Quando eu tô lendo um livro, se eu aproximar muito ele dos meus

olhos, chega uma hora que embaralha tudo a imagem. Qual a maior diferença entre miopia e hipermetropia? Enquanto a imagem, na miopia, se formava antes da retina, na hipermetropia ela se forma depois da retina. Então, eu estou com a minha imagem aqui [depois do fundo do potinho] e preciso que ela se forme aqui, na retina [exatamente no fundo do potinho]. Na hipermetropia, a minha imagem tá lá longe. Eu preciso da lente convergente ou da divergente pra corrigir?”

“S₂: Da convergente.”

“P: Por quê?”

“S₂: Pra ver de perto, pra ver mais próximo, num ponto fixo, assim. Por que a lente convergente vai trazer mais pra perto.”

Nesse trecho, extraído da segunda etapa da pesquisa, em que utilizamos as maquetes, o aluno mostra estar mais familiarizado com os conceitos relacionados ao estudo de lentes. Ao afirmar que “a lente convergente vai trazer mais pra perto”, S₂ demonstra conhecer, mesmo que superficialmente, o processo de formação de imagens, mesmo que esse tópico não tenha sido discutido nem na primeira nem na segunda etapa.

A partir de uma questão que apenas expunha as características da hipermetropia, S₂ conseguiu formular uma resposta e justificá-la. Ou seja, ele foi capaz de reunir os conceitos discutidos durante a apresentação das maquetes e aplicá-los para resolver a questão proposta. Isso nos mostra que ele aliou suas concepções alternativas às concepções científicas apresentadas durante as etapas da pesquisa, obtendo êxito nas respostas.

Unidade 6

“S₂: Ah, é a água que faz isso mesmo.”

“P: Por quê?”

“S₂: Ah, eu não sei. Porque tem vezes que você põe a mão dentro d’água e você não consegue ir retinho. Parece que dá tipo ondas, assim. Pressão, acho que é.”

(...)

“P: A explicação pra isso é um fenômeno que a gente chama de refração. Você lembra alguma coisa de refração?”

(...)

“S₂: Você tá com uma força e chega com outra. Vai retraindo a velocidade, não sei.”

Enquanto discutíamos por que o pescador com o arpão, fora da água, não conseguiu pegar o peixe dentro da água, mesmo jogando o arpão exatamente na direção do peixe, S₂ afirmou que tal feito não foi possível por causa da pressão da água.

Nesse trecho, o aluno não consegue perceber que tal fenômeno se trata da refração da luz. Pelo contrário, S₂ relaciona o fenômeno com a pressão da água. A pressão é o resultado da ação de uma força sobre uma superfície e nada tem a ver com fenômenos relacionados à luz. Por outro lado, ele pode ter interpretado que a água produz um desvio e uma diminuição na velocidade do arco lançado pelo pescador, algo que pode ocorrer, dependendo das condições da água e da aerodinâmica do arco.

Conforme a conversa foi se desenrolando, a pesquisadora disse que o fenômeno se tratava da refração da luz e perguntou se o aluno conhecia tal fenômeno. S₂ respondeu que “vai retraindo a velocidade”. Do modo como foi colocada, a afirmação se assemelha mais ao conceito de força de resistência do ar, a qual se aplica opostamente ao movimento, desacelerando o corpo. Mas se pensarmos que o índice de refração do meio depende também da velocidade da luz, e que quando a luz passa de um meio menos refringente para um meio mais refringente, ela é desacelerada, a afirmação de S₂ tem sentido.

Apesar disso, S₂ não demonstra conhecer essa relação entre os meios e a velocidade da luz. Isso indica que ele não tem concepções formadas a respeito do fenômeno da refração da luz. Pelo fato de esse tipo de conhecimento (refração da luz tratada como ilusão de óptica) configurar-se como indissociável de representações visuais, o aluno não tem como representá-lo, a não ser que o esquema de representação (raio incidente, superfície de separação, reta normal e raio refratado) seja explicado por alguém com um instrumento tátil, como a maquete, por exemplo.

Unidade 7

“P: E o que você acha que é um espelho?”

“S₂: Reflete o que está na frente.”

Nesse trecho, ao ser questionado sobre o que é um espelho, S₂ afirma que é algo que “reflete o que está na frente”. Isso nos remete a uma concepção alternativa muito encontrada nas pesquisas relacionadas ao assunto. Tal concepção é de que o espelho reflete apenas o que está na frente dele, ou seja, o aluno não leva em consideração que o espelho refletirá tudo o que estiver no ambiente.

Sabemos que a imagem formada por um espelho plano não é somente do objeto em questão, mas de parte do ambiente que cerca esse objeto, sendo, portanto, reproduzida a distância que separa o objeto do espelho. Mas S₂ não tem esse conceito formado. Pelo contrário, ele compartilha a ideia acima exposta.

Além disso, em momento algum da entrevista, tanto na primeira quanto na segunda etapa da pesquisa, o aluno se utiliza do termo “imagem” para tratar da reflexão de objetos. Isso nos indica que S₂ não tem formados conceitos científicos a respeito da reflexão regular. O aluno cego pode ter acesso às características ópticas de um espelho e a todas as equações referentes à reflexão regular, mas o processo de reflexão, ou seja, ver a própria imagem refletida no espelho caracteriza-se como significado indissociável de representações visuais. Isto é, esse processo empírico é inacessível ao sujeito com deficiência visual.

Outro aspecto que devemos levar em consideração é o social. Isto é, pelo fato de S₂ viver em uma sociedade majoritariamente vidente, ele convive com pessoas que utilizam espelhos para verificar se o cabelo está do jeito que deveria, se a maquiagem ainda está bem feita e coisas do tipo. Mas esses sujeitos nada dizem a respeito do ambiente em que estão inseridos, se ele está sendo refletido conjuntamente ou não. Portanto, não há meios de S₂ perceber o funcionamento por completo de um espelho, a não ser que o conceito seja explicitado por outra pessoa, seja ela o professor na sala de aula, seja ela um colega durante uma conversa informal.

Dessa forma, podemos considerar que S₂ tem uma concepção alternativa da reflexão em um espelho, por não considerar, no processo de reflexão, o espaço em que o objeto está localizado, além de não ter conceitos formados acerca da formação de imagens no espelho plano.

6.2.3 Unidades significativas e compreensão ideográfica das respostas do Sujeito 3 (S₃)

Unidade 1

“P: Bom, a primeira questão é: o que o senhor acha que é a luz?”

“S₃: A luz, para mim, é (pausa). Bom, a luz, para mim, é algo que, assim, uma iluminação que permite a gente ver os objetos, tudo o que está ao nosso redor, né, através da luz.”

(...)

“P: E você acha que essa luz, independente da cor dela ou da função, você acha que ela se movimenta?”

“S₃: Eu creio que sim. Por exemplo, a luz do Sol, ela se movimenta, porque o Sol nasce de um lado e se esconde do outro. Então, há uma movimentação.”

(...)

“P: Tomando o Sol como exemplo de fonte de luz, como o senhor acha que esses raios chegam até na gente?”

“S₃: Então, eu sei que a luz tem uma velocidade. (...) Mas eu creio que, pela distância, esses raios são emitidos e chegam aqui na Terra, para aquecimento, iluminação, e muitas outras coisas mais.”

“P: E o senhor consegue imaginar uma trajetória pra esses raios? Se eles vêm naquele formato de onda, com picos e vales, se eles vêm em linha reta.”

“S₃: Ah, eu sempre imagino que eles vêm em linha reta (...).”

Nesses fragmentos, podemos identificar diversas concepções. Primeiramente, a luz é interpretada em termos de sua fonte ou reconhecida por seus efeitos (iluminação, aquecimento). Na sequência, S₃, ao falar sobre o movimento da luz, afirma que há uma movimentação. Mas a movimentação não é entendida pelo sujeito em termos de sentido de propagação, e sim como mudança de posição, deslocamento (“o Sol nasce de um lado e se esconde do outro”). Isso nos leva a inferir que o sujeito não tem formada a noção de heliocentrismo, isto é, S₃ entende que o Sol é que dá voltas em torno da Terra, e não o contrário.

Depois disso, o sujeito demonstra conhecer que a luz tem uma velocidade própria, mas não comenta nada sobre o valor dessa velocidade. E por fim, ao ser questionado sobre o tipo

de trajetória que a luz traça ao se propagar, S_3 apresenta ter noção de que a propagação da luz é em linha reta.

As características da luz formam um conjunto de conhecimentos de significados indissociáveis de representações visuais. O desafio de explicar o tratamento físico da luz para pessoas com deficiência visual configura-se como um dos mais sérios no ensino de Física. Isso porque a pessoa cega pode, sim, ter conhecimento sobre a luz, mas um conhecimento resultante de relações sociais, pelo fato de viver em uma sociedade formada majoritariamente por videntes. Ela não tem conhecimento empírico da luz, pois esse significado é indissociável de representações visuais. Pelo fato de tal conhecimento ser desse tipo, o aluno não tem como representá-lo, a não ser que o esquema de representação seja explicado por alguém com um instrumento tátil, como a maquete, por exemplo.

Dessa forma, podemos inferir que S_3 possui algumas concepções assertivas e outras mais distintas das concepções científicas sobre a luz e suas características. Além disso, as interpretações de S_3 sobre os fenômenos discutidos se mostraram apenas em nível de percepção imediata.

Unidade 2

“P: (...) como o senhor acha que acontece o processo de visão? Que o senhor acha que tem que acontecer, que tem que estar envolvido para alguém enxergar alguma coisa?”

“ S_3 : Ah, bom, primeiramente, pra se enxergar alguma coisa precisa de luz, porque sem luz a gente não consegue enxergar nada. E também precisa do processo visual, né, começando desde quando aquele objeto que está iluminado ali entra no olho e depois o trabalho, o trajeto que ele faz até chegar ao cérebro.”

Aqui, ao ser questionado sobre a ocorrência do processo de visão, S_3 apresentou uma concepção muito diferente do que se encontra comumente em pesquisas relacionadas às concepções dos alunos sobre óptica. Normalmente, os alunos descrevem o processo de visão como um banho de luz, ou seja, tudo deve estar iluminado, inclusive o observador. S_3 , diferentemente, descreveu exatamente o modelo científico de ocorrência da visão, em que o objeto reflete a luz, que chega até nossos olhos.

Mais ainda, S_3 comentou que a imagem que vemos, o objeto que vemos, percorre um trajeto e chega até o cérebro, mostrando ter uma concepção bem fundamentada do processo.

Cabe destacar que o primeiro destaque foi dado à luz, ou seja, S3 tem conhecimento de que a luz é um fator definidor para a ocorrência da visão.

Esse destaque à luz se dá pelo fato de o sujeito ter cegueira adquirida, isto é, ele já enxergou a luz, ele tem conhecimento empírico de sua importância. Para ele, a propriedade que a luz tem de iluminar não se caracteriza como indissociável de representações visuais, pois ele já teve contato com ela.

Unidade 3

“P: (...) o que o senhor acha que é um espelho?”

“S₃: Um espelho? Bom, espelho é um objeto que, se nós olharmos para ele, ele vai refletir nossa própria imagem.”

“P: E pra que o senhor acha que as pessoas usam?”

“S₃: Muitos usam pra se pentear, pra olhar suas belezas, outros usam pra, como eu posso dizer, ah, tem diversos tipos de uso, né.”

(...)

“P: Tá. Então, o que o senhor acha que acontece no espelho quando as pessoas olham pra ele?”

“S₃: Ah, não sei.”

“P: Como o senhor acha que acontece essa reflexão, como aparece nosso reflexo?”

“S₃: Então, isso aí eu não saberia responder. Eu sei que quando a gente olha ele reflete o que a gente olha. Ele devolve, né. Quer dizer, a gente olha pra ele devolve de uma maneira a nossa imagem, aquilo que a gente pretende ver através dele.”

(...)

“P: No toque, o senhor sentiu alguma diferença?”

“S₃: No espelho, atrás, ele tem uma película, um negócio lá que eu não sei se seria vidro mesmo, prateado, não sei como que é.”

No primeiro fragmento, S₃ afirma que o espelho reflete a imagem de quem se olha, além de dizer que as pessoas o utilizam para “olhar suas belezas”. Novamente, o aspecto social do conhecimento aparece. Isto é, na condição de cego, só é possível saber o que acontece quando se olha no espelho, se alguém compartilhar essa ideia com a pessoa cega, caracterizando tal conhecimento como indissociável de representações visuais. Como S₃ não é cego de nascença, ele descreve, de forma mais completa, como as pessoas utilizam o espelho, como, por exemplo, para “se pentear”.

Ainda nesse primeiro fragmento, S₃ faz uso da palavra “imagem”, ao se referir à reflexão. Isso nos mostra que o sujeito tem uma leitura mais científica do fenômeno, provavelmente por se encontrar cursando o primeiro ano de faculdade no momento e ter sido aprovado recentemente no exame vestibular. Mas, apesar de saber que, no espelho, acontece a reflexão, S₃ não soube explicar como se dá esse processo, nem em termos científicos nem em termos coloquiais.

No último fragmento, ao ser questionado sobre a diferença entre um espelho e um vidro qualquer, S₃ afirma que o espelho tem uma película prateada que o diferencia do vidro. Novamente, por ter a cegueira caracterizada como adquirida, alguns conhecimentos que, para os cegos de nascença, seriam indissociáveis de representações visuais, não o é para ele.

Unidade 4

“P: Já que o senhor falou em imagem, o que o senhor entende por imagem?”

(...)

“S₃: Bom, imagem é tudo aquilo que aparece e que a gente pode ver. Que nem, no espelho, tem várias maneiras. Por exemplo, na circular o espelho mostra as pessoas lá dentro da circular, o motorista está vendo, o retrovisor mostra os carros que estão ao redor e atrás dele, e assim por diante. E a gente, também, quando quer se ver, a gente olha para o espelho. Então eu creio que seria isso.”

Aqui o sujeito afirma ser a imagem aquilo que “aparece” no espelho e que podemos ver, demonstrando ter noção do que é imagem, apesar de não se expressar em termos científicos. Além disso, S₃ dá indícios de conhecer o fato de que o espelho não reflete apenas o objeto a ser visto, mas também o ambiente em que esse objeto está imerso. Na frase “o retrovisor mostra os carros ao redor e atrás dele”, o aluno expressa essa noção de reflexão do

ambiente conjuntamente com o objeto a ser visto, além de esboçar um conhecimento relativo a campo de visão.

Dessa forma, podemos afirmar que S_3 conhece tanto o processo de reflexão quanto a formação de imagens nos espelhos, mas de modo superficial e em nível de percepção imediata.

Unidade 5

“P: E para que o senhor usava? Pra que os seus óculos serviam?”

“ S_3 : Ele servia pra tentar aumentar a visão, pra ver se eu poderia enxergar um pouco mais longe.”

“P: Quando o senhor usava óculos, o senhor acha que fazia diferença quando você estava com os óculos e quando você estava sem eles?”

“ S_3 : Fazia.”

“P: Por quê?”

“ S_3 : Ah, porque quando a gente tira o óculos, a gente sente que a gente perdeu aquela capacidade a mais de enxergar.”

“P: E, quando o senhor pega um óculos na mão, qual parte dos óculos o senhor acha que dá essa diferença na visão?”

“ S_3 : As lentes.”

“P: E o senhor tem ideia de como funcionam essas lentes? Por exemplo, no seu caso, era pra aumentar os objetos. Então, como o senhor acha que funcionam essas lentes? O que acontece que a gente consegue ter esse aumento?”

“ S_3 : Ah, eu sei que tem as lentes que são côncavas e tem diversos tipos de lente. Hoje em dia, modernizou tanto que eu nem sei mais.”

Nesses fragmentos, S_3 apresenta diversas concepções acerca do uso de lentes. A princípio, o sujeito expõe que as lentes funcionavam de maneira que ele pudesse enxergar mais longe, além de aumentar os objetos. Isso porque S_3 fez uso de óculos quando começou a perder a visão, e as lentes utilizadas eram divergentes, ou seja, as imagens formadas eram

maiores que os objetos. Portanto, ele tem a noção de que as lentes são utilizadas para, dentre outros fins, corrigir defeitos de visão.

Além disso, S₃ apresenta ter conhecimento de que são as lentes que provocam esse “prolongamento” da visão. Ele, inclusive, cita a lente côncava, mas não comenta se as imagens por ela formadas são maiores ou menores que o objeto. Nesse caso, não há a influência do aspecto social nas concepções de S₃, já que ele mesmo vivenciou o uso de lentes corretoras.

Unidade 6

“S₃: (...) esses dias eu vi na TV uma reportagem de uma casa, uma casa de uma pessoa bem rica, que tem um quarto de espelhos. Em um espelho a pessoa fica bem magrinha, no outro, bem gordona, num outro a pessoa fica baixinha, num outro, bem alta. E é assim, conforme ele vai olhando para os espelhos, os espelhos vão mudando as características da pessoa.”

“P: E o senhor tem ideia de por que acontece isso? Porque, provavelmente, os espelhos são feitos do mesmo material. O senhor tem ideia de por que um deixa gordo, um deixa magro, um deixa baixo, um deixa alto?”

(...)

“S₃: Sei lá, acho que pode ser a diferença, deixa eu pensar aqui. Ah, pode ser a qualidade de cada espelho. Uns são côncavos, outros, sei lá. Eu esqueci os nomes.”

Aqui, o aspecto social do conhecimento está estampado, pois o sujeito traz à tona uma reportagem que ouviu na televisão. Ou seja, todos os conceitos contidos na reportagem chegaram até ele por meio de outra pessoa, de outro sujeito.

Ao ser questionado do porquê da formação de diferentes imagens de uma mesma pessoa, S₃ diz que “pode ser a qualidade de cada espelho”. Ao dizer “qualidade”, o sujeito se refere ao tipo de espelho, citando, inclusive, os côncavos. Isso nos indica que S₃ tem a noção de que espelhos diferentes produzem imagens diferentes de um mesmo objeto.

Por se tratar de um significado indissociável de representações visuais, podemos afirmar que S₃ assumiu tal resposta ou por influência social, ou pelo fato de sua cegueira ser adquirida, e não de nascença. Portanto, concluímos que o sujeito possui concepções assertivas sobre os diferentes tipos de espelho, mas em um nível superficial.

Unidade 7

“P: E o senhor consegue imaginar uma trajetória pra esses raios?”

“S₃: Ah, eu sempre imagino que eles vêm em linha reta. Mas na verdade, pesquisa profunda eu ainda não fiz.”

(...)

“P: (...) como o senhor acha que se dá a propagação da luz? Que trajetória o senhor acha que ela percorre?”

(...)

“S₃: Ah, isso aí. Eu nem tô lembrado. Eu sei que nos desenhos que eu já vi eles desenham em linha reta. Mas eu, mesmo assim... Até você me explicou aquela vez. Ou através de ondas, não sei.”

“P: De ondas, o senhor acha?”

“S₃: Ah, eu tô em cima do muro.”

(...)

“P: (...) Depois de tudo o que a gente viu hoje, o senhor consegue pensar em uma trajetória de propagação da luz?”

(...)

“S₃: Bom, no caso, pelo que eu pude perceber aqui, ela se propaga em linha reta. Agora, depende da localização daquele que está vendo o objeto, ou também do lugar aonde, por exemplo, na água, a maneira como a luz reflete na água, e assim por diante. Eu penso que depende muito do ambiente onde está o visualizador.”

Como foi discutido na Unidade 1, S₃ tinha a noção de que a luz se propagava em linha reta, mas não tinha certeza. Ou seja, o conhecimento do sujeito acerca da propagação da luz não estava bem estruturado. Aqui, ele se mostra ainda confuso quanto à trajetória da luz; em suas palavras: “Ah, eu tô em cima do muro”.

Depois de termos discutido todas as maquetes, eu voltei a questionar sobre a trajetória da luz. S₃ respondeu que ela se propaga em linha reta, mas acrescentou que isso dependia da

localização do observador. Isso se deu, provavelmente, por conta da maquete de refração, em que a luz sofre um desvio, ao passar de um meio para outro. Essa ideia fica clara quando o sujeito diz: “na água, a maneira como a luz reflete na água”. Apesar de S_3 ter usado o termo refletir ao invés de refratar, a maquete que mais provavelmente causaria esse tipo de confusão é a de refração da luz, já que, na de reflexão, a luz não sofre desvio algum.

Sabemos que a trajetória da luz é em linha reta, independentemente do ambiente em que ela esteja. Portanto, podemos concluir que S_3 tem concepções assertivas sobre a trajetória da luz, mas que ainda interpreta alguns fenômenos de maneira diferenciada dos modelos científicos.

Unidade 8

“P: Tá. Agora imagine que eu coloque um espelho grande na minha frente. O que o senhor acha que esse espelho vai refletir? Ele vai refletir só a mim, ele vai refletir todo o ambiente? O que o senhor acha?”

“ S_3 : Dependendo do tamanho do espelho ele vai refletir todo o ambiente.”

Corroborando as discussões da Unidade 4, S_3 apresenta aqui uma noção melhor fundamentada de campo de visão. Ao dizer que “dependendo do tamanho do espelho ele vai refletir todo o ambiente”, o sujeito demonstra conhecer os conceitos de reflexão regular, negando uma concepção muito encontrada em pesquisas na área de concepções alternativas sobre óptica, de que o espelho reflete apenas o que é posto em sua frente, sem levar em consideração o ambiente em que está inserido.

Dessa forma, podemos aferir que S_3 tem bem formada a noção de campo de visão, bem como de suas características.

Unidade 9

“P: E por que o senhor acha que ele errou?”

(...)

“ S_3 : Porque quando bateu na água, a água fez com que ele desviasse, não foi?”

Aqui, S_3 compreende o fenômeno de uma forma não relacionada à refração da luz, mas que não está incorreta. Ele interpreta que a água produz um desvio e uma diminuição na

velocidade do arpão lançado pelo pescador, algo que realmente pode ocorrer, dependendo das condições da água e da aerodinâmica do arpão.

Por outro lado, esse tipo de conhecimento (refração como ilusão de óptica) é indissociável de representações visuais, e o aluno, de fato, não tem como representá-lo, a não ser que o esquema (raio incidente, superfície de separação dos meios, reta normal e raio refratado), esquema este de significado vinculado, seja explicado por alguém por meio de maquetes táteis, por exemplo.

Assim, podemos afirmar que S_3 não tem concepções formadas sofre refração da luz, mas apresentou uma interpretação interessante acerca do fenômeno.

6.3 Compreensão nomotética das respostas

Com as representações ideográficas de cada sujeito finalizadas, procura-se, agora, chegar a categorias, a convergências que deem um caráter nomotético à questão inicial levantada sobre as concepções de óptica dos sujeitos cegos. Constrói-se, então, a *Compreensão nomotética* dos sujeitos.

Essa é a etapa final do processo fenomenológico, calcada em cada uma das compreensões ideográficas. Nas palavras de Martins e Bicudo (1989, p. 106),

esse empreendimento [a compreensão nomotética] envolve uma compreensão dos diversos casos como exemplos de algo mais geral e a articulação desses casos individuais, como exemplos particulares, em algo mais geral.

Ao final, brota a unidade essencial do ser naquilo que ele é; do ser outrora aliviado do ouvir, do tematizar e do debater consigo próprio, com suas reflexões, sua condição de “ser-para-o-mundo-compreendendo-o” (NEVES, 2005, p. 53).

A Tabela 1, a seguir, apresenta as quinze categorias encontradas. A segunda coluna, denominada “Convergências”, é subdividida em três subcolunas que identificam as convergências para os três discursos, os três sujeitos. Os caracteres que aparecem nessas subcolunas (a letra U seguida de um número) representam as unidades onde se dão as convergências.

