

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ROGÉRIO DOS SANTOS CARDOSO

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA E A VISÃO
DO OLHO HUMANO**

São Luís – MA

2018

ROGÉRIO DOS SANTOS CARDOSO

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA E A VISÃO
DO OLHO HUMANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física pelo UFMA, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Processos de ensino e aprendizagem e tecnologias de informação e comunicação no ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Jerias Alves Batista

Coorientadora: Prof.^a Dra. Karla Cristina Silva Sousa

São Luís - MA

2018

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Cardoso, Rogério dos Santos. Sequência didática sobre ensino de óptica geométrica e a visão do olho humano / Rogério dos Santos Cardoso. 2018.

305 f.

Coorientador(a): Karla Cristina Silva Sousa.

Orientador(a): Jerias Alves Batista.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/ccet, Universidade Federal do Maranhão, São Luís-Ma, 2018.

1. Aprendizagem significativa crítica. 2. Óptica geométrica. 3. Sequência didática. I. Batista, Jerias Alves. II. Sousa, Karla Cristina Silva. III. Título.

ROGÉRIO DOS SANTOS CARDOSO

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA E A VISÃO
DO OLHO HUMANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UFMA – polo 47, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jerias Alves Batista (Orientador)

Doutor em Física

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Eduardo Moraes Diniz (Membro Interno)

Doutor em Física

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho (Membro Externo)

Doutor em Física

Universidade Federal do Piauí

DEDICATÓRIA

À D-s pelo dom da vida, pela força e inspiração.

À minha esposa Louize Fernanda, pelo amor, compreensão e dedicação infintos.

Aos meus pais e meus filhos por me motivarem mesmo sem perceber a ir sempre a frente.

Aos amigos pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Maranhão.

À coordenação do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

Ao povo brasileiro, na figura da CAPES, na manutenção das bolsas de pós-graduação.

Aos professores do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, na pessoa do meu orientador Jerias Alves Batista e da docente Karla Cristina Silva Sousa.

Aos colegas de curso, pelas palavras de apoio e de motivação.

Aos estudantes, que foram fantásticos na acolhida e execução deste trabalho.

À SEMED São Luís, pelo auxílio nos primeiros passos dessa caminhada árdua.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram em maior ou menor grau para a realização deste trabalho.

RESUMO

O uso de sequências didáticas tem ganhado cada vez mais espaço no fazer pedagógico, pois permitem a discentes e docentes um caminho simples e organizado na busca de processos que resultem em aprendizagem significativa. Este trabalho mostra a aplicação de uma sequência didática para o ensino de Óptica Geométrica e a visão do olho humano que foi desenvolvida com estudantes da 2ª Série do Ensino Médio. Ao longo desta sequência se deu ênfase a saberes teóricos, atividades experimentais e pesquisas sobre aplicações dos temas em situações do cotidiano com vistas a desenvolver uma visão crítica dos estudantes sobre a realidade que os envolve. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a teoria dos campos conceituais de Vergnaud, a investigação de aprendizagem desenvolvida por Novak e a teoria da aprendizagem significativa crítica de Moreira são os fundamentos teóricos que embasam todo o caminho percorrido neste trabalho. A avaliação desta atividade foi realizada ao longo de todo o processo de implementação da sequência didática, dando-se atenção na busca de diferentes instrumentos avaliativos a fim de perceber indícios da existência de aprendizagem significativa crítica nas respostas dos estudantes. Com o uso dos diferentes instrumentos avaliativos podemos afirmar que a sequência didática foi exitosa em sua implementação, desde os resultados apresentados nas avaliações somativas, nos resultados obtidos das atividades experimentais, até a capacidade dos discentes de se portarem de forma reflexiva e crítica, em relação a sua própria aprendizagem e a utilização dos conhecimentos em seu cotidiano.

Palavras-chave: Sequência didática. Aprendizagem Significativa Crítica. Óptica Geométrica.

ABSTRACT

The use of didactic sequences has been gaining more and more space in pedagogical making, since they allow students and teachers a simple and organized path in search of processes that result in meaningful learning. This work shows an application of a didactic sequence for teaching Geometric Optics and the vision of the human eye that was developed with Secondary School students. Throughout this sequence, emphasis was given to theoretical knowledge, experimental activities and research on the applications of themes in everyday situations, with a view to developing a critical view of students about the reality that surrounds them. Ausubel's meaningful learning theory, Vergnaud's conceptual field theory, Novak's learning research developed, and Moreira's critical learning theory are the theoretical foundations that underpin all this work. The evaluation of this activity was carried out throughout the whole process of implementation of the didactic sequence, giving attention to the search for different evaluation instruments in order to perceive evidence of the existence of significant critical learning in the students' responses. With the use of the different evaluation instruments, we can affirm that the didactic sequence was successful in its implementation, from the results presented in the summative evaluations, in the results obtained from the experimental activities, to the capacity of the students to behave reflexively and critically, in relation their own learning and the use of knowledge in their daily lives.

Keywords: didactic sequence. Meaningful learning. Critical meaningful learning. Geometric Optics.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ONDA ELETROMAGNÉTICA.	44
FIGURA 2: DESCRIÇÃO DO CAMPO ELÉTRICO EM MOVIMENTO DA ESQUERDA PARA A DIREITA. EM DESTAQUE TEMOS O ELEMENTO DE ÁREA ($dA = h. dx$) ASSOCIADO AO CAMPO ELÉTRICO.	45
FIGURA 3: DESCRIÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO EM MOVIMENTO DA ESQUERDA PARA A DIREITA. EM DESTAQUE TEMOS O ELEMENTO DE ÁREA ($dA = h. dx$) ASSOCIADO AO CAMPO MAGNÉTICO.	47
FIGURA 4: ESQUERDA - REFLEXÃO REGULAR. DIREITA – REFLEXÃO DIFUSA ..	49
FIGURA 5: MUDANÇA DE DIREÇÃO DO RAIOS DE LUZ DEVIDO A MUDANÇA DE MEIO DE PROPAGAÇÃO.....	49
FIGURA 6: REFRAÇÃO E REFLEXÃO DA LUZ NUMA GOTA DE ÁGUA.....	51
FIGURA 7: REFLEXÃO TOTAL DA LUZ E ÂNGULO CRÍTICO.	52
FIGURA 8: REPRESENTAÇÃO DA SIMBOLOGIA USADA NA ABORDAGEM SOBRE ESPELHOS.	54
FIGURA 9: RAIOS NOTÁVEIS DE UM ESPELHO ESFÉRICO CÔNCAVO E CONVEXO.	56
FIGURA 10: LENTES CONVERGENTE E DIVERGENTE.....	58
FIGURA 11: ESQUEMA SIMPLIFICADO DE OLHO HUMANO E SUAS LENTES.....	60
FIGURA 12- MAPA ELABORADO PELO ESTUDANTE E 22.....	141
FIGURA 13 - MAPA ELABORADO PELO ESTUDANTE E 45.....	142
FIGURA 14 - MAPA ELABORADO PELA ESTUDANTE E 40.....	142
FIGURA 15 - MAPA ELABORADO PELO ESTUDANTE C 40.	143
FIGURA 16: MAPA ELABORADO PELO ESTUDANTE C 43.....	143
FIGURA 17: MAPA ELABORADO PELO ESTUDANTE C 44.....	144
FIGURA 18: RESPOSTA ELABORADA PELOS ESTUDANTES C 10.....	145
FIGURA 19: RESPOSTA ELABORADA PELOS ESTUDANTES C17, E 46 E E 38	145
FIGURA 20: RESPOSTAS ELABORADA PELO ESTUDANTE E 36, E 18, C 34 E C 43	147
FIGURA 21: RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ESTUDANTES C 39, C 21, E 12 E E 39	148
FIGURA 22: RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ESTUDANTES E 34, E 23, C 32 E C 30	149
FIGURA 23: RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ESTUDANTES C 48	150
FIGURA 24 RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ESTUDANTES E 03 E E 48.....	151
FIGURA 25: RESPOSTA ELABORADA PELOS ESTUDANTE E 45, E 22, C 46 E C 11.	152

FIGURA 26: RESPOSTA ELABORADAS PELOS ESTUDANTES E 48, E 38, C 18 E C 34	153
FIGURA 27: RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ESTUDANTES C 12 E C 38	153
FIGURA 28: RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ESTUDANTES E 34 E E 39.....	154
FIGURA 29: EQUIPES DA TE REALIZANDO A ATIVIDADE.	157
FIGURA 30: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 1).	158
FIGURA 31: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 2).	158
FIGURA 32: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 3).	159
FIGURA 33: RESULTADO DAS ATIVIDADES (GRUPO 4).	159
FIGURA 34: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 5).	160
FIGURA 35: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 6).	160
FIGURA 36: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 7).	160
FIGURA 37: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 1).	161
FIGURA 38: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 2).	162
FIGURA 39: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 3).	162
FIGURA 40: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 4).	163
FIGURA 41: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 5).	163
FIGURA 42: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 6).	164
FIGURA 43: IMAGEM PRODUZIDA PELA ESTUDANTE E 13.	167
FIGURA 44: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 11.	167
FIGURA 45: IMAGEM PRODUZIDA PELA ESTUDANTE E 17.	168
FIGURA 46: IMAGEM PRODUZIDA PELA ESTUDANTE E 24.	168
FIGURA 47: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 36.	169
FIGURA 48: ESTUDANTE E 20 E EXPERIMENTO FINAL.....	170
FIGURA 49: MATERIAL PRODUZIDO POR UM GRUPO DA TE.	170
FIGURA 50: MATERIAL PRODUZIDO POR UM GRUPO DA TE.	170
FIGURA 51: MATERIAL PRODUZIDO POR UM GRUPO DA TE.....	171
FIGURA 52: PREPARAÇÃO DA CÂMARAS COM AUXÍLIO DOS ESTUDANTES.....	172
FIGURA 53: FILMES QUE NÃO TIVERAM SUCESSO.	173
FIGURA 54: FILMES QUE TIVERAM SUCESSO.....	173
FIGURA 55: IMAGEM PRODUZIDA PELA ESTUDANTE E 28 E PELO PROFESSOR	173
FIGURA 56: IMAGEM PRODUZIDA PELA ESTUDANTE E 41 E PELO PROFESSOR.	174
FIGURA 57: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 12 E PELO PROFESSOR	175
FIGURA 58: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 24 E PELO PROFESSOR.	175

FIGURA 59: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE POR OUTRO ESTUDANTE DA 3ª SÉRIE E PELO PROFESSOR	176
FIGURA 60: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 12 E PELO PROFESSOR	176
FIGURA 61: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 12 E PELO PROFESSOR.	177
FIGURA 62: IMAGENS DO INÍCIO E TÉRMINO DA ATIVIDADE.	177
FIGURA 63: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 02.	178
FIGURA 64: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 18.	178
FIGURA 65: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 44.	178
FIGURA 66: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 31.	179
FIGURA 67: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 15	179
FIGURA 68: DESENHO ELABORADO PELO ESTUDANTE E 25.	180
FIGURA 69: DESENHO ELABORADO PELA ESTUDANTE E 19.	181
FIGURA 70: DESENHO ELABORADO PELA ESTUDANTE E 40.	181
FIGURA 71: DESENHOR ELABORADO PELO ESTUDANTE E 04.	182
FIGURA 72: MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO PELO ESTUDANTE E 07.	183
FIGURA 73: MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO PELO ESTUDANTE E 20.	183
FIGURA 74: MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO PELO ESTUDANTE E 25.	184
FIGURA 75: MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO PELO ESTUDANTE E 27.	184
FIGURA 76: MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO PELO ESTUDANTE E 30.	185
FIGURA 77: MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO PELO ESTUDANTE E 46.	185
FIGURA 78: SITUAÇÕES- PROBLEMAS CITADAS PELOS ESTUDANTES (TEM 10)	196
FIGURA 79: AVALIAÇÕES POSITIVAS CITADAS PELOS ESTUDANTES (ITEM 10)	197
FIGURA 92 OLHO HUMANO	227
FIGURA 93 - SISTEMA VISUAL	228
FIGURA 94 - RETINA	229

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - FAIXA ETÁRIA.	80
GRÁFICO 2 - LOCALIZAÇÃO DA MORADIA.	80
GRÁFICO 3 - TRANSPORTE USADO PARA IR À ESCOLA.	81
GRÁFICO 4 - RESPONSÁVEIS COM QUEM CONVIVE.	81
GRÁFICO 5 - Nº DE PESSOAS POR RESIDÊNCIA.	82
GRÁFICO 6 - RENDA FAMILIAR.	83
GRÁFICO 7 – ATIVIDADE REMUNERADA.	83
GRÁFICO 8 – USO DIÁRIO DE INTERNET.	84
GRÁFICO 9 – PERÍODO DE ESTUDO DIÁRIO.	85
GRÁFICO 10 – PERÍODO DE ESTUDO SEMANAL DA COMPONENTE CURRICULAR FÍSICA.	86
GRÁFICO 11 – INSTRUMENTOS USADOS DURANTE O PERÍODO DE ESTUDO.	86
GRÁFICO 12 – DIFICULDADE COM A COMPONENTE CURRICULAR FÍSICA NA 1ª SÉRIE DO EM.	87
GRÁFICO 13 – DEFASAGEM ESCOLAR.	88
GRÁFICO 14: COMPARATIVO DOS PRÉ-TESTE DAS TC E TE.	156
GRÁFICO 15 – AVALIAÇÃO DOS MC INICIAIS (TE).	186
GRÁFICO 16 – AVALIAÇÃO DOS MC FINAIS (TE).	187
GRÁFICO 17 - NOTAS DOS MC (TE).	188
GRÁFICO 18 – AVALIAÇÃO SOMATIVA (TE) E AVALIAÇÃO PERIÓDICA (TC).	189
GRÁFICO 19 – RESULTADO COMPARATIVO DOS PÓS-TESTE DAS TURMA DE CONTROLE E EXPERIMENTAL.	192
GRÁFICO 20 – COMPARATIVO ENTRE OS PRÉ E PÓS-TESTE DA TE.	194
GRÁFICO 21: AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.	195

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: ÍNDICES DE REFRAÇÃO PARA ALGUNS MATERIAIS.	50
TABELA 2: DIFERENÇAS ENTRE ESPELHOS CÔNCAVOS E CONVEXOS.....	55
TABELA 3: ESPELHOS, POSIÇÃO RELATIVA E CARACTERÍSTICAS DA IMAGEM.	57
TABELA 4: TABELA DE DESCRITORES.	65
TABELA 5: TABELA DE ALGUNS DESCRITORES MATEMÁTICOS.....	78

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

- PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais
- EM – Ensino Médio
- TC – Turma de Controle
- TE – Turma Experimental
- OG – Óptica Geométrica
- IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
- SD – Sequência Didática
- TAS – Teoria(s) da Aprendizagem Significativa
- TCC – Teoria dos Campos Conceituais
- TASC – Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica
- AS – Aprendizagem Significativa
- AM – Aprendizagem Mecânica
- MC – Mapa(s) Conceitual(is)
- CC – Campo(s) Conceitual(is)
- ASC – Aprendizagem Significativa Crítica
- URE – Unidade(s) Regional(is) de Educação
- SEDUC – Secretaria de Estado da Educação
- ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- MEC – Ministério da Educação
- IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
- LDBEN – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
- EF – Ensino Fundamental
- CET – Condição Especial de Trabalho
- IES – Instituições de Ensino Superior
- QRCODE – Quick Response Code (Código de Resposta Rápida)

SUMÁRIO

1	1 INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS	20
1.1.1	GERAL	20
1.1.2	ESPECÍFICOS	20
1.2	JUSTIFICATIVA	21
2	A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O ENSINO DE FÍSICA	23
2.1	Trabalhos Relacionados.....	23
2.2	Ausubel e a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).....	25
2.3	Novak e a investigação da aprendizagem.....	30
2.4	Vergnaud e as situações de aprendizagem	35
2.5	Moreira e a Aprendizagem Significativa Crítica (ASC)	39
3	ÓPTICA GEOMÉTRICA	43
3.1	Descrição matemática da onda eletromagnética.....	45
3.2	Reflexão e refração da luz	48
3.2.1	Reflexão Total.....	52
3.2.2	A Formação de Imagens	53
3.2.3	Espelhos Planos e Esféricos.....	54
3.2.4	Refração em Interfaces Esféricas.....	58
3.2.5	Lentes.....	58
3.3	O Olho Humano	59
3.3.1	5.3.1 Defeitos da Visão.....	61
3.3.1.1	Miopia.....	61
3.3.1.2	Hipermetropia.....	62
3.3.1.3	Presbiopia	62
4	METODOLOGIA	64
4.1	A Sequência Didática	66
4.2	O Tema Norteador	67
4.3	O Ambiente	68
4.3.1	Cidade	68
4.3.2	A Escola e a Rede Escolar	69
4.3.3	Os estudantes	73
4.3.4	A Componente Curricular e a Docência	74
4.4	As Turmas de Controle (TC) e Experimental (TE)	75

4.4.1	Critérios para escolha das turmas	75
4.4.2	O perfil dos estudantes.....	77
4.5	O produto Educacional	88
4.5.1	Primeiro Encontro.....	89
4.5.2	Segundo Encontro.....	99
4.5.3	Terceiro encontro.....	108
4.5.4	Quarto Encontro.....	118
4.5.5	Quinto Encontro.....	129
4.5.6	Sexto Encontro.....	130
4.5.7	Sétimo Encontro	139
4.5.8	Oitavo Encontro.....	139
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	140
5.1	Mapa Mental Inicial.....	140
5.2	Pré-Teste.....	144
5.3	Identificação do Sistema Visual e das Partes do Olho Humano.....	157
5.4	Resultados das Atividades e Experimentos	165
5.5	O Olho Humano	180
5.6	O Novo Mapa Conceitual	182
5.7	Avaliação Somativa.....	188
5.8	Pós-Teste	191
5.9	Avaliação da Sequência Didática	195
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	199
	REFERÊNCIAS	202
	ANEXOS.....	208
	APÊNDICES	230

1 1 INTRODUÇÃO

A sociedade atual vive imersa num mundo de informações, sendo que boa parte desta chega até nós por meio da visão. A visão é o sentido mais enfatizado na revolução tecnológica que estamos presenciando. Onde quer que estejamos, somos bombardeados por imagens que buscam atrair nossa atenção. Vemos e vivemos num mundo híbrido, em que vivenciamos a realidade e a hiper-realidade meio de telas de TV, cinema e *smartphones*.

Esta sequência didática foi organizada pensando-se na relevância da Óptica Geométrica para a compreensão do mundo que nos cerca, e na percepção de que o ensino deste conteúdo pode ser feito por meio de uma abordagem teórica e atividades práticas, que permitam ao estudante a compreensão de como ocorre a aplicação dos conhecimentos teóricos nas tecnologias que nos rodeiam. Ao longo deste trabalho, buscamos o envolvimento motivacional e emocional dos estudantes, de modo a tornar a aprendizagem significativa e crítica, no sentido de entender que os modelos abordados já apresentam novas formulações.

A Óptica Geométrica (OG) é relevante em nosso cotidiano, pois explica como as imagens são formadas nos espelhos, a formação de miragens em estradas, e as distorções nas posições dos objetos quando olhados através de um meio transparente, como a água ou o ar atmosférico. A compreensão de como o olho humano funciona e os principais problemas associados à visão são relevantes para os estudantes, pois o conhecimento evita o *bullying*, prática muito comum contra estudantes que usam óculos, e o estudante passa a entender o perigo que é a prática de comprar óculos sem receita do profissional qualificado.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio destacam que o ensino de Física no Brasil apresenta graves problemas, tais como conteúdos extremamente extensos, dicotomia dos modelos com a realidade, uso excessivo da matemática, muita teoria e abstrações e pouca utilidade prática, solução de exercícios descontextualizados, produzindo apenas memorização e automatização de comportamentos e a supervalorização da figura do gênio científico que fez uma descoberta ou propôs modelos irrefutáveis e que não precisam mais serem corrigidos, refutados ou melhorados (BRASIL, 2002 p 22).

Uma das maneiras de superar algumas destas dificuldades consiste em tornar o estudante o construtor de seu conhecimento, e neste processo desenvolver algumas competências e habilidades propostas pelos PCN – EM, como a representação e comunicação, investigação e compreensão e contextualização sociocultural (BRASIL, 2002, p 29). Uma vez que o estudante consiga desenvolver as habilidades e competências propostas terá melhores possibilidades de se tornar um cidadão reflexivo e crítico, que compreende as transformações socioculturais que acontecem em sua volta e estará preparado para vida nessa sociedade em constante transformação.

Neste sentido, este trabalho propõe demonstrar como abordar os conteúdos da Óptica Geométrica – parte da Óptica que estuda as propriedades geométricas da propagação da luz, mas que apresenta limitações quando se estuda a luz como uma onda – utilizando o celular e a fotografia como instrumentos para a aprendizagem significativa crítica, evidenciando os fenômenos ópticos e reproduzindo alguns problemas de visão sem a necessidade de tratamentos especiais, ou uso de aplicativos para produção desses problemas.

Este trabalho foi desenvolvido com estudantes da 2ª Série do EM de uma escola da cidade de Santa Helena - MA e contou com a dedicação, motivação e interesse dos estudantes da turma, pois o tema e a metodologia utilizados despertaram o engajamento de grande parcela dos estudantes da turma experimental, uma vez que se buscou tornar as aulas mais atraentes e ricas em significados práticos para os estudantes, o que possibilitou a evolução cognitiva e motivacional dos mesmos na componente curricular Física.

A sequência didática foi estruturada em dois momentos distintos: i) atividades práticas a serem desenvolvidas fora do ambiente de sala de aula, quer em grupo ou de forma individual e apresentadas junto com fundamentação teórica que embasa o trabalho, de modo a relacionar a prática à teoria e ii) aulas ministradas em sala, que em virtude de algumas peculiaridades da escola nem sempre possuem o mesmo tempo de duração (1h e 20 min).