Por exemplo, na Tabela 1, onde aparece a categoria “Concepção do modelo banho de luz”, significa que houve uma convergência entre discursos nessa categoria específica, ou

seja, os sujeitos expressam, em algumas unidades de significado, que o modelo que melhor representa suas concepções acerca do processo de ocorrência da visão é o modelo “banho de luz”. As colunas “Sujeito 1, ..., Sujeito 3” reúnem as unidades com convergências no discurso em si. Por exemplo, na 6ª categoria, ocorre uma convergência nas Unidades 7 e 9 para o Sujeito 1; não converge para nenhuma unidade para o Sujeito 2 e não se manifesta no Sujeito 3.

Tabela 1 – As convergências dos discursos, agrupadas segundo as categorias encontradas.

Categorias	Convergências		
	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3
1ª Luz interpretada em termos de sua fonte e/ou reconhecida por seus efeitos	U1	U1	U1
2ª Luz como elemento fundamental para ocorrência do processo de visão	U2	U2	U2
3ª Concepção do espelho como refletor do ambiente	U11	-	U8
4ª Percepção da diferença entre um espelho e um vidro comum	U4	-	U3
5ª Conhecimento do uso de lentes na correção de defeitos da visão	U5 – U6	U4	U5
6ª Concepção do modelo “banho de luz”	U7 – U9	U2	-
7ª Concepção do modelo “pitagórico”	U7 – U8	U2	-
8ª Concepção do modelo científico	U7 – U8	-	U2
9ª Concepção de que a luz não faz parte do modelo de ocorrência da visão	U7	-	-
10ª Concepção de que há diferentes lentes para corrigir diferentes defeitos da visão	U10	U4	-
11ª Concepção do fenômeno da refração	-	-	-
12ª Interpretação do “experimento pensado” do arpão como erro na direção do lançamento	U12	-	-
13ª Concepção de que a água é que provoca o desvio do arpão	-	U6	U9
14ª Concepção da trajetória da luz como sendo em linha reta	U13	-	U1 – U7
15ª Concepção da trajetória da luz como sendo em ondas	U13	U3	U7

Na primeira categoria, luz interpretada em termos de sua fonte e/ou reconhecida por seus efeitos, não há convergências para nenhuma unidade nos três sujeitos, mas tal categoria se manifesta na Unidade 1 em todos os sujeitos.

Na segunda categoria, luz como elemento fundamental para ocorrência do processo de visão, não há convergências para nenhuma unidade nos três sujeitos, mas tal categoria se manifesta na Unidade 2 em todos os sujeitos.

Na terceira categoria, concepção do espelho como refletor do ambiente, não há convergências para nenhuma unidade nos três sujeitos, mas tal categoria se manifesta na Unidade 11 para S_1 , na Unidade 8 para S_3 e não se manifesta para S_2 .

Na quarta categoria, percepção da diferença entre um espelho e um vidro comum, não há convergências para nenhuma unidade nos três sujeitos, mas tal categoria se manifesta na Unidade 4 para S_1 , na Unidade 3 para S_3 e não se manifesta para S_2 .

Na quinta categoria, conhecimento do uso de lentes na correção de defeitos da visão, há uma convergência nas Unidades 5 e 6 para S_1 e tal categoria se manifesta na Unidade 4 para S_2 e na Unidade 5 para S_3 .

Na sexta categoria, concepção do modelo “banho de luz”, há uma convergência nas Unidades 7 e 9 para S_1 , tal categoria se manifesta na Unidade 2 para S_2 e não se manifesta para S_3 .

Na sétima categoria, concepção do modelo “pitagórico”, há uma convergência nas Unidades 7 e 8 para S_1 , tal categoria se manifesta na Unidade 2 para S_2 e não se manifesta para S_3 .

Na oitava categoria, concepção do modelo científico, há uma convergência nas Unidades 7 e 8 para S_1 , tal categoria se manifesta na Unidade 2 para S_3 e não se manifesta para S_2 .

Na nona categoria, concepção de que a luz não faz parte do modelo de ocorrência da visão, não há convergências para nenhuma unidade nos três sujeitos, mas tal categoria se manifesta na Unidade 7 para S_1 e não se manifesta para os outros dois sujeitos.

Na décima categoria, concepção de que há diferentes lentes para corrigir diferentes defeitos da visão, não há convergências para nenhuma unidade nos três sujeitos, mas tal categoria se manifesta na Unidade 10 para S_1 , na Unidade 4 para S_2 e não se manifesta para S_3 .

A décima primeira categoria, concepção do fenômeno da refração, não se manifesta para nenhum dos sujeitos.

Na décima segunda categoria, interpretação do “experimento pensado” do arpão como erro na direção do lançamento, não há convergências para nenhuma unidade nos três sujeitos, mas tal categoria se manifesta na Unidade 12 para S_1 e não se manifesta para os outros dois sujeitos.

Na décima terceira categoria, concepção de que a água é que provoca o desvio do arpão, não há convergências para nenhuma unidade nos três sujeitos, mas tal categoria se manifesta na Unidade 6 para S_2 , na Unidade 9 para S_3 e não se manifesta para S_1 .

Na décima quarta categoria, concepção da trajetória da luz como sendo em linha reta, há uma convergência nas Unidades 1 e 7 para S_3 , tal categoria se manifesta na Unidade 13 para S_1 e não se manifesta para S_2 .

Na décima quinta e última categoria, concepção da trajetória da luz como sendo em ondas, não há convergências para nenhuma unidade nos três sujeitos, mas tal categoria se manifesta na Unidade 13 para S_1 , na Unidade 3 para S_2 e na Unidade 7 para S_3 .

Considerações finais

O propósito desta investigação foi identificar, a partir das falas de alunos com deficiência visual, suas concepções com relação a conteúdos de óptica, tais como: propagação da luz, reflexão, refração e estudo de lentes. Para identificar tais concepções, buscamos, no método fenomenológico, a compreensão dos fenômenos acerca dos quais os alunos foram questionados e instigados a apresentar explicações.

A metodologia utilizada nesta pesquisa demonstrou ter sido válida, visto que permitiu uma interação importante entre pesquisadora e sujeitos investigados. Nesse sentido, propiciou à pesquisadora uma visão abrangente de cada aluno, mostrando um pouco de seus modos de expressar os fenômenos abordados.

Além disso, a linguagem utilizada pela pesquisadora, com o intuito de discutir os fenômenos de uma forma acessível ao nível de compreensão dos alunos, se constituiu em um grande desafio, permitindo maior aproximação entre a pesquisadora e os sujeitos da pesquisa.

Durante a realização da segunda etapa da pesquisa, percebeu-se que as maquetes não funcionariam apenas como instrumentos para identificar as concepções dos alunos, mas também como ferramentas de ensino. Isso porque, após os alunos apresentarem suas concepções e tecerem seus comentários acerca dos conceitos envolvidos nas maquetes, a pesquisadora se sentiu na obrigação de apresentar aos sujeitos os conceitos científicos presentes na investigação. Ou seja, ela acabou por ensinar alguns conceitos aos sujeitos cegos, fazendo uso das maquetes tátil-visuais. Vale destacar que esse aspecto não estava entre os objetivos da pesquisa, ele apareceu conforme as entrevistas foram se desenrolando.

Dessa forma, as maquetes se caracterizaram como um bom instrumento de ensino, já que os sujeitos demonstraram ter compreendido os conceitos trabalhados, como, por exemplo, as diferenças principais entre os feixes convergentes e divergentes.

Embora esta pesquisa não tenha sido realizada em condições normais de sala de aula, seus resultados estão bem próximos dos que podem ser vivenciados pelos professores. Nessa perspectiva, é relevante destacar que as concepções alternativas dos alunos são importantes para estudos de conceitos cientificamente aceitos.

Mas a importância deste trabalho não está só em identificar as concepções alternativas dos alunos com deficiência, e sim fornecer subsídios aos professores, que, cada vez mais, têm

encontrado alunos com deficiência em suas salas de aula. Muitos desses docentes não se sentem preparados para atuar com tais alunos, principalmente por não saberem como esses alunos percebem certos fenômenos. E é nesse sentido que este trabalho pode apresentar importante colaboração. Além disso, a grande maioria dos docentes não tem ideia de que materiais simples, como papelão, barbante e tinta em altorrelevo, podem fazer uma diferença imensa, em se tratando de ensino para pessoas com deficiência visual.

Referências Bibliográficas

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira, 1998.

ANDRADE, J. M. (1995). **Concepções alternativas em óptica**. Faculdade de Educação da UNICAMP. (Dissertação, mestrado).

BELLO, A. A. **Introdução à fenomenologia**. Bauru, São Paulo: Edusc, 2006.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, Senado, 1988.

_____. Lei n. 9.394, de 20/12/1996. Fixa diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n. 248, de 23/12/1996.

_____. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Adaptações Curriculares / Secretaria de Educação Fundamental. Secretaria de Educação Especial**. – Brasília: MEC/SEF/SEESP, 1998.

_____. Ministério da Educação. **Diretrizes nacionais para a educação especial na educação básica/Secretaria de Educação Especial** – MEC; SEESP, 2001.

_____. Decreto nº 5.296 de 02 de dezembro de 2004. Regulamenta a Lei nº 10.048, de 08 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 03 de dezembro de 2004.

CAMARGO, E.P. (2005). **O ensino de Física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para alunos cegos e com baixa visão**. Faculdade de Educação da UNICAMP. (Tese, doutorado).

_____. **Ensino de óptica para alunos cegos: possibilidades**. 1. ed. Curitiba: CRV, 2011.

CAMARGO, E.P.; SCALVI, L.V.A.; BRAGA, T.M.S.; **Concepções espontâneas de repouso e movimento de uma pessoa deficiente visual total**. **Cad.Cat.Ens.Fís.**, v.17, n.3: p.307-327, dez.2000.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; FILHO, P. R. P. M.; ALMEIDA, D. R. V. Como ensinar óptica para alunos cegos e com baixa visão. **Física na Escola**, v. 9, n. 1, 2008.

DARTIGUES, A. **O que é fenomenologia?** São Paulo: Moraes, 1992.

DUIT, R. **The constructivist view in science education** – what it has to offer and what should not be expected from it. Proceedings of the International Conference “Science and Mathematics for the 21st century: Towards to Innovatory Approaches”. Concepción, Chile, 1994. Disponível em: www.if.ifrgs.br/public/ensino/N1/3artigo.htm Acesso em: novembro de 2012.

DRIVER, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 1, p. 3-15, 1986.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, Mai./Jun. 1995.

GREF. Leituras de Física. Óptica. São Paulo: Edusp, 1998. Disponível em: www.if.usp.br/gref/pagina01.html Acesso em: novembro de 2011.

HUSSERL, E. **A ideia da fenomenologia**. Lisboa: Edições 70, 1986.

MARTINS, J. et al. A fenomenologia como alternativa metodológica para pesquisa – algumas considerações. São Paulo: **Cadernos da Sociedade de Estudos e Pesquisa Qualitativa**, cad. 01, 1990.

MARTINS, J. **Um enfoque fenomenológico do currículo: educação como poésis**. São Paulo: Cortez, 1992.

MARTINS, J.; BICUDO, M. A. V. **A pesquisa qualitativa em psicologia: fundamentos e recursos básicos**. São Paulo: Moraes/Educ, 1989.

MOREIRA, L. C. A universidade e o aluno com necessidades educativas especiais: reflexões e proposições. Em M. L. S. Ribeiro e R. C. R. Baumel (Org), **Educação Especial – Do querer ao fazer** (pp. 81-93). São Paulo: Avercamp, 2003.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa – características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 3, 2º sem./1996.

NEVES, M. C. D.; COSTA, L. G. **Sondagem de concepções físicas espontâneas em portadores de deficiência visual**. Londrina: Ed. UEL, 2001.

NEVES, M. C. D. **“O que é isto, a ciência?”: um olhar fenomenológico**. Maringá: EDUEM, 2005.

PEDUZZI, L.O.Q.; ZYLBERSZTAJN, A.; MOREIRA, M.A.; As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história da ciência numa sequência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.14, n.4, pp. 239-246, 1992.

PEIRCE, C. S. *Collected Papers*. Ed. Eletrônica, 1958.

SÁ, E.D.; CAMPOS, I.M.; SILVA, M.B.C.; **Formação continuada à distância de professores para o atendimento educacional especializado – deficiência visual**. – Brasília: MEC/SEED/SEESP, 2007.

SANTAELLA, L. **A percepção: uma teoria semiótica**. 2 ed. São Paulo: Experimento, 1998.

STAINBACK, S.; STAINBACK, W.; **Curriculum consideration in inclusive classroom: facilitating learning for all students**. Baltimore: Paul Brookes publishing, 1992.

TRIVIÑOS, A. N. S. **A pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 2002.

VERA, A. A. **Metodologia da pesquisa científica**. Porto Alegre: Globo, 1983.

VILLANI, A.; PACCA, J. L.A.; HOSOUME, Y. Concepção espontânea sobre movimento. **Revista de Ensino de Física**, v. 7, n. 1, jun. 1985. IFUSP.

WHEATLEY, G. H. Constructivist perspectives on science and mathematics learning. **Science Education**, v. 75, n. 1, p. 9-21, 1991.

ZYLBERSZTAJN, A.; Concepções espontâneas em Física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. **Revista de Ensino de Física**, v.5 (2), 1983, pp. 3-16.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Transcrição da entrevista com o Sujeito 1 (S₁)

Pesquisadora: O que você acha que é a luz?

Sujeito 1: Ah, a luz é o lugar né, que a gente acende às vezes, como eu posso explicar, pra gente enxergar, né, muitas vezes no escuro, e ajuda bastante também, né, pra enxergar muitas vezes também, né.

P: Certo. E você acha que ela é como, assim? Você acha que ela é só claridade? Você me falou que ela ajuda [interrupção] quando a gente precisa enxergar.

S1: As pessoas em... quando as pessoas precisam de enxergar no escuro, né, a luz ajuda também.

P: E você acha que existe um tipo de luz, vários tipos de luz? Porque você me falou que a luz é aquilo que a gente acende.

S1: Ah, a luz desse tipo aí, que é o mais importante. O mais importante é esse, né, que ajuda muitas pessoas, esse tipo de luz aí.

P: Então você tá me falando basicamente da luz elétrica, né?

S1: Uhum.

P: Que é aquela que quando a gente acende a lâmpada acende e ilumina um quarto, por exemplo.

S1: Isso.

P: E o Sol? Você acha que o Sol é um tipo de luz?

S1: É, a luz solar, né.

P: Que ele ilumina igual à luz que ilumina no quarto?

S1: É, é uma bola de fogo que ilumina, né.

P: Tá. E você acha que essa luz, você acha que ela se movimenta?

S1: Que ela se movimenta?

P: É. Porque, por exemplo, você me falou que o Sol é uma bola de fogo que ilumina. E como você acha que a luz lá do Sol, lá da bola de fogo, chega até a gente?

S1: Porque ela se movimenta.

P: Ela se movimenta?

S1: Movimenta.

P: E você acha que ela vem como até na gente?

S1: Como que eu posso te explicar isso... quando tá amanhecendo o dia já começa, né, o Sol a aparecer, aí ela vai iluminando o dia todo aí a noite ela esconde, né, que o Sol vai... Mais conhecido como por do sol, né, quando o Sol se esconde.

P: E você já ouviu falar em raio de sol?

S1: Já.

P: Então, isso aí a gente vai ver também. Por que que chama de raio de sol? Por que você acha que a gente chama de raio de sol? Qual você acha que é a ligação do raio de sol com a luz do sol?

S1: Como que eu posso te explicar isso...

P: Pode pensar aí, não temos pressa não.

S1: Como que eu posso te explicar que ela é chamada de raio de sol.

P: Pode me falar o que você acha só. Não precisa pensar numa resposta científica não. Pode me falar o que você acha.

S1: Quando o sol aumenta, alguma coisa assim?

P: Pode ser também. Porque agora eu não to preocupada em saber se você sabe isso ou se você não sabe. Não é isso que a gente quer saber. Eu quero saber o que você tem a dizer. Se tá certo ou se tá errado, isso nem me importa.

P: Tá. Você me falou também que a luz ajuda a gente a ver. Você me falou que se você entra num lugar escuro e acende a luz [interrupção].

S1: Ah, ajuda a pessoa a ver, né, também. Às vezes tá num lugar escuro, às vezes, acende a luz, clareia tudo, daí.

P: Agora mudando um pouquinho de assunto, como você acha que acontece o processo de enxergar? Como você acha que isso funciona? Como você acha que as pessoas enxergam? Do que elas precisam pra enxergar?

S1: Ah, precisa de córnea, de retina boa, né.

P: Aham, e além disso? Além de ter o olho funcionando direitinho?

S1: A bola, por exemplo, aqui do olho é bem importante, porque ajuda a proteger tudo aqui [aponta para o próprio olho]. Tudo ajuda pra proteger o olho da gente.

P: E no ambiente? Porque, pra eu enxergar, eu preciso enxergar alguma coisa, alguém, algum lugar. Você acha que eu tenho que ter mais alguma coisa relacionada? Por exemplo, meu olho tá funcionando direitinho.

S1: Tá.

P: O que mais que eu preciso? Se meu olho funciona, eu posso enxergar qualquer coisa. Você acha que tem mais alguma coisa nesse sisteminha de enxergar, que precisa estar relacionado? Por exemplo, você acha que as pessoas enxergam no escuro?

S1: Depende, né. É bem mais difícil enxergar no escuro.

P: Porque você acha que é mais difícil enxergar no escuro?

S1: Não sei como eu posso explicar bem, mais sei que é bem difícil, porque... é... é ruim enxergar sem clareza, vamos dizer assim.

P: Sem clareza?

S1: É, sem tá claro, né. É mais ruim.

P: Certo. Então tá, então a gente precisa de um olho funcionando direito e de um lugar que não esteja muito escuro?

S1: Aham, pra enxergar perfeitamente, né.

P: Então tá, vamos continuar aqui. O que você acha que é um espelho?

S1: Onde as pessoas gostam de se olhar pra ver se tão bonitas, né. O mais famoso é isso, né. A pessoa se olha bastante... pra gente se olhar no espelho, né, pra ver alguma coisa que às vezes precisa enxergar, a gente se olha no espelho. Muitas vezes também pode se olhar no espelho pra ver se ta bonita, né, que é mais famoso isso.

P: E o que você acha que acontece quando as pessoas olham num espelho? O que que elas enxergam quando elas olham pra um espelho?

S1: Por exemplo, como eu disse aí, elas olham pra se enxergar, elas enxergam, por exemplo, a beleza delas, né, se elas estão bonitas. Ajuda a enxergar tudo isso que tá precisando.

P: Você acha que se a pessoa para de frente pra um espelho e ela levanta a mão direita, onde ela vai ver essa mão direita levantada no espelho? Imagina que eu sou um espelho e estou na sua frente. Você levanta sua mão direita. Onde você vai ver sua mão direita? Você vai ver do lado esquerdo do espelho, do lado direito do espelho?

S1: Direito?!

P: Do lado direito?

S1: É. Você vai enxergar ela lá em cima, né.

P: OK. Mais uma coisa. Qual você acha que é a diferença entre um espelho e um pedaço de vidro? Você já tocou em um espelho?

S1: Já.

P: Você já tocou num pedaço de vidro?

S1: Já.

P: Tem diferença no toque?

S1: É meio igual, né, que os dois são meio vidro, né. Só que espelho é mais forte, mais reforçado, né. Por exemplo, vidro da janela, é meio parecido com o do espelho também, né, são vidros fortes, né.

P: Os dois são lisinhos?

S1: É, são tudo liso, né. A textura, na minha opinião, é igual. Daquele lá, lá de cima, do espelho que a gente passa às vezes a mão, que a gente usa pra olhar também, é lisinho, meio igual do vidro também.

P: Então qual você acha que é a diferença entre um pedaço de espelho e um pedaço de vidro? Você acha que tem alguma diferença, que não tem?

S1: Ah, é tudo meio igual.

P: Certo.

S1: Às vezes o espelho é mais reforçado, né, pra poder pendurar bem na parede, né, pra não quebrar. O vidro também, né, que se não fosse reforçado ia quebrar as janelas tudo.

P: Já que a gente tá falando em vidro, em espelho e todas essas coisas, você já ouviu falar em óculos?

S1: Já.

P: Em óculos de grau, em óculos escuros?

S1: É bem famoso, é a coisa mais famosa que tem, né.

P: E por que você acha que as pessoas usam óculos?

S1: Muitas vezes quem enxerga pouco sem o óculos, coloca e melhora bem a visão, né.

P: Então as pessoas usam pra melhorar a visão?

S1: Pra melhorar a visão quando não tão enxergando muito bem. As pessoas mais de idade às vezes não enxergam muito bem, né, compram óculos e usam e daí enxergam perfeitamente.

P: E você acha que tem muita diferença entre, por exemplo, se eu não enxergo direito, você acha que faz muita diferença eu colocar o óculos e eu ficar sem ele? Faz diferença pro que eu vou enxergar?

S1: Pra pessoa que enxerga, muitas vezes se incomoda porque não consegue ler muito bem de longe, ou às vezes não enxerga bem, não sei, porque eu não sei o que a pessoa às vezes sente, mas ela colocando óculos melhora bem, por exemplo, leitura, às vezes não consegue ler muito bem sem o óculos, porque não ta enxergando, ajuda a melhorar tudo isso aí, pra gente ver de perto, de longe. Muitas vezes a gente não consegue muito bem enxergar, né, e coloca o óculos e vê, né. Ajuda a ver.

P: E por que você acha que o óculos tem esse efeito? Por que você acha que o óculos consegue ajudar quem não enxerga direito a enxergar melhor?

S1: Esse é difícil de explicar. Alguns... deve ser uns graus lá que a ótica coloca, né. Porque tem vários graus.

P: Tá, mas que parte do óculos você acha que faz essa diferença?

S1: Ali onde coloca no olho, ali. Aquela parte da perna onde tampa o olho aqui [Põe a mão sobre o olho]. E o vidrinho.

P: Deixa eu te emprestar o óculos do Rafael [quem estava filmando a entrevista], pega ele na mão.

S1: Vamos ver.

P: Aponta pra mim que parte que ajuda a ver.

S1: Isso aqui [segura as lentes dos óculos] ajuda a ver também. Ó, a gente coloca [coloca os óculos no rosto] ajuda a ver também.

P: Então é essa partezinha de vidro aí?

S1: É, é essa parte de vidro aqui que ajuda a gente a ter uma visão objetiva.

P: E você sabe o nome dessa parte de vidro? Você já ouviu falar?

S1: É, mas eu dei uma esquecida agora.

P: A gente chama de lente.

S1: Ah, é a lente! É mesmo, lembrei.

P: É isso mesmo. E você tem ideia de como funciona essa lente?

S1: Tem vários graus da pessoa, né, cada grau... você vai lá na ótica, vê os graus que você enxerga melhor e aí você vai lá, faz seu óculos... o grau que você ta enxergando melhor né, e daí consegue... ajuda a gente a ver perfeitamente.

P: Isso. E você me falou que, por exemplo, as pessoas não conseguem enxergar de longe ou enxergar de perto, às vezes precisam [interrupção]

S1: É, quando dá uns problemas assim na visão, daí... todo mundo caso urgente que a pessoa vai atrás, o primeiro caso é o óculos, né.

P: E você acha que o óculos faz o que? Que ele aumenta, que ele diminui, ele traz mais pra perto, ele deixa o objeto mais longe, o que que ele faz? O que você acha que o óculos faz?

S1: Ah, ele ajuda a ter uma visão mais longa também, né. Muitas vezes você não consegue enxergar bem, né, ou que tá meio longe, por exemplo, aí coloca o óculos e ajuda.

P: Bom, você me disse que já relou em um espelho e em um vidro. Você sentiu alguma diferença quando relou no óculos do Rafael?

S1: Senti no óculos, o óculos é bem mais diferente que o espelho e que o vidro. Bem mais diferente.

P: Como que o espelho é?

S1: Ah, ele é meio plano, né, a parte do vidro. É que aqui não tem pra mim mostrar, né, ou tem?

P: Não, espelho não. Tem um vidro aqui, na frente do relógio, ó [coloca as mãos dele no vidro do relógio].

S1: É, é meio plano, né, meio igual a carteira. Meio igual aqui, né, porque não é tão parecido também.

P: Aqui, segura o óculos de novo [coloca os óculos nas mãos dele novamente]. Você consegue sentir a diferença na lente? Que ela começa de um jeito e vai afinando?

S1: Aham.

P: Por que você acha que a lente é assim e não reta igual ao vidro do relógio e o espelho?

S1: Isso aqui é pra ajudar, também, a ver as pessoas? Difícil explicar isso, ein?!

P: Dependendo do tipo de problema de visão que você tem, cada grau e tal, a lente tem um formato diferente, mais grossa ou mais fina.

APÊNDICE B

Transcrição da entrevista com o Sujeito 2 (S₂)

Pesquisadora: O que você acha que é a luz?

Sujeito 2: A luz... mas a luz de energia ou a luz solar? Ou não importa?

P: A luz, o que você acha que é luz. O que vier na sua cabeça quando você ouve a palavra luz.

S2: Quer dizer assim, claro? Ah, não sei direito.

P: Você falou da luz elétrica e da luz solar. Você acha que elas são a mesma luz ou que existem tipos diferentes de luz? O que você acha?

S2: Ah, tem a luz elétrica, a luz solar... acho que é só isso. Ah, é diferente porque uma é pelas hidrelétricas e a outra é pelo Sol, mesmo.

P: E as duas tem a mesma função ou não?

S2: Ah, uma é aquecer a Terra e a outra é clarear, clarear as casas, não sei. Clarear o ambiente.

P: Quando você imagina, tanto a luz elétrica quanto a luz solar, tanto faz, você acha que ela é uma coisa estática ou que ela se movimenta?

S2: Se movimenta.

P: E como você acha que é esse movimento?

S2: Corrente elétrica.

P: Corrente elétrica. Certo.

P: Vou voltar lá na questão da luz. Você pode tentar me falar mais um pouco sobre a luz?

S2: Ah, luz é uma claridade. Corrente elétrica, elétrons. A luz elétrica, se eu não me engano, fica em movimento, até formar a luz. Não lembro mais.

P: Você já ouviu falar em raio de luz?

S2: Raio do Sol, da luz solar? Aham!

P: Você acha que esses raios chegam até nós de que forma.

S2: Indiretamente, pela atmosfera.

P: E você acha que eles vêm em que formato? Você acha que ele vem igual às ondas, que ele vem em linha reta, que ele vem em espiral? Como você acha que ele vem?

S2: Boa essa, hein.

P: É, já que ele se movimenta, ele tem que se movimentar de alguma forma. Como você acha que é?

S2: Qual que é o espiral mesmo?

P: É igual esse do caderno, aqui [põe o caderno nas mãos dele].

S2: Acho que é que nem ondas. [faz o movimento de onda com as mãos] Porque tem lugar que pega mais forte, que pega mais fraco. Não sei se tem alguma coisa a ver. Diretamente, não sei... Não sei se quando ele pega na camada de ozônio ele continua igual.

P: Tá, era isso que eu queria saber!

P: Passando pra uma outra questão, o que você acha que é a visão? Como você acha que as pessoas enxergam? Como se dá esse processo de enxergar?

S2: Agora você complicou, hein. A visão...

P: O que você acha que precisa ter pras pessoas enxergarem, por exemplo?

S2: Tipo assim, essas coisa de retina, essas coisas assim?

P: Também.

S2: Globo ocular, nervo óptico? Acho que é isso.

P: Sim, isso é fundamental. Além disso, com relação ao ambiente. O que é que tem que ter nesse ambiente pra pessoa poder enxergar?

S2: Luz!

P: Então você falou que tem que ter o olho, funcionando bem, e luz.

S2: Claridade, né, luz.

P: Tá. E o que você acha que é um espelho?

S2: Reflete o que está na frente.

P: E pra que você acha que as pessoas usam?

S2: Pra ver se tá gorda ou magra. [risos]

P: E o que você acha que acontece quando uma pessoa para na frente do espelho pra ver se está gorda ou magra?

S2: Como assim?

P: O que ela enxerga?

S2: Ela mesma!

P: Ela enxerga ela mesma, né?!

S2: É, o reflexo dela.

P: O reflexo dela. Tá. Você já pegou em um espelho?

S2: Já.

P: E você já pegou em um pedaço de vidro?

S2: Já. Só não me pergunta a diferença!

P: Você sente alguma diferença, tatilmente?

S2: Ah, não tenho certeza, mas eu acho que o espelho é mais liso. Não sei se tem alguma coisa a ver.

P: Não, é essa relação que eu quero saber, mesmo. A relação com o tato, mesmo, se você sente alguma diferença ou não.

S2: Ah tá.

P: E por que você acha que, mesmo não tendo muita diferença, você falou que talvez o espelho seja um pouco mais liso, por que você acha que o espelho reflete e o vidro não?

S2: Boa pergunta, hein. Não sei.

P: Ok.

P: Bom, você já usou óculos de grau, né?

S2: Aham.

P: Então você vai saber me responder por que as pessoas usam óculos de grau, pra que é que serve um óculos de grau.

S2: Porque a visão tá fraca.

P: E qual o efeito que os óculos têm?

S2: Aumentar a visão, tipo uma lupa.

P: Então, se você não enxerga direito, você põe os óculos e passa a enxergar direito?

S2: É.

P: E você acha que tem diferença em ver com os óculos e sem eles?

S2: Agora eu não sei se com o óculos vê da mesma forma que vê com os olhos, assim, normal. Se a perfeição é a mesma.

S2: Pra uma pessoa que enxerga não é a mesma coisa. Vê menos.

P: Mas e pra uma pessoa que usa óculos? Por exemplo, o Rafael aqui, ele usa óculos. Você acha que pra ele faz alguma diferença quando ele está de óculos e quando ele não está?

S2: Ah, com certeza! Se não fizesse ele não usava.

P: E por que você acha que faz essa diferença?

S2: Por causa do grau.

P: Qual a diferença que o óculos dá?

S2: Ele vê mais longe, ou vê mais perto, não sei.

P: Mais longe ou mais perto, dependendo do defeito da visão dele?

S2: É.

P: E nos óculos, qual parte você acha que faz essa diferença?

S2: A lente.

P: E você sabe me falar um pouco sobre lentes? Você já estudou lentes no ensino médio, hein! [risos]

P: Você me falou que ele pode enxergar mais perto ou mais longe, que às vezes o óculos é pra mais perto ou pra mais longe. É a mesma lente que eu vou usar nos dois casos?

S2: Não, não.

P: E você lembra os tipos de lente?

S2: Ah, não lembro não, hein.

P: Bom, pelo menos você lembra que tem uma diferença ali.

S2: Ah, tem, né. Não pode ser a mesma pros dois.

APÊNDICE C

Transcrição da entrevista com o Sujeito 3 (S₃)

Pesquisadora: Bom, a primeira questão é: o que o senhor acha que é a luz?

Sujeito 3: A luz, para mim, é (pausa). Bom, a luz, para mim, é algo que, assim, uma iluminação que permite a gente ver os objetos, tudo o que está ao nosso redor, né, através da luz.

P: E o senhor pode citar uns exemplos de luz? Por exemplo, o senhor acha que existem variados tipos de luz ou é um tipo de luz pra tudo?

S3: Ah, existem variáveis. Existem luzes vermelhas, luzes verdes. Existem luzes de diversas cores, né. Eu creio que cada uma tem uma serventia, para aquilo que é do interesse das pessoas.

P: Certo. Mas o senhor acha que a função principal é a iluminação, mesmo?

S3: É iluminação mesmo.

P: E você acha que essa luz, independente da cor dela ou da função, você acha que ela se movimenta?

S3: Eu creio que sim. Por exemplo, a luz do Sol, ela se movimenta, porque o Sol nasce de um lado e se esconde do outro. Então, há uma movimentação.

P: O senhor já ouviu falar em raio solar ou raio de luz?

S3: Sim.

P: Tomando o Sol como exemplo de fonte de luz, como o senhor acha que esses raios chegam até na gente?

S3: Então, eu sei que a luz tem uma velocidade. Os raios do Sol eu sei que tem bastante diferenças, são variáveis também. E, assim, eu nunca pude ver, numa pesquisa detalhada, como isso seria. Mas eu creio que, pela distância, esses raios são emitidos e chegam aqui na Terra, para aquecimento, iluminação, e muitas outras coisas mais.

P: E o senhor consegue imaginar uma trajetória pra esses raios? Se eles vêm naquele formato de onda, com picos e vales, se eles vêm em linha reta.

S3: Ah, eu sempre imagino que eles vêm em linha reta. Mas na verdade, pesquisa profunda eu ainda não fiz.

P: Certo. Então o senhor acha que a luz caminha em linha reta?

S3: É.

P: Agora, mudando um pouquinho de assunto, como o senhor acha que acontece o processo de visão? Que o senhor acha que tem que acontecer, que tem que estar envolvido para alguém enxergar alguma coisa?

S3: Ah, bom, primeiramente, pra se enxergar alguma coisa precisa de luz, porque sem luz a gente não consegue enxergar nada. E também precisa do processo visual, né, começando desde quando aquele objeto que está iluminado ali entra no olho e depois o trabalho, o trajeto que ele faz até chegar ao cérebro.

P: Certo. Então a gente precisa que o objeto esteja iluminado e que nossos olhos funcionem direitinho.

S3: Aham.

P: Continuando, agora num outro tópico aqui de óptica, o que o senhor acha que é um espelho?

S3: Um espelho? Bom, espelho é um objeto que, se nós olharmos para ele, ele vai refletir nossa própria imagem.

P: E pra que o senhor acha que as pessoas usam?

S3: Muitos usam pra se pentear, pra olhar suas belezas, outros usam pra, como eu posso dizer, ah, tem diversos tipos de uso, né.

P: Mas sempre envolvendo olhar a própria imagem?

S3: Sempre a própria imagem.

P: Então o senhor me falou que as pessoas se olham no espelho e veem elas mesmas. Então essa seria sua resposta para o que você acha que acontece no espelho quando as pessoas olham pra ele?

S3: O que acontece no espelho? Ah, esse seria a resposta para o que é o espelho.

P: Tá. Então, o que o senhor acha que acontece no espelho quando as pessoas olham pra ele?

S3: Ah, não sei.

P: Como o senhor acha que acontece essa reflexão, como aparece nosso reflexo?

S3: Então, isso aí eu não saberia responder. Eu sei que quando a gente olha ele reflete o que a gente olha. Ele devolve, né. Quer dizer, a gente olha pra ele devolve de uma maneira a nossa imagem, aquilo que a gente pretende ver através dele.

P: E o senhor acha que se a gente pegar um espelho no escuro a gente consegue se enxergar nele?

S3: Olha, eu creio que não. No escuro, assim, total, não.

P: Por quê?

S3: Ah, porque tá escuro, e sem luz a gente não vai conseguir ver. Pode até ser que a gente apareça lá, mas a gente não vai conseguir ver.

P: Tá bom. O senhor já pegou um espelho na mão?

S3: Já, várias vezes.

P: E um pedaço de vidro, o senhor já pegou na mão?

S3: Também já.

P: No toque, o senhor sentiu alguma diferença?

S3: No espelho, atrás, ele tem uma película, um negócio lá que eu não sei se seria vidro mesmo, prateado, não sei como que é.

P: Então de um lado ele tem essa película. E do outro lado?

S3: Do outro lado se forma o espelho, onde ele reflete ali, tudo, luz, imagem.

P: Já que o senhor falou em imagem, o que o senhor entende por imagem?

S3: Por imagem?

P: Isso.

S3: Bom, imagem é tudo aquilo que aparece e que a gente pode ver. Que nem, no espelho, tem várias maneiras. Por exemplo, na circular o espelho mostra as pessoas lá dentro da circular, o motorista está vendo, o retrovisor

mostra os carros que estão ao redor e atrás dele, e assim por diante. E a gente, também, quando quer se ver, a gente olha para o espelho. Então eu creio que seria isso.

P: Então, imagem é tudo aquilo que o espelho reflete?

S3: É, tudo que o espelho reflete. No caso de óptica, é.

P: O senhor já usou óculos?

S3: Já usei óculos sim.

P: E para que o senhor usava? Pra que os seus óculos serviam?

S3: Ele servia pra tentar aumentar a visão, pra ver se eu poderia enxergar um pouco mais longe.

P: Quando o senhor usava óculos, o senhor acha que fazia diferença quando você estava com os óculos e quando você estava sem eles?

S3: Fazia.

P: Por quê?

S3: Ah, porque quando a gente tira o óculos, a gente sente que a gente perdeu aquela capacidade a mais de enxergar.

P: E, quando o senhor pega um óculos na mão, qual parte dos óculos o senhor acha que dá essa diferença na visão?

S3: As lentes.

P: E o senhor tem ideia de como funcionam essas lentes? Por exemplo, no seu caso, era pra aumentar os objetos. Então, como o senhor acha que funcionam essas lentes? O que acontece que a gente consegue ter esse aumento?

S3: Ah, eu sei que tem as lentes que são côncavas e tem diversos tipos de lente. Hoje em dia, modernizou tanto que eu nem sei mais.

P: Dependendo do problema de visão que a gente tem, por exemplo, eu tenho hipermetropia, quer dizer que eu não enxergo muito bem de perto. Então, eu preciso de um tipo específico de lente. Um amigo meu tem miopia, ele não enxerga muito bem de longe, então ele precisa de um tipo diferenciado de lente. Então, dependendo do nosso defeito de visão, será uma lente ou outra que vai fazer essa correção.

S3: Mudando de assunto, esses dias eu vi na TV uma reportagem de uma casa, uma casa de uma pessoa bem rica, que tem um quarto de espelhos. Em um espelho a pessoa fica bem magrinha, no outro, bem gordona, num outro a pessoa fica baixinha, num outro, bem alta. E é assim, conforme ele vai olhando para os espelhos, os espelhos vão mudando as características da pessoa.

P: E o senhor tem ideia de porque acontece isso? Porque, provavelmente, os espelhos são feitos do mesmo material. O senhor tem ideia de por que um deixa gordo, um deixa magro, um deixa baixo, um deixa alto?

S3: Ah, eu andei pensando um pouco, mas não consegui chegar na resposta não.

P: O que o senhor imagina que pode ser?

S3: Sei lá, acho que pode ser a diferença, deixa eu pensar aqui. Ah, pode ser a qualidade de cada espelho. Uns são côncavos, outros, sei lá. Eu esqueci os nomes.

P: Mais alguma coisa que o senhor queira falar?

S3: Ah, assim, a respeito da luz, é muito bom, porque a gente pode conhecer cores. Antigamente, eu conhecia as cores que eram mais originais, o verde, o azul, o vermelho, que eram cores mais originais. Agora hoje, com a mistura de tintas e fórmulas, aí já tem cores que não conheço, lilás e outras cores assim. Mas as cores originais eu já pude ver, o vermelho, o amarelo, verde, que antigamente as cores eram mais originais.

P: E o senhor já viu, por exemplo, algo verde iluminado por uma luz amarela?

S3: Eu não to lembrado. Eu já vi luz vermelha.

P: E mudava as cores dos objetos que a luz vermelha iluminava?

S3: Ah, dependendo do ambiente, sim.

APÊNDICE D

Transcrição da aplicação das atividades com maquetes - Sujeito 1 (S₁)

Pesquisadora: Bom, eu trouxe aqui nove maquetes. E eu vou te fazendo umas perguntas e você vai me respondendo. São quatro maquetes pra nossa primeira parte. Eu vou te explicar como elas são e já entrego elas pra você tatear. A gente vai falar primeiro sobre como ocorre o processo de visão, ou seja, o que precisa estar envolvido pra que as pessoas enxerguem perfeitamente.

Sujeito 1: Tá.

P: Então, em cada maquete tem quatro elementos. Uma árvore, que é o objeto a ser visto, um homenzinho, que é o observador, quem está vendo, tem o Sol, que é a fonte de luz e tem umas setinhas que você vai perceber, entre as maquetes, e em cada maquete essas setinhas estão em uma posição diferenciada. De uma maquete pra outra, só as setinhas que mudam de lugar. Aqui tá a primeira maquete [coloca a maquete 1 nas mãos do sujeito].

P: Aí tá a árvore.

S1: Aham.

P: Vindo um pouquinho aqui pro lado, aqui tá o Sol, nossa fonte de luz. Aí são as setinhas. O que estas setinhas indicam? Você percebe que a ponta da setinha tá aqui?

S1: Aham.

P: Essas setinhas ilustram o caminho que a luz tá fazendo. Essa setinha, por exemplo, nos mostra que a luz está saindo do Sol, aqui em cima, e indo em direção à árvore.

S1: Certo.

P: Mais pra baixo tem o homenzinho. E do ladinho dele tem outra setinha. Mesma coisa: a ponta da setinha tá aqui desse lado, certo? Então a luz está vindo da árvore e chegando até no homem.

P: Agora eu vou colocar as quatro maquetes, uma do lado da outra.

S1: Todas são iguais?

P: São semelhantes. Todas têm a árvore, o homenzinho e o Sol, o que muda são as setinhas e a posição dessas setinhas.

S1: Tá.

P: Eu quero que você observe essas quatro maquetes e me diga, dentre as quatro, qual você acha que ilustra melhor o processo de visão.

P: Nessa primeira, a luz sai do Sol e vai até a árvore e da árvore até o homem, que é o que as setinhas estão indicando. Na segunda maquete, que tá do seu lado direito, conforme você for tateando, você vai perceber que as setinhas estão um pouco diferentes. Da mesma forma na terceira maquete e na quarta maquete, que estão um pouquinho mais pra cima.

P: Então, eu quero que você tateie uma por uma e vá percebendo qual você acha que ilustra melhor como acontece o processo de visão.

S1: As duas estão ilustrando bem.

P: Por quê?

S1: Como eu posso explicar. Tá falando como ocorre certinho, né.

P: Espera que você ainda tem mais duas maquetes pra tatear. Nessa primeira aqui, a primeira que você tateou, a luz vem do Sol até a árvore e da árvore até o homenzinho. Agora, deixa eu fazer uma troca aqui. Vou colocar a segunda maquete na sua mão. Veja se você consegue perceber a diferença entre a primeira e a segunda.

S1: Esse lado aqui tá maior aqui na árvore.

P: Tá. Tenta perceber a diferença na posição das setinhas. Isso porque a árvore, o Sol e o homenzinho estão na mesma posição em todas as maquetes.

S1: Essa setinha, uma tá na direita e a outra tá na esquerda.

P: Isso. Então, enquanto na primeira a gente tinha do Sol pra árvore e da árvore pro homem, aqui a gente tem do Sol pra árvore e do homem pra árvore. Certo? Que a última setinha, a que tá mais embaixo, tá no sentido invertido, se a gente comparar com a outra maquete.

S1: Certo.

P: Agora, deixa eu tirar essa daqui e vou te dar a terceira maquete.

S1: Essa tem uma seta em cima, outra embaixo. E uma aqui também [com as mãos sobre a árvore].

P: Não, aí é só a árvore. E a setinha que a gente tinha do Sol pra árvore, tem nessa maquete? Vai lá no Sol e veja se sai alguma setinha dele.

S1: Aqui [com as mãos sobre a setinha situada entre o homem e a árvore].

P: Onde tá o Sol na maquete?

S1: Aqui [com as mãos sobre a árvore]?

P: Não, aí é a árvore.

S1: O Sol tá aqui [com as mãos sobre o Sol]?

P: Isso, tá aí. Tem alguma setinha saindo do Sol?

S1: Não?

P: Não. A gente só tem duas setinhas, entre o homem e a árvore. O que você percebe dessas duas setinhas? Estão as duas pro mesmo lado? Vai lá nas duas setinhas. Elas estão pro mesmo lado?

S1: Deixa eu ver aqui. Tá uma aqui e a outra tá aonde? Aqui [com as mãos sobre a árvore]?

P: Não, aí é o pezinho da árvore.

S1: Uma aqui e a outra tá aonde? Aqui?

P: Isso.

S1: Uma em cima e uma embaixo.

P: E elas estão apontando pro mesmo lado?

S1: Como? Aqui pra cima, por exemplo?

P: Onde que tá a ponta da setinha?

S1: Aqui [com a mão sobre as duas setinhas].

P: Aqui [com a mão sobre a ponta da setinha de cima]. E da outra setinha?

S1: Aqui [com a mão sobre a “bundinha” da setinha].

P: Não, a pontinha tá do outro lado.

S1: Aqui [com a mão sobre a pontinha da outra setinha].

P: Então tá uma pra cada lado. Uma do homem pra árvore e uma da árvore pro homem.

S1: Aham.

P: Essa já tá um pouquinho diferente das outras duas. A gente só tem a relação homem-árvore e o Sol tá de fora. Certo?

S1: Aham.

P: Agora eu vou pra última maquete. Tateie ela. Tem alguma diferença entre ela e as outras maquetes?

S1: As setinhas. Tem três.

P: E pra onde estão apontando as setinhas? Elas tão saindo de onde e indo pra onde?

S1: Aqui é o homem, nessa parte [com as mãos sobre a árvore]?

P: Não, aí é a árvore.

S1: Na árvore e no Sol.

P: Ó, você tem que sentir a setinha, ver onde tá a pontinha dela e ver pra onde essa pontinha está virada. A ponta da setinha é sempre essa, mais afiada. Quer dizer então que ela sai daqui [Sol] e vem pra cá [árvore]. É essa pontinha que dá o sentido do raio de luz.

S1: Aham.

P: O que essas setinhas significam pra você? O que você percebe dessa maquete? Ela é bem diferente da primeira, da segunda e da terceira.

S1: Ela tá mais diferente pros lugares que tá apontando a seta.

P: E pra onde que estão apontando essas setas?

S1: Pro homem, essa aqui [com as mãos sobre a primeira seta]?

P: Onde que tá o homem?

S1: O homem é aonde, aqui [com as mãos sobre a seta maior]?

P: Não, essa é a seta. Aqui tá a árvore e aqui tá o homem.

S1: Aqui, né?

P: Isso, essa é a cabecinha dele.

P: Então, você tem três setinhas. Essa que tá saindo do Sol e indo pra árvore. Essa aqui do meio também tá saindo do Sol e indo lá no pezinho da árvore. E essa ultiminha, essa bem pequenininha, ela também tá saindo do Sol e chegando aqui no homenzinho.

S1: Aham.

P: Então ela tá diferente das outras.

S1: Tá.

P: Eu te apresentei quatro maquetes diferentes. Eu vou distribuir as quatro aqui na mesa, caso você queira voltar e tocar alguma delas, e eu quero que você escolha a que melhor ilustre, no seu entender de processo de visão... [interrupção]

S1: Ah, todas.

P: Mas você precisa escolher uma e ir me falando porque você acha que é aquela.

S1: Só uma?