As atividades em sala foram organizadas em 8 momentos distintos com duração média de 80 minutos. No primeiro momento foram feitas atividades a fim de identificar os subsunçores dos estudantes a respeito dos temas relacionados à Óptica Geométrica e ao olho humano. Esta etapa culminou com a aplicação de uma avaliação

diagnóstica. Posteriormente, os estudantes construíram mapas conceituais a partir de imagens projetadas que estavam relacionadas com o tema, mas que não apresentavam uma sequência estruturada do tema a ser abordado. Por fim, reunidos em grupos, foram estimulados a identificar as estruturas que compõem o olho humano e explicar quais funções cada uma das estruturas teriam.

No segundo momento foi feita uma abordagem introdutória ao tema, usando as imagens apresentadas aos estudantes durante primeiro momento e organizadas na sequência que seriam abordados os temas e elaboradas as atividades práticas. Durante esse momento foi apresentado aos estudantes os roteiros didáticos que seriam usados nos momentos 3, 4, 6 e 7. Os roteiros desses momentos consistiam em atividades a serem desenvolvidas fora do ambiente de sala de aula, além de temas a serem estudados, que estavam relacionados à atividade e ao próximo encontro.

O quinto encontro consistiu numa atividade experimental realizada fora do ambiente de sala de aula, utilizando câmeras fotográficas feitas de latas, confeccionadas pelos estudantes, capazes de reproduzir o processo de elaboração fotográfica que foi usado ao longo de várias décadas.

O oitavo encontro consistiu do momento avaliativo, que consistia de avaliação somativa de múltiplas questões. Neste momento também foi aplicado o pós-teste, a fim de verificar se houve evolução cognitiva dos estudantes em relação ao tema abordado, e um questionário, por meio do qual os estudantes puderam avaliar a sequência didática que foi desenvolvida com eles.

Toda a sequência desenvolvida se encontra no produto associado a este trabalho dissertativo, e pode ser utilizado por qualquer professor que queira envolver seus estudantes num trabalho motivador e desafiador, por meio do qual os estudantes apresentam dedicação e envolvimento ao longo de todo o processo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

Apresentar aos estudantes da 2ª Série do EM conteúdos relevantes da OG, por meio de uma sequência didática que privilegie a aprendizagem significativa em detrimento da aprendizagem mecânica.

1.1.2 ESPECÍFICOS

- Produzir uma sequência didática que possa ser implementada com outros estudantes a fim de que desenvolvam interesse pela componente curricular Física, percebam a importância da ciência em seu dia a dia, compreendam as transformações tecnológicas em que estamos imersos e que reflitam sobre os impactos destas transformações em nosso estilo de vida.
- Incentivar a capacidade de formular hipóteses e buscar respostas sobre problemas práticos relacionados a OG e perceber como ocorreram as revoluções tecnológicas que são usadas na produção de imagens.
- Auxiliar os estudantes na compreensão dos princípios geométricos da propagação da luz e as propriedades dos meios onde a luz se propaga, e compreender que esta é apenas uma das formas de se entender o comportamento dual da luz.
- Ajudar os estudantes na percepção da OG como uma construção humana e não da descoberta casual proferida por um gênio intelectual, mas feita por diversos cientistas que dedicaram esforço, observações e reflexões sobre a natureza a fim de perceber regularidades.
- Despertar a curiosidade e o interesse pela Física e motivar, por meio de abordagens teóricas e atividades práticas, a busca por significados claros, na compreensão de fenômenos naturais, na percepção das limitações dos modelos utilizados, no entendimento de aplicações tecnológicas e as mudanças sociais, ambientais e econômicas associadas a utilização dessas tecnologias.
- Auxiliar na compreensão dos estudantes sobre o funcionamento do sistema visual humano, os principais problemas que afetam esse sistema e como podem ser corrigidos. Finalmente, levá-los a reflexão sobre o erro de usar/comprar óculos sem orientação médica, prática comum nas cidades do interior do Estado do Maranhão.

1.2 JUSTIFICATIVA

O Estado do Maranhão apresenta graves problemas educacionais, tais como alto índice de evasão escolar e altas taxas de reprovação, refletidos nos resultados obtidos no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – IDEB, conforme pode ser observado no anexo A (INEP, 2018). Além dos problemas inerentes da educação local, há também problemas que são reflexos da estrutura escolar brasileira, tais como excesso de conteúdos, ausência de laboratórios de ciências, carga horária reduzida da componente curricular Física, dificuldades de leitura e interpretação de texto, seja na linguagem científica, literária ou descritiva, e carência do domínio de campos conceituais básicos associados a Matemática. O uso exclusivo do livro didático sem a diversificação de recursos didáticos, o desinteresse pelos saberes do currículo escolar e uso excessivo das redes sociais é um fator agravante. Acrescentando-se a isso, no panorama local existe o consumo excessivo de bebida alcoólica (e/ou outros entorpecentes cujo uso influencia diretamente no rendimento escolar).

O aspecto motivador é que OG traz uma gama de temas relevantes para a vida social do estudante, sem a necessidade da utilização de materiais caros ou de uso complexo, pois todos estamos cercados por espelhos, lentes e meios refringentes que podem ser usados como objetos potencialmente significativos durante o ensino. A necessidade do entendimento sobre o funcionamento das tecnologias que usam princípios associados a OG é importante para a evolução do conhecimento humano e a reflexão sobre os aspectos positivos e negativos associados a essas tecnologias.

A elaboração desta SD também teve como motivação a proposição de novas formas de abordar os conteúdos associados ao estudo da OG, em detrimento do uso do livro como único instrumento de ensino durante aulas expositivas em que o estudante não se envolve afetivamente como o conhecimento abordado. Ao sugerir esta sequência pretende-se auxiliar o professor a envolver seus estudantes na busca de uma aprendizagem significativa e crítica dos conteúdos abordados, superando o distanciamento que ocorre entre o estudo teórico e a utilidade aplicável no cotidiano.

A SD neste trabalho é fundamentada teoricamente na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (TAS) que identifica como o ensino, especialmente de ciências, deve ser estruturado para a obtenção de melhores resultados

na aprendizagem do estudante. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud (TCC) também é utilizada na fundamentação deste trabalho, haja vista que a OG é um campo conceitual que não se encerra em si mesmo, mas que está ligado a outros conhecimentos. A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira (TASC) norteou este trabalho, pois ofereceu ferramentas e reflexões sobre a execução das atividades e avaliações que foram aplicadas. O processo avaliativo também foi embasado nos processos de Avaliação da Aprendizagem de Novak, pois os instrumentos avaliativos propostos por ele se mostraram relevantes ao longo da execução das atividades.

2 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O ENSINO DE FÍSICA

2.1 Trabalhos Relacionados

A revisão bibliográfica deste trabalho se baseou em diversos textos de monografias e dissertações que versam sobre Óptica e sobre a visão humana, bem como a busca em alguns periódicos como a Revista do Professor de Física e a *Latin American Journal of Physics Education*.

Durante a realização da pesquisa bibliográfica não foram encontrados trabalhos que versassem sobre o referido tema desta dissertação, mas encontrou-se temas próximos tais como a física da visão humana, ou a elaboração de sequências didáticas sobre lentes esféricas, que acabaram lançando bases para a elaboração deste trabalho. Por fim fez-se necessário a busca pelos referenciais teóricos, que embasam e justificam o uso das sequências didáticas em sala de aula, de modo que todo o trabalho seja norteado pelos teóricos da aprendizagem significativa e dos campos conceituais.

Nogueira (2015), em sua dissertação descreve uma UEPS que foi desenvolvida com estudantes do Ensino Médio, na modalidade EJA, na qual são abordados temas de Óptica Geométrica de forma qualitativa, privilegiando-se os conceitos, o entendimento dos fenômenos naturais que acontecem cotidianamente e a aplicações no dia-a-dia do discente. Percebe-se, entretanto, que em seu trabalho não se faz uma abordagem matemática nas situações-problemas pertinentes ao tema.

Em seu trabalho de dissertação Silva (2014) usa atividades experimentais com intuito de avaliar se há aprendizagem significativa pelos estudantes de séries finais do Ensino Fundamental. Silva (2014) percebeu que houve grande quantidade de conflitos cognitivos¹ nos estudantes, o que por sua vez os levou a compreenderem que fenômenos ópticos estão imensos em uma pluralidade de variáveis, mas que ainda assim é possível perceber as leis e teorias em que estão estruturadas esse ramo da Física. Salientamos que, durante os processos de avaliação dos estudantes, foi notória a evolução conceitual e a aprendizagem significativa dos sujeitos, o que vem a corroborar

¹ São problemas na compreensão de conceitos ou informações, o que gera confusão em relação ao conteúdo estudado.

com a ideia de que atividades experimentais evocam nos discentes o aspecto emocional que é necessário para a aprendizagem seja significativa.

Santos (2016), aborda em seu trabalho o caráter ondulatório da luz e do som, e em seus resultados aparecem fortes evidências de que houve uma aprendizagem significativa (o autor classifica como aprendizagem ativa). Destacamos que o número de sujeitos da pesquisa (12 estudantes) é menor que aquele encontrado na maioria das salas de aula, onde a regra básica é a superlotação e os graves problemas devido ao número excessivo de estudantes no mesmo espaço físico.

Beserra (2012), em seu trabalho monográfico apresenta as partes do olho, seu funcionamento e as características para que a haja a formação de imagens. A autora explica também alguns dos diferentes defeitos a que o olho humano pode estar suscetível, e como fazer a correção desses defeitos a partir do uso de lentes. Para fazer essa abordagem ela apresenta os princípios da Óptica Geométrica em seu trabalho.

Ao fazer uso do *software* Geogebra, Coelho (2017) constrói diferentes tipos de lentes esféricas, e aplica em seu universo de pesquisa a fim de avaliar se essa abordagem gera alguma aprendizagem significativa para os discentes envolvidos, pois grande parte dos estudantes se envolve nas atividades de elaboração e construção virtual das lentes esféricas. Esse envolvimento tem como resultado o maior interesse por entender os princípios que regem a Óptica Geométrica, que por sua vez leva o estudante a novos saberes a partir de conhecimentos que já possuem, produzindo uma aprendizagem relevante e não meramente mecânica.

Schittler e Moreira (2014) desenvolveram e aplicaram uma UEPS onde o tema abordado foi estudo do *laser* de rubi, a fim de aplicar temas de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio, mas ao mesmo tempo, mostrar como esses conteúdos estão ligados e podem ser usados na compreensão da Física Clássica (FC), tais como à Óptica Geométrica. Ao final do trabalho, mesmo passado vários meses da aplicação da UEPS mensurou-se que os conceitos e propriedades estudadas ainda faziam parte do rol de saberes dos estudantes. Desta forma, pode-se afirmar que para estes estudantes a aprendizagem foi relevante.

2.2 Ausubel e a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

À medida que estamos nos localizando no mundo, organizamos relações de significação com tudo o que nos cerca. Essas relações de significação mudam ao longo de novas experiências, as quais precisarão ser mediadas pelas estruturas de significados já construídas, denominadas de pontos básicos de ancoragem. Os pontos de ancoragem, ou subsunçores, são estruturas cognitivas que o estudante possui e que servem de base para a compreensão de novos conhecimentos (AUSUBEL, 1978).

A TAS é estruturada nas teorias cognitivistas. Ausubel (1982) classifica aprendizagem como sendo a organização de conhecimento e sua integração na estrutura cognitiva do aprendiz. Novos conhecimentos que então para serem apreendidos precisam dos pontos de ancoragem, mas quando um novo conhecimento interage com o ponto de ancoragem, o ancoradouro também sofre um processo de mudança, a fim de se adequar ao novo conjunto de informações adquiridas. Ressaltamos que muito provavelmente não percebemos o ponto no qual esse ancoradouro vai mudando.

Sobre os pontos de ancoragem, Ausubel (2000) comenta que

É importante reconhecer-se que a aprendizagem significativa não implica que as novas informações formem um tipo de ligação simples com os elementos preexistentes na estrutura cognitiva... Na aprendizagem significativa, o mesmo processo de aquisição de informações resulta numa alteração quer das informações recentemente adquiridas, quer do aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva, à qual estão ligadas as novas informações. Na maioria dos casos, as novas informações estão ligadas a um conceito ou proposição específicos e relevantes... a aprendizagem significativa envolve uma interação seletiva entre o novo material de aprendizagem e as ideias preexistentes na estrutura cognitiva, iremos empregar o termo ancoragem para sugerir a ligação com as ideias preexistentes ao longo do tempo. (Ausubel, 2000, p.3)

A aquisição de conhecimentos organizados e a estabilização das ideias inter-relacionadas são os principais problemas da aprendizagem, e para considerarmos que houve aprendizagem significativa (AS) existe a necessidade de evidenciarmos a superação dessas dificuldades, e um dos meios é o uso de recursos instrucionais significativos. Para a sala de aula, um recurso instrucional será significativo se ele facilitar a aprendizagem por meio da passagem do conteúdo instrucional da disciplina para o arcabouço cognitivo do discente. Para que haja a passagem para novos conteúdos faz-se necessário a consolidação dos conteúdos estudados.

Ausubel classifica um material simbólico como potencialmente significativo quando “o material de aprendizagem pode ser relacionado com qualquer estrutura

cognitiva apropriada, de forma não arbitrária e substantiva, e as novas informações podem ser relacionadas as ideias básicas já existente na estrutura cognitiva do aluno” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, p. 32). Quando Ausubel destaca que o material precisa se relacionar de forma substantiva com a estrutura cognitiva do aluno, revela que o material precisa ser integrado ao trabalho com o aluno, que ele precisa interagir com o material de maneira a perceber sutilezas, limitações e utilidades, saindo do plano das ideias, muito comum em sala de aula.

A forma não arbitrária indica que o estudante aprendeu de forma concreta os conteúdos estudados, e que o consegue relacionar a algum ancoradouro, de forma que o conteúdo estudado vai transformando o ancoradouro. Além disto, demonstra que o professor conseguiu abordar o conteúdo de modo a comprometer o estudante com seu processo de aprendizagem.

Para Ausubel (1982) a aprendizagem se organiza em três classificações distintas, mas que estão relacionadas entre si: *cognitiva*, que tem a ver com a capacidade do aluno de armazenar informações na memória; *afetiva*, que leva o aprendiz a aprender lidar com suas emoções; e *psicomotora*, que envolve as respostas musculares que o aprendiz irá desenvolver por meio de exercícios e treinos. Apesar de citar as duas últimas, Ausubel centra-se na aprendizagem cognitiva em sua teoria da aprendizagem significativa.

Quanto ao aspecto cognitivo da aprendizagem, Ausubel destaca que

desde a natureza dos incrementos à estrutura psicológica do conhecimento ao processo de assimilação, que a estrutura cognitiva existente – tanto o conteúdo substantivo da estrutura do conhecimento de um indivíduo quanto suas propriedades organizacionais principais num campo de conhecimento particular num determinado momento – é o principal fator que influencia a aprendizagem significativa e a retenção de mesmo campo. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, p. 137)

Observamos que para Ausubel a cognição é fundamental para que o estudante consiga ter AS.

O aspecto afetivo também é relevante para aprendizagem segundo a teoria ausubeliana

As características motivacionais de personalidade, de grupo, sociais e do professor são suficientemente importantes na aprendizagem escolar para que mereçam nossa mais séria consideração, se é que desejamos maximizar a influência da psicologia educacional na aprendizagem em sala de aula. A motivação ... é absolutamente necessária para o tipo de aprendizagem continuada envolvida na tarefa de dominar o tema de uma dada disciplina. Seus efeitos são amplamente mediados através de variáveis intervinientes tais como focalização da atenção, persistência e crescente tolerância a frustração. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, p. 331)

Nota-se desse modo que os aspectos afetivos quanto envolvidos de forma positiva na aprendizagem terão papel relevante para o estudante.

Abordando sobre como os fatores psicológicos influenciam na aprendizagem, Ausubel destaca os aspectos que eram relevantes, notadamente embasado por pesquisas educacionais

já demonstraram ser capazes de influenciar de modo significativo o esforço de aprendizagem, a assimilação de valores e o estilo de solução de problemas. As mais importantes delas são a orientação motivacional para a aprendizagem, o nível de ansiedade, o dogmatismo, o autoritarismo, a tendência para o conformismo e o ajustamento de personalidade (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, p. 362)

Os fatores psicológicos dão fortes indícios de como se dará a aprendizagem de cada estudante, pois esses fatores estão de forma recorrente na vida estudantil do aprendiz.

Ausubel é um cognitivista², e confere ao estudante o papel de protagonista em sua aprendizagem. Ele atribui ao aspecto cognitivo papel de destaque às aprendizagens. Nesse aspecto, ele afirma que os fatores que influenciam a aprendizagem são os conhecimentos que o estudante traz consigo, suas concepções e informações (que são denominadas de subsunçor).

Cabe ao professor inicialmente ter contato com os subsunçores dos estudantes, para só então iniciar o seu fazer pedagógico, dando sentido aos conhecimentos que serão estudados em sala de aula. Nesse sentido, para que percebamos quais subsunçores que o estudante possui é necessário que façamos a averiguação prévia das percepções e a da abrangência dos subsunçores dos alunos.

Mas para que se construa um conhecimento a partir de um anterior, o professor precisa conhecer os saberes que os seus alunos trazem de suas vivências. É necessário que o docente proceda a uma avaliação diagnóstica, que investigue de maneira perceptível os conhecimentos prévios dos alunos, e para tal devemos fazer levantamentos de quais subsunçores os alunos trazem consigo. Questionários a serem respondidos em grupos, dinâmicas como a chuva de ideias, uso de filmes com posterior produção de resenhas e mapas conceituais, são exemplos de atividades que podem ser aplicadas a fim de ter contato com os conhecimentos prévios dos alunos.

Moreira destaca (2006, p 15), que

² Cognitivismo é uma corrente psicológica que leva em conta os mecanismos que levam a mente a elaboração de um determinado conhecimento. Cognitivista é todo educador ou psicólogo que leva em conta que o estudante é o principal sujeito responsável por sua aprendizagem, não sendo apenas um ser passivo no fazer educacional.

Para entender a aprendizagem significativa é necessário saber que experiência cognitiva não se restringe à influência direta dos conceitos aprendidos significativamente sobre componentes da nova aprendizagem, mas também modificações significativas de atributos relevantes a estrutura cognitiva pela influência do novo material, servindo de ancoradouro, incorporando-o, assimilando-o; porém ao mesmo tempo, modificando-se em função dessa ancoragem. (Moreira, 2006, p 15)

Desta forma, podemos afirmar que existe um processo de simbiose entre o novo conhecimento e o subsunçor que lhe serviu de ancoradouro, o que provoca uma mudança tanto na compreensão do subsunçor como na forma desse novo conhecimento, que doravante se tornará um subsunçor.

Além da aprendizagem significativa, a aprendizagem mecânica (AM) pode ser marcada como outra maneira de se aprender. Esta aprendizagem é marcada por seu armazenamento arbitrário, sem interação com os diversos subsunçores dos estudantes. A AM pode ser muito comum, pois estudantes tendem a memorizar os conceitos, as leis e as fórmulas, especialmente de disciplinas que apresentem dificuldades (a fórmula do sorvete, as músicas para aprender os nomes dos elementos químicos, palavras que podem ser relacionadas a fórmulas matemáticas ou mesmo a lei da ação e reação, são exemplos de situações em que acontece com frequência a aprendizagem mecânica).

Para Ausubel, a AS³ do estudante acontece por meio de uma organização conceitual hierárquica partindo do processo de diferenciação progressiva e posterior reconciliação integrativa. A diferenciação progressiva acontece do seguinte modo:

Quando se submete uma nova informação a um determinado conceito ou proposição, a nova informação é aprendida e o conceito ou proposição sofre modificações... esse processo de inclusão, que ocorre uma ou mais vezes, motiva a diferenciação progressiva do conceito ou proposição que engloba novas informações (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAND, 1980, p. 21).

Neste caso podemos classificar as partes conceituais como sendo elementos conceituais específicos e elementos conceituais gerais. Os elementos conceituais gerais são mais abrangentes e possibilitam ao aluno uma compreensão geral sobre o problema que está sendo abordado. Já os elementos conceituais específicos são ligados uns com os outros e dão para o aluno a compreensão dos casos possíveis dentro do universo que ele está estudando.

³ Para Ausubel (1980) aprendizagem é o mecanismo pelo qual um novo conhecimento é incorporado à estrutura cognitiva do estudante. Ela pode ocorrer de forma aleatória, pela simples memorização de um conjunto de informações, ou de forma significativa, quando o novo conhecimento é associado a conteúdos relevantes que já estão consolidados na estrutura cognitiva do estudante.

Enquanto os conteúdos são abordados, podem surgir dificuldades na aprendizagem de novos significados ligados entre si e nesse momento existe a necessidade da reconciliação integrativa, que deve ser feita para que o estudante possa analisar e relacionar conceitos e proposições que foram estudados, percebendo as diferenças e compreendendo as oposições aparentes e reais existentes em cada tema estudado. Isto possibilita ao discente uma compreensão não fragmentada dos conteúdos e a possibilidade de generalização do que foi apreendido para sistemas que não foram abordados ao longo do estudo.

Ausubel afirma ainda que para que haja aprendizagem é necessário que o aluno se relacione com o conteúdo, considerando também o aspecto afetivo da aprendizagem. Além desta, outra condição básica é a vontade de se relacionar com o objeto de estudo, o que comumente resumimos na ideia de que o aluno precisa querer aprender (o que em muitas situações não é observado no estudante).