P: É. Não que seja estritamente uma, mas... Se você acha que não dá pra escolher uma, você vai me falando porque você acha que ilustra bem, já que você me falou que todas elas ilustram bem. Pode ser?

S1: Pode. Mas vamos ver anda, vamos ver se dá pra escolher.

P: Tá. Relaxa que nós temos tempo. Se você quiser ir voltando nas maquetes, uma a uma, não tem problema. Estão as quatro aí em cima da mesa. Tem duas em cima e duas embaixo. E todas as maquetes tem o número no canto de cima, do lado esquerdo.

S1: Essa aqui é a maquete 4.

P: Isso.

S1: Por que eu acho que não dá pra escolher? É isso que você quer saber?

P: Na verdade, eu queria que você percebesse as quatro e me dissesse qual delas, ou duas delas que ilustram melhor o processo de enxergar. Por exemplo, o que você acha que precisa estar envolvido pra que a pessoa possa enxergar perfeitamente?

S1: Como assim?

P: Perceba que aqui nas maquetes a gente tem quatro elementos. Os três elementos principais, que não mudam de lugar, são o Sol, que é a fonte de luz, a árvore e o homem. O homem, que é quem vai enxergar, a árvore, que é o que ele vai enxergar, o objeto que ele vai enxergar, e a fonte de luz. Essas maquetes estão ilustrando a relação entre esses três elementos.

S1: Uhum.

P: Eu queria que você me dissesse o que você acha. Você acha que a luz é importante pra gente enxergar?

S1: Muito, né.

P: Então, você me dizendo que a luz é importante, o que você acha dessa maquete que tá por cima [maquete 3]? Você acha que ela ilustra o processo de visão?

S1: Ah, ilustra né.

P: Por quê?

S1: A luz tá um pouquinho mais longe nessa, não tá?

P: Não. Como não sai nenhuma setinha do Sol, a luz tá de fora nessa maquete. A relação tá só entre o homem e a árvore.

S1: Então essa tá mais difícil pra ver a luz, pra ilustrar a luz.

P: Mas não é a luz que tem que ilustrar, é como a pessoa enxerga. A luz, você me falou que é um elemento importante pra que a pessoa enxergue.

S1: Aham.

P: E nessa maquete a luz tá de fora, porque não tem nenhuma setinha saindo dela. Então você acha que essa maquete ilustra o processo de visão ou não?

S1: A luz tá um pouco de fora e fica mais difícil pra pessoa enxergar, né.

P: A luz tá totalmente de fora. É como se estivesse um homem e uma árvore no escuro.

S1: Dificulta pra pessoa enxergar, aí.

P: Fica mais difícil quanto? Você acha que ela consegue enxergar se estiver completamente escuro?

S1: Ah, daí é difícil, ein. Não consegue não, eu acho. Principalmente quem tem problema de visão, que tem baixa visão, é bem mais difícil. Mas no escuro é difícil enxergar.

P: É que a gente tá acostumado, por exemplo, de noite, a gente não tem o Sol, mas temos todas as luzes da cidade, temos a luz da Lua. Então a gente tá acostumada a um escuro que não é o breu total. Agora, se você entrar num quarto que não entre nem um pouquinho de luz, você não vai enxergar absolutamente nada. Essa maquete 3 ilustra isso, porque a luz tá completamente de fora. Estão inclusos no processo só a árvore e o homem.

S1: Aham.

P: E aí, o que você acha? Ela ainda pode ser uma das suas quatro maquetes escolhidas ou não?

S1: A quatro?

P: Não. Se ela pode ser uma das quatro a ser escolhidas.

S1: Ah, pra mim ficou meio fácil de achar aqui.

P: De achar o quê?

S1: O homem, a árvore, por exemplo. [pausa] Vou escolher.

P: Mais ó, presta atenção, não é isso que eu estou te perguntando. Lembra que eu pedi pra você escolher uma das quatro? Aí você falou que ia ser difícil escolher.

S1: É.

P: E você acha que essa maquete que você tá agora, que é a terceira maquete, você acha que ela ainda pode ser uma das quatro escolhidas? Você acha que, do jeito que tá apresentado aí, é o jeito que acontece o processo de visão?

S1: É... eu acho que vai ser escolhida ou a 2 ou a primeira.

P: Tá. Então, deixa eu tirar essas daqui, já que você falou que é a 2 ou a primeira. E por que você acha que é ou a primeira ou a segunda?

S1: Porque elas ilustram melhor, eu acho.

P: E por que ilustram melhor?

S1: Porque tá mais perto, mostrando bem a luz.

P: E a quarta maquete, que também tem luz? A quarta maquete é a que tem três setinhas. Que as três setinhas estão saindo do Sol e iluminando o homem e a árvore. Por que você acha que não pode ser essa?

S1: É boa também porque tá iluminando o homem. E tem três setas, né, é mais completa. Só a luz que tá de fora.

P: Na quarta não. É na terceira que a luz tá de fora.

S1: Eu mudei de ideia, então.

P: Então eu vou repassar como é que são as setinhas em cada maquete, tá?

S1: Tá.

P: Na primeira maquete, a luz tá saindo do Sol e indo pra árvore e da árvore até o homem. Essa é a primeira maquete.

S1: Certo.

P: Na segunda maquete, a gente tem uma setinha do Sol até a árvore e uma do homem até a árvore.

S1: Certo.

P: A terceira maquete é aquela em que o Sol tá de fora. A gente tem uma setinha do homem pra árvore e uma setinha da árvore pro homem.

S1: Tá.

P: E a última maquete, que é a das três setinhas, a gente tem uma setinha do Sol pra árvore, mais uma do Sol pra árvore e uma do Sol pro homem.

S1: Eu vou escolher a quatro.

P: Tá. Por quê?

S1: Porque ela tá mais completa, mostrando todos os detalhes. O Sol tá iluminando o homem, certinho. Tá mostrando mais detalhes, eu acho.

P: O importante pra você aqui, então, é que ela tá iluminando o homem?

S1: E que ela tá mais completa, com três setinhas.

P: Tá. Então você escolheu a maquete quatro.

P: Agora a gente vai deixar essas quatro maquetes de lado e vamos pra outra maquete. Tá bem aqui na sua frente. O que você lê aqui?

S1: Raio de luz.

P: Isso que você tá passando a mão em cima é um barbante. O que você percebe desse barbante colado na maquete? Que características esse barbante apresenta?

S1: Tá mostrando um raio, né.

P: Tá. E como é esse raio?

S1: É... como eu posso dizer.

P: Como que ele tá colado?

S1: Ele tá colado meio reto.

P: Isso, tá reto.

P: E o que é esse raio de luz? A gente não consegue ver o raio de luz. Por exemplo, se você sai em um dia claro, você só percebe a claridade, não vê os raios de luz por assim dizer. E pra gente poder trabalhar com o raio de luz, a gente imagina, a gente supõe que ele seja em linha reta.

S1: Aham.

P: Então, toda vez que você ouvir falar em raio de luz, imagine que seja uma linha reta, como esse barbante da maquete.

S1: Certo.

P: Essa maquete tem mais três componentes. Leia um aí.

S1: Feixe divergente.

P: Isso. Na maquete tem feixe divergente, feixe convergente e feixe paralelo. Sempre que eu falar feixe de luz você imagine vários raios de luz juntos. Você vai perceber que nos ter feixes que tem na maquete, que, por enquanto, você tá mexendo no divergente, tem um monte de barbante em linha reta.

S1: É. Aqui, né [passando os dedos entre os raios do feixe divergente].

P: Isso mesmo. Agora, eu quero que você toque os três feixes e me diga qual a maior diferença que você percebe entre eles. Aí tá o feixe divergente, do lado dele, do lado direito, tá o convergente, e em cima do convergente tá o paralelo [enquanto isso, o aluno vai passando as mãos pelos diferentes feixes].

P: Então, vá tocando os três feixes, o convergente, o divergente e o paralelo, e tenta me dizer qual a maior diferença que você percebe entre eles.

S1: No paralelo, estão vários feixes juntos, aqui. Isso que eu percebi.

P: Tá. E no convergente e no divergente?

S1: O divergente também tem vários barbantes, né.

P: Lembra que eu falei que feixe é um conjunto de raios de luz.

S1: O divergente parece que tem mais barbante que o paralelo.

P: Tem o mesmo tanto. Não, acho que tem barbante a mais.

S1: Agora o outro?

P: Aham.

S1: Qual que é o outro? É o... convergente?

P: Isso.

S1: Esse aqui também tem vários barbantes em linha reta.

P: Você consegue perceber alguma diferença entre os três feixes? Entre o paralelo, o convergente e o divergente? Tente perceber a disposição deles, como eles estão colados no papelão.

S1: Esse aqui [divergente] é um pouco diferente desse [convergente], observa aqui.

P: Por quê? Qual a diferença maior que você percebe?

S1: Essa parte aqui [abertura do feixe divergente], que tá junto com o barbante, ela tá mais aberta aqui e mais longa que o outro [feixe convergente].

P: E esses pontinhos aqui [ponto de encontro dos raios nos dois feixes]. Você percebe que aqui os barbantes estão todos juntos?

S1: Aham.

P: No paralelo a gente tem essa junção dos barbantes?

S1: Onde tá o paralelo?

P: Pra cima do convergente.

S1: Não, não tem junção nenhuma.

P: Isso. Os barbantes não se juntam nem no lado esquerdo nem no lado direito.

S1: É.

P: Volta um pouquinho no convergente e no divergente. Os barbantes se juntam do mesmo lado nos dois feixes?

S1: Como assim? A ponta aqui?

P: É.

S1: A ponta é a partir da onde?

P: Daqui [colocando as mãos do aluno sobre as pontinhas de encontro dos feixes]. Aqui que tá a junção dos barbantes. Essa junção tá do lado direito ou do lado esquerdo?

S1: Essa junção aqui [com os dedos sobre o feixe divergente]?

P: É.

S1: Esquerdo.

P: Isso. E no feixe convergente?

S1: Direito.

P: Então é a mesma coisa?

S1: É um pouco diferente, né.

P: Isso. Então eu vou te falar a diferença entre os feixes paralelo, convergente e divergente, tá?

S1: Tá.

P: O feixe paralelo, como você mesmo percebeu, não tem junção dos raios nem do lado direito nem do lado esquerdo. Isso quer dizer que os raios do feixe paralelo nunca se encontram, não se encontram em nenhum ponto.

O que significa paralelo? Paralelo é lado a lado. Então, eles vão seguir essa linha reta sempre um do lado do outro, sem se encontrar.

S1: Uhum.

P: Imagine que a gente tem uma lanterna bem aqui [do lado esquerdo da maquete], acesa. Os raios de luz vão partir da lanterna e ir pro lado direito da sala. Conseguiu imaginar?

S1: Sim.

P: Então, os feixes de luz estão partindo da lanterna e vindo pra cá [lado direito].

S1: Tá.

P: Se eu conseguisse pegar só um raio de luz, sozinho, seria como esse aqui, o primeiro que a gente viu na maquete. Ele começa aqui, no lado esquerdo, e segue na direção do outro lado da sala, em linha reta.

S1: Certo.

P: Se da minha lanterna estiver saindo um feixe paralelo, os raios estão saindo daqui, do lado esquerdo, e também estão indo na direção do outro lado da sala.

S1: Aham.

P: No feixe divergente, a luz sai daqui, desse pontinho, e se espalha. Você percebe que tem um barbante indo pra cada lado, se distanciando um do outro?

S1: Aham.

P: Estão todos em linha reta, mas um indo pra cada lado. Então, a luz sai de um pontinho e se espalha. No convergente, que tá ali do outro lado, acontece o contrário do que acontece no divergente. A luz está vindo espalhada, vindo de todos os lado, e se encontrando em um pontinho.

S1: Certo.

P: Retomando. Feixe paralelo: os raios nunca se encontram, nem saem de um ponto e se espalham e nem chegam espalhados e se encontram.

S1: Aham.

P: E o feixe divergente? Como ele é? Ele sai de um ponto e se espalha ou ele chega espalhado e se encontra em um pontinho?

S1: O pontinho, como eu faço pra perceber ele?

P: É onde os barbantes estão todos juntinhos, colados todos juntos.

S1: Tudo aqui [passando as mãos sobre os raios do feixe divergente]?

P: Eles estão juntos aqui no pontinho e vem pra cá [lado direito]. Lembra que a lanterna está aqui, do lado esquerdo da maquete?

S1: Uhum.

P: Então a luz está vindo daqui e indo pro lado direito. A gente vai considerar que a luz está sempre da esquerda pra direita.

S1: Tá.

P: Então, no divergente, os raios de luz saem de um ponto e se espalham ou eles estão chegando espalhados e se juntando em um ponto? O que você percebe no divergente?

S1: Quando sai de um ponto é que tá dos dois lados?

P: Ó, o feixe divergente é esse aqui. O que eu quero dizer com sai de um ponto? Que eles estão juntos em um certo ponto e a partir desse ponto vão se espalhando. Qual é o divergente e qual é o convergente?

S1: Esse é o convergente [tocando o feixe da direita] e esse é o divergente [tocando o feixe da esquerda].

P: Tá. E o que acontece no convergente e o que acontece no divergente?

S1: O convergente sai de um ponto e se espalha, né?

P: O convergente ou o divergente?

S1: O convergente.

P: Não. Ó, o convergente tá do lado direito, o divergente tá do lado esquerdo.

S1: Então é o divergente.

P: Isso. Então, o divergente sai de um ponto e se espalha. E o convergente?

S1: É aquilo que você falou. Tem o ponto... como que é?

P: Tateie os barbantes de novo e me responda você.

S1: É aquilo que você falou. Ela vem de um ponto e...

P: Qual que vem de um ponto?

S1: Esse aqui [tocando o feixe convergente].

P: Não. A luz está desse lado, esquerdo. Então, aqui no feixe divergente os raios de luz saem todos juntos e vão se separando um do outro.

S1: Aham.

P: Desse lado aqui [direito] é ao contrário. Os raios estão todos separados e vão se juntando até chegar num ponto.

S1: Aham.

P: Então me diga o que é o feixe convergente e o que é o feixe divergente.

S1: Convergente é esse aqui [tocando o feixe da direita] e divergente é esse aqui [tocando o feixe da esquerda].

P: Tá. E qual é a diferença entre eles?

S1: Desse aqui, essa parte [o barbante] tá mais forte, desse esquerdo aqui.

P: O que é estar mais forte?

S1: A linha tá mais forte. Essa parte aqui tá um pouco aumentada, tá mais forte. Isso que eu quis dizer aqui.

P: E em relação a sair do mesmo ponto e se espalhar ou chegar espalhado e se encontrar em um pontinho?

S1: Ele sai do mesmo ponto.

P: Qual que sai do mesmo ponto?

S1: Aqui [tocando o feixe divergente].

P: E eles saem do mesmo ponto e acontece o que com os raios que estão nesse ponto?

S1: É...

P: Eles tão se juntando ou se separando?

S1: Se separando.

P: Isso. Tão se separando.

S1: Essa parte aqui [distância entre um barbante e outro] significa que eles tão se separando.

P: Isso. Você percebe que vai aumentando a distância entre um raio e outro conforme você vai se afastando do ponto?

S1: Aham.

P: Esse é o feixe divergente. Os raios, quanto mais longe do ponto de que partiram, vão se afastando cada vez mais um do outro. E o convergente aqui embaixo, o que acontece?

S1: O convergente, ele vem de um ponto pra cá [esquerda], por exemplo. Aqui eles vão se juntando.

P: Isso, eles vão se juntando. Aqui no começo, eles estão separados ou tão juntos?

S1: Eles tão... separados.

P: Isso. E nesse pontinho aqui?

S1: Aqui eles tão juntos.

P: Certo. Então, essa é a maior diferença entre esses dois feixes.

S1: Por isso que tem um lado mais forte e um mais fraco, né. Eu percebi isso.

P: Eu não consegui entender o que é esse mais forte e mais fraco que você disse.

S1: Por exemplo, aqui [tocando os raios do feixe convergente] é mais forte, quando eles se separam e quando eles se juntam essa parte aqui. Isso que eu percebi. Quando vai sumindo aqui, isso que eu quis dizer.

P: Eu ainda não entendi. Você pode tentar me explicar melhor?

S1: Por exemplo, aqui, não tem essa parte aqui, o barbante? Então, ele fica mais forte e depois fica um pouquinho mais fraco. Não tem tanta diferença. Aqui ele começa, é mais fraco, vão se juntando, começam a se juntar a partir daqui [quase no ponto de encontro dos raios]. Aí vai ficando forte aqui.

P: Eu acho que isso que você tá percebendo é só uma questão sensorial. Não tá ligado com a forma do feixe convergente e do feixe divergente. Tem a ver com a colagem do barbante. Porque a pontinha do barbante não fica tão bem colada quanto o resto dele.

S1: Eu percebi que eles tão se separando ali pela parte do barbante. Foi assim que eu percebi mais fácil.

P: Então, como eu disse, a pontinha do barbante não fica tão bem colada quanto ele fica no meio. Talvez seja isso que você esteja querendo dizer. Que o meio está melhor colado do que as pontinhas?

S1: Aham.

P: É isso que é o mais forte e o mais fraco?

S1: É.

P: Tá. Então, pra deixar claro, isso é só uma questão sensorial. Não deve influenciar na forma do feixe convergente ou do divergente, tá?

S1: Tá.

P: Retomando. A principal diferença entre os três feixes é: no paralelo os raios nunca se encontram, não tem pontinho nem na direita nem na esquerda; no divergente, eles estão todos juntos em um ponto e, a partir desse ponto, eles se separam; e no convergente, eles estão todos separados e se encontram em um ponto mais a frente.

S1: Certo.

P: As palavras divergir e convergir têm um significado cada uma. Divergir é quando eles se separam a partir de um ponto e convergir é quando eles se encontram em um ponto.

S1: Tá.

P: E pra que vai servir essa maquete que a gente tá trabalhando agora? A gente ainda tem quatro maquetes. Tem a de reflexão regular, a de refração e mais duas de lentes esféricas.

S1: Você trouxe todas ou não?

P: Trouxe, trouxe todas.

P: E nas de lentes, nós temos dois tipos: as lentes convergentes e as lentes divergentes. Então, esses conceitos que a gente trabalhou aqui, de feixes convergentes e divergentes, eu preciso que você guarde, pra gente poder trabalhar com as outras maquetes.

S1: Certo.

P: Ficou clara essa parte aqui?

S1: Ficou.

P: Então vou dar continuidade.

S1: Tá.

P: Vamos trabalhar com as de lente primeiro, que tá mais fresquinha a diferença entre um feixe e outro. São duas maquetes. O que está escrito nessa?

S1: Lente convergente.

P: Certo. Essa aqui é a representação de uma lente convergente. Como você percebe essa lente? Esqueça os barbantes em volta e preste atenção só na lente, aí no meio. Como ela é, qual o formato dela?

S1: Ela é um pouco redonda e um pouco meio assim.

P: O que acontece nas pontinhas dela?

S1: É meio retangular?

P: Bom, o retângulo tem quatro lados pontudinhos, igual essa pontinha de cima e essa pontinha de baixo. Mas não é retangular, porque nessa lente só temos duas pontinhas. O meio dela é circular. A gente sai de um

pontinha, vai arredondando, chega em outra pontinha, arredonda de novo e voltamos na mesma pontinha de que partimos. Essa é a lente que a gente chama de convergente. Esse é o modelo da lente, é o formato que ela tem.

S1: Certo.

P: Deixa eu te dar a outra maquete. Perceba a diferença entre a lente convergente e a divergente. Essa que eu te dei agora é a divergente.

S1: Ela é meia triangular aqui [nas bordas].

P: É, as pontinhas de cima parecem um triângulo mesmo.

S1: Ela é menor também, aqui ó [referindo-se ao comprimento da lente].

P: E no meio dela, como é que é?

S1: O que eu percebi é que no meio ela é um pouco assim...

P: Aqui [colocando as mãos do aluno no centro da lente].

S1: Aonde?

P: Aqui. Esse é o meio dela. O que acontece aqui, do meio pras pontas? Ela é igual à convergente?

S1: Cadê a convergente? Pra mim analisar as duas aqui.

P: Coloquei aí do seu lado.

S1: É essa aqui [com as mãos sobre a maquete da lente convergente]?

P: Isso. A convergente é essa e a divergente está na sua outra mão.

S1: Que parte que é a ponta? Essa aqui [tocando o centro da lente]?

P: Compare as duas lentes por inteiro. A convergente é igual a divergente?

S1: Não.

P: Você consegue perceber a diferença entre elas?

S1: Essa aqui é a divergente, né [tocando a lente convergente]?

P: Não, essa é a convergente.

S1: A convergente é um pouquinho... ela é maior e a divergente é menor.

P: Tá. Maior e menor em que sentido?

S1: É... como é que posso dizer... mas não são iguais as duas.

P: Elas não são iguais. Mas o que você quer dizer com uma é maior e a outra é menor? Porque, se você reparar, de comprimento elas são do mesmo tamanho.

S1: Aham.

P: Ou seja, dessa pontinha até essa [de uma borda à outra da lente convergente] e dessa ponta até essa [de uma borda à outra da lente divergente] tem o mesmo tamanho. Eu fiz igualzinho. Medi na régua e elas têm o mesmo comprimento. Então, uma não é maior que a outra no comprimento.

S1: Essa parte aqui é menor e essa é igual aqui.

P: Tá. E quando você diz que uma é maior e a outra é menor, o que você quer dizer com isso?

S1: Ela é menor aqui nessa parte.

P: Que parte?

S1: Aqui, ó [referindo-se ao centro da lente divergente]. Ela é menor aqui [centro da lente] e começa a se juntar aqui [quase nas bordas da lente] e vai ficando maior nessa parte aqui [nas bordas].

P: Então você tá me dizendo que ela é menor no meio e a outra é maior no meio?

S1: Ela é menor aqui e vai aumentando lá pra cima.

P: A gente pode dizer, então, que a lente convergente, que é a de cima, é mais gordinha no meio, e essa daí é mais magrinha, mais fininha.

S1: Aham.

P: Essa parte aqui, que você falou que parece um triângulo. Na divergente parece um triângulo, na convergente a gente tem as pontinhas. Tanto essas pontinhas quanto a parte reta da convergente, que você falou que parece um triângulo, a gente chama de borda. A principal diferença, então, entre a lente convergente e a divergente é que a convergente tem a borda fina, pontudinha, e a divergente tem a borda grossa.

S1: Uhum.

P: Tanto que a gente pode chamar a lente convergente de lente de bordas finas e a divergente, de lentes de bordas grossas.

S1: Certo.

P: Agora que você conseguiu perceber a diferença entre uma lente e outra, a gente vai ver a diferença entre os raios de luz que passam por cada uma delas. Eu vou trabalhando com as duas ao mesmo tempo, que eu acho que fica mais fácil perceber a diferença entre elas.

S1: Tá.

P: Você lembra qual era o feixe convergente e qual era o divergente que a gente viu agora há pouco?

S1: Aham.

P: Qual era o convergente?

S1: Deixa eu ver [com as mãos sobre as maquetes].

P: Não, essa é a maquete de lente. Eu to te perguntando da maquete que a gente acabou de ver, que tinha raio de luz e tal.

S1: Aqueles que se separavam ou se juntavam?

P: Isso. E qual que começava junto e se separava?

S1: Era o divergente? Vou falar sem olhar.

P: Isso. O divergente começava juntinho e ia se separando. Repara aqui na lente divergente. Imagine que a nossa lanterna continua acesa aqui do lado esquerdo.

S1: Tá.

P: Perceba esses três raios aqui [do lado esquerdo da lente]. Eles são convergentes, divergentes ou paralelos?