Ausubel apresenta três tipos de aprendizagens:

- i. *aprendizagem representacional*, que usa uma palavra para a qual se atribui um significado que será tido como base. Como exemplo, ondas eletromagnéticas são duas palavras que se referem a uma grande faixa de ondas que podem ser observadas na natureza;
- ii. *aprendizagem de conceitos*, que visa mostrar uma regularidade em acontecimentos, e acaba por ser uma aprendizagem por representação; e
- iii. *aprendizagem proposicional*, que consiste em trazer sentido a uma palavra ou a um enunciado de forma que se possa generalizar para diferentes situações (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

À medida em que o estudante vai tendo contato com novos conteúdos e demonstrando que está desenvolvendo uma AS, ocorre a reformulação nos seus subsunçores, e é importante que ao final de cada etapa haja a reconciliação entre as concepções anteriores e aquelas que foram desenvolvidas durante a evolução dos conteúdos. Isso permite aos envolvidos no processo de aprendizagem perceber se houve ou não a AS (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

A avaliação tem papel de destaque na teoria de Ausubel, pois é ela que evidencia se houve aprendizagem ou não. Nesse aspecto a teoria ausubeliana defende que

Um teste de rendimento escolar verdadeiramente válido mede se o domínio de um corpo de conhecimentos designado é suficientemente claro, estável e bem organizado para refletir a estrutura das ideias numa dada matéria ou disciplina, para possibilitar a retenção a longo prazo e para servir como fundamento para uma aprendizagem posterior na mesma disciplina. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 509)

Percebemos que a avaliação deve mostrar se houve uma mudança significativa nos subsunçores do estudante, e se estão organizados de modo a servirem de ancoradouros para novos conceitos.

Para que o docente elabore suas avaliações a partir da TAS, Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.510) sugerem que

medir a retenção num contexto de aprendizagem sequencial – em que situações nas quais a capacidade de aprender um novo material pressupõe a disponibilidade do material antigo... ao medir a extensão em que o conhecimento retido do assunto é suficientemente estável e bem organizado para estar disponível como fundamento para aprender de um novo material, sequencialmente dependente, que não poderia ser aprendido eficientemente na ausência de tal disponibilidade. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 510)

A partir da teoria ausubeliana só há AS quando os conhecimentos adquiridos e consolidados podem ser utilizados como subsunçores para novos conteúdos, quer sejam necessários logo após os estudos ou depois de algum tempo que foram incorporados a conhecimento do estudante. Notamos que, caso o estudante não consiga relacionar novos conteúdos à conhecimentos que já foram estudados anteriormente, a aprendizagem desse estudante pode ter sido apenas mecânica.

2.3 Novak e a investigação da aprendizagem

Outra contribuição para a TAS é dada por Novak. O autor define o que deve haver para que exista aprendizagem:

- i. o *aprendiz*, que é alguém que tenha disposição (que consiste em motivação) para aprender e buscar de maneira consciente aprendizagem;
- ii. o *professor*, que tem experiência no papel de mediar a aprendizagem, usando para isso a linguagem e outros meios (para Novak, além do professor, outros instrumentos podem cumprir esse papel);
- iii. o *conhecimento*, que é aquilo que se deseja ensinar;
- iv. o *contexto*, que é a aplicação na realidade do aprendiz do conteúdo que se está abordando;

- v. *avaliação*, que consiste no mecanismo por meio do qual o professor terá informações se houve a troca de significados e a profundidade deles por parte dos estudantes (NOVAK e GOWIN, 1996 p.14).

Novak comenta que há “uma crença comum de que a aprendizagem é automática e sem esforço, e que se dá de um modo contínuo e cumulativo ao longo da vida” (NOVAK, 1984, p. 26). No entanto, ele destaca que a aprendizagem é individual e única para cada indivíduo. Já o conhecimento é algo acessível a todos e por isso pode ser compartilhado. Desta forma, o docente tem como função compartilhar o conhecimento e ao aluno se requer a intencionalidade na construção de sua aprendizagem, usando para isso seu pensamento, seus sentimentos e suas ações. A aprendizagem é um compromisso que não pode ser relegado a outro, pois somente por meio da interação dos novos conhecimentos com os subsunçores já existentes pode haver a AS (NOVAK e GOWIN, 1996).

Na AS o estudante precisa perceber que ele é responsável por sua aprendizagem. Que os diferentes instrumentos pedagógicos utilizados em sala só terão suas potencialidades bem aplicadas caso haja empenho do estudante. Neste contexto, faz-se necessário ressaltar que é comum perceber-se estudantes desmotivados em sala.

Sobre o papel do professor Novak (1996, p.22) destaca

É obrigação do professor planificar a agenda de atividades e decidir qual o conhecimento que deve ser considerado e em que sequência. É claro que o professor competente deverá envolver o aluno em alguns aspectos da planificação da agenda de atividades, mas espera-se que o professor tenha mais competência que o aluno na área em estudo. (NOVAK e GOWIN, 1996, p 22)

Quando o professor compartilha a responsabilidade com os estudantes há também um maior comprometimento deles com a sua aprendizagem, pois há o envolvimento afetivo, que é relevante no processo de aprendizagem.

Novak aborda uma face importante concernente a aprendizagem: o meio onde ocorrerá a aprendizagem do discente. A definição de meio para Novak (1996, p. 22) é

o contexto no qual a experiência de aprendizagem tem lugar, e influencia a forma como o professor e o aluno compartilham o significado do currículo... As escolas, as turmas de trinta alunos (ou mais) e os livros texto estabelecidos pelo Estado são exemplos de fatores de governança (fatores que controlam o significado da experiência educativa). Em muitos aspectos, a sociedade, os professores e o currículo controlam ou governam o significado da experiência. (NOVAK e GOWIN, 1996, p 22)

Como ser social, o meio onde o estudante está inserido influencia diretamente os resultados que serão obtidos, e alguns desses fatores estão fora do controle de professores e alunos, tais como clima da sala, administração escolar, calendário, currículo, família, ambiente em que vive, etc.

Ao explicar a formação de conceitos a partir de uma aprendizagem significativa, identifica-se três etapas: a assimilação, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa (NOVAK, 1977).

- i. *Assimilação*: ocorre por meio da relação entre as ideias já ancoradas no aprendiz e o novo conceito, que nesse momento será classificado e ordenado de acordo com as características que o aproximem de uma ideia âncora. Como exemplo, o estudante na escola primária aprende sobre três principais estados físicos da matéria (sólido, líquido e gasoso). No Ensino Médio, quando esse estudante tem contato com a dinâmica, percebe que a maneira como se aborda as leis de Newton se diferenciam caso estudemos a ação delas em um corpo rígido (sólido), ou em um fluido (líquidos e gases).
- ii. *Diferenciação progressiva*: ocorre quando o docente planeja suas atividades, pois ela acontece quando o conteúdo é organizado a partir de elementos mais gerais, que sejam pertinentes a todos os tópicos que serão estudados, e progressivamente vai se detalhando, e analisando as especificidades do conteúdo. Por exemplo, um conceito geral em Física é o de campo. Somente a partir da compreensão de propriedades como ação à distância é que se pode estudar o campo gravitacional, campo elétrico ou campo magnético, fazendo assim a diferenciação progressiva.
- iii. *Reconciliação integradora*: ocorre quando dois ou mais conceitos são relacionados em termos de novos significados preposicionais e/ou quando se resolvem conflitos de significados entre conceitos” (NOVAK e GOWIN, 1984, p 113). A reconciliação integrativa consiste em relacionar as diferentes ideias, conceitos ou fórmulas, comparando-as, ressaltando as diferenças, mostrando os aspectos em que sejam semelhantes, de modo que o estudante consiga perceber a importância e as aplicações desses conhecimentos, conseguindo identificar similaridades e discrepâncias por meio da relação de ideias e informações que foram estudadas.

No contexto de uma SD a avaliação perpassa diferentes momentos, desde a escolha de como serão abordados os conteúdos, o diagnóstico de subsunções, as

atividades que são realizadas ao longo da execução da SD, o *feedback*'s dos alunos nas aulas, a interação e a motivação⁴ dos alunos com relação ao conteúdo e, por fim, a avaliação de aprendizagem, que evidencia o que foi e quanto foi aprendido. Para além dessas avaliações existe a avaliação da própria SD, que também é importante. Essa se faz necessária, pois é por meio dela que se percebe se os objetivos traçados inicialmente foram ou não concretizados e se consegue medir o quanto se alcançou.

Avaliar é uma tarefa complexa, pois uma mesma estratégia avaliativa que pode ser muito boa para alguns estudantes pode não surtir efeito para outros, de maneira que o professor não poderá ter uma completa compreensão de como ocorreu a aprendizagem dos estudantes de uma turma. Sobre o processo de avaliação, Novak (1984, p. 109) destaca que

Para a maioria dos estudantes e professores, o uso de testes de aproveitamento (habitualmente testes verdadeiro-falso, de escolha múltipla ou de resposta curta) é sinônimo de avaliação da aprendizagem. Embora este tipo de avaliação continue a desempenhar o seu papel na apreciação da aprendizagem, acreditamos ser necessário praticar um maior leque de técnicas de avaliação, se quisermos encorajar os estudantes a utilizar melhor o seu potencial humano — a avaliação, como outros acontecimentos educativos, deve ajudá-los a reconhecer a grande capacidade que possuem para dar sentido aos acontecimentos ou objetos que constituem a sua experiência do mundo. (NOVAK e GOWIN, 1984, p 109)

É recomendável ao docente o uso de diferentes instrumentos avaliativos a fim de respaldar com dados confiáveis se houve ou não AS nos estudantes. A elaboração de problemas que estimulem a demonstração de competências e habilidades adquiridas a partir da aprendizagem de determinados conteúdos, construção de atividades que relacionem os diferentes conteúdos abordados, quer em seus aspectos gerais ou específicos é uma dessas maneiras. A utilização de teste de múltipla escolha que estimulem o discente a demonstrar sua compreensão a respeito dos conteúdos abordados é outra forma de abordagem que pode ser usada, haja vista que se assemelham às avaliações externas⁵ que os estudantes realizarão.

Dos vários mecanismos que podem ser usados para fins de avaliação com vistas à investigação da aprendizagem dos estudantes, a teoria de Novak dá ênfase aos mapas conceituais (MC), que segundo Moreira (1997) “são diagramas de significados,

⁴ Motivação consiste em ações que o estudante manifesta com fins de melhorar sua aprendizagem. Quando o estudante resolve dar atenção às aulas, evita conversar e/ou escolhe perguntar em caso de dúvidas, mostra que ele está motivado a aprender.

⁵ Avaliações externas – são avaliações aplicadas com vistas ao acesso ao ensino superior (ENEM ou Vestibulares), ou concursos públicos, ou mesmo que levantem dados educacionais e norteiam políticas públicas (IDEB, PISA, Prova Brasil, etc), ou ainda Olimpíadas Estudantis (OBLPEP, OBMEP, OBFEP e outras)

de relações significativas, de hierarquias conceituais” e o V (vê) epistemológico de Gowin (1970) nos quais se organizam de forma hierárquica os domínios de conteúdos e conceituais que se quer desenvolver ao longo da SD.

Sobre os MC Novak (1984, p. 32) fala que

A aprendizagem significativa se produz mais facilmente quando os novos conceitos ou significados conceituais são englobados sob outros conceitos mais amplos, mais inclusivos, ..., os conceitos mais gerais e mais inclusivos devem situar-se no topo do mapa, com os conceitos cada vez mais específicos, menos inclusivos, colocados sucessivamente abaixo deles.

Novak explica como deve ser a elaboração de um MC, dando ênfase à forma e como deve ser estruturado, seguindo a estrutura que foi proposta por Ausubel na dinâmica de apresentação dos conteúdos para os estudantes.

Novak (1984, p. 38) mostra a importância dos MC para os diferentes atores do fazer pedagógico:

Para o estudante, eles ajudam a tornar evidentes os conceitos chave ou as proposições a aprender, sugerindo além disso ligações entre o novo conhecimento e o que ele ou ela já sabem. Para o professor, os mapas conceituais podem ser utilizados para determinar que rotas seguir para organizar os significados e os negociar com os estudantes, assim como para descobrir as concepções alternativas dos alunos. No planejamento e organização do currículo, os mapas conceituais são úteis para separar a informação mais significativa da trivial e para escolher os exemplos. Em relação à governança, os mapas conceituais ajudam os estudantes a entenderem o seu papel como aprendizes; também clarificam o papel do professor e criam um ambiente de aprendizagem de respeito mútuo. Os mapas conceituais podem fomentar a cooperação entre o estudante e o professor (ou entre a criança e a escola), num combate em que o “monstro” a ser conquistado é o carácter pouco significativo da informação e a vitória consiste no compartilhar de significados. (NOVAK e GOWIN, 1984, p. 38)

Os MC auxiliam o professor na percepção de quais são os subsunçores que os estudantes possuem. A maneira como o estudante organiza o MC, em relação a estrutura e ligação entre os diferentes conceitos, retrata de forma aproximada sua compressão a respeito do tema, servindo de uma das maneiras do professor avaliar a aprendizagem do estudante.

Além disso, Novak (1984) sugere a necessidade, algumas vezes, de destacar fatos, objetos e outros materiais na base do MC, a fim de ilustrar de onde surge o significado de um conceito que está sendo trabalhado no mapa.

Novak destaca que o contato com uma educação em que o estudante pode “sentir o significado” traz consigo uma gama de emoções em grande parte positivas, mas há uma parcela de sentimentos negativos, que podem surgir devido ao medo de

seus subsunções estarem errados, ou receio de desconhecimento sobre o tema abordado. Neste caso, cabe ao professor a função de encorajar e reconhecer os receios dos estudantes, auxiliando-os nessa etapa a superar os aspectos negativos. Uma situação em que pode ocorrer esse receio é na dinâmica “tempestade de ideias”, quando os estudantes são estimulados a relacionarem um tema a conceitos que lhes vem à mente, e por meio de serem ridicularizados em suas repostas, acabam não externalizando suas ideias.

2.4 Vergnaud e as situações de aprendizagem

Gérard Vergnaud foi estudante de doutorado de Piaget e recebeu fortes influências do trabalho de seu orientador, especialmente no processo de elaboração de esquemas⁶. Ele percebeu a limitação do trabalho de seu orientador em alguns aspectos, dentre eles o mais relevante é que sua teoria piagetiana foi construída no laboratório e não em sua vivência de sala de aula. O trabalho de Vergnaud recebeu fortes influências dos trabalhos de Vygotsky.

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC), segundo Vergnaud (1993, p.1), é “uma teoria psicológica do conhecimento ou da conceituação do real que permite estudar as filiações e as rupturas entre conhecimentos a partir do ponto de vista do conteúdo conceitual”, o que permite formular maneiras de aproximar o conteúdo desenvolvido às situações de aprendizagem que facilitem a compreensão dos estudantes.

Segundo Vergnaud (1983, p 393), um campo conceitual é

“um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição. O domínio de um campo conceitual não ocorre em alguns meses, nem mesmo em alguns anos. Ao contrário, novos problemas e novas propriedades devem ser estudados ao longo de vários anos se quisermos que os alunos progressivamente os dominem. De nada serve tentar contornar as dificuldades conceituais; elas são superadas na medida em que são encontradas e enfrentadas, mas isso não ocorre de um só golpe. (VERGNAUD, 1983, p 393)

Observa-se que um campo conceitual (CC) nos leva a entender como um estudante aprende determinados conteúdos, de modo que a sua compreensão auxilia os docentes a elaborem práticas docentes que estimulem a aprendizagem.

⁶ Vergnaud define esquema como a organização invariante do comportamento para uma classe de situações dada. É uma estrutura mental que concebe algum aspecto da realidade de uma pessoa, quer seja tangível ou apenas uma construção mental, e pode servir para compreensões futuras.

Para resolver problemas sobre aprendizagem Vergnaud (apud Moreira, 2002) dá ênfase a contextualização, como o mecanismo para o desenvolvimento cognitivo do estudante. Os CC de determinadas áreas não são independentes entre si, mas uns podem ser usados para a compreensão de outros. Vergnaud (1990) denominou de filiações (de modo semelhante aos subsunçores de Ausubel, que servem de ancoradouro para novos conhecimentos). Sobre o processo de contextualização Vergnaud (1997, p 28) ressalta que

O processo de explicitação é difícil, porém os conceitos e teoremas explícitos capacitam os estudantes na busca pelo conhecimento e a discutir sua adequabilidade e validade [...]. Não se discute a veracidade ou a falsidade de um enunciado totalmente implícito, e não se identificam os aspectos reais que são necessários dar atenção sem a ajuda das palavras, dos enunciados, dos símbolos e dos signos. O uso de significantes explícitos é indispensável para a conceituação. (VERGNAUD, 1997, p 28)

A clareza é fundamental para a adequada compressão dos estudantes, de modo que quanto mais explícitos forem os termos utilizados, melhores provavelmente serão os resultados alcançados. A maneira como o discente lida com a contextualização do objeto ou situação estudados está intrinsicamente ligado aos conceitos estruturados em torno do objeto em si. Desta maneira, um conceito não se restringe apenas a um conjunto de palavras, mas pode ser descrito como:

uma trinca de conjuntos:

C (S, I Y)

S conjunto de situações que dão sentido ao conceito (referência).

I conjunto de invariantes⁷ em que se baseia a operacionalidade dos esquemas (significado).

Y conjunto de formas de linguagens (ou não) que permitem representar simbolicamente o conceito, suas propriedades, as situações e os procedimentos de tratamento (significante) (VERGNAUD, 1990, p. 7).

Vergnaud (1993, p. 2) também caracteriza o curto e o longo prazo na aprendizagem e são respectivamente por

(a) classes de situações em que o sujeito dispõe, no seu repertório, em dado momento de seu desenvolvimento e sob certas circunstâncias, das competências necessárias ao tratamento relativamente imediato da situação; e (b) classes de situações em que o sujeito não dispõe de todas as competências necessárias, o que o obriga a um tempo de reflexão e exploração, a hesitações, a tentativas frustradas, levando-o, eventualmente, ao sucesso ou ao fracasso. (VERGNAUD, 1993, p. 2).

⁷ Invariantes são itens, características ou relações com os quais o conceito está ligado, podendo esses invariantes serem também outros conjuntos que o sujeito use para compreender uma determinada situação ou conceito.

Desta forma, longo prazo é a etapa em que competências e conceitos vão sendo adquiridos ao longo de caminhada acadêmica e que vão sendo trabalhados quer por meio filiações, ou mesmo por rupturas, onde ocorre o abandono de determinados conceitos. Para ficar mais claro, um exemplo de ruptura na ciência é a “regra do octeto”, que inicialmente é ensinada como válidas para todos os casos, mas há casos em que ela não é satisfeita. O curto prazo se refere às operações ou informações que vão sendo aprendidas ao longo das atividades desenvolvidas em sala de aula, sob domínio do estudante, e que são usadas, por exemplo, como base para a proposição de avaliações.

A Física evoca diversas vezes o longo prazo e curto prazo na aprendizagem. Um exemplo é o conceito de energia, que ora pode ser abordado como energia mecânica, ou potencial ou mesmo energia cinética, ou térmica, ou luminosa, ou ainda elétrica. Todas estas formas de energia são memórias de curto prazo, mas vão sendo adicionadas num contexto mais amplo, que é o conceito de energia.

Para além das questões temporais da aprendizagem, Vergnaud (2011, p. 12) destaca o papel do professor no processo de ensino

O professor é um mediador essencial, evidentemente, mas seu papel não se limita a acompanhar a atividade dos alunos, tutelando-os: a presente contribuição tenta mostrar que, na profissionalização do professor, são essenciais as duas funções, a da escolha das situações a serem propostas aos alunos, e a da representação de sua estrutura conceitual por meio de formas simbólicas acessíveis. (VERGNAUD, 2011)

Observa-se que o professor deve elaborar com cuidado as metodologias que serão usadas durante as aulas, de modo a deixar claro a sua intencionalidade em cada ação desenvolvida, usando para tal uma linguagem que torne os assuntos abordados mais acessíveis à compreensão do estudante.

Junior e Custódio (2003) lembram que o processo de educação escolar que usamos acaba por vezes inviabilizando a formação do homem-cidadão, dado o volume de informações e às metodologias de ensino, pois “existe a necessidade do professor avaliar a complexidade, a diversidade e a evolução do repertório de esquemas do estudante, que não poucas vezes é lenta, cheia de idas e vindas e ainda tortuosas” (JUNIOR E CUSTÓDIO, 2003, p. 1).

Destacando o processo de contextualização Vergnaud (apud Junior e Custódio, 2003, p 2-3) afirmam que:

o problema central da cognição é a conceitualização, sendo que o desenvolvimento cognitivo se dá, principalmente, através do desenvolvimento de um vasto repertório de esquemas, no intuito de possibilitar ao sujeito enfrentar e dominar a gama de situações que lhe são apresentadas, sendo necessário, portanto, dar toda atenção aos aspectos

conceituais que envolvem os esquemas, seja na escola ou fora dela, visto que o domínio de um campo conceitual não é um processo rápido, e suas dificuldades só serão superadas na medida em que forem enfrentadas.

A quantidade e a variedade de esquemas trabalhados com o estudante vão construindo os fundamentos necessários para a evolução de novos esquemas que, por sua vez, irão permitir a compreensão mais aprofundada e a superação das dificuldades na compreensão de um dado campo conceitual. Vergnaud (2008, p 3) explica a importância das novas situações-problemas bem delimitadas e explícitas para os estudantes:

se não confrontamos os estudantes⁸ com situações nas quais elas precisem desenvolver conceitos, ferramentas, limites, eles não têm razão para aprender. Isso vale para a escola, mas também para a vida, para a experiência profissional. Em Matemática (e por que não em Física), por exemplo, insistimos na chamada resolução de problemas - propor situações que os estudantes não sabem resolver para fazer evoluir em seus conhecimentos. Portanto, queremos desestabilizá-las. E se desestabilizarmos demais? Eles também não vão aprender. Portanto, gerenciar o aprendizado é gerenciar ao mesmo tempo a desestabilização e a estabilização. Portanto, temos de pensar mais e propor situações corriqueiras aos que estão aprendendo. Sempre fizemos isso, às vezes de forma intuitiva. O que minha teoria propõe é que precisamos pensar de forma mais sistemática. O grande desafio do professor é ampliar as dificuldades para os estudantes, mas sabendo o que está fazendo e aonde quer chegar. (REVISTA NOVA ESCOLA, 01 de set de 2008).

Em virtude da Física ser uma disciplina na qual a necessidade da compreensão de determinados conceitos é fundamental para um bom desempenho ao longo do processo de aprendizagem, as vezes há a necessidade de um processo contínuo de organização de esquemas, que devem ser sistematicamente revisados, desestruturados e reorganizados a fim de “preparar o estudante para novas situações-problemas que vão surgindo ao longo dos anos, de maneira que o mesmo conceito vai sofrendo transformações em situações e significados” (VERGNAUD apud FÁVERO E SOUZA, 2001, p.6).

Ressaltamos que na resolução de determinados problemas que são propostos aos alunos podemos ter dois processos distintos: o de automatização, onde o estudante começa a resolver seguindo um padrão pré-determinado, muitas vezes pela mecanização das resoluções; e o processo de decisão consciente, que ocorre quando o estudante se depara com uma situação nova, em que ele tem que seguir por caminhos até então desconhecidos, o que o leva a ter que realizar escolhas de que caminho seguir,

⁸ Nessa citação substituí a palavra criança, citada por Vergnaud (op.cit) em sua entrevista, por estudante, que nesse caso específico, é mais abrangente e adequada.

analisando esquemas usados para resoluções de outros problemas e que são adaptados e reformulados para essa nova situação (VERGNAUD, 1990).

No processo de ensino Vergnaud (1996) destaca que é necessário, muitas vezes, desenvolver “a forma operatória do conhecimento, isto é, o saber fazer, e a forma preditiva do conhecimento, isto é, saber explicar os objetos e suas propriedades” (VERGNAUD 1996, p 13). Vale ressaltar que esse tipo de desenvolvimento tem base a análise de um mesmo campo conceitual por dois vieses distintos: em termos de situações e esquemas de pensamento e por outro lado a organização de conceitos como objetos de pensamento permitindo as formas preditivas e operatórias do conhecimento (VERGNAUD, 2007, p 36). Desta forma, o estudante não terá apenas o processo de automação das respostas sem entender os conceitos ou conhecimentos que embasam essa resposta. Isto evita que ele saiba como atingir um resultado esperado sem entender os mecanismos para alcançá-lo. Portanto, ele precisa do “conhecimento tanto no saber falar como do saber fazer” (VERGNAUD, 1990, p. 133). Satisfeitas estas duas condições, o estudante poderá ter domínio do campo conceitual abordado, ao mesmo tempo que poderá usar esse campo conceitual em situações futuras.

2.5 Moreira e a Aprendizagem Significativa Crítica (ASC)

Marco Antônio Moreira tem contribuído ativamente para o desenvolvimento do Ensino de Física no Brasil, quer por meio de trabalhos de cunho acadêmico, quer por orientação de trabalhos de campo no Ensino Fundamental e Médio, sendo um dos expoentes da área.

Moreira (2005) destaca que nas últimas décadas a evolução tecnológica e as mudanças culturais tem promovido na sociedade a necessidade de mudanças nas formas de ensinar. Segundo ele, nas ciências essa mudança é ainda mais urgente, haja vista que muitas teorias que eram tidas como verdadeiras foram substituídas por outras teorias mais relevantes. Assim, o ensino não pode abordar o conhecimento como algo estático, mas algo que sofre constante mutação, e nos últimos anos essas mutações têm sido ainda mais rápidas. Portanto, a aprendizagem que o aluno precisa desenvolver é aquela em que ele esteja preparado para avaliar as mudanças, entendê-las e se adequar a elas, ao mesmo tempo em que analisa sob um olhar crítico todas as demandas que o envolvem.

Para que o estudante consiga acompanhar e entender essas mudanças, Moreira (MOREIRA, 2005, p 13) destaca que não basta que o estudante passe pelo processo de aprendizagem significativa, mas é fundamental que ele desenvolva uma aprendizagem significativa crítica que é “aquela perspectiva que permite ao estudante sujeito fazer parte de uma cultura e, ao mesmo tempo, está fora dela” (MOREIRA, 2010, p 7). Moreira destaca a importância desse modelo de aprendizagem para a vida do estudante:

É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. Por meio dela, poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a ideia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente. (MOREIRA, 2010, p. 7).

Em uma sociedade imersa em constantes mudanças sociais, morais, tecnológicas e educacionais, a aprendizagem significativa se mostra cada vez mais relevante, uma vez que nossos estudantes estão imersos em todas essas mudanças e precisam ser preparados para lidar com esse “mundo líquido”.

Moreira destaca, ainda, quais são os princípios facilitadores de uma aprendizagem significativa crítica (ASC):

Perguntas ao invés de respostas (estimular o questionamento ao invés de dar respostas prontas)

Diversidade de materiais (abandono do manual único)

Aprendizagem pelo erro (é normal errar; aprende-se corrigindo os erros)

Aluno como perceptor representador (o aluno representa tudo o que percebe)

Consciência semântica (o significado está nas pessoas, não nas palavras)

Incerteza do conhecimento (o conhecimento humano é incerto, evolutivo)

Desaprendizagem (às vezes o conhecimento prévio funciona como obstáculo epistemológico)

Conhecimento como linguagem (tudo o que chamamos de conhecimento é linguagem)

Diversidade de estratégias (abandono do quadro-de-giz) (MOREIRA, 2005, p. 13)

Moreira enfatiza que “um ensino baseado em respostas transmitidas primeiro do professor para o aluno nas aulas e, depois do aluno para o professor nas provas, não é crítico e tende a gerar uma aprendizagem não crítica, em geral mecânica” (MOREIRA, 2010, p. 9). Desta forma, é bem mais produtivo ensinar o estudante a questionar em detrimento de simplesmente ensinar a resposta, que hoje é aceita como certa, mas que logo mais pode ser substituída por outra resposta ainda mais atual.

O uso de outras ferramentas didáticas, além do livro didático é uma maneira, segundo Moreira, de ser subversivo, e ao mesmo tempo não se limitar às verdades prontas trazidas pelo livro didático, que servem para ser decoradas, mas que num futuro próximo serão esquecidas, ou substituídas por uma teoria ou modelo mais atual. Para essa substituição o professor pode usar textos produzidos por ele, ou de outros autores, *sites* confiáveis, HQ's, artigos de revistas, matérias jornalísticas, entre outros, desde que não fique preso somente a esse tipo de material. Mas Moreira ressalta que “Não se trata, propriamente, de banir da escola o livro didático, mas de considerá-lo apenas um dentre vários materiais educativos” (MOREIRA, 2010, p. 10).

A valorização do erro como um processo natural humano é destacada também. Não poucas vezes há, na escola, somente a valorização das respostas assertivas sem, no entanto, a percepção de que mesmo em uma resposta tida como errada podemos perceber a AS do estudante. Nesse aspecto Moreira comenta que:

A escola pune o erro e busca promover a aprendizagem de fatos, leis, conceitos, teorias, como verdades duradouras. (Professores e livros de texto ajudam muito nessa tarefa.) Parece *nonsense*, mas a escola simplesmente ignora o erro como mecanismo humano, por excelência, para construir o conhecimento. Para ela, ocupar-se dos erros daqueles que pensavam ter descoberto fatos importantes e verdades duradouras é perda de tempo. Ao fazer isso, ela dá ao aluno a ideia de que o conhecimento que é correto, ou definitivo, é o conhecimento que temos hoje do mundo real, quando, na verdade, ele é provisório, ou seja, errado. (MOREIRA, 2010, p 14).

Quando a escola não percebe o erro como algo que é da natureza da construção do conhecimento ela não valoriza o método científico e as grandes contribuições que ele traz para as transformações que experimentamos. Moreira destaca que é preciso “buscar sistematicamente o erro é pensar criticamente, é aprender a aprender, é aprender criticamente rejeitando certezas, encarando o erro como natural e aprendendo através de sua superação” (MOREIRA, 2010, p 14-15).

A aprendizagem é representacional. Portanto, é necessário que o professor perceba como o estudante representa seus conhecimentos⁹, e para isso o docente deve evocar a externalização das representações dos discentes. Nesse sentido Moreira ressalta que o estudante “é um perceptor/representador, i.e., ele percebe o mundo e o representa. Quer dizer, tudo que o aluno recebe ele percebe” (MOREIRA, 2010, p. 10).

Os símbolos representam ideias que são construídas por pessoas, que se utilizaram das diferentes linguagens para transmitir suas ideias. Desta forma, mais importante do que as palavras que são empregadas pelos estudantes é a percepção se esses estudantes aprenderam as ideias que são relevantes, independente da apropriação das palavras que estejam relacionadas (MOREIRA, 2005, 2010).

A ASC realça a importância de mostrar o conhecimento como algo construído pelo ser humano e que sofre evolução. Moreira (2010) afirma que:

O princípio da incerteza do conhecimento nos chama atenção que nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. Naturalmente, estes três elementos estão inter-relacionados na linguagem humana. (MOREIRA, 2010, p. 17).

Dessa forma, o enfoque do ensino não deve privilegiar as respostas prontas e acabadas, uma vez que as certezas que temos hoje poderão ser reformuladas e ou às vezes abandonadas para que haja evolução do conhecimento.

No processo de aprendizagem as vezes há necessidade de superar um conceito que inicialmente era imprescindível, mas que em outro patamar do conhecimento acaba sendo um problema. Portanto, o estudante precisa aprender a avaliar quando determinado conhecimento serve como subsunçor para novos conhecimentos e quando este precisa ser superado a fim de que haja AS. Vale ressaltar que “não se trata de ‘apagar’ algum conhecimento já existente na estrutura cognitiva (isto é impossível se a aprendizagem foi significativa), mas sim de não usá-lo como subsunçor” (MOREIRA, 2010, p 15), o que significa que não será necessário que o estudante abandone aquele conhecimento, mas avaliar de modo crítico, as situações nas quais esse conhecimento serve com subsunçor ou não.

⁹ O autor da dissertação certa vez ministrou uma disciplina, em um curso de formação de professores. Ao aplicar a prova percebeu que as respostas apresentadas pelos estudantes pareciam não condizer com a resposta esperada, mas que quase todos os estudantes usavam um termo tido como errado. Quando da entrega do resultado da avaliação, os alunos foram questionados sobre o motivo de usarem aquela expressão e qual não foi a surpresa do autor ao perceber que a expressão usada era a representação da resposta esperada.

3 ÓPTICA GEOMÉTRICA

A luz visível é uma onda eletromagnética. Ela é formada por um campo elétrico e um campo magnético perpendiculares entre si, sendo que ambos são perpendiculares à direção de propagação da onda. A luz visível é apenas uma pequena parte de um espectro bem maior, conhecido como “arco-íris de Maxwell”, e todas ondas deste espectro se propagam no vácuo com velocidade c , dada por

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}} \quad (1)$$

conforme será demonstrado a seguir. Os símbolos μ_0 e ϵ_0 representam constantes denominadas permeabilidade magnética e permissividade elétrica no vácuo, respectivamente.

A Figura 1 ilustra uma possível maneira como os campos podem se dispor no espaço. Neste caso o campo elétrico está na direção do eixo y , e podemos expressá-lo por $\vec{E} = E_y \hat{y}$, enquanto o campo magnético está na direção do eixo x e, portanto, pode ser escrito como $\vec{B} = B_z \hat{z}$. Aqui os símbolos \hat{x} e \hat{z} representam as direções dos eixos x e z , respectivamente. O produto vetorial $\vec{E} \times \vec{B}$ aponta no sentido do eixo x (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2009, p, 5), que é a direção de propagação da onda. Além disso, os campos elétricos E e magnéticos B em função do tempo t se comportam como funções senoidais que apresentam mesma frequência ω e mesmo número de onda k . Assim, podemos escrever:

$$E = E_m \text{sen}(kx - \omega t) \quad (2)$$

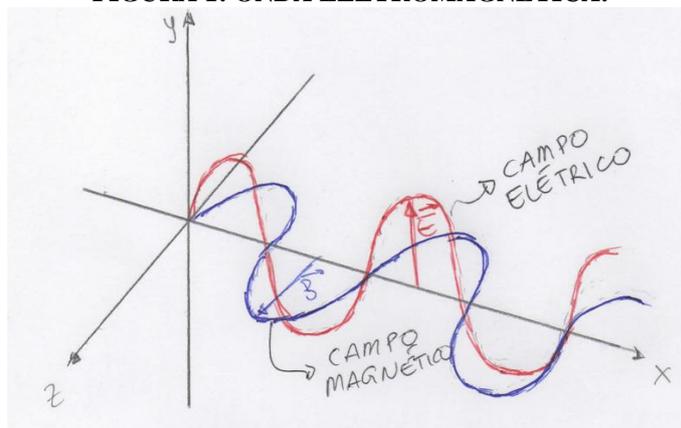
$$B = B_m \text{sen}(kx - \omega t) \quad (3)$$

onde E_m e B_m são as amplitudes dos campos elétrico e magnético, respectivamente.

Matematicamente, o movimento ondulatório em meios materiais pode ser descrito em termos do deslocamento das partes do meio no qual a onda se propaga. Se $y(x, t)$ representa a distância que uma partícula oscilante se encontra de um ponto de referência, dado por $y(0,0) = 0$, a equação das oscilações assume a seguinte forma:

$$y(x, t) = y_m \text{sen}(kx - \omega t) \quad (4)$$

FIGURA 1: ONDA ELETROMAGNÉTICA.



Fonte: o autor.

onde y_m representa a máxima distância que a partícula pode atingir da referência, denominada de amplitude, e os outros símbolos têm os significados já definidos no texto. A velocidade de propagação da onda é dada em termos de ω e k pela relação:

$$v = \frac{\omega}{k} \quad (5)$$

Adaptando ao estudo de ondas eletromagnéticas, esta velocidade pode ser escrita como

$$c = \frac{\omega}{k}^{10} \quad (6)$$

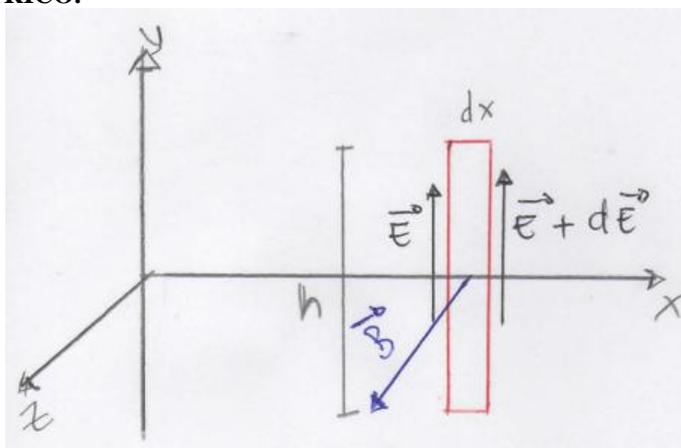
O valor de c é de 299 792 458 m/s, que normalmente é aproximado para 3×10^8 m/s. c é um padrão da natureza. Ele representa a máxima velocidade de transmissão de uma informação física, obedecendo o princípio da causalidade. Quando combinado com outras propriedades dos corpos, c pode ser usado como padrão de medida de várias grandezas, como distância, energia, massa, etc.

¹⁰ A velocidade das ondas eletromagnéticas é denominada de c em referência ao termo de origem latina *celeritas*, que quer dizer rapidez.

3.1 Descrição matemática da onda eletromagnética

Nesta seção vamos discutir de forma mais detalhada o mecanismo de geração de uma onda eletromagnética, no qual a variação de campo elétrico produz campo magnético e vice-versa. A Figura 2 ilustra a variação do campo elétrico de uma onda que se propaga na direção positiva do eixo- x . O retângulo de dimensões h e dx está no plano xy . Quando uma onda passa por essa região da esquerda para a direita a intensidade do campo magnético é alterada dentro dela, o que implica na mudança do fluxo de campo magnético, cuja magnitude é definida como $d\Phi_B = B \cdot dA$. Segundo a lei da indução de Faraday, a variação do fluxo de campo magnético gera campo elétrico na região circundada pelo retângulo. Se \vec{E} e $\vec{E} + d\vec{E}$ forem os campos elétricos induzidos nos lados maiores do retângulo, esses campos serão as componentes elétricas do campo eletromagnético.

FIGURA 2: DESCRIÇÃO DO CAMPO ELÉTRICO EM MOVIMENTO DA ESQUERDA PARA A DIREITA. EM DESTAQUE TEMOS O ELEMENTO DE ÁREA ($dA = h \cdot dx$) ASSOCIADO AO CAMPO ELÉTRICO.



Fonte: o autor.

Da lei de Faraday, temos:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (7)$$

A soma do lado esquerdo desta equação percorre todo o retângulo no sentido anti-horário. Porém, somente os elementos paralelos ao eixo y terão contribuições. Por

definição, $\vec{E} \cdot d\vec{s} = E \cdot ds \cdot \cos\theta$, onde θ é o ângulo entre o campo \vec{E} e o caminho $d\vec{s}$. Na direção do eixo x temos $E \cdot dx \cdot \cos 90 = 0$. Assim, o resultado da integral acima será:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = (E + dE)h - Eh = h dE \quad (8)$$

O fluxo de campo magnético através da área do retângulo é dado por

$$\Phi_B = B \cdot h \cdot dx \quad (9)$$

Derivando a equação acima em relação ao tempo, temos

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = h dx \frac{dB}{dt} \quad (10)$$

Combinando as equações (10), (8) e (7), encontramos:

$$\frac{dE}{dx} = -\frac{dB}{dt} \quad (11)$$

Como \vec{E} e \vec{B} são funções das variáveis x e t , escrevemos a equação acima como

$$\frac{\partial E}{\partial x} = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (12)$$

onde o símbolo ∂ é usado para indicar que a função a ser derivada possui mais de uma variável. Das equações (2) e (3), temos,

$$\frac{\partial E}{\partial x} = kE_m \cos(kx - \omega t) \quad \text{e} \quad \frac{\partial B}{\partial t} = -\omega B_m \cos(kx - \omega t) \quad (13)$$

Usando as equações (12) e (13), temos

$$\frac{E_m \cos(kx - \omega t)}{B_m \cos(kx - \omega t)} = \frac{E_m}{B_m} = \frac{\omega}{k} = c \quad (14)$$

que é o mesmo resultado equação (6), mas desta feita devidamente demonstrado.

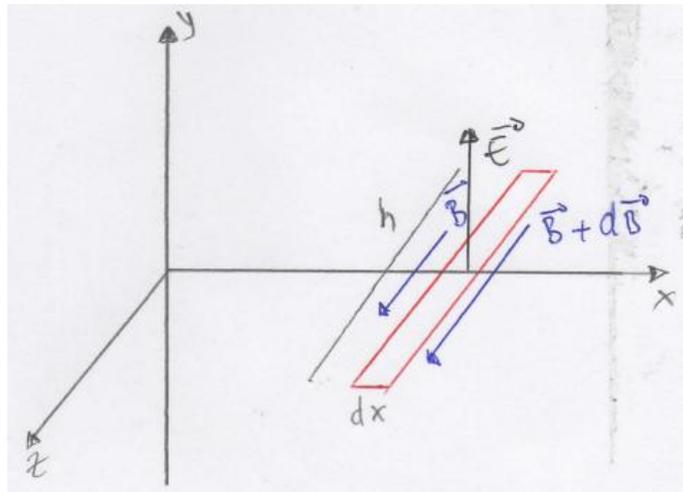
Procedimento análogo ao realizado para o campo elétrico pode ser feito para o campo magnético. Escolhe-se um elemento retangular de dimensões h e dx que está no plano xz . Quando uma onda passa por esta área da esquerda para a direita o fluxo de campo elétrico é alterado, e segundo a lei da indução de Maxwell, produz campo magnético na região circundada pelo retângulo. Se \vec{B} e $\vec{B} + d\vec{B}$ forem os campos

magnéticos induzidos nos lados maiores do retângulo, esses campos serão as componentes magnéticas do campo eletromagnético, conforme ilustrado na Figura 3.

Da lei de Faraday temos:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \quad (15)$$

FIGURA 3: DESCRIÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO EM MOVIMENTO DA ESQUERDA PARA A DIREITA. EM DESTAQUE TEMOS O ELEMENTO DE ÁREA ($dA = h \cdot dx$) ASSOCIADO AO CAMPO MAGNÉTICO.



Fonte: o autor.

Como apenas os lados maiores do retângulo contribuirão para integral, temos:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = -(B + dB)h + Bh = -h dB \quad (16)$$

Sabendo que o fluxo de campo elétrico é dado por

$$\Phi_E = E \cdot h \cdot dx \quad (17)$$

onde E é o valor médio do módulo do campo elétrico no interior do retângulo, temos que

$$\frac{d\Phi_E}{dt} = h dx \frac{dE}{dt} \quad (18)$$

Substituindo as equações (16) e (18) na equação (15), temos

$$-h dB = \mu_0 \varepsilon_0 h dx \frac{dE}{dt} \quad (19)$$

Usando a notação de derivadas parciais, como anteriormente, obteremos

$$-\frac{\partial B}{\partial x} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad (20)$$

O sinal negativo na equação (20) indica que quando o campo magnético B aumenta com x , o campo elétrico E diminui em t . Substituindo as equações (2) e (3) na equação (20), teremos

$$-kB_m \cos(kx - \omega t) = -\mu_0 \varepsilon_0 \omega E_m \cos(kx - \omega t)$$

Após rearranjo de termos,

$$\frac{E_m}{B_m} = \frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0 \left(\frac{\omega}{k}\right)} = \frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0 c} \quad (21)$$

Usando o resultado da equação (14), finalmente encontramos

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \varepsilon_0}} \quad (22)$$

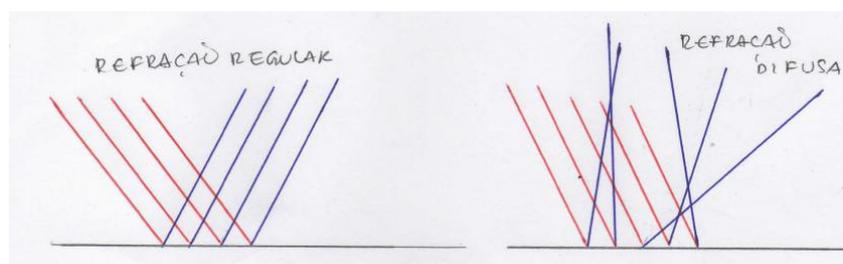
Substituindo os valores experimentais $\mu_0 = 1,26 \times 10^{-6} N/A^2$ e $\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} F/m$ na equação (22) encontramos $c = 3 \times 10^8 m/s$, mesmo resultado obtido pela equação (6). Em conclusão, conforme descrito pela equação (1), a luz é uma onda formada por campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo e espaço, e cuja velocidade no vácuo pode ser dada em termos das propriedades μ_0 e ε_0 deste.