S1: Paralelo é lado a lado, né?

P: Isso.

S1: São convergentes. Eles tão meio lado a lado ou não?

P: Como eles estão? Eles estão se encontrando?

S1: Se for se encontrar, eles se encontram a partir da onde, daqui [referindo-se ao início dos raios paralelos]?

P: Ó, nossa fonte de luz, a lanterna, tá aqui. Aqui está o comecinho dos três feixes e aqui o finalzinho deles. Eles se encontram em algum lugar ou eles estão lado a lado o caminho inteiro?

S1: Eles tão assim o caminho inteiro, lado a lado.

P: Isso. Se eles não se encontram em lugar nenhum, a gente chama de paralelo.

S1: Que é lado a lado.

P: Isso mesmo. Então, o feixe tá chegando paralelo na lente. Imagine que fosse uma lente de óculos. A luz vai chegar na lente e vai atravessar ela. Já que a lente é transparente, a luz vai passar por ali. Nessa lente divergente, os raios tão passando por ela e saindo. Perceba como eles saíram. Eles estão se encontrando ou se separando? Perceba que a gente tem três raios aí.

S1: Quando eles... tão se separando.

P: Isso. Eles estão se distanciando cada vez mais um do outro.

S1: Aham.

P: Na lente divergente, então, os raios vão chegar lado a lado, passam pela lente e se separam.

S1: Certo.

P: Agora, perceba a convergente. Os raios estão entrando, também lado a lado, passaram pela lente gordinha. Como eles estão saindo? O que acontece com esses raios que estão saindo? Eles tão se separando ou eles tão se juntando?

S1: Se juntando?

P: Se juntando, isso.

P: Então, na lente convergente os raios chegam paralelos, passam pela lente e se juntam.

S1: Aham.

P: A maior diferença entre as duas lentes, que era também a maior diferença entre os dois feixes, é que, na lente divergente, os raios, ao passar pela lente, se separam, e na convergente acontece o oposto, ao passar pela lente os raios se juntam em um ponto.

S1: Certo.

P: Você conseguiu perceber essa diferença? Você acha que as maquetes ilustrando bem a diferença, eles se juntando na lente convergente e se separando na divergente?

S1: Ah, eu consegui perceber sim.

P: Certo. Agora que a gente já falou de lentes e já passamos pelos feixes convergentes e divergentes, agora sim a gente vai pra maquete de reflexão. Antes de ir pra maquete, você lembra que a gente conversou sobre os óculos?

S1: Lembro.

P: E você lembra que você falou que às vezes a pessoa precisa de óculos pra enxergar de perto e as vezes ela precisa de óculos pra enxergar de longe?

S1: Aham.

P: Tá. Imagine que eu tenha problema pra enxergar de perto. Imagine não, porque eu tenho mesmo.

S1: Você tem de verdade?

P: Tenho. O grau é bem baixo, mas eu tenho. O *cameraman*, ao contrário, tem problema pra enxergar de longe. Você acha que meus óculos tem a mesma lente que os dele?

S1: Não.

P: Por quê?

S1: Uma é pra perto e a outra é pra longe.

P: Exatamente. Então, a gente tem, pelo menos, dois tipos de lentes diferentes. Por exemplo, eu tenho que colocar os óculos e enxergar bem um objeto que estiver perto de mim. O *cameraman* tem que colocar os óculos e enxergar bem um objeto que esteja lá longe. Então eu vou ter que usar lentes diferentes.

P: No caso da miopia, que é quando não se enxerga muito bem de longe, eu uso lente divergente. No caso da hipermetropia, que é quando não se enxerga muito bem de perto, eu uso lente convergente.

S1: Tá.

P: Então, pra cada defeito de visão é um tipo de lente que tem que ser usada pra corrigir. Certo?

S1: Certo.

P: Eu tinha te perguntado por que você achava que os óculos permitiam que alguém enxergasse melhor, tanto de longe quanto de perto. E você disse que era uma pergunta muito difícil de responder.

S1: É.

P: E é por isso. Cada lente em um comportamento. Uma espalha os raios e as outras junta os raios de luz. E, dependendo do problema de visão que você tem, você usa uma ou outra lente.

S1: Tá.

P: Agora sim a gente pode ir pra maquete de reflexão.

S1: E depois é qual?

P: Depois só tem mais uma, a de refração da luz. Aqui ó, essa é a de reflexão.

S1: Reflexão regular.

P: Isso. Aqui são os raios e aqui, você consegue sentir que tem um papelão aqui?

S1: Aham.

P: Imagine que esse papelão seja um espelho. Aqui nos raios, quantos barbantes têm aqui?

S1: Dois.

P: Isso. Imagine, então, que tem dois raios de luz chegando até o espelho.

S1: Um tá se juntando e um tá se separando.

P: Ó, esse raio aqui, o primeiro, toca o espelho nesse ponto e vem pra cá [é refletido]. Percebeu?

S1: Aham.

P: Esse outro aqui também, toca o espelho e sai pro outro lado.

S1: Certo.

P: Então, eu tenho dois raios. Esses raios estão lado a lado antes de chegar no espelho?

S1: Quando tá lá do lado ele tá aqui, se juntando.

P: Não, eles não chegam a se juntar. Eles só batem lá no espelho e saem pro outro lado.

S1: Vão pra esse lado aqui, né [lado direito da maquete].

P: Isso. Esses raios tão lado a lado, tão se juntando ou tão se separando?

S1: Tão se juntando.

P: Não, eles não tão se juntando. Eles chegam no espelho lado a lado e saem lado a lado também.

S1: É um pouco diferente, né.

P: Eles estão entrando lado a lado e saindo lado a lado. Ou seja, eles chegam paralelos e saem paralelos. Sempre que eu disser lado a lado, eu to querendo dizer paralelo.

S1: Certo.

P: Então, o que essa maquete tá ilustrando. Como o nome já diz, esse é um processo chamado reflexão. Você lembra o que você me respondeu quando eu te perguntei o que acontece quando alguém entra na frente de um espelho?

S1: Aham.

P: E o que acontece se eu pego um espelho e coloco na frente do meu rosto?

S1: Você vai se olhar no espelho, né.

P: E o que eu vou ver no espelho?

S1: Ah, seu corpo, você mesmo, o rosto.

P: Isso. Se eu coloco o espelho na frente do meu rosto eu vou ver o meu rosto.

S1: É, vocês que tão acostumados a se olhar no espelho.

P: E esse processo de eu me ver no espelho é o fenômeno da reflexão. Ou seja, eu vou ver a minha própria imagem no espelho.

S1: Certo.

P: Pro processo de reflexão, existem algumas equações, algumas continhas que a gente faz pra achar o ângulo do raio que tá entrando e do raio que tá saindo, mas isso a gente não vai ver. Você vai ver isso só no Ensino Médio. Como você não viu nada disso ainda no colégio, eu não vou falar de nenhuma equação, vou falar só do processo de reflexão em si.

P: Imagine que eu to aqui na salinha mesmo e coloco um espelho grande na minha frente. Você acha que no espelho eu vejo só a mim ou eu vejo também tudo o que está atrás de mim?

S1: Se colocar só na frente do seu olho?

P: Não, vou colocar, por exemplo, ali na porta, atrás de você. Então, eu estou aqui e o espelho tá ali onde tá a porta. Você acha que nesse espelho vai aparecer só eu ou vai aparecer tudo que tem no ambiente? Tudo o que tá um pouco a frente de mim e tudo que tá atrás de mim.

S1: Eu acho que um pouco do ambiente.

P: E que pouco você acha que seria esse? Você acha que seria só o tamanho do espelho? Você acha que teria um campo de visão maior? Você acha que ia refletir só o que tá na reta do espelho ou que ia abranger um pouco mais?

S1: Ia refletir o que tá mais na reta do espelho.

P: Na reta do espelho?

S1: Aham.

P: Certo. Só pra que fique bem claro, esses raios que tão entrando, quando eu digo entrando é que estão saindo de uma fonte de luz e chegando no espelho, tá. Ele tá saindo daqui, chega no espelho e sai. Quando você tiver que calcular esses ângulos, do raio que tá entrando e do raio que tá saindo, sempre que a gente for calcular esses ângulos, a gente imagina que aqui no meinho, onde o raio toca o espelho, exista uma reta, imaginária, que a gente chama de reta normal. E o ângulo que a gente vai calcular é entre essa reta imaginária, que fica aqui no meio, e o raio, tanto o raio que tá entrando quanto o raio que tá saindo.

S1: Aham.

P: Quando você tiver que ter um tratamento matemático da reflexão, são essas coisas, e mais algumas, que você vai ter que levar em consideração. Mas nesse momento, pro nosso trabalho, isso não vai importar.

S1: Tá bom.

P: Então vamos passar pra última maquete.

S1: Legal né, as maquetes.

P: Que bom que você tá gostando.

P: Bom, vamos pra última maquete. Leia o que tá escrito aí.

S1: Refração da luz.

P: Esse fenômeno de refração não é tão comum quanto o da reflexão, por exemplo. Não que ele não aconteça com a mesma frequência, mas, provavelmente, todas as pessoas que você conhece tem espelho em casa, usam espelho. Mas de refração ninguém fala. Voltando pra nossa maquete

P: Você percebe que aqui está bem lisinho?

S1: Aham.

P: Então, aqui eu coleí um papel celofane e aqui não tem nada, é só o papelão mesmo. O que eu quis com isso? Eu quis representar dois meios diferentes. Aqui, onde não tem papel celofane, considere que seja o ar, e aqui embaixo, onde tem o celofane, que seja a água. Esse aqui é o raio de luz, esse barbante, ele vem pelo ar, passa pelo ar e entra na água. Refração da luz, então, é quando a luz tá em um meio e passa pra outro diferente. Por exemplo, aqui no nosso caso, ela sai do ar e entra na água. Por exemplo, a luz do Sol entrando em uma piscina.

S1: Uhum.

P: A gente só consegue ver o fundo da piscina porque a luz chega até lá. A luz sai do Sol, que é a fonte de luz, passa pelo ar, que tá envolvendo tudo, e entra na piscina, na água. Então, o fenômeno de refração nada mais é do que a luz passando de um meio pra outro.

S1: Certo.

P: Agora eu vou propor uma situação pra você imaginar e tentar me dar uma resposta.

S1: Tá.

P: Você já ouviu falar em pesca com arpão?

S1: Aham.

P: É como se fosse um pedaço de ferro com uma lança na ponta. Imagine que um pescador está na beira de um rio bem limpinho, cãs as águas bem clarinhas, e ele vê um peixe. Ele vai tentar pescar esse peixe com o arpão. Ele chega bem pertinho do peixe e joga o arpão bem na reta do peixe, não tinha como errar. Mas ele errou. Ele jogou o arpão na reta do peixe e errou. Passou por cima do peixe. O que você acha que aconteceu? Por que você acha que ele não conseguiu pegar o peixe? Não é porque ele não sabe pescar.

S1: Ah, é porque ele errou a direção que ele tinha que jogar.

P: Mas ele tacou na retinha do peixe, o arpão não desviou, ele não jogou errado nem nada. Ele jogou exatamente onde ele tava vendo o peixe.

S1: Ele... como ele errou... como eu posso dizer?

P: Pensa um pouquinho.

S1: Tenta dar algum exemplo pra mim lembrar.

P: Um exemplo de que?

S1: Alguma coisa pra mim lembrar por que ele errou.

P: Não, você que tem que pensar.

S1: Ele não jogou errado, né?

P: Não, ele tacou certinho. Você acha que aconteceu alguma coisa? Você acha que o peixe tava naquele lugar que ele tinha visto mesmo?

S1: Não, o peixe tinha ido pra outro lugar, por isso que ele não acertou.

P: Na verdade, o peixe ficou no mesmo lugar, não nadou pra lugar nenhum. A gente explica o que aconteceu pelo fenômeno de refração. Você costuma ir à piscina?

S1: Sim.

P: Imagine alguém sentado na beira da piscina com os pés dentro d'água. Você já ouviu alguém dizer que o pé parece maior dentro d'água, ou mais perto de onde ele realmente está?

S1: Sim.

P: Quando a gente coloca só o pé dentro d'água a gente vê ele mais pra cima do que ele realmente está. E isso é explicado pelo fenômeno da refração, que é o que aconteceu com o peixe da nossa história. Ele estava ali, mas não na posição em que o pescador viu. Ele tava mais pra baixo de onde a gente viu. Como eu posso explicar esse fenômeno? Tá aqui na maquete.

P: Perceba o raio de luz que tá entrando. Ele tá no ar e vai até na água. Esse pedacinho de papelão aqui tá representando aquela reta normal que eu te falei. Aquela reta imaginária. Lembra que eu falei que ela aparece na reflexão? Na refração ela também aparece. É uma reta imaginária que, aqui é a superfície da água, tá, com a superfície da água ela faz um ângulo de 90 graus. A reta normal tá tanto no ar quanto na água. Na água ela também faz 90 graus com a superfície. Ela tá sempre na mesma direção, tanto no ar quanto na água.

S1: Aham.

P: Agora, perceba o raio. Ele sai na mesma direção que ele estava no ar?

S1: Não.

P: Mas você precisa tocar o raio lá na água. A água é lá no celofane.

S1: Aqui?

P: Não, aí é o ar. Aqui no celofane que é a água. Esse raio tá em linha reta? Em linha reta, que eu digo, é se ele estava na mesma trajetória que ele tinha no ar.

S1: Se ele continua? Não.

P: E o que está acontecendo com ele dentro d'água? Ele tá mais perto ou mais longe da reta normal?

S1: Reta normal é aqui, né?

P: Isso, essa de papelão.

S1: Tá mais longe.

P: Na água ou no ar?

S1: Mais longe... no ar.

P: Isso. A distância da normal até o raio no ar é maior do que na água.

S1: Aham.

P: Então, quando o raio de luz sai do ar e entra na água ele sofre um desvio. Ele muda um pouquinho a trajetória que ele tava seguindo.

S1: Certo.

P: O raio de luz que tava vindo do ar e entrando na água até chegar no peixe ele teve um desvio, mudou um pouco o caminho. Então a gente teve uma imagem do peixe deslocada do lugar real que ele estava. Por isso que o homem não acertou o arpão no peixe. Na verdade, ele tacou o arpão na imagem que ele tava enxergando, que não era o lugar que real do peixe.

S1: Entendi.

P: Você consegue sentir o pontilhadinho aqui na maquete?

S1: Aham.

P: Se eu tivesse passando do ar pro ar, por exemplo, como se um raio de luz estivesse cruzando a sala aqui, ele não sofreria desvio nenhum, ele continuaria na mesma trajetória. Percebeu?

S1: Percebi.

P: Então, sempre que a luz passa de um meio pro outro, pode ser do ar pra água, do ar pro vidro, da água pro vidro, da água pro ar, sempre que ela muda de meio, sempre que ela passa de um meio pra outro, diferente, ela sofre esse desvio. Ou ela fica mais próxima da reta normal ou ela fica mais afastada. Isso vai depender das condições do meio. Quando você for estudar você vai ver que depende do índice de refração do meio, mas agora a gente não vai falar disso.

S1: Certo.

P: Então, o que é importante você perceber nessa maquete. Que quando o raio de luz passa de um meio pra outro diferente, ele sofre um desvio. Aqui, no ar, ele tava mais longe da normal, e quando ele passou pra água, ele ficou mais perto. Certo?

S1: Certo.

P: Isso que é importante você entender.

P: Agora que a gente já terminou essa parte das maquetes, voltando lá no raio de luz, eu lembro que na nossa outra entrevista eu perguntei pra você se você achava que a luz se movimentava ou não.

S1: Aham.

P: E a partir de tudo que a gente trabalhou hoje, que a gente trabalhou os raios de luz, os diferentes feixes de luz, como você acha que é a trajetória da luz? Como você acha que ela segue? Por exemplo, ela sai de uma lanterna, aquela nossa lanterna imaginária. Como você acha que ela sai? Qual a trajetória que ela segue ao sair da lanterna? Ou ainda, como a luz do Sol chega até aqui? Pelo que a gente viu hoje, você acha que ela vem em formato de onda, de espiral, igual o arame desse caderno, você acha que é em linha reta? Como você acha que é?

S1: É meio reto aqui [tocando o espiral do caderno]?

P: O espiral foi só pra te dar um exemplo de trajetória. Mas a luz que vem do Sol até aqui, você acha que ela vem em linha reta, que ela vem em formato de onda, que ela vem em espiral? Como você acha que ela chega até na gente?

S1: De onda.

P: Por quê?

S1: Pra vim até onde? Até essa sala aqui?

P: Tanto faz. Pode ser a luz que tá iluminando essa sala, a luz do Sol que tá iluminando lá fora. Como você acha que ela segue?

S1: Em linha reta?

P: Por que em linha reta?

S1: Como que eu posso dizer...

P: Por que você acha que é em linha reta? Ou você só chutou que é em linha reta? Pode ser também, você nunca tinha falado sobre isso.

S1: Ah, ela vem meio em linha reta, eu acho.

P: E como que é meio em linha reta?

S1: É... cadê um exemplo de linha reta aqui?

P: Um exemplo de linha reta? Deixa eu pegar aqui. Aqui ó, nosso barbante da maquete. Esse é um exemplo de linha reta.

P: E aí, você acha que a luz vem assim?

S1: Vem meio desse lado aqui.

P: Tá, e desse lado aqui significa o que?

P: O que você está pensando?

S1: Que jeito que o Sol vem. É isso que você quer saber?

P: Isso. Como a luz do Sol chega até na gente. Eu falei que a gente não enxerga o raio de luz, né. A gente percebe a claridade, mas o raio de luz, em si, a gente não vê.

S1: Vem aqui, vem em formato de onda, reto assim?

P: Mas formato de onda e reto não é a mesma coisa.

S1: O que você quer saber?

P: Eu quero saber como você acha que é a luz. Se ela se propaga em linha reta, se ela se propaga em forma de onda, se ela se propaga em espiral.

S1: Em linha reta.

P: Tá bom. Você consegue me explicar por que ou você só acha que é em linha reta?

S1: Esse é difícil explicar. Eu só acho que é em linha reta.

P: Tá.

S1: E esse espiral que você falou? É o que?

P: Espiral é esse do caderno.

S1: Ah tá.

S1: Que jeito que é, você acha? Tá certo, né?

P: Ah, você que tem que achar.

S1: Tá certo, eu acho.

P: Você acha que é em linha reta?

S1: Acho que é.

P: Tá certo, é em linha reta mesmo. Você lembra que, todos os raios de luz que a gente viu nas maquetes, o barbante estava em linha reta? Ele partia de um ponto, chegava num ponto ou era paralelo, mas sempre tava em linha reta.

S1: Aham.

P: É porque a luz se propaga sempre em linha reta. Seja dentro d'água, seja no ar. A gente viu, na maquete de refração, a luz primeiro passava pelo ar e depois pela água. Tinha aquele desvio, mas sempre tava em linha reta. Então, em qualquer meio, a luz se propaga em linha reta. Certo?

S1: Certo.

P: Então é isso. Terminamos.

APÊNDICE E

Transcrição da aplicação das atividades com maquetes - Sujeito 2 (S₂)

Pesquisadora: A gente vai começar com as quatro primeiras maquetes, de como se dá a visão. Você lembra o que você me disse quando eu perguntei como ocorria o processo de enxergar, o que a gente precisava ter pra enxergar, por exemplo, um objeto que não tem luz própria?

Sujeito 2: De luz.

P: Tá. Então eu vou colocar na sua frente quatro maquetes. Cada uma representa um modelo de como se dá a visão, um diferente do outro. Aí eu quero que você vá tateando essas maquetes e me diga qual você acha que ilustra melhor o processo de como se dá a visão.

P: Então, ó, a primeira maquete é essa daqui [leva as mãos dele até a maquete 1]. Em todas as maquetes a gente vai ter três semelhanças: a árvore, que é o nosso objeto, é o homenzinho, que vai ser como o olho de quem enxerga, e aqui em cima a gente tem o Sol, que é a fonte de luz [o aluno vai acompanhando com as mãos enquanto a pesquisadora fala]. Então, em todos os sistemas a gente tem isso, e as setinhas indicam a direção e o sentido de propagação da luz.

P: Então, nessa primeira maquete, o que é que tá acontecendo? A gente tem uma setinha aqui em cima.

S2: Que vai do Sol pra árvore.

P: E a outra?

S2: Da árvore pro homem.

P: Isso. Então, qual é o caminho que a luz tá percorrendo aqui?

S2: Sai do Sol, reflete aqui [árvore] e chega aqui [homem].

P: Isso, certo. Essa é a primeira maquete. A segunda maquete é essa daqui, ó [coloca as mãos do aluno sobre a maquete 2]. Aqui tá a árvore, aqui, o homenzinho e aqui, a fonte de luz, como na outra maquete. Você percebe alguma diferença entre essa maquete e a outra?

S2: Esse daqui tá o mesmo [fala da primeira setinha, do Sol para a árvore], mas essa tá refletindo do homem pra árvore. Tá ao contrário.

P: Certo. Então já é diferente da primeira maquete, né?

S2: Aham.

P: Tá. Agora vamos pra terceira maquete [coloca as mãos do aluno sobre a maquete 3]. De novo, o Sol, a árvore e o homenzinho e as duas setinhas.

S2: Essa eu boiei.

P: Tá. O que é que tem de diferente nessa daí?

S2: Ah, não tem nada do Sol e tá do homem pra árvore e da árvore pro homem.

P: Exatamente. E a última maquete é essa aqui [coloca as mãos do aluno sobre a maquete 4]. Agora a gente tem uma seta grandona aí no meio, uma setinha menor. Então, as outras tinham duas setinhas, essa tem três. E pra onde estão apontando essas setinhas?

S2: Uma do Sol pro homem, outra pro pé da árvore e outra do Sol pra árvore.

P: Certo. Então as três setinhas estão saindo do Sol.

S2: Aham.

P: Então a gente tem aqui quatro modelos, todos diferentes um do outro, e eu quero que, pela concepção que você tem de como se dá esse processo de visão, que você escolha qual você acha que ilustra melhor esse processo de visão.

S2: Essa eu acho que tá fora [aponta para a maquete 1].

P: Por que você acha que a primeira está fora?

S2: Ah, porque o Sol tá iluminando tudo. Nunca ele vai refletir aqui [aponta para a árvore] pra vir pra cá [aponta pro homenzinho]. Eu acho, não sei. Eu acho que é assim.

P: Tá.

S2: E essa [tocando a maquete 2]... O Sol tá entrando na árvore, o homem também, que tá olhando a árvore. É só uma que tá certa ou não?

P: Só uma.

S2: Ih, lascou-se.

P: Aí você tem que escolher a que você acha que vai mais de encontro com o que você pensa.

S2: Por exemplo, essa aqui [tocando a maquete 3]. Essa quer dizer que o Sol não tá iluminando a árvore?

P: Isso. Na verdade, as setinhas estão ilustrando a direção da luz nos sistemas, né. E nesse terceiro sistema, o Sol tá de fora, porque não nenhuma setinha nem chegando nem saindo dele.

S2: Então o homem não tá enxergando nada, porque tá escuro.

[o aluno passa um bom tempo tateando as maquetes 2 e 4]

S2: Ah, a terceira eu já sei que não é. Eu to entre essa [aponta a maquete 2] e essa [aponta a maquete 4]. Ai, ai, ai. Bom, o Sol tá iluminando a árvore, tá iluminando o pé da árvore e tá iluminando o homem. Mas, se não

tivesse esse [toca a setinha que vai do Sol para o homem], o homem também ia estar vendo, porque a luz estaria na frente [toca a árvore]. Ele poderia estar no escuro e no outro canto ver a árvore.