3.2 Reflexão e refração da luz

As ondas luminosas, assim como outros tipos de ondas, tendem a se espalhar quando se afastam da fonte. Entretanto, em Óptica Geométrica consideramos que a luz se propague em linha reta, como que imitando a trajetória de uma partícula que não interage com o meio. Quando a luz encontra a superfície entre dois meios ela pode sofrer reflexão (parte dela retorna para o meio de onde veio) ou transmissão, continuando seu movimento na mesma trajetória reta ou não. Quando os raios

incidentes sobre uma superfície são paralelos e suas reflexões também são paralelas dizemos que a reflexão é regular ou especular, conforme ilustrado na Figura 4 (esquerda). Quando os raios são refletidos em várias direções distintas denominamos a reflexão difusa (Figura 4, direita). Uma superfície espelhada forma a imagem nítida de um objeto por causa da reflexão especular. Já os objetos quando observados diretamente podem ser vistos de qualquer ângulo por causa da reflexão difusa.

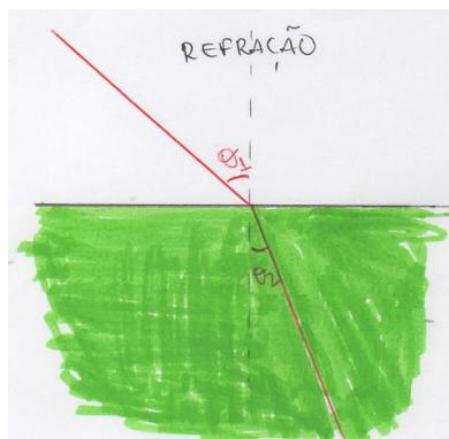
FIGURA 4: ESQUERDA - REFLEXÃO REGULAR. DIREITA – REFLEXÃO DIFUSA



Fonte: o autor.

A luz pode se propagar em diversos tipos de meios, como vácuo, gases, líquidos e sólidos. Quando atravessa a interface entre dois meios, a luz pode sofrer refração, fenômeno relacionado com a mudança na direção de sua trajetória linear, conforme ilustrado na Figura 5. θ_1 e θ_2 são ângulos de incidência e de refração.

FIGURA 5: MUDANÇA DE DIREÇÃO DO RAIOS DE LUZ DEVIDO A MUDANÇA DE MEIO DE PROPAGAÇÃO.



Fonte: o autor.

A reflexão e a refração são regidas por leis bem definidas.

- i. Lei da reflexão:** O ângulo entre o raio incidente e a reta normal à superfície é igual ao ângulo refletido e a reta normal

$$\theta_i = \theta_r \quad (23)$$

onde θ_i é denominado ângulo incidente e θ_r é o ângulo refletido.

- ii. Lei da refração:** o raio refratado está no mesmo plano do raio de incidência e o ângulo de incidência está relacionado com o ângulo de refração pela seguinte relação:

$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2 \quad (24)$$

onde n_1 e n_2 são constantes adimensionais, chamados de índices de refração e estão associadas às propriedades dos meios. A equação 24 é conhecida como lei de Snell-Descartes.

O índice de refração é dado pela razão

$$n = \frac{c}{v} \quad (25)$$

onde v é a velocidade da luz no meio. Com relação à direção de desvio da trajetória do raio refratado temos três casos possíveis:

- 1 – Se $\theta_1 = \theta_2$, o raio de luz continua sua trajetória retilínea sem sofrer desvios;
- 2 – Se $n_1 > n_2$, $\theta_1 < \theta_2$ e o raio de luz se afasta da reta normal à superfície;
- 3 – Se $n_1 < n_2$, $\theta_1 > \theta_2$ e o raio de luz se aproxima da reta normal à superfície.

A tabela abaixo apresenta índices de refração de alguns meios de propagação.

TABELA 1: ÍNDICES DE REFRAÇÃO PARA ALGUNS MATERIAIS.

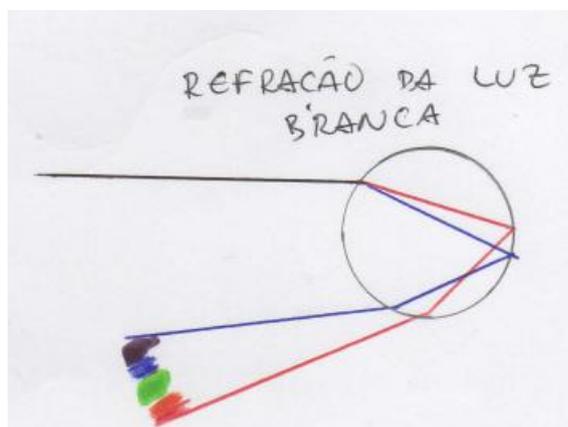
Substância	Índice de Refração
Ar	1,0003
Gelo	1,31
Água	1,35
Álcool	1,36

Acetona	1,36
Azeite de oliva	1,46
Glicerina	1,47
Vidro	1,50 a 1,90
Diamante	2,42

Fonte: David Halliday, 2009.

O índice de refração varia para cada comprimento de onda (NUSSENZVEIG, 1998, p, 7). Quando a luz branca, combinação de todas as cores do espectro visível, atravessa um meio material, as componentes tendem a ser separadas, criando o efeito chamado dispersão cromática. A dispersão é maior para cores com comprimentos de onda menores, como o azul e o violeta, e assim estas cores sofrem maiores desvios. O arco-íris é um exemplo de dispersão cromática que temos em nosso cotidiano. A Figura 6 ilustra o processo de refração da luz numa gota de água.

FIGURA 6: REFRAÇÃO E REFLEXÃO DA LUZ NUMA GOTAS DE ÁGUA.



Fonte: o autor.

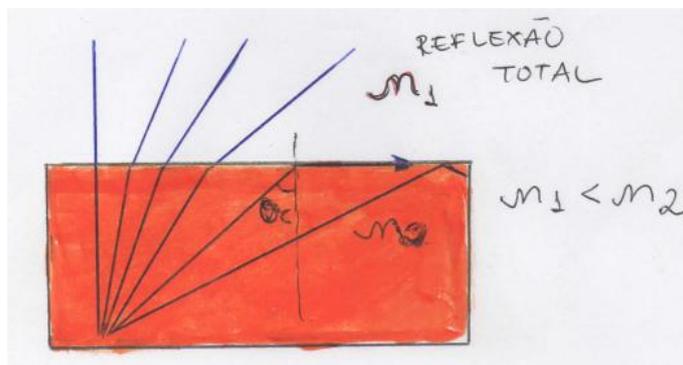
Quando a luz sofre apenas uma refração dentro da gota de água, o ângulo que o observador precisa estar com a horizontal é de 42° . O arco-íris observado é chamado de arco-íris primário. Mas há situações em que é possível ver dois arco-íris. Neste caso a luz sofre duas reflexões dentro da gota de água, e o ângulo que o observador precisar estar com a horizontal é de 52° . Esse arco-íris é chamado de arco-

íris secundário e tem a sequência de cores invertida em relação ao arco-íris primário. Além desses casos é possível a luz refletir mais vezes dentro da gota de água, mas não é possível observar os arco-íris formados dessas reflexões.

3.2.1 Reflexão Total

Quando um raio de luz atinge a interface entre dois meios com índices de refração diferentes este pode não atravessar a interface, mas se propagar paralelo à esta ou mesmo ser refletido por ela. Isto ocorre quando o segundo meio tem índice de refração menor. Esse efeito se manifesta à medida que o ângulo de incidência vai aumentando até que o ângulo de refração atinge 90° . O ângulo de incidência neste caso é chamado de ângulo crítico θ_c . Para ângulos maiores que θ_c o raio de luz deixa de ser refratado e acaba refletindo para o meio, caracterizando o fenômeno da reflexão interna total, conforme ilustrado na Figura 7.

FIGURA 7: REFLEXÃO TOTAL DA LUZ E ÂNGULO CRÍTICO.



Fonte: o autor.

Podemos identificar o ângulo crítico fazendo uso da equação (24):

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ$$

e θ_c pode ser escrito como

$$\theta_c = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad (26)$$

Nesse caso, como $n_2 > n_1$, a reflexão total só ocorre para dentro do meio com maior índice de refração. Uma aplicação de grande importância para este efeito é a

fibra óptica. Um laser de comprimento de onda apropriado incide em uma de suas extremidades e por sucessivas reflexões ele vai se propagar por longas distâncias. Este é o meio pelo qual todo sinal de internet utilizado atualmente é transmitido através dos países e continentes.

3.2.2 A Formação de Imagens

Como o foco deste trabalho é o ensino da Óptica Geométrica e seu auxílio no entendimento da visão humana, vamos discutir brevemente os mecanismos de formação de imagens de acordo com os métodos teóricos existentes.

Quanto ao processo de formação, as imagens podem ser classificadas por convenção como reais e virtuais. O termo real aqui não significa que a imagem tenha as mesmas propriedades físicas do seu objeto que ela representa, mas apenas que estas aparecem entre o objeto e a superfície especular. Já as imagens são ditas virtuais quando aparecem atrás da superfície refletora, ou seja, a superfície especular fica entre a imagem e o objeto que ela representa.

O efeito de miragem que surge em desertos e estradas quando observadas em baixos ângulos são exemplos de imagens virtuais. A miragem surge devido a diferentes densidades das camadas de ar acima da superfície refletora aquecida, provocando o desvio do raio de luz por meio da refração, ou seja, na formação da imagem via miragem não há reflexão, já que a luz proveniente do objeto não atinge a superfície refletora. Quando as camadas de ar mais próximas da superfície são aquecidas sua densidade diminui. Isto resulta em maior velocidade de propagação da luz e a consequente refração para longe da superfície. A luz proveniente de objetos acima da superfície é desviada nas camadas próximas, dando a impressão de uma superfície refletora molhada, com a imagem sendo projetada no chão. Em regiões muito frias ocorre o efeito contrário, e a imagem de objetos em solo pode ser visualizada acima deles, projetada no ar.

3.2.3 Espelhos Planos e Esféricos

Durante este trabalho foram utilizadas superfícies refletoras, comumente denominadas de espelhos. Vamos fazer uma breve explanação sobre as principais características dos espelhos e como eles podem ser usados na formação da imagem de um objeto.

O espelho é uma superfície que faz os raios incidentes serem refletidos em direções bem definidas (reflexão regular), evitando efeitos de absorção ou espalhamento em todas as direções (reflexão difusa). Superfícies bem polidas normalmente funcionam como espelhos, que são classificados como planos, quando a superfície formada é plana, ou esféricos, quando a superfície apresenta uma curvatura, podendo ser côncava (a reflexão ocorre na parte interna da curvatura) ou convexa (a reflexão acontece na parte externa da curvatura).

O objetivo do polimento é tornar as irregularidades da superfície menores do que o comprimento de onda da luz usada para formar a imagem. Neste caso a luz não sofre difração e nem reflexões difusas nas irregularidades e, portanto, mantém sua trajetória retilínea. Caso as dimensões das irregularidades sejam maiores do que o comprimento de onda da luz usada, esta será refletida nas direções das superfícies de cada irregularidade. Assim, a luz proveniente do objeto será refletida em direções diferentes, não formando a imagem do mesmo. A Figura 8 ilustra os diferentes tipos de superfície especular.

FIGURA 8: REPRESENTAÇÃO DA SIMBOLOGIA USADA NA ABORDAGEM SOBRE ESPELHOS.



Fonte: o autor.

Em espelhos planos a imagem produzida tem características muito semelhantes às do objeto. A imagem está localizada após o espelho (virtual) e possui o

mesmo tamanho do objeto. A distância da imagem ao espelho é a mesma distância do objeto ao espelho. Além disto, a imagem é denominada direita, pois ela não fica invertida em relação ao objeto.

Uma característica da imagem virtual é que os raios que chegam aos olhos do observador parecem vir da própria imagem. Mas eles parte do objeto e são refletidos no espelho, de forma que o sistema visual constrói uma projeção que liga os raios de luz que ilusoriamente saem da imagem até os olhos. Quando estamos na frente do espelho, os raios que saem dos objetos precisam incidir sobre o espelho para poder refletir em direção aos nossos olhos. Em virtude disso, somente raios que estejam no cone visual descrito no exemplo abaixo poderão ser vistos refletidos no espelho. Nota-se que somente os pontos que estiverem dentro do triângulo poderão ser vistos pelo observador O.

Um método simples para criar diversas imagens de um mesmo objeto é fazer uma combinação de espelhos planos. Este método foi utilizado com bastante frequência em filmes antigos que precisavam retratar muito exemplares de um mesmo objeto. Quando colocados dois espelhos planos com suas superfícies refletoras formando entre si um ângulo (abertura) podemos criar uma grande quantidade de imagens de um mesmo objeto. Para criar o número de imagens usamos a seguinte relação:

$$N = \frac{360^\circ}{\theta} - 1 \quad (27)$$

Baseado neste modelo, se dois espelhos estiverem formando um ângulo de 30° , um objeto colocado em frente a estes terá um total de $\left(\frac{360}{30}\right) - 1 = 11$ imagens, sendo uma imagem projetada diretamente na frente do objeto e mais 5 imagens de cada lado deste.

Os espelhos esféricos são caracterizados por possuírem um raio de curvatura finito (diferente dos espelhos planos que tem seu raio de curvatura tendendo ao infinito). A tabela seguinte identifica as principais diferenças entre espelhos côncavos e convexos.

TABELA 2: DIFERENÇAS ENTRE ESPELHOS CÔNCAVOS E CONVEXOS.

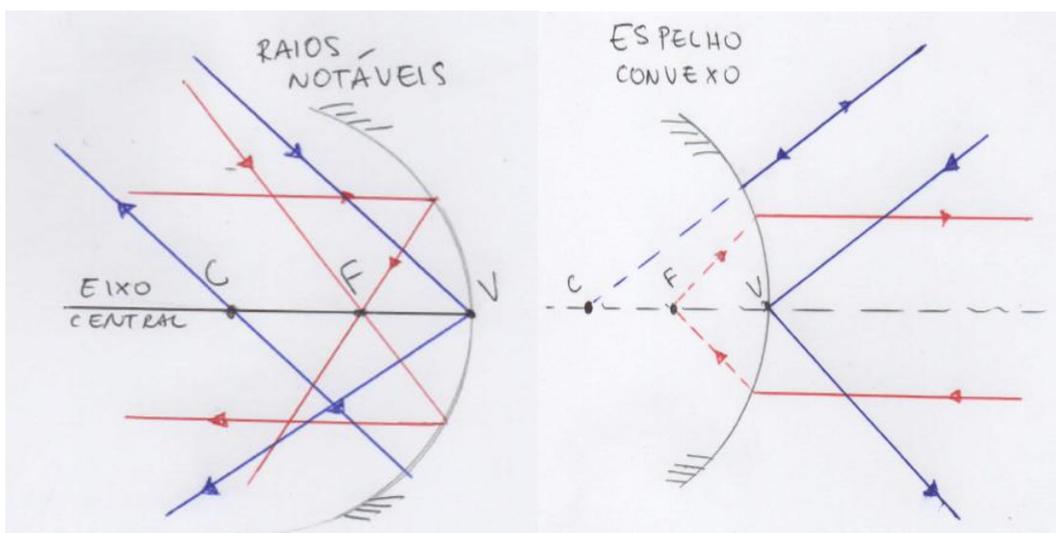
Côncavo	Convexo
Raio de curvatura à frente do espelho	Raio de curvatura atrás do espelho

As imagens dependem da distância do objeto ao espelho	Imagem virtual, direita e menor
Campo de visão diminui em relação ao espelho plano	Campo de visão aumenta em relação ao espelho plano
Foco positivo	Foco negativo

A Figura 9 identifica os chamados raios notáveis em espelhos esféricos. A reta que liga o centro de curvatura C ao centro c do espelho é chamado de *eixo central*. Quando raios incidem paralelos ao eixo central de espelhos côncavos eles sempre convergirão para foco do espelho. Caso os raios incidentes passem pelo foco eles serão refletidos paralelos ao eixo central. Quando raios incidentes passam pelo centro de curvatura e incidem perpendicularmente à superfície do espelho eles são refletidos também na perpendicular à esta, e passam novamente pelo centro de curvatura.

Em espelhos convexos, os raios incidentes que sejam paralelos ao eixo central divergem, mas sua projeção passa pelo foco do espelho. Quando a projeção de um raio incidente passa pelo foco do espelho o raio refletido será paralelo ao eixo principal. Quando a raio incidente é perpendicular à superfície do espelho, sua projeção passa pelo centro de curvatura desse espelho.

FIGURA 9: RAIOS NOTÁVEIS DE UM ESPELHO ESFÉRICO CÔNCAVO E CONVEXO.



Fonte: o autor.

A distância focal f de um espelho esférico é dada por

$$f = \frac{r}{2} \quad (28)$$

onde r é o raio de curvatura o espelho.

A equação de Gauss traz uma relação entre as distâncias do objeto, da imagem ao espelho e o foco do espelho:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p'} + \frac{1}{p} \quad (29)$$

onde p' é a distância da imagem ao espelho e p é a distância do objeto ao espelho.

Como p' e p não iguais como acontece no espelho plano, podemos definir uma grandeza que descreva uma relação entre o tamanho do objeto e o tamanho de sua imagem. Esta relação é chamada de **aumento linear transversal (A)**, e é dada por:

$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p} \quad (30)$$

onde i é o tamanho da imagem e o é o tamanho do objeto. Se A é positivo, i e o tem sinais iguais e a imagem é virtual. Se A é negativo, i e o tem sinais opostos e a imagem é real.

Usando os raios notáveis (paralelos ao eixo central, que passam pelo centro de curvatura e que incidem sobre o centro do espelho) é possível avaliar o tipo de imagem que será obtida. A tabela 3 mostra os tipos de espelhos esféricos, a posição relativa ao centro, foco e vértice, bem como as características da imagem.

TABELA 3: ESPELHOS, POSIÇÃO RELATIVA E CARACTERÍSTICAS DA IMAGEM.

Tipo de espelho	Posição relativa	Características da imagem
Côncavo	Antes do centro de curvatura	Real, invertida e menor
	No centro de curvatura	Real, invertida e igual
	Entre o centro de curvatura e foco	Real, invertida e maior
	No foco	Imagem impropria
	Entre o foco e o vértice	Virtual, direita e maior
Convexo	Qualquer posição	Virtual, direita e menor

3.2.4 Refração em Interfaces Esféricas

Quando as interfaces são esféricas, as imagens podem ser reais ou virtuais, dependendo diretamente dos valores de n_1 e n_2 e da direção de propagação da luz. Quando a imagem é formada no mesmo meio que está o objeto dizemos que a imagem é virtual; se ela for formada em um meio diferente de onde está o objeto a imagem é denominada de real. A seguinte equação descreve a relação entre os índices de refração, o raio de curvatura e as distâncias do objeto e imagem à interface:

$$\frac{n_2 - n_1}{r} = \frac{n_2}{p'} + \frac{n_1}{p} \quad (31)$$

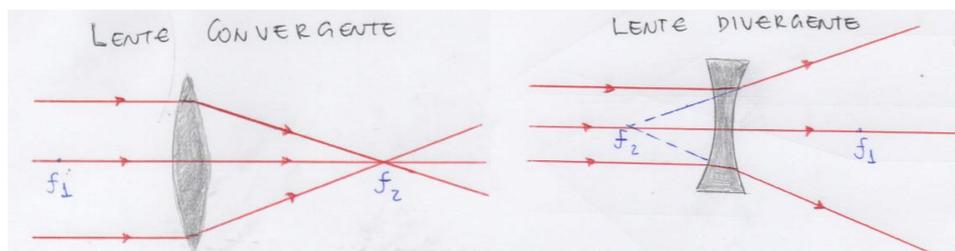
A distância do objeto p é sempre positiva, já a distância p' é positiva se a imagem for real e negativa se a imagem for virtual. Se a interface refratora for convexa r será positivo, mas se a interface refratora foi côncava, r será negativo.

3.2.5 Lentes

Lentes são objetos transparentes dotado de duas superfícies refratoras que apresentam o mesmo eixo central, em que a luz vem de um meio 1, penetra numa das superfícies do meio 2 e saí pela outra superfície, voltado ao meio 1. Normalmente as duas refrações mudam a direção de propagação da luz, exceto quando o raio luminoso se move sobre o eixo central da lente.

Quando os raios de luz são paralelos ao eixo central e após a passagem pela lente eles se aproximam, denominamos essa lente de **convergente**. Já quando os raios após a lente se afastam a lente é denominada de **divergente**. A Figura 10 ilustra a convergência e a divergência em lentes.

FIGURA 10: LENTES CONVERGENTE E DIVERGENTE.



Fonte: o autor.

Uma lente é chamada de **delgada** quando as distâncias entre o objeto o , a imagem i e os raios de curvatura das faces r_1 e r_2 são bem maiores que a espessura da lente. A equação dos fabricantes indica mostra a relação entre n, r_1 e r_2 . Quando a lente é colocada no ar ($n = 1$), temos:

$$V = \frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (32)$$

onde V é a vergência da lente (conhecida popularmente por grau) e n é o índice de refração da lente. r_1 é o raio de curvatura da face mais próxima do objeto e r_2 é o raio de curvatura da outra face. Caso uma lente seja imersa em um meio diferente do ar a equação dos fabricantes deve ser escrita como

$$V = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (33)$$

onde n_1 é o índice de refração da lente e n_2 é o índice de refração do meio onde a lente está imersa. Vale ressaltar que caso $n_1 < n_2$, a lente que é divergente no ar será convergente no meio 2, e vice-versa.