P: Vou tentar mediar as suas dúvidas. Aqui na segunda maquete, o que você entende dela?

S2: Como assim?

P: Em que você está pensando pra escolher entre a segunda e a quarta maquetes?

S2: Porque o Sol tá iluminando tudo, quer dizer, tem que ter luz pro homem ver. E as duas tem. Só que uma tem uma a mais [aponta para a maquete 4].

P: E essa setinha aqui de baixo, da segunda maquete?

S2: Ela quer dizer que o homem tá vendo a árvore.

P: Ó, as setinhas são o caminho da luz. Lembra que eu falei no começo?

S2: Ahhh, tá certo. Então quer dizer que aqui não tá na cabeça dele [se referindo à cabeça do homenzinho da maquete 2].

S2: Eu fico com essa daqui [toca a maquete 4].

P: Tá bom. Agora a gente vai analisar a maquete que você escolheu. Nessa análise a gente vai descobrir se é a certa ou não. A gente vai pensando juntos aqui.

P: Nessa que você escolheu, os raio de luz estão saindo da fonte de luz, né. Aqui você tem um raio saindo em direção à árvore, outro raio saindo entre a árvore e o homenzinho e um raio na direção do homenzinho. Então, o que é que a gente tem nesse sistema? Todos os raios de luz chegando tanto no objeto quanto no homem, mas a gente não tem nenhum um raio de luz sendo refletido. Porque, por exemplo, os objetos que não tem luz própria, digamos, vamos nos utilizar da árvore que está ali fora. Como que acontece o processo de visão? Uma fonte de luz precisa iluminar essa árvore, digamos, o Sol, como está agora. O Sol ilumina essa árvore, mas essa árvore tem que refletir pra quem está olhando.

S2: Ah tá. Então não é essa [referindo-se à maquete 4].

P: Então vamos pegar as outras três.

S2: Ah, essa não é [referindo-se à maquete 3].

P: Por quê?

S2: Ah, porque o Sol tá apagado.

P: Isso. Se a gente não tem a fonte de luz é como se a gente estivesse no escuro. Se não tem nada pra iluminar, não vai ter nada pra refletir, e a gente não vai enxergar nada.

P: Agora a gente só tem a primeira e a segunda.

S2: Ah, então é essa daqui [referindo-se à maquete 1], porque tá vindo do Sol pra árvore, que reflete no homem.

P: Exatamente! Essa é a maquete certa. As outras maquetes se mostraram erradas com o tempo. Por exemplo, os gregos imaginavam que a luz saía dos nossos olhos e iluminavam o objeto, que seria aquela terceira maquete, que só tem a relação homem-objeto. Mas o modelo hoje aceito é esse: a luz sai de uma fonte de luz, ilumina um objeto e esse objeto reflete a luz até os nossos olhos.

S2: Ah tá, eu não sabia.

P: Agora a gente vai pra outra maquete. Lembra quando eu te perguntei na entrevista como a luz se propagava, como você achava que ela se movimentava? Você lembra que eu perguntei?

S2: De ondas, lá?

P: Isso. Você me respondeu que ela se propagava como as ondas. Agora eu trouxe uma maquete que ilustra tanto o raio de luz quanto os feixes de luz. Eu trouxe aqui pra você três tipos de feixe diferentes. E toda vez que eu falar em feixe de luz, você imagine que são vários raios de luz juntos, tá. Por exemplo, uma lanterna acesa, ela não solta um raio de luz, ela solta um feixe.

P: Então aqui, ó [coloca as mãos do aluno sobre a representação do raio de luz], tá a representação do raio de luz. Tá até escrito aqui em cima. O que você percebe tocando nesse raio de luz?

S2: Como assim? Que é um raio, uma tira, um pedaço estirado?

P: Isso é um barbante. E que formato que tá esse barbante?

S2: Como assim?

P: Como você percebe ele? Ele tá no formato de onda que você tinha me falado.

S2: Não. Tá direto.

P: E direto pra você é o que.

S2: Ah, é reto.

P: Isso, ele tá numa linha reta. Então, a luz se propaga em linha reta.

S2: Do Sol pra Terra?

P: Isso. De qualquer fonte de luz, em qualquer meio. Por exemplo, quando vem a luz do Sol, que você falou agora, e ela chega até na Terra, ela tem que passar por um espaço, um vácuo, e ela entra na atmosfera da Terra. Tanto no vácuo, quanto na atmosfera, quanto dentro d'água, dentro de qualquer meio, a luz se propaga sempre em linha reta.

P: Desse lado aqui [referindo-se à representação do feixe paralelo], o que é que eu tenho?

S2: Feixe paralelo.

P: E o que é que você percebe tocando esse feixe?

S2: Vários raios de luz.

P: Isso. Eles estão todos alinhados, em linha reta.

S2: São até do mesmo tamanho.

P: Então, o feixe paralelo é isso: um conjunto de raios de luz alinhados paralelamente uns aos outros.

P: Embaixo a gente tem dois outros tipos de feixe. Qual é esse primeiro [referindo-se à representação do feixe divergente]?

S2: Feixe divergente.

P: E o que é que tá acontecendo com os raios? Imagine que a fonte de luz está aqui [aponta para o início dos raios divergentes]. O que acontece com os raios?

S2: Eles estão iluminando.

P: E além de iluminar? Digamos, o que acontece geometricamente com esses raios?

S2: Não sei.

P: Por exemplo, o ângulo deles aqui. Aqui [onde estaria a fonte de luz] é um ângulo, aqui [tocando nos raios] é outro. Esse ângulo tá aumentando ou diminuindo?

S2: Aumentando.

P: Então, esses feixes são os feixes que se abrem. Você consegue perceber que os raios estão se abrindo?

S2: É, cada vez tá ficando um mais longe do outro, iluminando uma área maior.

P: Então, sempre que falar de feixe divergente são esses raio se abrindo.

P: Desse lado aqui a gente tem o que?

S2: Feixe convergente.

P: A fonte de luz continua sendo aqui [referindo-se ao ponto antes dos raios convergentes]. Então vem daqui [fonte] pra lá [ponto de convergência dos raios].

S2: Eles se concentram num lugar só.

P: Isso. Esses aí também estão se abrindo que nem os divergentes?

S2: Não, tão fechando.

P: Então, qual que é a maior diferença entre feixe divergente e feixe convergente?

S2: Ah, esse aqui [divergente] ilumina uma área maior e esse [convergente], uma área menor.

S2: Um olho veria esse [feixe convergente], por exemplo? Ele se concentraria num ponto só?

P: Isso. Lá no fundinho do olho a gente tem a retina, que é onde se formam as imagens que a gente vê. Os raios que vem na nossa direção chegam paralelos, e no olho a gente tem uma lente convergente, que é o cristalino. Quando os raios passam por essa lente, os raios convergem e se formam as imagens na retina. Mas isso a gente vai ver mais pra frente, quando formos trabalhar com as maquetes das lentes esféricas.

P: Tá, mas o que é que essa maquete aqui quer ilustrar? Primeiro, independente dos tipos de feixe, que a gente tem três aqui representados, os raios estão sempre de que forma?

S2: Em linha reta.

P: Isso. Sempre em linha reta. Então, a forma do raio de luz não muda, mesmo os feixes sendo paralelos, convergentes ou divergentes. E eu quero que você guarde essa ideia de feixe divergente se abrindo e feixe convergente se fechando pra quando a gente chegar no estudo de lentes. Alguma dúvida aqui?

S2: Não.

P: Então vamos para outra maquete.

P: A nossa terceira maquete é sobre reflexão regular. O que vem na sua cabeça quando você ouve a palavra reflexão?

S2: Refletir?!

P: Isso, algo que reflete. E o que você conhece que reflete?

S2: A luz.

P: E o que mais?

S2: O espelho.

P: Isso. Então a gente vai voltar naquela questão do espelho. Agora a gente já viu que a luz se propaga sempre em linha reta. Então, a gente sabendo que a luz se propaga em linha reta, fica mais fácil de entender como funciona um espelho.

P: Agora, passe suas mãos sobre a maquete e veja o que você entende. Ó, perceba que aqui a gente tem dois barbantes, dois raios de luz [coloca as mãos do aluno sobre as representações de raios de luz incidentes]. E essa parte aqui de baixo é a superfície. Imagine que seja a superfície de um espelho. O que é que tá acontecendo nessa maquete?

S2: O raio tá refletido no espelho.

P: E qual é o raio que está refletido aí no espelho?

S2: Tudo parece que dá no mesmo lugar!

P: Assim, ó: imagine que a fonte de luz esteja aqui [coloca as mãos do aluno onde a representação dos raios incidentes se inicia].

S2: Tá.

P: Então são esses dois raios aqui que estão entrando. O que é essa continuação aqui?

S2: Ah, eles tão saindo. Tipo saindo, não sei.

P: Isso. A gente tem aí dois tipos de raio, que são esses raios aqui que estão entrando [coloca as mãos do aluno sobre os raios incidentes], chegando na superfície do espelho, a gente chama de raio incidente, porque tá incidindo no espelho, ou em qualquer outra superfície lisa e polida que o fenômeno de reflexão possa ocorrer. E esses aqui [coloca as mãos do aluno sobre os raios refletidos], que estão saindo do espelho, são o que a gente chama de raios refletidos.

S2: Porque tão sendo refletidos pelo espelho.

P: Isso. Aqui no meio, bem aqui onde eles se encontram, nesse pontinho em que eles se encontram tem o que a gente chama de reta normal, que depois a gente vai ver na maquete de refração, que lá ela tá representada. Você sabe me dizer a lei da reflexão regular?

S2: Eu não estudei espelhos.

P: Tá. Então, a lei da reflexão regular diz que o raio que entra tem o mesmo ângulo [interrupção].

S2: Do que sai.

P: Isso. Perceba que esse espacinho aqui, que é o ângulo, é o mesmo pro raio incidente e pro raio refletido. Então, com relação à reta normal, que é uma reta imaginária que fica entre o raio incidente e o raio refletido... Espera aí, que eu vou pegar uma régua aqui pra gente representar a reta normal. Então imagina que isso aqui seja a reta normal [coloca a régua exatamente nos encontro do raio incidente com o refletido]. Ela tá bem no meio, bem onde o raio incidente encontra o raio refletido. Então, esse ângulo aqui [entre a normal e o raio incidente] e esse ângulo aqui [entre a normal e o raio refletido] são exatamente os mesmos.

S2: Aqui são os dois ao mesmo tempo chegando na superfície?

P: Isso. Porque aqui tá representado como dois raios, mas na realidade, o que chega na superfície não são só raios, é um feixe de luz, com vários raios. Mas a gente representou apenas dois pra mostrar que eles estão chegando paralelos e saindo também paralelos, porque eles têm que entrar e sair com o mesmo ângulo.

P: Então, vamos agora pra outra maquete. Eu vou fazer agora o que a gente chama de experimento pensado, porque eu acho que ninguém mais tem contato com quem pesca de arpão, e a ideia é essa. Imagine que uma pessoa está num lugar que tenha uma água cristalina, calma, como se fosse uma piscina, e tem um peixe ali, e a pessoa está com um arpão. Você sabe o que é um arpão?

S2: Aquilo que taca e enfia nas baleias.

P: Isso. Então, a pessoa tá com o arpão nas mãos e quer pegar aquele peixe. A pessoa joga o arpão exatamente na direção do peixe, ela tá vendo o peixe ali e joga o arpão retinho na direção do peixe. Mas a pessoa não pega o peixe, o arpão passa do lado do peixe. Por que você acha que aconteceu isso? A pessoa jogou certo, na reta do peixe. A pessoa está fora d'água, o peixe dentro d'água, ela jogou o arpão na direção do peixe, mas não acertou o peixe.

S2: Ou o peixe se mexeu...

P: Não, o peixe não se mexeu.

S2: Ah, é a água que faz isso mesmo.

P: Por quê?

S2: Ah, eu não sei. Porque tem vezes que você põe a mão dentro d'água e você não consegue ir retinho. Parece que dá tipo ondas, assim. Pressão, acho que é.

P: Você acha que é pressão?

S2: É, pode ser.

P: Na verdade, a gente sente a pressão da água quando a gente vai indo bem pro fundo. Mas esse nosso peixe aqui estava bem no raso. Tava todo embaixo d'água, mas estava no rasiinho.

S2: Ah, então a pessoa é ruim de mira.

P: Não, é um pescador muito bom. Você tem ideia de por que aconteceu isso?

S2: Pode ser o vento. Ou tava sem vento também?

P: Tava sem vento.

S2: Ah, então não sei.

P: A explicação pra isso é um fenômeno que a gente chama de refração. Você lembra alguma coisa de refração?

S2: Talvez sim, talvez não.

P: Pode falar.

S2: Você tá com uma força e chega com outra. Vai retraindo a velocidade, não sei.

P: Tem a ver com a velocidade também.

S2: Tipo assim, você taca um pau no vento, ela vai segurando o vento.

P: Só que aqui a gente vai falar da refração da luz. Na reflexão a gente viu que quando o feixe de luz bate na superfície do espelho, ele sai com o mesmo ângulo. Então, ele continua a trajetória em linha reta, com o mesmo ângulo em relação à normal. A normal que é sempre perpendicular à superfície. O que é que significa ser perpendicular à superfície? Que essa reta normal, imaginária, faz sempre um ângulo de 90° com a superfície. E na refração? Por exemplo, a refração só acontece quando eu passo de um meio pra outro. O que é passar de um meio pra outro? Por exemplo, se o meio raio de luz sai do ar e entra na água, ou vice-versa, sai da água e vai pro ar. Ou do ar para o vidro, que é o que acontece com as lentes. Então, esse processo de refração só acontece quando você muda de meio.

S2: Tá.

P: E você acha que tem alguma mudança na direção desse raio de luz quando ele passa, por exemplo, do ar pra água?

S2: Embaixo d'água fica mais fraco.

P: E você acha que ele muda a direção ou só muda a intensidade?

S2: Só a intensidade.

P: Na verdade, não. Cada meio tem o que a gente chama de índice de refração. O que quer dizer esse índice de refração? Você pode imaginar esse índice como sendo uma medida da dificuldade que a luz tem em se movimentar em cada meio. No vácuo, é o meio mais fácil pra ela se propagar, que não tem nenhum empecilho pra ela se movimentar. Imagina você andando no asfalto e de repente você passa a andar numa rua cheia de pedras. Muda a sua dificuldade de caminhar. Você saiu de um lugar que era muito mais fácil de andar pra um lugar muito mais difícil. Pra luz é a mesma coisa. Dependendo do meio que ela está, ela tem uma certa velocidade. E esse índice de refração depende exatamente da velocidade que a luz tem em cada meio. Se cada meio tem um índice de refração diferente, quando a luz passa de um meio pra outro, ela tem um desvio no movimento, na trajetória. Ela continua a trajetória, mas tem um desvio, em relação àquela reta normal que a gente tinha falado.

P: Então, essa maquete aqui [coloca a maquete de refração da luz nas mãos do aluno] é a da refração da luz. Essa aqui é a reta normal. Ela passa pelos dois meios. A gente representa Ela pela letra maiúscula N. Aqui, você tá sentindo uma superfície?

S2: Aham, bem retinha.

P: Eu coloquei ela em alto relevo pra mostrar a divisão de superfícies. Aqui em cima que não tem nada, é o ar, e aqui, onde tem esse papel celofane, é a água. Aqui desse lado tá escrito: o meio de cima é o ar, o de baixo é a água. Então, nosso feixe de luz, que tá representado aqui por um raio só, tá passando do ar pra água. Esse aqui é o meu raio de luz [coloca as mãos do aluno sobre o raio incidente]. E aqui tá a minha reta normal, sempre fazendo um ângulo de 90° com a superfície. Então meu raio entrou aqui e mudou de meio. Olha pra onde ele foi. Se ele fosse continuar em linha reta, ele estaria mais pra cá. Aqui em cima eu fiz essa representação tracejada, é

a continuação do raio que está lá dentro d'água. Então, se a gente estivesse passando do ar pro ar, que são o mesmo meio, meu raio incidiria aqui e teria esse raio reto.

S2: Tá.

P: Mas como a gente tá mudando de meio, o raio sofre um desvio. Dependendo do índice de refração de cada meio, o raio vai se desviar de um jeito. Aqui, a luz tá passando do ar pra água, e o índice de refração da água é maior que o do ar. Então, se você passa de um meio com índice de refração menor pra um meio com índice de refração maior, o seu raio se aproxima da normal.

S2: E se fosse o inverso?

P: Já te explico.

P: O que isso quer dizer? Aqui a gente tem um ângulo que cobre toda essa parte [referindo-se ao ângulo de incidência], e aqui, o ângulo entre o raio e a normal é menor [referindo-se ao ângulo de refração]. Ou seja, o raio tá se aproximando da reta normal.

P: Bom, se fosse ao contrário... Viramos a maquete. O meu raio está incidindo na água e quando ele sai, pro ar, ele vem pra cá. Ele se afasta da reta normal. Então, quando ele passa do ar pra água, ele se aproxima da normal, ou seja, com um ângulo menor. Se a gente faz o inverso, e ele passa da água pro ar [interrupção].

S2: Ele se afasta.

P: Isso, ele se afasta da normal.

P: Eu não sei se você já ouviu falar, muita gente faz esse experimento pra mostrar a refração. Você pega um copo de vidro, enche de água até a metade e coloca um lápis dentro. E quando você olha, a impressão que dá é a de que o lápis tá quebrado.

S2: Nossa!

P: Porque tem uma parte do lápis que está no ar e uma parte que tá na água. Então, é esse efeito da refração. O lápis entra assim [referindo-se ao raio incidente da maquete] e na água, metade dele tá assim, mais pra cá [referindo-se ao raio refratado]. E quando você tira o lápis, ele tá inteiro.

S2: Parece mágica!

P: É, é um experimento bem legal, porque todo mundo acha que o lápis tá quebrado, mas é só efeito do fenômeno de refração.

P: Então, se você for pescar com um arpão, você não tem que jogar exatamente onde tá o peixe, você tem que jogar do lado.

S2: Ah tá.

P: Agora a gente vai pras duas últimas maquetes, do estudo das lentes esféricas. Você lembra que a gente tinha falado que existem diferentes tipos de problemas de visão? E você me falou que pra cada problema a gente usa uma lente diferente pra corrigir.

S2: Isso.

P: Então a gente vai ver se isso tá certo ou não.

P: Bom, eu trouxe duas maquetes. Perceba elas aí. As duas tem o título aí em cima. Que lente é essa?

S2: Convergente.

P: O que você percebe na lente? Não precisa nem mexer nos raios ainda.

S2: Como assim, o que eu percebo?

P: Como é a lente? Como você percebe o formato dela?

S2: Ah, não sei que formato é esse aqui não. Sei lá, é bem diferente. Parece que aqui tá mais gordo, depois emagrece, depois engorda de novo.

P: Exatamente isso. Essa lente a gente chama de lente de bordas finas. As bordas são essas duas partes aqui [coloca as mãos do aluno nas bordas da lente]. Então, perceba que elas são até pontudinhas. Aqui no meio dela é gordinho, como você disse, e ela vai se afinando nas bordas.

S2: Tá.

P: Perceba agora essa outra maquete. Que lente é?

S2: Lente divergente.

P: Isso. E como é essa lente?

S2: Os dois lados são iguais.

P: E como é a borda e o meio dessa lente?

S2: O meio mais fino e as pontas, como que fala, são tipo um triângulo, sei lá.

P: Essa aí é o que a gente chama de lente de bordas grossas. Que ela tá fininha no meio e vai se alongando.

S2: Ah, tá.

P: A borda é sempre essa parte aqui de cima e essa de baixo.

S2: Ah, tá. Tá.

P: Na lente convergente é aquela pontinha, borda fina, e na lente divergente a borda é grossa.

S2: Ok.

P: Agora perceba nas duas maquetes só os feixes incidentes, que estão desse lado aqui. Você percebe alguma diferença entre eles?

S2: Não.

P: Que feixe é esse, daqueles três que a gente viu?

S2: Paralelo?

P: Isso, paralelo. Imagina que a luz tá vindo dali do seu lado esquerdo. Imagina que a fonte de luz tá onde tá a câmera. Então, ela vai sempre vir dali. Ela chega paralela tanto na lente convergente quanto na divergente. Observe, agora, como eles saem.

S2: Aqui é o fundo do olho, por exemplo?

P: Não, imagine um óculos com um tipo de lente e outro óculos com outro tipo.

S2: Tá certo.

P: Agora perceba os raios que saem da lente. Os raios depois que passaram pela lente.

S2: Aqui eu vou ver um lugar mais longe [referindo-se à lente divergente] e aqui um mais perto [referindo-se à lente convergente].

P: Você lembra quais são esses feixes?

S2: Ai, calma aí. Convergente [referindo-se ao feixe divergente]... Não!

P: Qual era o feixe convergente? Ele abria ou ele fechava?

S2: Vish Maria. O convergente... fechava.

P: Isso. E o divergente?

S2: Abria.

P: Isso. Então, na lente convergente, sempre que um raio de luz, um feixe de luz, passa por uma lente convergente, esse feixe vai convergir. O que quer dizer isso? Que num ponto ali eles vão se encontrar.

S2: Aham. Mas por exemplo, os dois olhos olham pra um ponto só, na lente convergente? E aqui [na lente divergente] cada um olha pra um lado?

P: Não. É que, na verdade, isso é na formação de imagem.

S2: Ahhh tá.

P: Porque, por exemplo, se o meu óculos tem lente convergente, ele tem lente convergente dos dois lados, no olho direito e no olho esquerdo.

S2: Ah, tá. Tá certo.

P: E se for lente divergente, é a mesma coisa. Mas eu vou te mostrar como é que funciona, depois.

P: Então, imagine que a minha mão é uma lente convergente. A fonte de luz continua sendo ali onde está a câmera. Os raios vão entrar paralelos aqui na minha mão e, quando passarem pela minha mão, eles vão se encontrar num ponto ali na frente. Lembra que você me falou que tinha diferença de graus nas lentes?

S2: Lembro.

P: A gente chama isso de distância focal. Dependendo do valor desse grau, dessa distância focal, é onde os meus raios vão se encontrar ali na frente.

P: Imagine, agora, que minha mão seja uma lente divergente. Os raios entram paralelos, do mesmo jeito que na outra, só que ao sair eles vão se abrindo. Então, enquanto os raios convergentes se encontravam, os raios divergentes vão se separar cada vez mais.

S2: Numa superfície maior ou não?

P: Você quer dizer um campo de visão maior?

S2: Isso.

P: É. Isso a gente vai ver quando for tratar de miopia e hipermetropia, que não são os únicos defeitos de visão [interrupção].

S2: Mas são os mais comuns.

P: Isso, são os mais comuns. A miopia é quando você não enxerga muito bem [interrupção].

S2: De longe.

P: Isso.

S2: É o que minha mãe tem e eu também tinha.

P: Bom, o que quer dizer não enxergar muito bem de longe? A imagem que você enxerga, ao invés dela se formar na sua retina, ela se forma um pouco antes de chegar na retina. Então você vai enxergar meio desfocado.

S2: Opera, então, pra se formar mais pra frente?

P: Isso. Na verdade, você não vai mexer na retina, você vai mexer no cristalino, que é a lente natural dos nossos olhos, né. Bom, eu acho que é assim, porque a retina é muito delicada pra mexer.