Uma lente só conseguirá desviar um raio luminoso caso o índice dela seja diferente do índice de refração do meio. Lentes cujas bordas sejam finas e o centro seja espesso produzem feixes de luz convergentes (a lupa). Já lentes que tenha as bordas espessas e centro fino produzem feixes de luz divergentes.

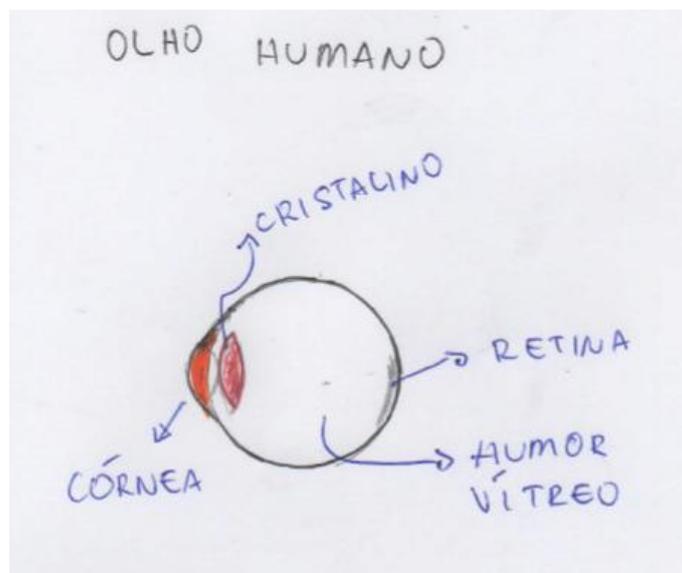
Os raios notáveis ou suas projeções sempre se encontram no foco da lente mais próxima à fonte de luz. Desta maneira, os raios de luz convergem para o foco oposto à fonte de luz numa lente convergente, e as projeções dos raios luminosos convergem para o foco próximo da fonte de luz no caso de lentes divergentes. O raio luminoso ou sua projeção que passa pelo ponto focal da lente que fica oposta ao objeto torna-se paralelo ao eixo central. Um raio de luz que passa pelo centro da lente não muda sua direção de propagação.

3.3 O Olho Humano

Um dos momentos fundamentais da sequência didática proposta em conjunto com esta dissertação e se deu com o estudo da visão humana e suas peculiaridades. Nesta seção vamos descrever sucintamente algumas características do olho e os problemas associados à visão.

O olho, conhecido também como globo ocular, é a parte externa do aparelho visual, que ainda apresenta nervos e cerebelo (PIETROCOLA [et al], 2010, p, 390). O olho é composto por várias partes que são, em sua maioria, transparentes, além de apresentar um conjunto de músculos que servem para sustentar e realizar seus movimentos, bem como para protegê-lo da ação de agentes externos. O olho é um órgão extremamente complexo, mas em primeira aproximação ele ser modelado fisicamente como uma combinação de três lentes biológicas – a córnea, o cristalino e o humor vítreo, que podem esquematicamente ser substituídas por uma lente convergente. Esta lente hipotética, em um olho saudável se situa a 5 mm da córnea e a 15 mm da retina, que se localiza na região posterior do olho. A Figura 11 apresenta um esquema simplificado do olho humano com suas principais lentes biológicas.

FIGURA 11: ESQUEMA SIMPLIFICADO DE OLHO HUMANO E SUAS LENTES.



Fonte: o autor.

Para que uma pessoa veja com qualidade é necessário que os raios de luz cheguem à retina. O sistema visual possui a capacidade de identificar arestas, sentidos, consistências, formas e cores, dando ao ser humano a percepção de imagem. A quantidade de luz que adentra nossos olhos é controlada pela íris, que apresenta um orifício no centro que pode abrir e fechar de acordo com a quantidade de luz que chega à retina.

A distância mínima para que um olho saudável consiga formar uma imagem bem nítida é 25 cm – essa distância é chamada de **distância mínima convencional de visão distinta**. A distância máxima normalmente se convencionou chamando de infinito,

o que não significa logicamente que um ser humano vai enxergar com qualidade à distâncias infinitas, mas que esta distância é bem maior que a distância mínima de visão distinta e varia de indivíduo para indivíduo.

Para que se observe objetos à diferentes distâncias o olho utiliza diversos mecanismos. Ele usa músculos que pressionam o cristalino de modo a mudar a sua distância focal, e assim permitir que a imagem se forme com qualidade. Este processo é denominado de **acomodação visual**. Quanto mais perto o objeto está dos olhos, mais precisamos usar os **músculos ciliares** para comprimir o cristalino. Mas quando o objeto está distante os músculos ciliares ficam relaxados e neste caso o olho não faz nenhum esforço para ver os objetos.

3.3.1 5.3.1 Defeitos da Visão

Uma vez que já foram descritas as características do olho humano, vamos detalhar os principais problemas que acometem a visão, bem os procedimentos para a sua devida correção.

3.3.1.1 Miopia

O globo ocular de uma pessoa míope é mais alongado que um olho normal, o que provoca a formação da imagem antes da retina quando o olho não realiza o esforço de acomodação. Para o olho míope a acomodação visual acontece naturalmente. Mas diferente de um olho saudável, no qual a distância de ponto remoto é o infinito, no olho míope a distância do ponto remoto ocorre em um ponto finito, ou seja, próximo do olho. No globo ocular míope não há problemas no cristalino, o que não afeta a acomodação visual, mas a acomodação ocorre antes do 25 cm.

A miopia pode ocorrer devido a várias alterações na estrutura do olho. Estas alterações podem ser congênicas ou adquiridas ao longo da vida. A miopia congênita sofre modificações ao longo da vida do indivíduo e estabiliza na fase adulta. Quando o problema é adquirido ao longo da vida, a tendência é sofrer uma evolução contínua.

Para que a miopia seja corrigida, existe a necessidade do uso de lentes corretivas divergentes, para as quais

$$f < 0 \quad (34)$$

e como consequência o grau da lente deve ser negativo. Caso uma pessoa com miopia usando óculos mergulhe em uma piscina com os olhos abertos esta perceberá imagens disformes, pois suas lentes se tornaram divergentes.

3.3.1.2 Hipermetropia

O olho de uma pessoa com hipermetropia apresenta um a formação da imagem num foco após a retina. Esse defeito é formado basicamente porque o globo ocular hipermetrope é mais curto que o olho normal. Quando a pessoa que tem hipermetropia realizar o esforço de acomodação, ela provoca a diminuição da distância focal, que por sua vez, pode trazer a foco da imagem para a retina, de forma que ela possa ver nitidamente.

Um olho hipermetrope precisa realizar um esforço para ver um objeto a uma grande distância. Por isso, comparado a um olho saudável, o hipermetrope acaba por sobrecarregar sua acomodação visual, ocorrendo um afastamento do ponto próximo, o que tem como efeito perceptível a necessidade de colocar o objeto a ser observado a uma distância maior que a normal (25 cm). A correção deste problema visual é feita usando-se lentes convergentes com

$$f > 0 \quad (35)$$

e como consequência o grau da lente deve ser positivo. De igual modo, uma pessoa com hipermetropia mergulhando com óculos em uma piscina terá dificuldade visual em razão de sua lente se tornar divergente.

3.3.1.3 Presbiopia

Com o avançar da idade as pessoas tendem a sentir o sintoma de “vista cansada”. Este problema na visão ocorre porque os músculos que pressionam o cristalino vão perdendo sua elasticidade, e a capacidade de acomodação vai sendo comprometida. Uma consequência disto é o afastamento do ponto próximo. A visão para pontos distantes não sofre alterações. A correção é feita com uso de lentes convergentes bifocais.

É muito comum em algumas cidades pessoas com poucos recursos financeiros, ou com baixo nível de informação, adquirirem óculos apenas colocando-os e percebendo se as imagens formadas estão melhores ou não. Esta prática é extremamente perigosa, uma vez que outros problemas relacionados à saúde ocular

podem não estar sendo percebidos, por serem silenciosos, como a catarata, o glaucoma ou pressão alta no globo ocular. Assim sendo, faz-se necessário a visita regular ao oftalmologista a fim de serem realizados exames refrativos que definirão a vergência necessária para a correção, além de outros exames que podem detectar outros problemas.

4 METODOLOGIA

Qual caminho seguir na elaboração e execução das atividades? Durante a realização deste trabalho fizemos uma abordagem qualitativa descritiva, na qual nos preocupamos em fazer uma análise das informações que foram catalogadas ao longo da realização das atividades da sequência didática, e que estão relacionadas às avaliações que foram sendo efetivadas ao longo do projeto.

A abordagem qualitativa descritiva é a mais indicada, haja vista que existe uma forte interação entre o pesquisador e os sujeitos que são objetos da pesquisa, o que permite a busca por evidências de haver ou não a aprendizagem significativa. Firestone, quando justifica o uso de uma abordagem qualitativa na pesquisa educacional em detrimento da abordagem quantitativa, diz:

A pesquisa quantitativa está baseada em uma filosofia positivista que supõe a existência de fatos sociais com uma realidade objetiva independente das crenças dos indivíduos, enquanto que a qualitativa tem raízes em um paradigma segundo o qual a realidade é socialmente construída [...] A pesquisa quantitativa procura explicar as causas de mudanças em fatos sociais, primordialmente através de medição objetiva e análise quantitativa, enquanto a qualitativa se preocupa mais com a compreensão do fenômeno social, segundo a perspectiva dos atores, através de participação na vida desses atores [...] A pesquisa quantitativa tipicamente emprega delineamentos experimentais ou correlacionais para reduzir erros, vieses e outros ruídos que impedem a clara percepção dos fatos sociais, enquanto o protótipo do estudo qualitativo é a etnografia [...] O pesquisador quantitativo ideal é despreendido para evitar viés, enquanto o pesquisador qualitativo fica 'imerso' no fenômeno de interesse. (FIRESTONE, 1987, pp.16-17).

Erickson (1986), quando fala da pesquisa qualitativa (denominada por ele de pesquisa interpretativa) define bem o que o pesquisador deve tentar observar durante a realização das suas atividades:

A tarefa do pesquisador é então desvelar os diferentes níveis de universalidade e particularidade confrontados em um caso específico - o que é largamente universal, o que é generalizável a outras situações, o que é peculiar a esse caso [...]. Portanto, a preocupação primordial da pesquisa interpretativa é a particularização ao invés da generalização. Descubra-se universais manifestados concreta e especificamente, não em abstração e generalidade. (ERICKSON, 1986, p.130).

Moreira (2003), ao abordar a pesquisa qualitativa, norteia como deve acontecer o trabalho do pesquisador:

O investigador interpretativo observa participativamente, de dentro do ambiente estudado, imerso no fenômeno de interesse, anotando

cuidadosamente tudo o que acontece nesse ambiente, registrando eventos - talvez através de áudio ou de vídeo - coletando documentos tais como trabalhos de alunos, materiais distribuídos pelo professor, ocupa-se não de uma amostra no sentido quantitativo, mas de grupos ou indivíduos em particular, de casos específicos, procurando escrutinar exaustivamente determinada instância tentando descobrir o que há de único nela e o que pode ser generalizado a situações similares.(MOREIRA, 2003. p.24) .

Mas Moreira (op. cit.) destaca também que o pesquisador em ensino pode e deve transformar as observações em dados, e assim fazer uso dos diferentes tipos de mecanismos estatísticos para então fundamentar suas interpretações do problema em estudo. Entretanto, muito mais importante do que gráficos, tabelas, ou outros dados, o pesquisador deve ter sua atenção voltada para a narrativa do processo. Desta forma, a elaboração desse trabalho terá como aspecto central a descrição de como foram desenvolvidas as atividades.

Os mapas conceituais são parte integrante do processo avaliativo desta sequência e há diversos modelos de avaliação deles. Em virtude de grande quantidade de MCs que serão avaliados, usaremos o Modelo de Bartels, que atribui três critérios básicos para avaliação de um MC, assim como o peso de cada item na avaliação, conforme observa-se no quadro abaixo

TABELA 4: TABELA DE DESCRITORES.

Critérios	Descrições
Conceito e Terminologia	Demonstrar a compreensão dos conceitos e princípios fundamentais e utilizar a terminologia apropriada (3.0 pontos); Cometer alguns erros na terminologia e demonstrar alguns equívocos de conceitos (2.0 pontos); Cometer muitos erros na terminologia e demonstrar ausência de compreensão de muitos conceitos (1.0 ponto); Demonstrar nenhuma compreensão de conceitos e princípios fundamentais (0.0 ponto).
Conhecimento e Relação entre os Conceitos	Identificar todos os conceitos relevantes e demonstrar a compreensão das relações entre eles (3.0 pontos); Identificar conceitos importantes, mas realizar algumas conexões incorretas (2.0 pontos); Efetuar muitas conexões incorretas (1.0 ponto); Não utilizar quaisquer conceitos e conexões inadequadas (0.0 ponto).

Capacidade de se comunicar por meio dos Mapas Conceituais	<p>Construir um mapa conceitual adequado e completo e incluir exemplos; colocar conceitos em uma hierarquia adequada que ligam palavras em todas as conexões (3.0 pontos);</p> <p>Colocar quase todos os conceitos em uma hierarquia adequada e atribuir palavras para a maioria das conexões (2.0 pontos);</p> <p>Colocar apenas alguns conceitos em uma hierarquia adequada ou utilizar algumas palavras nas conexões; e produzir um mapa conceitual difícil de interpretar (1.0 ponto);</p> <p>Produzir um produto final que não é um mapa conceitual (0.0 ponto).</p>
---	---

Fonte: Bartels (1995).

4.1 A Sequência Didática

Este trabalho é fruto da sequência didática concebida, desenvolvida e aplicada que versa sobre a Óptica Geométrica e o Sistema Visual Humano, cuja abordagem teórica, experimental, reflexiva e crítica esteve norteadada principalmente pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e pela Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira.

A sequência foi estruturada pensando na realidade educacional observada na turma experimental (TE), que é reflexo da estrutura de pensamento dos estudantes, da dinâmica de funcionamento escolar, bem como da estrutura familiar e de políticas públicas, dentre outros fatores. Buscou-se superar o modo tradicional de ensino, baseado exclusivamente no uso do livro didático, na exposição teórica e na resolução de problemas. Para isso proporcionou-se as estudantes novas metodologias de ensino, motivando-os a se envolverem afetivamente com os trabalhos desenvolvidos e a se perceberem como atores principais no processo de ensino e aprendizagem.

O principal objetivo dessa sequência é a promoção do estudo dos conteúdos da OG, divididos em cinco unidades, estruturadas sob a mesma perspectiva pedagógica, iniciando-se a partir dos conceitos mais elementares e estruturantes do tema, como princípios de propagação da luz, meios de propagação, tipos de fontes luminosas, perpassando pelo fenômenos de reflexão e refração da luz e culminando com o estudo do sistema visual humano, os principais problemas associados a visão e os mecanismos de correção.

A execução da SD iniciou-se com o diálogo com a turma sobre os objetivos a serem alcançados durante sua aplicação e a necessidade de envolvimento a fim de que pudessem vivenciar uma ASC. Em seguida, a partir da exposição de imagens dispostas de forma aleatória em relação ao conteúdo, os estudantes foram instigados a construir MC que pudessem evidenciar os seus subsunçores sem que fossem estimulados por questionamentos. Depois, aplicamos um questionário pré-teste a fim de que pudessem externar seus conhecimentos prévios, por meio da estimulação, com o objetivo de catalogarmos as respostas e, por fim, organizamos grupos e distribuimos para cada grupo duas imagens ampliadas, de um olho humano e de uma retina, objetivando que os estudantes identificassem as partes do olho.

Passado esse momento inicial, deu-se início a aplicação da SD propriamente dita, ou seja, a aplicação das quatro unidades temáticas: conceitos e reflexão em espelhos planos, espelhos esféricos e formação de imagens, refração da luz e estudo de lentes e olho humano, problemas de visão e mecanismos de correção.

4.2 O Tema Norteador

Os dois últimos séculos trouxeram mudanças profundas para as diferentes populações ao redor do planeta. Grande parte dessas mudanças está associada ao desenvolvimento tecnológico e a popularização de bens de consumo produzidos em larga escala. Atualmente, o uso das redes sociais por uma grande parcela da sociedade tem criado demandas em nossos jovens que não eram prioritárias em jovens de gerações anteriores. O protagonismo que as redes sociais trouxeram faz como que todos os que tenham acesso possam se tornar influenciadores/influenciados digitais. Desta forma, o uso de imagens das mais diferentes origens e tipos é supervalorizado.

Muitas dessas mudanças foram possíveis a partir da compreensão dos fenômenos associados a Óptica. A Óptica está estruturada em dois ramos: a Óptica Geométrica, que estuda o comportamento da luz a partir de princípios da geometria euclidiana e a Óptica Física, que estuda a comportamento ondulatório da luz e os fenômenos decorrentes desse comportamento, tais como difração, interferência e polarização.

Apesar da Óptica Física está presente em nosso cotidiano, sem que a maior parte de nós a notemos. A Óptica Geométrica é mais percebida por sua relação direta

com o nosso principal sentido: a visão. Com o advento das redes sociais, a produção, uso e divulgação dos diferentes tipos de imagens tornaram-se generalizados e assim podemos aproveitar a facilidade de acesso à produção de imagens no âmbito do estudo da OG, o que torna o conteúdo mais rico de significados e com maior apego aos jovens de forma a se contemplar competências e habilidades propostas pelos PCN's:

- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- ...
- Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana.
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes. (BRASIL, 2002, p 29).

Desta forma, os professores de Física do EM podem auxiliar de maneira ativa e intencional o processo de desenvolvimento de competências e habilidades tão necessários para a vida social e acadêmica do estudante, além de permitir a melhor compreensão dos fenômenos naturais associados a OG que estão diariamente à nossa volta.

- Produzir uma SD que possa ser implementada com outros estudantes afim de que desenvolvam interesse pela componente curricular Física, percebam a importância da ciência em seu dia a dia, compreendam as transformações tecnológicas em que estamos imersos e que reflitam sobre os impactos dessas transformações em nosso estilo de vida.

4.3 O Ambiente

4.3.1 Cidade

A cidade de Santa Helena fica localizada na microrregião da Baixada Maranhense, que recebe este nome devido a presença de campos inundáveis no período das chuvas, impactando de forma direta a população que usa estradas vicinais para se deslocar e escoar sua produção. Este período interfere diretamente na vida de uma parcela significativa dos estudantes, haja vista que nesta época o principal meio de transporte são embarcações de pequeno porte, o que aumenta o tempo de deslocamento

no trajeto casa-escola. Segue abaixo QRCODE de uma reportagem do programa Mirante Rural que mostra a influência do rio Turi sobre a vida dos moradores da cidade.



A atividade econômica da cidade é baseada quase que exclusivamente no comércio. O setor de serviços é inócuo e a indústria é inexistente. Esse perfil econômico tem forte impacto na vida dos estudantes, pois muitos arrimos de família precisam migrar periodicamente para outras cidades dentro ou fora do Estado, deixando os filhos sob responsabilidade de parentes ou mesmo amigos. O anexo C mostra informações do IBGE sobre os perfis econômicos, sociais e educacionais da cidade.

4.3.2 A Escola e a Rede Escolar

Os índices educacionais do Maranhão estão entre os menores quando comparados a outros Estados da Federação, conforme pode ser observado nos anexos A e B. A nota obtida no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica pelo EM da rede estadual foi em 3,4, portanto abaixo da média nacional é de 3,7. O que torna este índice tão preocupante é que no início das avaliações do IDEB as notas obtidas pelo Estado do Maranhão foram superiores às metas propostas pelo MEC, enquanto nas três últimas avaliações (2013, 2015 e 2017) o Estado não tem conseguido atingir as metas que lhe foram propostas e está abaixo das médias nacional e regional como ser observado no anexo C.

O anexo D traz informações sobre o mecanismo de cálculo do IDEB do Estado do Maranhão. Quando se faz uma análise dos índices das escolas vinculadas à Unidade Regional de Educação (URE) de Pinheiro, estrutura administrativa que gere as escolas estaduais em parte da microrregião da baixada ocidental maranhense, os resultados são ainda mais preocupantes, conforme podem ser percebidos no anexo E, pois estão abaixo dos resultados do Estado tanto no IDEB, quanto no ENEM (SEDUC/MA – URE PINHEIRO, 2017). O anexo E mostra que o valor do IDEB da rede estadual maranhense é inferior à média nacional e regional.

Atualmente, o município de Santa Helena possui cinco escolas de EM, segundo dados do IBGE (IBGE, 2015). No entanto, atualmente funcionam três escolas

polos e vários anexos distribuídos na zona rural e no município vizinho Turilândia. A escola em que foi desenvolvida essa sequência didática também possui um anexo na zona rural, cujo acesso no período da cheia dos campos pode demorar até três horas. A SEDUC/MA criou uma escala que pode ser consultada no anexo F, em que as escolas são classificadas em A (Excelente), B (Muito Bom), C (Regular) e D (A Evoluir), usada para caracterizar as escolas da rede a partir de índices de aprovação e evasão escolar, e por esses critérios as escolas da cidade estão todas classificadas na última categoria (D), pois apresentam altos índices de evasão e numerosos casos de reprovação (SEDUC/MA, 2017).

O anexo G identifica que as escolas vinculadas à URE de Pinheiro estão em penúltimo lugar em relação aos critérios de classificação. O anexo H mostra o perfil das escolas do município de Santa Helena, que em sua maior parte apresenta grandes índices de reprovação e de evasão escolar.

A escola em que foi desenvolvida a sequência didática está localizada num bairro perimetral ao centro da cidade, que possui um grande fluxo de pessoas devido ao comércio. Seu principal público são estudantes que moram no entorno da escola, mas alguns discentes que vem da zona rural da cidade, usando como meio de transporte barcos, canoas, ônibus, motos e moto taxi, e tendo também alguns discentes que são oriundos cidade de Turilândia, vizinha à Santa Helena. É uma escola tradicional da cidade, onde muitos pais dos atuais estudantes também já foram discentes, e devido ao ambiente acolhedor e familiar optam por nela matricularem seus filhos, sabendo que nela se busca oferecer aos estudantes uma escola pública que prima por excelência acadêmica e pela qualidade do ensino.

Inicialmente, a escola oferecia apenas o Ensino Fundamental. A partir de 2007, por necessidade de adequação das redes estaduais à Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), passou por um período de transição e paulatinamente reduziu o número de turmas de Ensino Fundamental (EF) e aumentou a quantidade de turmas destinadas ao EM. Atualmente a escola oferece apenas o EM regular nos turnos matutino, vespertino e noturno.

Os professores, em sua maioria, são formados nas respectivas áreas que lecionam, sendo alguns oriundos de graduação em licenciatura de cursos universitários

regulares e outros egressos de programas de formação docente. Há, no entanto, um déficit de professores concursados em algumas disciplinas, sendo parte dessa carência suprida por professores que assumem uma Condição Especial de Trabalho (CET) e outros oriundos de seletivos para área objeto da carência.

O acompanhamento pedagógico da escola é realizado por uma professora em desvio de função e sem formação específica para este fim, que na ausência de um coordenador pedagógico foi desviada para suprir uma área tão necessária para o andamento das atividades escolares, e para mediar em algumas situações a relação entre os diversos segmentos da escola.

No ano do desenvolvimento da sequência didática a dinâmica de avaliação da escola foi dada de duas maneiras complementares, uma associada às metodologias aplicadas por cada professor, tais como provas, listas de exercícios, avaliações alternativas, atividades experimentais, etc., e outra associada às atividades que foram executadas por meio de um festival estudantil, no qual todos os alunos são organizados em quatro equipes que são estimuladas a desenvolverem ações sociais, culturais, ambientais e acadêmicas. Essas atividades eram acompanhadas pelos gestores, corpo docente e por um grupo discente, que tem a função de coordenar as atividades do grupo. Ao final de cada período letivo, as ações foram avaliadas pelos gestores, pelos professores tutores de equipes e pelos coordenados das equipes, de modo a se levar em consideração o que foi realizado pelo estudante em relação ao trabalho por ele desenvolvido e os resultados obtidos durante as apresentações do festival.

O resultado da avaliação obtida pelo aluno durante as atividades do festival foi somado às que levam em conta o caráter acadêmico. Ao final de cada período ocorreram reunião de avaliação sobre as atividades que foram desenvolvidas, bem como sobre a evolução acadêmica dos estudantes, o que por sua vez embasa a elaboração de relatórios individualizados que periodicamente eram apresentados aos pais ou responsáveis. Dessa forma a escola busca desenvolver os aspectos acadêmicos, sociais e psicológicos dos estudantes, além de estimular a formação de líderes que futuramente auxiliarão no desenvolvimento da cidade.

O aspecto disciplinar da escola tem um papel relevante nas atividades escolares, pois por ser uma fase de mudanças na vida dos estudantes, muitos apresentam

dificuldades de convivência social, tomando atitudes que algumas vezes causam prejuízos para si e para os que estão próximos a eles. A escola disponibiliza uma ficha individual que é utilizada para o acompanhamento das infrações cometidas pelos alunos. Com isto a gestão pode planejar ações que visem melhorar o convívio dos discentes entre si, e com os outros setores do ambiente escolar.

A estrutura física da escola conta com seis sala de aulas, todas climatizadas, uma quadra poliesportiva descoberta e, por conseguinte, sujeita às intempéries climáticas e suas desgastantes consequências. Possui uma biblioteca, que tinha sua dinâmica de funcionamento organizada pelos alunos que são voluntários da escola. Além disso, a escola tem ainda uma secretaria, uma sala de direção, uma sala de professores, um pequeno laboratório de informática, um pátio coberto, uma pracinha de socialização, uma sala de almoxarifado e uma sala onde funciona a dispensa.

As salas de aula possuem tamanhos variados, o que não privilegia uma uniformização da quantidade de estudantes por sala. Possuem apenas quadro branco com carteiras das mais diferentes formas e modelos, o que muitas vezes dificulta a formação de grupos de trabalhos em sala e o desenvolvimento das atividades propostas, e o uso de meios multimídias tem que ser organizado no horário do respectivo professor, o que acarreta uma perda de tempo significativa na montagem.

O laboratório de informática possuía, à época, nove computadores, dos quais apenas seis funcionavam minimamente, pois apresentam sistema operacional e programas desatualizados. Tal ambiente não era usado para atividades com os discentes devido ao seu pequeno espaço não acomodar o mínimo possível de estudantes. Este laboratório serve basicamente para que os estudantes façam suas pesquisas, tenham acesso à internet, estudem, elaborem seus trabalhos e os imprimam sem ônus, uma vez que a gestão viabiliza esse serviço. O uso do laboratório de informática se dá no contraturno das aulas dos estudantes. Quando há uma grande quantidade de estudantes com necessidade de uso cria-se uma escala a fim de se democratizar o uso.

Há também um pátio que é uma construção nova na escola e sua construção foi possível graças à doações, bingos, rifas e atividades culturais desenvolvidas pelos discentes, docentes e gestores da escola, que vislumbraram nesse espaço a possibilidade de realizar algumas atividades do festival estudantil, bem como para servir lanches, uma

vez que os corredores da escola são inadequados para este propósito. Outro objetivo para a construção do pátio foi a necessidade de um ambiente para realização de atividades extraclasse que não fossem afetadas pelas condições do clima equatorial da cidade.

O quadro de funcionários da escola é composto basicamente de servidores que são contratados pela prefeitura municipal e são cedidos para a escola. Esses servidores desempenham as funções de vigia, secretárias, auxiliares de serviços gerais, fiscal de alunos e monitor de informática. A SEDUC/MA possui vinculados a seus quadros apenas os gestores e professores. Esse perfil se repete nas outras escolas da cidade. Em períodos pós-eleitorais esses trabalhos ficam comprometidos em virtude da substituição generalizada dos funcionários ligados à prefeitura.

No ano do desenvolvimento deste trabalho a escola possuía cinco turmas de 1ª série, sendo três no turno matutino e duas no turno vespertino, quatro turmas de 2ª série, sendo duas em cada turno, e três turmas de 3ª série, uma no turno matutino e duas no vespertino. No decorrer do ano letivo a SEDUC/MA implantou o mecanismo de aprovação com pendências, o que possibilita ao aluno que tenha tido desempenho insatisfatório em até três componentes curriculares possa progredir de série e concomitantemente refazer a(s) disciplina(s) pendente(s) do ano anterior, de forma que no geral o estudante possa concluir o EM no período de três anos. Busca-se com essa ação superar dois graves problemas da educação nacional: a cultura da reprovação em massa, e ao mesmo tempo a aprovação de estudantes que não tenham bases mínimas de aprendizagem (SEDUC/MA, 2017).

4.3.3 Os estudantes

Os estudantes são majoritariamente pertencentes à classe D, e alguns ainda estão enquadrados na classe E. A estrutura familiar desses estudantes em grande parte não apresenta a presença de um dos genitores, sendo muito comum a função ser exercida pelos avós, ou parentes próximos. Isso se dá em virtude de abandono desses jovens pelos genitores, pela necessidade de viajarem em busca de trabalho em outras cidades ou mesmo outros Estados. A região é conhecida por ofertar empregos informais e com baixíssima remuneração (CENSO, 2010). Há também uma parcela relativamente grande de estudantes que não moram com pessoas do seu ciclo sanguíneo ou familiar. O não oferecimento de EM regular em grande parte dos povoados da zona rural da cidade

e o transporte escolar deficitário são outros fatores que levam ao êxodo rural pelos estudantes.

Os alunos que chegam à escola, oriundos do EF, provido pela rede pública municipal, em sua maioria refletem bem o nível educacional do Estado (SEDUC, 2016), pois apresentam baixo rendimento em quase todas as disciplinas. Alguns não sabem decodificar as letras das palavras ou interpretar um texto simples, possuem limitações em construir argumentos lógicos, além de apresentarem profundas dificuldades na execução das quatro operações básicas da matemática. O domínio da matemática, que exige um nível de abstração mais profundo, fica comprometido em virtude da ausência de subsunçores. A escola tem tentado minorar parte desses problemas por meio de aulas de reforço. Para além disso, com a necessidade de alterar os indicadores relacionados ao estado nas avaliações nacionais para o EM, a SEDUC/MA tem tentado implementar novas políticas educacionais que alavanquem os resultados obtidos pela rede de educação estadual, e ao mesmo tempo melhore a qualidade da formação acadêmica dos estudantes.

4.3.4 A Componente Curricular e a Docência

Há na cidade apenas um professor concursado que ministra a disciplina de Física, sendo a disciplina ministrada em sua grande parte por seletivados, ou professores de outras áreas, que completam sua carga horária de trabalho com algumas horas-aula de Física. Em 2016, a SEDUC (SEDUC/MA, 2017) alterou a carga horária de alguns componentes curriculares, inclusive a de Física, que passou a ter duas horas-aulas semanais na 1ª e 2ª séries do EM e três horas-aulas na 3ª série. Essa medida tem como consequências imediatas uma demanda menor de professores para ministrarem a disciplina, e ao mesmo tempo torna ainda mais difícil a conciliação das aulas e da realização de aulas experimentais, pois estas demandam tempo maior para serem desenvolvidas. Sempre que possível, a gestão escolar busca sempre conciliar a organização dos horários de aula aos pares, afim de otimizar as atividades a serem desenvolvidas.

Em relação aos professores de Física, a escola até pouco há tempo não possuía professores licenciados em Física e que fizessem parte da rede estadual de educação, sendo a disciplina ministrada por professores com formação em outras componentes curriculares, tais como Química, Biologia, Matemática e até mesmo Artes.

Pelo fato desses profissionais, em sua maioria, apenas completarem sua carga horária com a componente curricular Física, uma vez as cargas horárias preenchidas algumas turmas acabavam ficando sem professor para ministrar a disciplina, o que aumentava os problemas dos alunos com a matéria. Os conteúdos que deveriam ser estudados ao longo do ano letivo e serviriam de subsídios para novos conhecimentos de séries posteriores não eram trabalhados com os alunos, agravando ainda mais a situação destes.

A escola tem apenas seis turmas em cada turno, de modo que quase toda a demanda da componente curricular Física é organizada para um professor, e caso exceda a carga horária de trabalho desse docente, as horas excedentes são distribuídas para entre outros professores.

A maior parte das aulas de Física são realizadas no ambiente de sala. Algumas atividades são realizadas fora do ambiente de sala de aula, e para tal fazemos uso da quadra, por ser um ambiente amplo, mas que tem como aspecto negativo a dependência direta dos fatores climáticos.

4.4 As Turmas de Controle (TC) e Experimental (TE)

4.4.1 Critérios para escolha das turmas

Os critérios de escolha para a TE e TC foram definidos por alguns aspectos relevantes: a matriz curricular do Estado do Maranhão até o ano de 2017, evasões e transferências nas 2ª Series do EM, número de estudantes por turma e assiduidade dos estudantes ao longo do ano letivo.

A matriz curricular das escolas da rede estadual de educação, até o ano de 2017, definia que o conteúdo de Óptica deveria ser lecionado no 2ª Série do EM. Esta essa matriz foi alterada para o ano de 2018, e o assunto passou a ser ministrado na 1ª Série. Observando os relatórios de frequência, observamos que em algumas turmas de 2ª Série possuíam muitos casos de evasão e saídas de estudantes por transferência externa. Sendo assim, optamos por desenvolver a pesquisa nas turmas que apresentavam os menores índices de evasão e transferência de estudantes.

Outro fator importante para a escolha foi a quantidade de estudantes em cada turma. Fizemos a opção por turmas que apresentavam a maior quantidade de estudantes a fim de aumentar o universo usado para análise. Avaliamos também as

turmas no aspecto de frequência dos estudantes nas aulas da componente curricular. É perceptível a ausência dos estudantes em determinados dias da semana, o que nos levou a escolher duas turmas de 2ª Série do matutino, pois apresentavam a maior quantidade de estudantes e ao mesmo tempo possuíam maior regularidade nas frequências escolares.

Essas turmas também tinham menor quantidade de discentes advindos de transferências externas ou que já estivessem evadidos do ambiente escolar, o que torna a aplicação da sequência mais equânime, uma vez que boa parte dos estudantes já participou das atividades desenvolvidas ao longo do ano letivo. No período em que foi desenvolvida esta sequência didática a TC era composta por trinta e sete estudantes e a TE era composta por quarenta e três discentes.

A pesquisa foi iniciada 24 de outubro de 2017, com o pré-teste com as TE e TC, e a aplicação da sequência didática perdurou até 12 de dezembro de 2017, totalizando um período de 2 meses. Ao final da aplicação do pré-teste iniciamos a análise dos dados, com vistas a perceber quais os principais subsunçores que os estudantes apresentavam.

Na TC as aulas foram organizadas de modo tradicional, a fim de podermos realizar comparações entre os resultados obtidos com a TE. O modo tradicional consistia em aulas expositivas centradas no discurso do professor, e no uso dos recursos didáticos como realização de atividades experimentais em sala, resolução de exercícios, confecção, de experimentos pelos estudantes, uso de simulações a fim de evidenciar os fenômenos associados à OG, aplicação de avaliações teórica e de cálculo e uso das notas referentes ao festival para compor a média das notas do período letivo.

Os conteúdos abordados foram o mesmo nas duas turmas, e foram trabalhados durante os mesmos números de horas-aula. Desta maneira buscamos equalizar alguns parâmetros relevantes para a análise dos resultados. Foram aplicados os mesmos pré-testes, pós-testes e avaliações somativas nas duas turmas, haja vista que o conteúdo trabalhado era idêntico, diferenciando-se apenas nas metodologias utilizadas para cada grupo. Vale ressaltar que a TE apresentava problemas disciplinares relevantes. Houveram momentos anteriores a aplicação desta SD em que os discentes

foram confrontados pela gestão escolar, supervisão e corpo docente a mudarem o aspecto disciplinar.

4.4.2 O perfil dos estudantes

Segundo Novak, o ambiente é um dos locais da aprendizagem (NOVAK, 1984). A fim de traçarmos um perfil do ambiente que envolvia os estudantes das TE e TC pedimos para que os discentes respondessem um questionário informativo composto por quatorze itens e que fossem fiéis nas informações ali prestadas sem, no entanto, a necessidade de identificação.

Ao longo dos trabalhos desenvolvidos com os estudantes das TE e TC foi perceptível que a grande parte dos estudantes chegou à 2ª Série do EM sem o domínio necessário dos campos conceituais desenvolvidos na matemática, tais como o aditivo e o multiplicativo, além de outros. É notório também a desmotivação que demonstram em não querer superar estas dificuldades. Professores de diferentes componentes curriculares relataram em reuniões pedagógicas que os estudantes das duas turmas não demonstram interesse na resolução de atividades que envolvem o processo de matematização.

A maior parte dos estudantes ainda não desenvolveu os descritores requeridos pela Matriz de Referência do EM. Sem o domínio de descritores matemáticos básico há o comprometimento no desenvolvimento do entendimento da Física. Abaixo vemos descritores retirados da Matriz de Referência de Matemática, do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB), cujo domínio se faz necessário para resolução de problemas de modelos físicos:

TABELA 5: TABELA DE ALGUNS DESCRITORES MATEMÁTICOS.

Item	Descritor
D2	Reconhecer aplicações das relações métricas do triângulo retângulo em um problema que envolva figuras planas ou espaciais.
D5	Resolver problema que envolva razões trigonométricas no triângulo retângulo (seno, cosseno, tangente).
D6	Identificar a localização de pontos no plano cartesiano.
D12	Resolver problema envolvendo o cálculo de área de figuras planas.
D14	Identificar a localização de números reais na reta numérica.
D15	Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.
D17	Resolver problema envolvendo equação do 2.º grau.
D19	Resolver problema envolvendo uma função do 1.º grau.
D20	Analisar crescimento/decrescimento, zeros de funções reais apresentadas em gráficos.
D21	Identificar o gráfico que representa uma situação descrita em um texto.
D24	Reconhecer a representação algébrica de uma função do 1.º grau dado o seu gráfico.
D25	Resolver problemas que envolvam os pontos de máximo ou de mínimo no gráfico de uma função polinomial do 2.º grau.
D27	Identificar a representação algébrica e/ou gráfica de uma função exponencial
D28	Identificar a representação algébrica e/ou gráfica de uma função logarítmica, reconhecendo-a como inversa da função exponencial.
D29	Resolver problema que envolva função exponencial.
D34	Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.
D35	Associar informações apresentadas em listas e/ou tabelas simples aos gráficos que as representam e vice-versa.

Fonte: MEC.

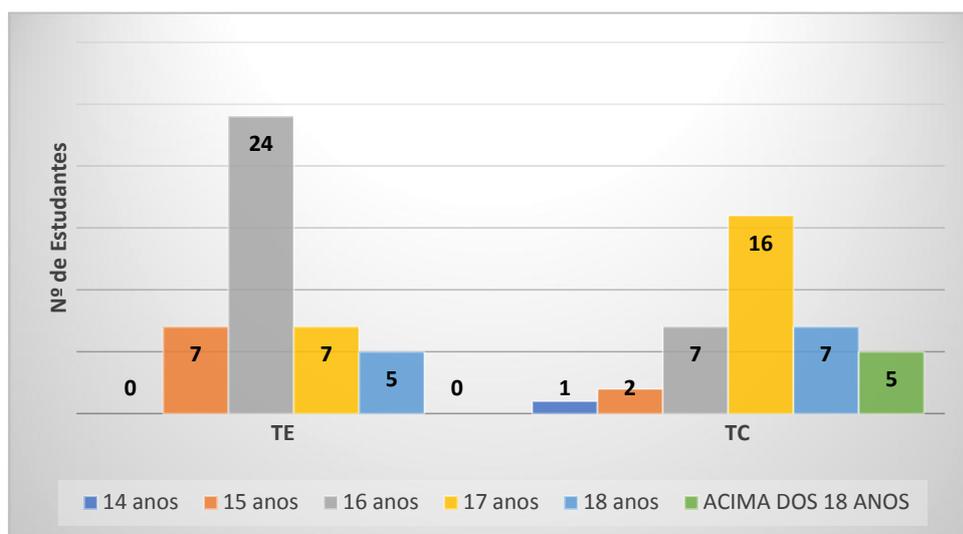
Além dos descritores acima, há um conjunto de habilidades e competências que devem ser desenvolvidas pelo estudante ao longo do EF e do EM, que são

balizadores do ENEM, o principal meio de acesso às IES brasileiras. Os anexos I, J e K identificam, respectivamente, a matriz de competências e habilidades para o EM, a matriz de competências e habilidades para o EF e os descritores matemáticos para o EM e EF.

A dificuldade nos descritores, habilidades e competências é um fator preocupante, pois pode obrigar o docente a escolher entre dois vieses distintos – fazer um aprofundamento matemático sempre que possível e necessário ou deixar de lado o aspecto matemático associado à Física e abordar apenas os fenômenos envolvidos sem enfatizar os cálculos que deveriam ser desenvolvidos. Neste trabalho sempre que necessário adotamos a primeira postura, uma vez que o estudante ainda não se encontra no estado de culminância e, portanto, pode buscar uma mudança nesse perfil de dificuldades e desinteresse. Vale lembrar que o domínio de um campo conceitual não é feito de uma hora para outra, mas demanda tempo, maturidade, a partir do desconforto do não saber e a busca pelo aprender, que é a real busca do estudante na escola.

A fim de conhecer melhor o perfil das turmas, aplicou-se um questionário informativo, que pode ser consultado no apêndice B deste trabalho. A TE apresenta uma maior uniformidade na idade de seus componentes, quando comparada com a TC. Além disso, a idade média dos estudantes da TE também é menor. Esta diferença pode ser provada por vários fatores, tais como, entrada tardia na escola, repetência, evasão escolar ou mesmo ausência de escolas próxima da região de moradia (situação comum em povoados distantes da sede do município e de difícil acesso). O gráfico 1 mostra o perfil das TC e TE em relação à faixa etária.

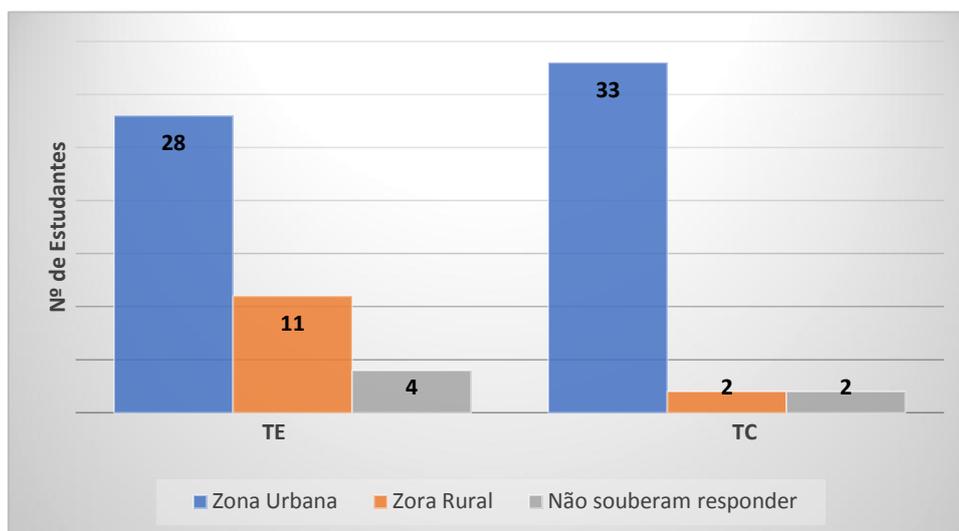
GRÁFICO 1 - FAIXA ETÁRIA.



Fonte: Pesquisa realizada pelo autor.

Majoritariamente, os estudantes das duas turmas moram na zona urbana de Santa Helena ou Turilândia, mas conforme podemos identificar no gráfico 2, o número de estudantes da TE que reside na zona rural é maior quando comparado com o da TC, e estão sujeitos a maiores transtornos relacionados a atrasos no horário de chegada à escola.