P: Imagina que isso aqui seja o olho humano [referindo-se a um potinho encontrado na sala de apoio, quase exatamente no formato do olho humano]. Aqui [parte de cima do potinho] vai ser o cristalino, por onde entram os feixes de luz. A retina é bem aqui nessa parte do fundo, arredondada, porque a retina é bem lá no fundo do olho. Então, se o seu olho funcionasse perfeitamente, ou o olho de qualquer pessoa que não tenha nenhum

defeito de visão, a imagem se formaria exatamente aqui [referindo-se ao fundo do potinho, que representava a retina].

S2: Na retina.

P: Isso, na retina. Quem tem miopia, a imagem vai se formar mais pra cá [coloca as mãos do aluno alguns centímetros antes do fundo do potinho]. Então, você tem uma distância aqui, entre a retina e onde a imagem tá se formando. E como a gente vai corrigir isso? A gente tem uma imagem se formando aqui [antes de chegar no fundo do potinho] e a gente precisa que a imagem se forme aqui [exatamente no fundo do potinho]. Então a gente precisa de uma lente que forme a imagem mais longe ou que forme a imagem mais perto?

S2: Mais longe.

P: Mais longe. E você acha que essa lente é a convergente ou a divergente?

S2: Deixa eu pensar aqui. Divergente.

P: Isso. Por quê?

S2: Porque ela vai formar mais longe, vai dar um zoom.

P: Exatamente, ela vai afastar a sua imagem. Vai fazer com que a imagem que entra no seu olho se forme mais longe. E dependendo da diferença dessa distância de onde se forma a imagem e onde ela deveria se formar a gente tem o grau da lente.

P: Então a gente sabe que pra corrigir miopia a gente tem que usar a lente divergente. Agora vamos pro caso da hipermetropia. A hipermetropia é quando você não enxerga muito bem de perto. É o que eu tenho. Quando eu to lendo um livro, se eu aproximar muito ele dos meus olhos, chega uma hora que embaralha tudo a imagem. Qual a maior diferença entre miopia e hipermetropia? Enquanto a imagem, na miopia, se formava antes da retina, na hipermetropia ela se forma depois da retina. Então, eu estou com a minha imagem aqui [depois do fundo do potinho] e preciso que ela se forme aqui, na retina [exatamente no fundo do potinho]. Na hipermetropia, a minha imagem tá lá longe. Eu preciso da lente convergente ou da divergente pra corrigir?

S2: Da convergente.

P: Por quê?

S2: Pra ver de perto, pra ver mais próximo, num ponto fixo, assim. Por que a lente convergente vai trazer mais pra perto.

P: Isso. Ela vai fazer os raios que entram se encontrarem num ponto específico, e esse ponto específico vai depender daquela distância focal que eu te falei. Vai depender da distância entre onde a sua imagem está se formando e de onde ela deveria se formar, que é na retina. Assim que vai ser especificado o grau da sua lente.

S2: Então, a distância da sua retina até onde a imagem se forma de verdade é que é o grau da lente?

P: Isso. Tem umas continhas envolvidas.

S2: Mas é mais ou menos isso mesmo?

P: É. No caso da hipermetropia, quanto mais longe da retina a imagem se forma, maior é o grau da sua lente.

P: Por exemplo, um amigo meu tem 4 graus de miopia. E enquanto essa miopia não se estabilizar, ele não pode fazer cirurgia. Por quê?

S2: Porque ela pode aumentar mais ainda. Tem que parar de aumentar ou de diminuir, né.

P: Isso. Imagina se ele faz a cirurgia, corrige a diferença lá. E se a miopia continuar, ou seja, e se esse grau que ele tinha continuar a mudar?

S2: A imagem vai continuar se formando no lugar errado, daí.

P: Isso. Então, enquanto ele não estiver com a miopia estabilizada, ele não deve fazer a cirurgia.

APÊNDICE F

Transcrição da aplicação das atividades com maquetes - Sujeito 3 (S₃)

Pesquisadora: Bom, nós vamos começar com as maquetes sobre como se dá o processo de visão. São quatro maquetes, e todas elas têm quatro elementos: a árvore, que é o objeto a ser visto, o homenzinho, que é nosso observador, o Sol, que é a fonte de luz, e as setinhas, que ilustram o caminho da luz em cada maquete. A única diferença entre as quatro maquetes é a posição das setinhas.

P: Vou colocar nas suas mãos a maquete 1. Perceba que, no canto esquerdo tem a árvore, nosso objeto, no canto direito, o homenzinho, nosso observador, no canto superior direito, sobe a mão um pouquinho, temos essa bola representando o Sol, que é nossa fonte de luz e as setinhas, que o senhor está passando a mão por cima agora. Como eu disse, em cada maquete essas setinhas estão colocadas em uma posição específica. Nessa primeira maquete, por exemplo, tem essa setinha que o senhor está com a mão em cima, que está saindo do Sol e chegando na árvore.

Sujeito 3: Tá.

P: E a setinha mais embaixo, tá apontando da árvore pro homem.

S3: Tá, mas da árvore pro homem seria a sombra da árvore?

P: Não, cada setinha dessa tá ilustrando a trajetória que a luz fazendo.

S3: Ah tá, é a trajetória.

P: Então, nessa primeira maquete seria: a luz sai do Sol, reflete no objeto e o homem enxerga.

S3: Tá.

P: A segunda maquete é essa daqui. Perceba a diferença entre ela e a primeira maquete.

S3: Bom, tem uma setinha indo do Sol pra árvore e a segunda setinha tá do homem pra árvore.

P: Isso. A diferença entre as duas é que a setinha que estava apontando da árvore pro homem agora está apontando do homem pra árvore. Então, nesse modelo a luz sai do Sol pra árvore e uma setinha está saindo do homem pra árvore. Nós não temos mais o processo que tínhamos na primeira, em que a luz ia primeiro pro objeto e depois refletia pro homem.

S3: Tá certo.

P: A terceira maquete é um pouquinho diferente dessas duas. Qual a diferença que o senhor percebe nessa maquete?

S3: Nessa maquete aqui, essa flechinha sai do homem pra árvore e essa aqui sai da árvore pro homem.

P: Isso. E do Sol?

S3: Do Sol não sai nada.

P: Não tem nada. Nesse modelo a luz está de fora. A gente só tem relação observador-objeto e objeto-observador. Essa maquete seria, por exemplo, a ilustração de um quarto escuro. Tem um objeto no quarto, eu estou dentro do quarto mas a luz do quarto está apagada.

S3: Tá.

P: E a quarta maquete é essa daqui. É um pouquinho diferente também. E como ela está?

S3: Nessa aqui o Sol tá apontando para a árvore em cima, para a árvore embaixo e para o homem.

P: Certo. Então, aqui, a luz tá iluminando tanto o objeto quanto o homem, mas a gente não tem mais a relação nem do homem pro objeto nem do objeto pro homem. É só a luz iluminando tudo.

S3: Certo.

P: Agora eu queria que o senhor escolhesse qual das quatro maquetes o senhor acha que ilustra melhor o processo de visão. Na sua concepção de ocorrência da visão, qual das quatro maquetes o senhor acha que ilustra melhor.

P: Vou deixar as quatro aqui na sua frente, caso o senhor queira analisá-las novamente. Se o senhor ficar com dúvidas sobre qual é qual, no canto superior esquerdo tem o número da maquete.

S3: É em relação à visão, né?

P: Isso. Lembra que a gente tinha discutido, quais os elementos envolvidos no processo de visão?

S3: Lembro.

P: Então, é isso.

S3: Eu penso que a luz primeiramente reflete no objeto para depois o observador enxergar.

P: Certo.

S3: Eu escolheria a primeira maquete.

P: Certo, vou lhe fazer algumas perguntas sobre as outras maquetes pra esclarecermos algumas coisas. Por que o senhor acha que não poderia ser a segunda maquete?

S3: Por que eu acho que não é a segunda?

P: Isso.

S3: Ah, porque pra pessoa conseguir enxergar um objeto tem que ter luz, senão ela não enxerga.

P: Então, nessa aqui o Sol está iluminando o objeto, o objeto está iluminado, só que não tem aquela reflexão que tem na primeira maquete. Então é como se estivesse saindo luz do Sol e como se a função do olho não fosse receber luz, como se emanasse luz do olho pra poder se enxergar o objeto. Esse é o modelo que está apresentado na segunda. Então, como o senhor já disse, o objeto precisa refletir a luz, e esse é o modelo atualmente aceito, esse é o modelo científico, o que o senhor escolheu. O objeto precisa estar iluminado, precisa refletir essa luz e essa luz é que chega até nós, e não nossos olhos que vão de encontro ao objeto.

S3: Ok.

P: Então é por isso que a segunda não é a correta.

S3: Tá.

P: A terceira maquete, por que o senhor acha que não pode ser ela? A terceira maquete está aí do seu lado esquerdo. É a que a luz tá de fora do processo. O processo tá só entre homem-objeto e objeto-homem. Por que não seria essa?

S3: Por que não seria essa?

P: É.

S3: Ué, porque se a luz tá de fora, não tem luz. Então ele não vai conseguir ver o objeto que está no escuro.

P: Exatamente. Como o senhor disse, o objeto precisa estar iluminado pra gente poder enxergar. Então tá.

P: E a quarta maquete, que é conhecida como modelo de banho de luz, em que o Sol ilumina todo mundo, mas a gente não tem relação homem-objeto nem objeto-homem. Por que não seria a quarta maquete?

S3: Por que não seria a quarta maquete?

P: Isso.

S3: Agora você me apertou sem me abraçar. Essa daqui eu não sei explicar não.

P: Então, não pode ser a quarta maquete porque a gente não tem a luz refletindo do objeto pro homem. Aqui a gente só tem o objeto iluminado e o homem iluminado, mas a gente não tem relação entre os dois.

S3: Aham.

P: Então, o homem, é como se ele nem estivesse olhando pro objeto, ou objeto não estivesse nem refletindo na direção dele. Perde a relação objeto-observador. É por isso que não pode ser essa.

S3: Tudo bem, entendi.

P: Bom, agora eu vou pegar a segunda maquete. Nessa maquete, aqui em cima primeiro [a maquete já estava nas mãos do aluno], o que é que eu tenho aí?

S3: Raio de luz.

P: Isso. Percebe esse barbante esticado aí?

S3: Aham.

P: Então, como a gente não consegue enxergar o raio de luz, a gente só percebe a claridade mas não consegue enxergar o raio de luz, a gente precisa arranjar um jeito de ilustrar esse raio. Por exemplo, quando a gente vai resolver exercícios de refração, reflexão, lentes, espelhos, a gente precisa ter um simbolismo pro raio de luz. E esse simbolismo é uma linha reta, que está representado na maquete pelo barbante esticado.

S3: Certo.

P: Toda vez que a gente for trabalhar com raio de luz aqui, ele vai ser representado por esse barbante esticadinho em linha reta.

S3: Então tá.

P: Continuando nesse assunto, como o senhor acha que se dá a propagação da luz? Que trajetória o senhor acha que ela percorre?

S3: Trajetória?

P: É. Por exemplo, como o senhor acha que chega a luz do Sol até aqui na Terra? O senhor acha que ela vem em forma de ondas, que ela vem em linha reta, que ela vem numa trajetória helicoidal?

S3: Ah, isso aí. Eu nem to lembrado. Eu sei que nos desenhos que eu já vi eles desenham em linha reta. Mas eu, mesmo assim... Até você me explicou aquela vez. Ou através de ondas, não sei.

P: De ondas, o senhor acha?

S3: Ah, eu to em cima do muro.

P: Então tá bom, a gente vai discutindo algumas coisas aqui e depois eu volto a perguntar, pode ser?

S3: Pode.

P: Agora, um pouquinho pra sua direita, o que é que tem aí?

S3: Feixe paralelo.

P: Isso. Sempre que o senhor ouvir a palavra feixe, pense em um conjunto de raios de luz.

S3: Aham.

P: E perceba, como o senhor caracterizaria esse feixe paralelo? Como os barbantes estão dispostos?

S3: Eles estão todos na mesma direção.

P: Isso. E eles não se encontram em ponto nenhum, eles caminham sempre lado a lado sem se encontrar. Essa é a característica do feixe paralelo.

S3: Tá.

P: Um pouquinho mais pra baixo, ali no lado esquerdo, o que é que tem ali?

S3: Aqui tá escrito feixe divergente.

P: Divergente, isso. Perceba ele aí. Tá igual ao feixe paralelo?

S3: Não.

P: E o que é que está acontecendo aí?

S3: Aqui eu não sei se há um encontro ou se ele sai assim. Isso aqui [tocando o ponto de partida do feixe divergente] seria o que, um encontro?

P: Isso. Imagine que, aqui do seu lado esquerdo, eu esteja com uma lanterna acesa. Então, a luz está indo do lado esquerdo para o lado direito, certo?

S3: Aham.

P: Então, esse ponto aqui seria o ponto de partida do feixe. Eles começam juntos e o que acontece?

S3: Ele se esparrama.

P: Isso. Eles vão cada vez mais se separando.

S3: Aham.

P: Essa é a característica do feixe divergente. Eles partem de um ponto em comum e se separam ao longo da trajetória.

S3: Ok.

P: Agora, no último feixe ali do seu lado direito, o que está acontecendo? A minha lanterna continua na mesma posição. Então, aqui [tocando no lado esquerdo do feixe convergente] é o começo do feixe.

S3: Bom, tá escrito feixe convergente aqui.

P: E aí, o que tá acontecendo com esse feixe?

S3: Espera só um pouquinho que eu vou comparar com o outro [o divergente].

S3: Aqui seria a lanterna [tocando no ponto de encontro dos raios no feixe convergente]?

P: Não. A lanterna está do outro lado, lá que começa o feixe.

S3: Ah, tá.

P: E o que acontece com os raios desse feixe?

S3: Eles convergem, eles se fecham?

P: Isso, eles se encontram em um ponto. Então, ao contrário do feixe divergente, em que os raios partem de um ponto e se espalham, no feixe convergente os raios vem espalhados e vão se fechando, até se encontrarem em um ponto em comum.

S3: Certo.

P: Essa é a diferença entre o feixe convergente e o feixe divergente.

S3: Aham, certo.

P: Já que a gente tá trabalhando com os feixes, eu vou pegar as maquetes de lentes, convergentes e divergentes, que a gente já continua nesse assunto.

S3: Ok.

P: Agora, leia o título dessa maquete.

S3: Lente convergente.

P: Isso, lente convergente. Esse pedacinho de papelão que o senhor está com a mão em cima é a ilustração de um modelo de lente convergente. Me diga as características que o senhor tá percebendo nessa lente. Esqueça os barbantes que tem em volta e foque na lente.

S3: Ela é oval.

P: Ela é oval, isso. Essas partes em que ela se encontra, tanto em cima quanto embaixo, o senhor percebe que são pontinhas? Uma em cima e uma embaixo?

S3: Sim.

P: A essas pontinhas a gente dá o nome de bordas. Então, além de convergente, a gente chama de lente de bordas finas. Ela é gordinha no meio e nas pontas ela se afina.

S3: Certo.

P: E agora eu vou te passar a maquete de lente divergente pro senhor perceber o formato da lente.

S3: É essa aqui [tocando a lente divergente]?

P: Isso, essa é a lente.

S3: Ah, eu nem sei que figura é essa aqui.

P: Acho que nem tem nome essa figura mesmo. Mas ela é parecida ou é diferente da lente convergente?

S3: Ela é bem diferente.

P: Bem diferente. Enquanto a lente convergente é gordinha no meio, essa daí é bem estreita.

S3: Aham.

P: E enquanto as bordas da convergente são finas, as da lente divergente são bem espessas, bem grossas.

S3: Aham.

P: Então, a lente divergente, ao contrário da convergente, pode ser chamada de lente de bordas espessas ou de bordas grossas.

S3: Certo.

P: Agora que a gente já conhece o formato e o nome dessas lentes, a gente vai ver o que acontece quando um feixe de luz passa por elas.

S3: Tá.

P: Imagine que a nossa lanterna continua aqui do lado esquerdo. Então, os feixes começam aqui [tocando a parte esquerda da maquete, onde está o feixe paralelo].

S3: Certo.

P: Como os feixes estão antes de chegar na lente?

P: Eles são convergentes, divergentes ou paralelos?

S3: São paralelos.

P: Isso. Então a gente tem um feixe paralelo chegando na lente divergente. Agora perceba o lado direito, o que está acontecendo com esse feixe?

S3: Ele seria divergente?

P: Exatamente. O feixe chega paralelo, passa pela lente e se espalha. Os raios se distanciam cada vez mais um do outro.

S3: Aham.

P: Essa é a característica da lente divergente. O feixe chega paralelo, passa pela lente e se espalha. O feixe passa pela lente e diverge, por isso o nome de lente divergente.

S3: Certo.

P: Agora, perceba a maquete da lente convergente. Perceba o feixe que entra e como os raios saem da lente. O que é que tá acontecendo nesse aí, como o feixe tá entrando?

S3: Pela distância aqui dá pra pensar que é paralelo.

P: Isso. Ele tá entrando paralelo. Ele entra da mesma forma que entrava na lente divergente. E como ele sai?

S3: Convergente.

P: Isso.

S3: Mas e aqui, depois [tocando os raios de luz após terem se encontrado no ponto de vergência]?

P: É que tem uma propriedade da luz que, mesmo que ela cruze com outro raio de luz, ela continua em linha reta. Então, esses raios aqui vão continuar seguindo suas trajetórias. Apesar de se encontrarem em um ponto, eles não

param. Eles se encontram em um ponto e continuam suas trajetórias. Pra gente, o importante é esse pontinho em que eles se encontram. Quando nós estudamos formação de imagem nas lentes, esse ponto é chamado de foco da lente.

S3: Tudo bem. Essas aqui são lentes usadas em óculos ou não tem nada a ver?

P: São sim, e é disso que a gente vai falar agora.

S3: Tá.

P: Como o senhor já usou óculos, o senhor sabe que a gente pode ter vários defeitos na visão. Dois dos mais conhecidos são a miopia e a hipermetropia. Na miopia, a pessoa não enxerga muito bem de longe e na hipermetropia, ela não enxerga muito bem de perto.

S3: Certo.

P: E pra cada um desses defeitos a gente usa uma lente diferente pra fazer a correção.

S3: Aham.

P: Eu achei um potinho lá no CAEDV que foi perfeito pra explicar os problemas de visão. Eu vou entregar ele na sua mão. Imagine que aqui, na tampa do potinho, seja o cristalino, por onde entra a luz no nosso olho, e aqui, no fundo, seja a nossa retina, que é onde se formam as imagens.

S3: Tá.

P: Então, o que acontece com uma pessoa que tem miopia? A imagem, ao invés de se formar sobre a retina, que é onde deveria se formar, porque num olho saudável a imagem se forma exatamente em cima da retina, na pessoa que tem miopia a imagem se forma um pouquinho antes da retina. Então, ao invés de se formar aqui, na bundinha do nosso pote, ela se forma aqui [antes do fundo do pote], por exemplo.

S3: Aham.

P: Então, que tipo de lente, a divergente ou a convergente, o senhor acha que deve ser usada pra corrigir esse tipo de defeito da visão?

S3: Convergente?

P: Por quê?

S3: Por quê?

P: É, o que a lente convergente faria?

S3: Ah, ela ia trazer a imagem aqui pra retina.

P: Então, na verdade, é ao contrário. A gente tem que usar a lente divergente.

S3: Ah, tá.

P: Mas por quê? Porque, usando a lente divergente, a gente vai conseguir que essa imagem se forma mais longe do que ela estava se formando, mais afastada de onde ela estava se formando. Então, se ela está aqui [antes do fundo do pote], a gente precisa afastá-la pra que ela se forme na retina. Usando a lente divergente, esses raios vão se abrir, se afastar um pouco mais, formando a imagem mais lá na frente, na retina.

S3: Entendi.

P: Na hipermetropia a gente tem o contrário. A nossa retina continua sendo no fundo do pote, mas nossa imagem se forma depois dela. E qual das duas lentes a gente tem que usar pra corrigir a hipermetropia?

S3: Ah, deve ser a convergente, então.

P: A convergente, porque, ao contrário da lente divergente, que vai afastar nossa imagem, a lente convergente vai trazer nossa imagem mais pra perto. Se ela está se formando mais afastada e a gente traz ela mais pra perto, ela acaba se formando na retina.

S3: Tá certo.

P: Na verdade, essas duas são dois dos seis tipos de lente que a gente pode ter, mas são as mais utilizadas pra corrigir defeitos da visão. Por isso eu trouxe essas duas. Elas são as mais utilizadas também nos estudos de óptica. A gente quase não trabalha com as outras quatro.

S3: Tudo bem.

P: Agora, nós vamos pra maquete de reflexão regular, nossa penúltima maquete. Perceba ela aí.

P: Esses barbantes que o senhor está tocando são os raios de luz e essa superfície que tem aí, imagine que ela seja um espelho plano.

S3: Essa aqui [toca na superfície azul]?

P: Isso, essa mesmo. Essa superfície toda.

S3: Ok.

P: Então, o que eu tenho exposto aí? Agora, a minha lanterna está exatamente aqui, onde está o título da maquete. O meu raio de luz está indo na direção do espelho. O que tá acontecendo com esses raios de luz?

S3: Ele bate no espelho... Espera um pouquinho. Nesse caso aqui, a luz bate no espelho e sai pro outro lado.

P: Isso. Aqui a gente tem um espelho plano, em que a luz chega nele com um certo ângulo, e sai dele. Ou seja, a luz tá chegando e sendo refletida.

S3: Certo.

P: Esse é o processo de reflexão regular. O senhor consegue perceber que os raios chegam paralelos e saem paralelos também?

S3: Consigo.

P: Quando a gente tem uma reflexão irregular, ou difusa, em que a nossa superfície não é totalmente lisa e polida como a de um espelho, por exemplo, na parede você não consegue enxergar seu reflexo. Porque você está refletindo a luz do ambiente e essa luz chega na parede. Como ela não tem a superfície regular, os raios não vão sair todos da mesma forma que entraram, igual acontece na regular. Por isso a gente não consegue enxergar nosso reflexo na parede.

P: Uma das leis da reflexão regular é que o raio refletido, o que sai do espelho, tem que sair com o mesmo ângulo que o raio incidente, o que entra no espelho. O senhor lembra da chamada reta normal? Reta normal à superfície?

S3: Reta normal à superfície? Não to muito lembrado não. Mas seria essa [tocando o raio incidente]?

P: Não, esses são os raios de luz. A reta normal é uma reta imaginária.

S3: Ah, tá.

P: É uma reta que a gente traça e que é sempre perpendicular à superfície. Ou seja, ela sempre forma noventa graus com a superfície.

S3: Aham.

P: Então, eu falei que o raio refletido tem que ter o mesmo ângulo que o raio incidente. Mas tem que ter o mesmo ângulo com relação a que? É o mesmo ângulo com relação à reta normal. Se a gente fosse traçar uma reta normal aqui, por exemplo, ó, esse aqui é o primeiro raio, vem aqui, bate no espelho e sai pra cá [passando a mão do sujeito por todo o trajeto]. A reta normal, então, estaria bem nesse ponto, passando por cima bem desse ponto [com a mão do sujeito sobre o ponto em que o raio toca a superfície]. Na vertical, exatamente nesse ponto.

S3: Entendi.

P: E o ângulo, tanto pro lado direito quanto pro lado esquerdo, deve ser o mesmo pra que a reflexão seja caracterizada como regular.

S3: Certo.

P: Tá. Agora imagine que eu coloque um espelho grande na minha frente. O que o senhor acha que esse espelho vai refletir? Ele vai refletir só a mim, ele vai refletir todo o ambiente? O que o senhor acha?

S3: Dependendo do tamanho do espelho ele vai refletir todo o ambiente.

P: Certo. E o senhor acha que ele vai refletir só o que estiver exatamente na frente dele ou que ele vai refletir um pouco mais do espaço que está em volta? Imagine que seja um espelho plano e exatamente do meu tamanho. O senhor acha que ele vai refletir o que está na minha lateral, ou acima da minha cabeça?

S3: Dependendo da distância, ele pode refletir. Se for muito perto eu não sei não.

P: Certo.

P: Agora, vamos pra última maquete, de refração da luz. Ela tem um pouco mais de elementos, mas nada de mais.

S3: Tá.

S3: [lendo o título da maquete] Refração da luz.

P: Novamente, o barbante é o raio de luz. Indo bem pra sua direita, o que está escrito aí?

S3: Água.

P: Isso. E um pouquinho mais pra cima?

S3: Ar.

P: Tá. O que tá acontecendo nessa situação? Da metade pra cima do papelão eu tenho ar e da metade pra baixo, onde tá o celofane, eu tenho água. Volta ali onde estão os raios. Isso. Essa tirinha de papelão que tem aí no meio, que tem tanto no ar quanto na água, é a reta normal, aquela reta imaginária que nós falamos há pouco. Aqui eu fiz questão de colocar. E o barbante, como eu disse, continua sendo nosso raio de luz. Ele tá indo do ar pra água.

S3: Aham, certo.

P: O que acontece com o barbante aí?

S3: O que acontece com o barbante aqui?

P: É. Tem alguma diferença na posição dele no ar e na posição dele na água?

S3: Tem.

P: Que diferença?

S3: Aqui [na água] ele desce.

P: Ele desce. Certo. E com relação à reta normal? Como tá o barbante em cima e o barbante embaixo se relacionando com a reta normal? Qual o espaço entre os dois em cima e entre os dois embaixo?

S3: Qual o espaço?

P: É. É o mesmo espaço nos dois, é o mesmo ângulo entre eles?

S3: Deixa eu ver aqui.

P: Tá.

S3: Depois da reta imaginária o ângulo muda.

P: Muda pra quanto? Ele aumenta ou diminui?

S3: Ele vai fechando, ele diminui.

P: Isso. Ele vai fechando, exatamente. Esse é o processo de refração. Quando a luz passa de um meio pra outro, ou ela vai se aproximar ou ela vai se afastar da normal. Sempre tem um desvio. Se o índice de refração... O que é esse índice de refração? Cada meio, a água, o ar, o vidro ou um líquido mais viscoso que a água, por exemplo, cada meio tem um índice de refração. Esse índice tá relacionado com a velocidade com que a luz se propaga nesse meio.

S3: Aham.

P: A gente sabe, por exemplo, que a luz se propaga no vácuo na chamada velocidade da luz, que é de 3×10^8 m/s. Quando ela tá na água, ela tem uma velocidade diferente, ou em qualquer outro meio.

S3: Tá.

P: O senhor pode pensar no índice de refração como a medida da dificuldade que a luz tem em se propagar em meios diferentes.

S3: Certo.

P: Então, quando a luz passa, por exemplo, do ar pra água, o raio se aproxima da reta normal. O ângulo diminui, ou seja, tem um desvio na direção da reta normal. Quando acontece o contrário, da água pro ar, ele se afasta da reta normal. Isso porque o índice de refração do ar é menor que o índice de refração da água. O que quer dizer isso? Que a luz tem mais facilidade em se deslocar no ar do que na água.

S3: Certo.

P: Agora eu vou pedir pro senhor imaginar uma situação e me responder uma coisa.

S3: Lá vem [risos].

P: Imagina que o nosso *cameraman* seja um excelente pescador, mas que só pesque com arpão. Ele está num rio muito limpo, de águas muito claras, em um dia sem vento, a água calminha. De repente, ele avista um peixe.

S3: Ahn.

P: E esse peixe tá parado. Então, nosso *cameraman* joga o arpão pra tentar pescar esse peixe. E ele joga o arpão exatamente na direção do peixe. O *cameraman* está fora d'água, o peixe dentro d'água, e ele joga o arpão bem na reta do peixe. E ele erra!

S3: Tá.

P: E por que o senhor acha que ele errou?

S3: Por que eu acho ele errou?

P: Isso. Se ele jogou na reta do peixe e errou.

S3: Porque quando bateu na água, a água fez com que ele desviasse, não foi?

P: A água fez com que o arpão desviasse?

S3: É, saiu do rumo.

P: Certo. Na verdade, o que acontece é que, o peixe, por estar embaixo d'água, a gente enxerga ele numa posição que não é a posição real, é o que a gente chama de posição aparente. É uma imagem do peixe.

S3: Aham.

P: Quando a luz vem de cima, passando pelo ar, e entra na água até chegar no peixe, ela é desviada. Então, a gente vai enxergar o peixe acima da posição real dele.

S3: Tá.

P: Então, o *cameraman* não deveria ter mirado exatamente no peixe que ele viu, e sim um pouco mais pra baixo, que é onde o peixe real estaria.

S3: Certo.

P: Esse exemplo, da pescaria com arpão, ilustra o fenômeno da refração. Outro exemplo é quando alguém senta na beira da piscina e coloca os pés dentro d'água. Você já ouviu alguém dizendo que tem a impressão de que os pés estão menores, mais pra cima?

S3: Já.

P: Isso acontece por causa da refração também.

P: Um experimento muito realizado pra ilustrar esse fenômeno é feito com um copo de vidro, água e um lápis. Você enche d'água o copo transparente até a metade e coloca o lápis dentro. Ao olhar o sistema de perfil, você tem a impressão de que o lápis está quebrado. Se você imaginar essa maquete como sendo o sistema copo-água-lápis, você consegue visualizar o fenômeno. Imagine que a maquete seja o copo, metade com água, metade com ar. Se o lápis for o meu barbante aqui, na parte de cima, onde só tenho ar, o lápis está em uma posição, mas quando eu olho a parte de baixo, com água, o lápis está em outra posição, parecendo estar quebrado. Na verdade, é só a luz se movimentando mais lentamente dentro d'água.

S3: Que legal esse experimento.

P: Pois é.

P: Agora vamos voltar à nossa questão lá do começo, da propagação da luz. Depois de tudo o que a gente viu hoje, o senhor consegue pensar em uma trajetória de propagação da luz?

S3: Se eu consigo imaginar uma trajetória?

P: Isso. O senhor ainda está em cima do muro ou conseguiu se resolver?

S3: Essa me pegou, ein.

P: É, essa pergunta é difícil mesmo.

S3: Bom, no caso, pelo que eu pude perceber aqui, ela se propaga em linha reta. Agora, depende da localização daquele que está vendo o objeto, ou também do lugar aonde, por exemplo, na água, a maneira como a luz reflete na água, e assim por diante. Eu penso que depende muito do ambiente onde está o visualizador. [pausa] Sei lá, alguns falam que... Ah, acho que eu to confundindo uma coisa com outra.

P: O que o senhor acha que está confundindo?

S3: Ahn?

P: O que o senhor acha que está confundindo?

S3: Ah, acho que eu to confundindo energia com luz.

P: E por que o senhor acha que tem essa confusão entre energia e luz?

S3: Ah, nas rádios eles falam de ondas médias, ondas não sei o que, e assim por diante. Mas acho que isso aí não tem nada a ver com luz.

P: Então, a luz, independente do meio em que ela estiver, ela se propaga em linha reta. Tanto no vácuo quanto em qualquer outro meio. Ela pode ter uma velocidade diferenciada, mas a trajetória dela é sempre em linha reta.

S3: Certo.

P: É muito comum confundir luz com energia. Na verdade, a luz é um tipo de energia. Só não se pode confundir luz elétrica com energia elétrica, que é a confusão que a maioria das pessoas faz. E essa é uma confusão muito plausível, porque o tempo todo a gente fala “acende a luz, apaga a luz”, quando na verdade você tá lidando com um interruptor. E é uma confusão muito comum, tanto pra quem é cego quanto pra quem não é.

P: Mas é isso. O senhor tem alguma pergunta, alguma dúvida, alguma sugestão?

S3: Ah, eu creio que não. O trabalho tá bom, a maquete é bem reconhecível. Eu acredito que o trabalho seja esse. Porque a gente, que é deficiente visual, dependendo do tipo de matéria, tinha que ter a maquete, né. Porque senão não tem como a gente entender, não tem como fazer aquele desenho na mente de como são as coisas. É igual falar pra um cego de nascença que ali tem uma vaca. Ele vai saber o que é uma vaca? Não vai.

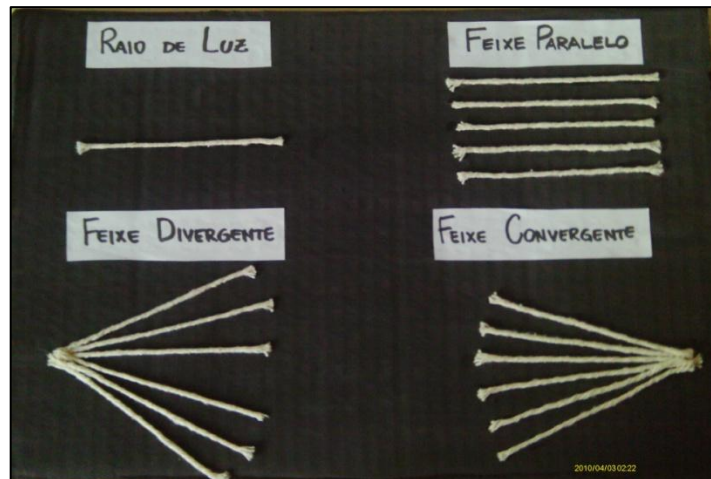
P: A ideia da maquete é essa mesmo. A gente também não enxerga os fenômenos ópticos, ou a maioria deles. A gente vê os efeitos, mas não vê o fenômeno em si, acontecendo. Você não enxerga a reflexão, você enxerga a imagem, mas o que tá acontecendo ali no espelho a gente também não enxerga, a gente se utiliza de modelos. A ideia do trabalho é trazer esses modelos, deixar esses modelos acessíveis ao deficiente visual, pra que da mesma forma que a gente consegue “enxergar” a óptica, vocês também consigam.

APÊNDICE G

Construção das maquetes utilizadas na segunda etapa da pesquisa

Maquete 1 - Representação tátil-visual de raio de luz e suas combinações: paralelos, convergentes e divergentes

Figura 17 – Maquete 1.



Materiais utilizados

- Placa de papelão de 25 cm por 35 cm de lados;
- Dois metros de barbante;
- Tinta guache na cor preta;
- Cola branca;
- Uma folha sulfite;
- Régua, tesoura, pincel, pincel marcador preto e lápis.

Montagem da maquete

- (1) Pinte o papelão com a tinta guache preta e espere secar (aproximadamente 30 minutos).
- (2) Divida o papelão em quatro partes iguais. Recorte fitas do papel sulfite de 3 cm por 10 cm de lados e escreva nessas fitas, com o pincel marcador, o seguinte: raio de luz, feixe paralelo, feixe divergente e feixe convergente.
- (3) Cole cada fita com os dizeres em uma parte do papelão.
- (4) Recorte 18 pedaços de barbante com 10 cm de comprimento cada.
- (5) Com o auxílio da régua e do lápis, trace, nas estruturas de papelão, os esquemas do raio de luz e dos feixes paralelo, convergente e divergente.
- (6) Com o auxílio da cola branca, fixe os pedaços de barbante sobre os esquemas do raio de luz e dos feixes paralelo, convergente e divergente.

Maquete 2 – Representação tátil-visual do fenômeno da reflexão regular

Figura 18 – Maquete 2.



Materiais utilizados

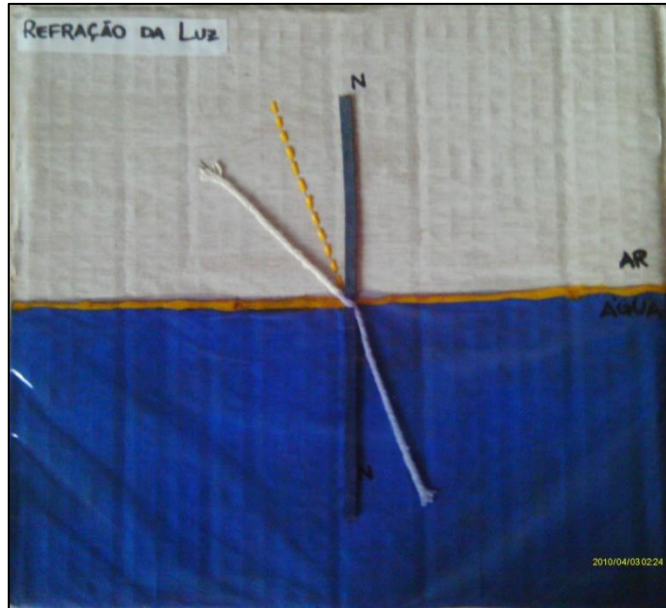
- Placa de papelão de 20 cm por 35 cm de lados;
- Uma tira de papelão de 3 cm por 30 cm de lados;
- 50 cm de barbante;
- Tinta guache nas cores vermelho e azul;
- Cola branca;
- Uma folha sulfite;
- Régua, tesoura, pincel, pincel marcador preto e lápis.

Montagem da maquete

- (1) Pinte a placa de papelão com a tinta guache vermelha e a tira de papelão com a tinta guache azul e espere secar (aproximadamente 30 minutos).
- (2) Cole a tira de papelão na parte inferior da placa de papelão, formando uma espécie de superfície.
- (3) Com o auxílio da régua e do lápis, obedecendo às leis da reflexão regular, trace os raios incidentes e refletidos na placa de papelão, acima da superfície azul.
- (4) Recorte duas tiras de barbante, de 25 cm cada e cole os pedaços de barbante sobre os traços desenhados.
- (5) Recorte uma tira de papel sulfite de 3 cm por 15 cm e escreva, com o pincel marcador preto, o seguinte dizer: reflexão regular. Cole a tira na parte superior da placa de papelão.

Maquete 3 – Representação tátil-visual do fenômeno da refração da luz

Figura 19 – Maquete 3.



Materiais utilizados

- Placa de papelão de 22 cm por 25 cm de lados;
- Duas tiras de papelão de 0,5 cm por 7 cm de lados;
- 15 cm de barbante;
- Uma folha de papel celofane azul;
- Tinta de alto relevo amarela;
- Tinta guache nas cores azul e branco;
- Cola branca;
- Uma folha sulfite;
- Régua, tesoura, pincel, pincel marcador preto e lápis.

Montagem da maquete

- (1) Divida o papelão ao meio marcando com o lápis uma linha divisória.
- (2) Pinte a metade superior com a tinta guache branca e a metade inferior com a tinta guache azul. A parte branca representará o meio “ar” e a parte azul, o meio “água”.
- (3) Sobre a linha divisória, faça um traçado com a tinta de alto relevo amarela. Essa linha em alto relevo representará o dióptro plano.
- (4) Trace, utilizando a régua e o lápis, a normal à superfície de separação dos meios, o raio incidente, o raio refratado e o prolongamento da trajetória do raio de luz incidente após a refração.
- (5) Cole, sobre o traçado da reta normal, as duas tiras de papelão, uma em cada metade do papelão.
- (6) Cole, sobre os traçados dos raios incidente e refratado, as tiras de barbante.

(7) Sobre o traçado do prolongamento do raio incidente, faça um tracejado com a tinta de alto relevo amarela.

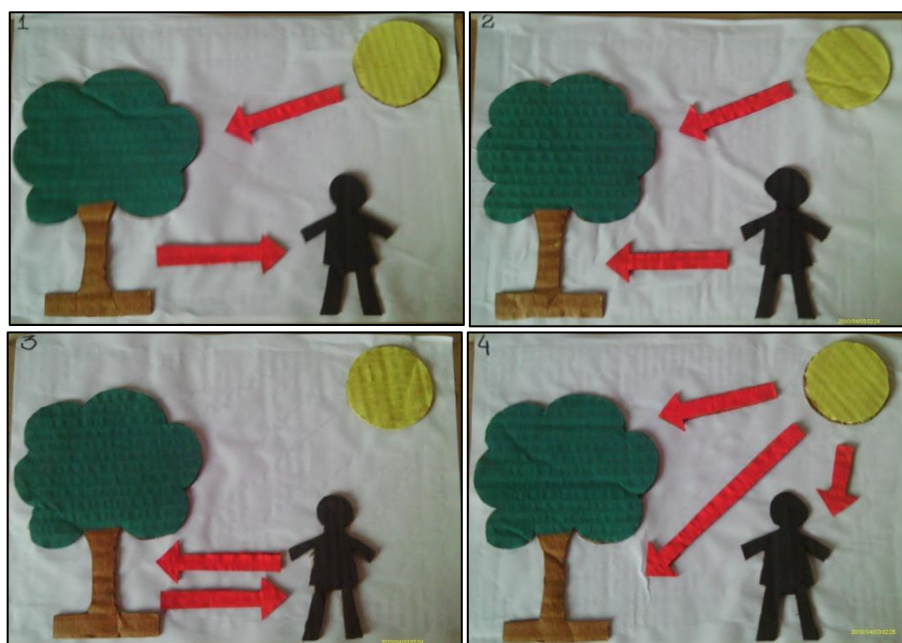
(8) Cole o papel celofane azul na parte inferior da maquete, que representará o meio “água”. Para que tanto o barbante quanto a tira de papelão possam ser percebidas tatilmente, tome o cuidado de esticar bem o papel celofane.

(9) Com o pincel marcador preto escreva sobre a superfície branca a palavra “ar”, e sobre a superfície azul, a palavra “água”. Isso identificará visualmente os referidos meios.

(10) Recorte uma tira de sulfite de 1 cm por 8 cm de lados e escreva o seguinte dizer: refração da luz. Cole a tira de sulfite no canto superior esquerdo da placa de papelão.

Maquetes 4 a 7 – Representação tátil-visual de como ocorre a visão: quatro concepções diferenciadas

Figuras 20, 21, 22 e 23 – Maquetes 4, 5, 6 e 7.



Materiais utilizados

- 8 placas de papelão de 20 cm por 30 cm de lados;
- Tinta guache nas cores verde, vermelho, preto e amarelo;
- 4 folhas sulfite;
- Cola branca;
- Tesoura, pincel e pincel marcador preto.

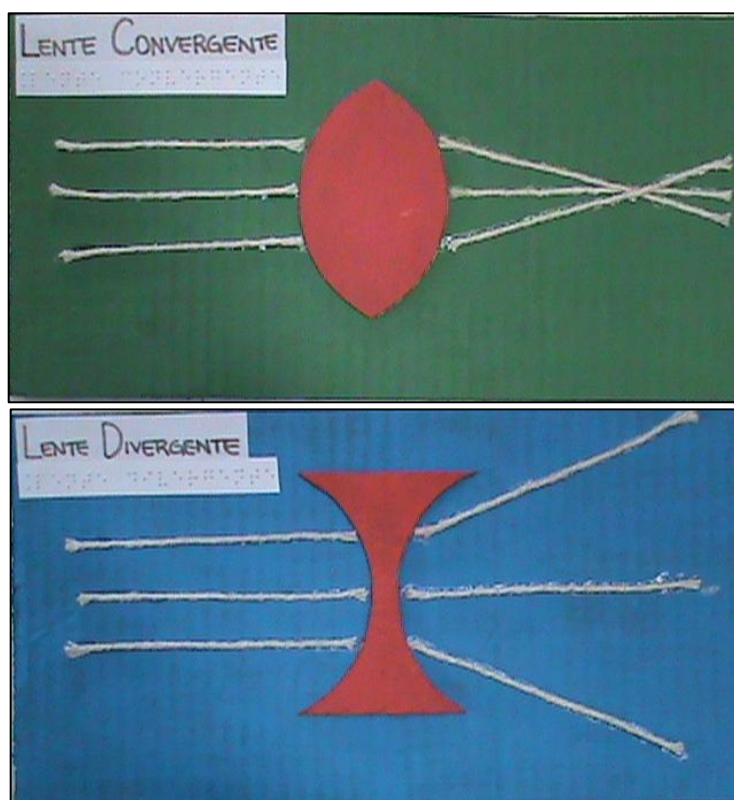
Montagem da maquete

(1) Separe 4 placas de papelão. Em cada placa, cole uma folha sulfite. Com o pincel marcador, numere as placas de 1 a 4.

- (2) Recorte, em uma das placas de papelão não numeradas, 8 setas com 8 cm de comprimento e 1 seta com 14 cm de comprimento. Pinte as setas com a tinta guache vermelha e espere secar (aproximadamente 30 minutos).
- (3) Recorte, em outra placa de papelão não numerada, 4 silhuetas de homenzinhos de 10 cm de altura. Pinte as silhuetas com a tinta guache preta e espere secar (aproximadamente 30 minutos).
- (4) Recorte, em outra placa de papelão não numerada, 4 silhuetas de tronco de árvores de 16 cm de comprimento. Pinte as copas das árvores com a tinta guache verde e espere secar (aproximadamente 30 minutos).
- (5) Recorte, da última placa de papelão não numerada, 4 círculos, que representarão o Sol. Pinte os círculos com a tinta guache amarela e espere secar (aproximadamente 30 minutos).
- (6) Cole sobre cada um das placas de papelão numeradas a representação do Sol, do homenzinho e da árvore. No canto superior direito, cole a representação do Sol; no canto inferior esquerdo, cole a representação da árvore; no canto inferior direito, cole a representação do homenzinho.
- (7) Na placa de papelão 1, cole as setas com a seguinte configuração: uma seta do Sol para a árvore e uma seta da árvore para o homenzinho.
- (8) Na placa de papelão 2, cole as setas com a seguinte configuração: uma seta do Sol para a árvore e uma seta do homenzinho para a árvore.
- (9) Na placa de papelão 3, cole as setas com a seguinte configuração: uma seta do homenzinho para a árvore e uma seta da árvore para o homenzinho.
- (10) Na placa de papelão 4, cole as setas com a seguinte configuração: uma seta do Sol para a árvore, uma seta partindo do Sol e chegando entre a árvore e o homenzinho e uma seta do Sol para o homenzinho.

Maquetes 8 e 9 – Representação tátil-visual de lentes esféricas convergentes e divergentes

Figuras 24 e 25 – Maquetes 8 e 9.



Materiais utilizados

- 2 placas de papelão de 30 cm por 15 cm de lados;
- Placa de papelão de 10 cm por 10 cm de lados;
- 120 cm de barbante;
- Tinta guache azul, verde e vermelha;
- Uma folha sulfite;
- Cola branca;
- Régua, tesoura, pincel, pincel marcador preto e lápis.

Montagem das maquetes

- (1) Recorte, na placa de papelão de 10 cm por 10 cm, formas correspondentes às lentes convergentes e divergentes.
- (2) Pinte as lentes com a tinta guache vermelha e espere secar (aproximadamente 30 minutos).

- (3) Pinte uma placa de papelão de 30 cm por 15 cm de azul e uma de verde e espere secar (aproximadamente 30 minutos). Cole a forma da lente convergente em uma placa e da lente divergente em outra.
- (4) Seguindo a lei de Snell-Descartes, utilize a régua e o lápis para traçar os raios luminosos incidentes paralelamente às lentes. Trace, também, os raios que imergem das lentes.
- (5) Recorte 12 pedaços de barbante de 10 cm cada.
- (6) Sobre as marcas de lápis, fixe os pedaços de barbante utilizando a cola branca.
- (8) Recorte 2 tiras de sulfite de 9 cm de comprimento cada e escreva com o pincel marcador os seguintes dizeres: lente convergente e lente divergente.

Observação: todas as identificações feitas com o pincel marcador foram também feitas na escrita braile.