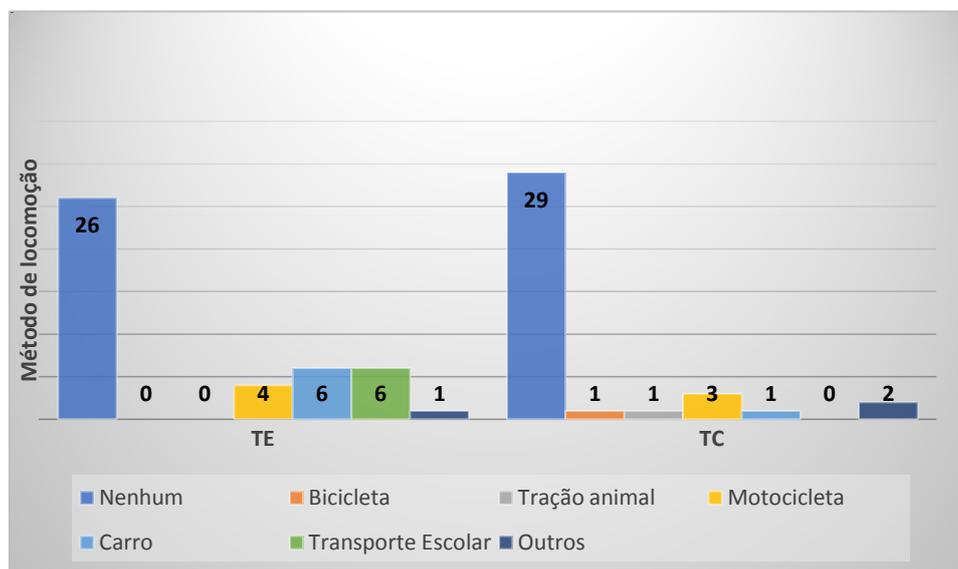
GRÁFICO 2 - LOCALIZAÇÃO DA MORADIA.



Fonte: Pesquisa realizada pelo autor.

O gráfico 3 identifica o tipo de transporte usado pelos estudantes para irem à escola.

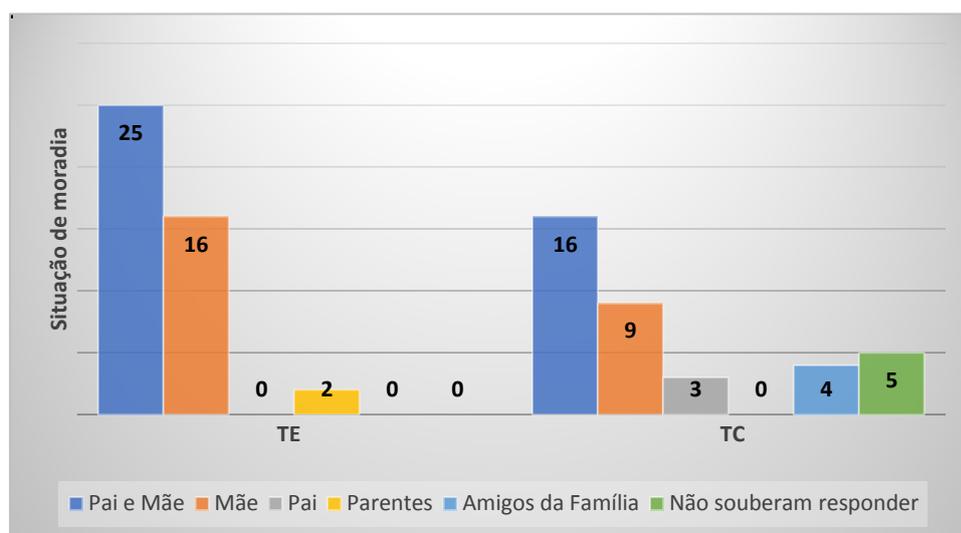
GRÁFICO 3 - TRANSPORTE USADO PARA IR À ESCOLA.



Fonte: Pesquisa realizada pelo autor.

O gráfico 4 mostra o perfil da estrutura familiar do estudante. Observamos que a maior parte deles mora ou com famílias onde as figuras paterna e materna compartilham o mesmo ambiente, ou onde há a presença somente da figura materna.

GRÁFICO 4 - RESPONSÁVEIS COM QUEM CONVIVE.

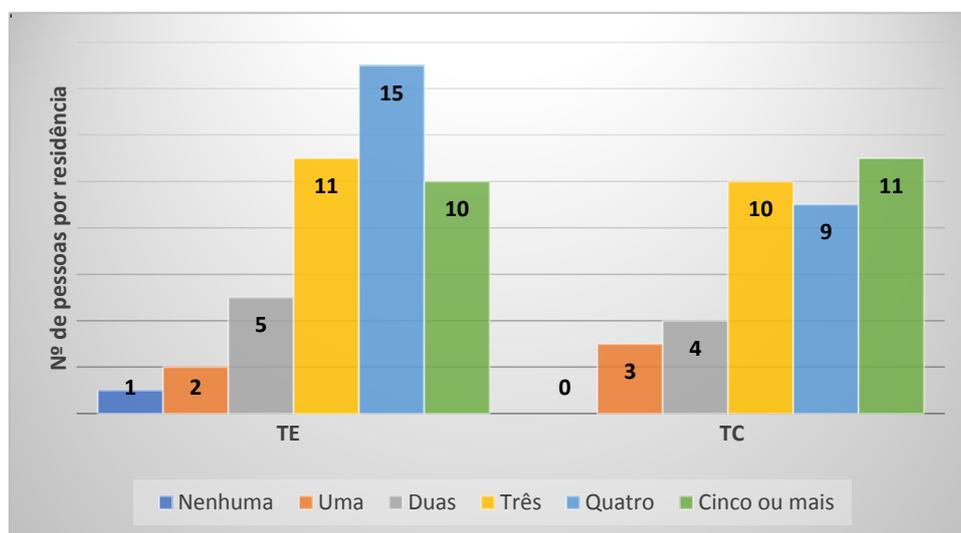


Fonte: Pesquisa realizada pelo autor.

Há casos de estudantes que moram com pessoas com as quais não possuem vínculo parental, fato que é comum em cidades do interior do Maranhão, onde jovens que não tem perspectiva de continuarem a educação formal em povoados que não possuem escolas são levados pelos pais à casa de amigos nas cidades.

O gráfico 5 mostra o ambiente de residência dos estudantes quanto ao número de pessoas. A maioria das famílias é composta por até quatro membros. Há uma quantidade moderada de estudantes que moram em ambientes com mais de cinco pessoas. Ainda sobre o aspecto familiar, vale ressaltar que um dos estudantes da TC já é pai e responsável financeiramente pela criança, tendo que dividir as atividades da escola com o trabalho.

GRÁFICO 5 - Nº DE PESSOAS POR RESIDÊNCIA.

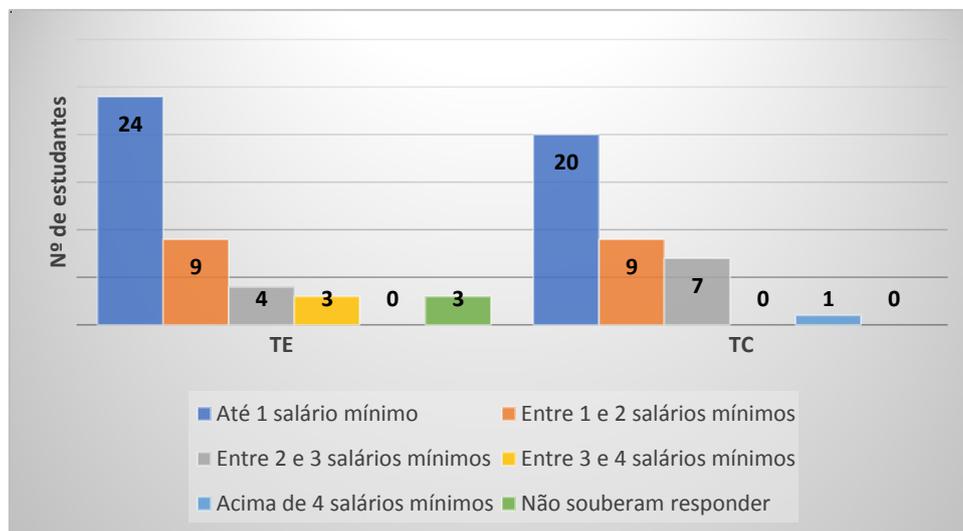


Fonte: Pesquisa realizada pelo autor.

Os estudantes também responderam ao quesito sobre a renda familiar. A grande maioria sobrevive com renda familiar de apenas um salário mínimo, conforme pode ser visto no gráfico 6. Este fato demonstra que a maior parte das famílias vive somente com o básico necessário para sobrevivência e, portanto, são classificadas pelo IBGE como estando na classe E (renda familiar de 1 salário mínimo). Os outros estudantes basicamente se encontram na classe D (renda familiar inferior a 3 salários mínimos). Estas classes estão normalmente associadas a condições educacionais menos

privilegiadas, condições de moradias mais vulneráveis, ausência de serviços públicos de qualidade e pouca ou nenhuma possibilidade de acesso a bens de consumo duráveis.

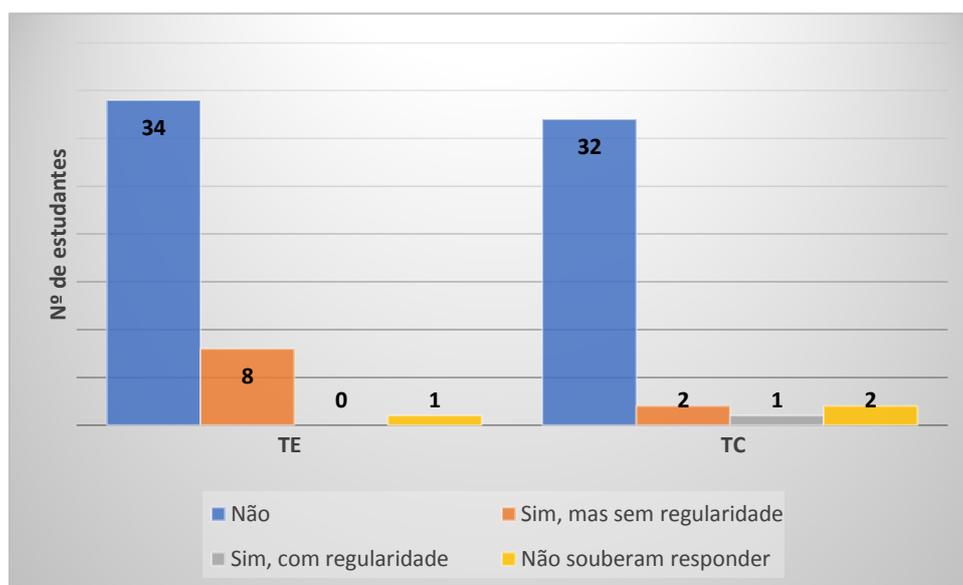
GRÁFICO 6 - RENDA FAMILIAR.



Fonte: Pesquisa realizada pelo autor.

Em virtude da situação socioeconômica em que estão inseridos, alguns estudantes acabam sendo levados a trabalhar informalmente a fim de auxiliar na complementação da renda familiar, conforme podemos evidenciar no gráfico 7.

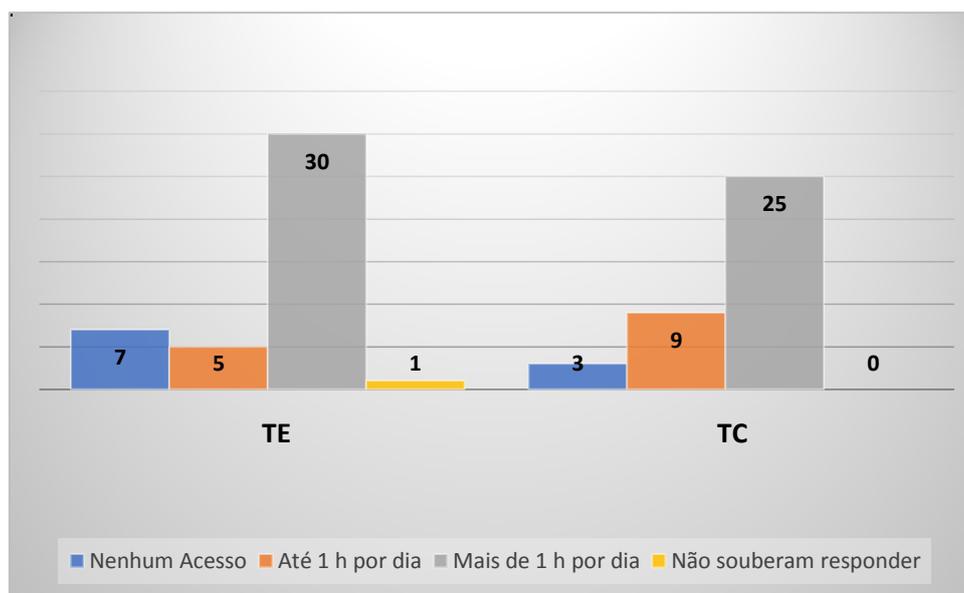
GRÁFICO 7 – ATIVIDADE REMUNERADA.



Fonte: Pesquisa realizada pelo autor.

O gráfico 8 mostra o perfil do uso de internet pelos estudantes ao longo do dia. A maior parte dos estudantes demanda uma considerável parcela de seu dia ao uso de internet. Cerca de 70% usam a internet diariamente por mais de 1h. Cerca de 12% dos estudantes não usam a internet pela indisponibilidade do serviço na zona rural onde residem.

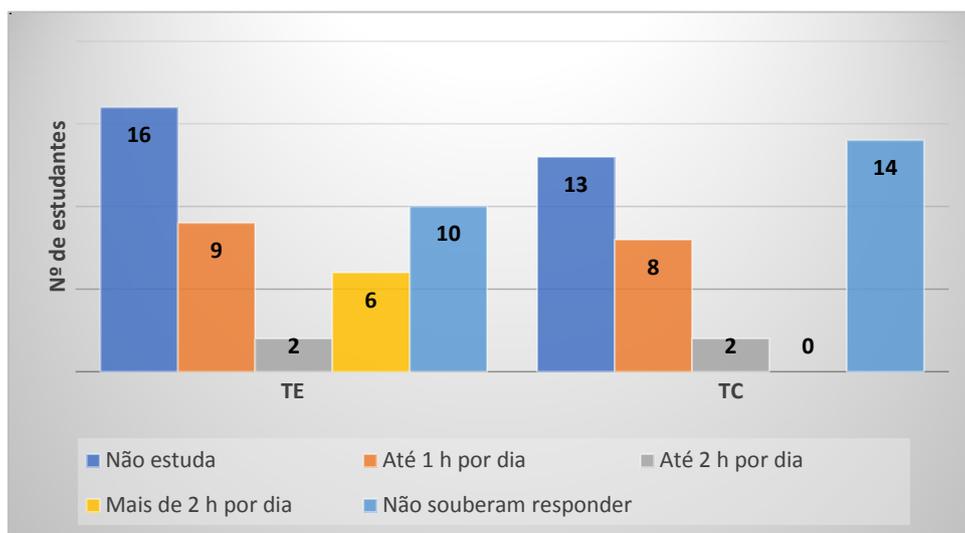
GRÁFICO 8 – USO DIÁRIO DE INTERNET.



Fonte: Pesquisa realizada pelo autor.

Aspectos relacionados à questão educacional também foram levados em consideração no questionário. Quando questionados sobre quanto tempo dedicavam aos estudos ao longo do dia, a maior parte dos estudantes das duas turmas ou afirmou não dedicar tempo para o estudo durante o dia ou não souberam responder. Somente na TE houveram estudantes que afirmaram dedicar mais de duas horas diárias para o estudo, conforme indica o gráfico 9.

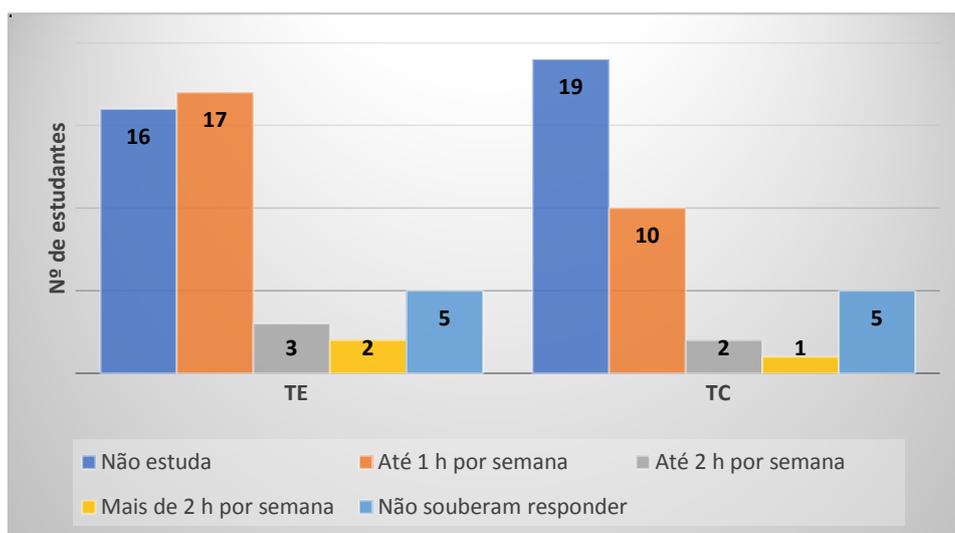
GRÁFICO 9 – PERÍODO DE ESTUDO DIÁRIO.



Fonte: Pesquisa realizada pelo autor.

Inquiridos sobre quanto tempo dedicavam para o estudo da componente curricular Física, a maior parte da TE afirmou aplicar um período para estudar ao longo da semana, tendo alguns afirmado que estudavam mais de duas horas ao longo da semana. Na TC, o número de estudantes que afirmou dedicar tempo para estudar conteúdos de Física foi relativamente menor quando comparado à TE. Os estudantes da TC, em sua maioria, afirmaram não estudar Física ao longo da semana. Mas vale ressaltar que quase metade da TE afirmou não dedicar tempo para estudar Física ou não souberam (ou quiseram) responder a esse quesito, conforme indica o gráfico 10.

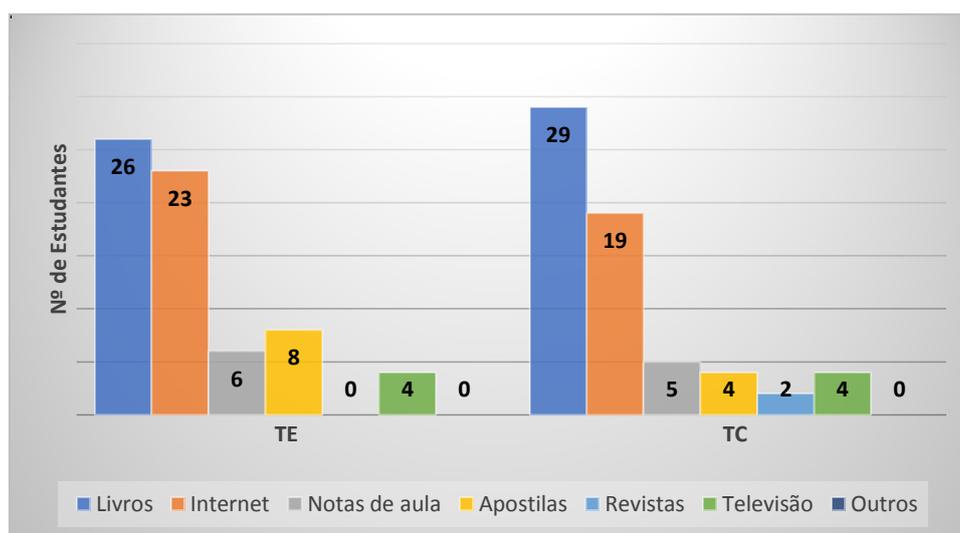
GRÁFICO 10 – PERÍODO DE ESTUDO SEMANAL DA COMPONENTE CURRICULAR FÍSICA.



Fonte: Pesquisa realizada pelo autor.

O gráfico 11 mostra que os livros e internet são os instrumentos mais utilizados pelos estudantes enquanto estudam. Notas de aula, apostilas e programas de televisão também são apresentados pelos estudantes como meios alternativos que podem ser consultados quando da realização de atividades educacionais. O instrumento menos utilizado pelos estudantes são as revistas.

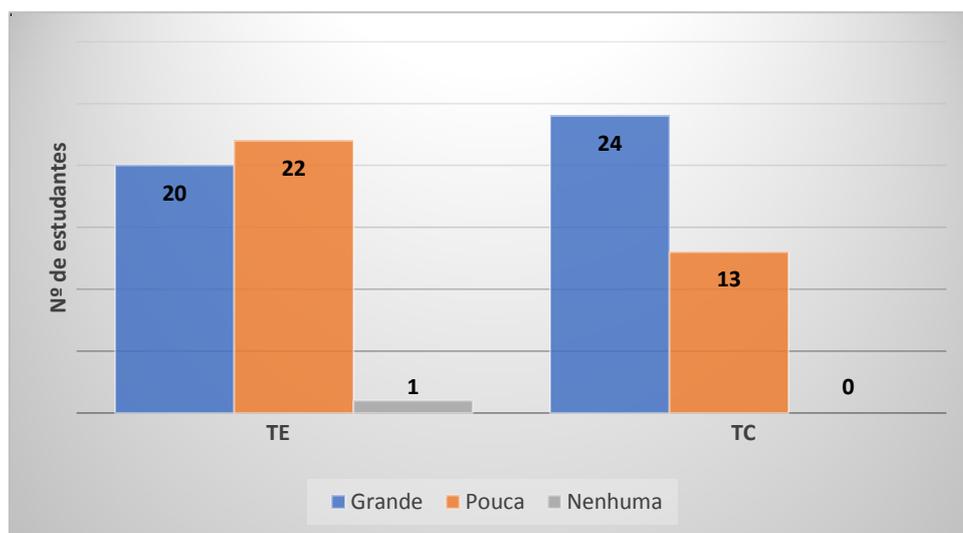
GRÁFICO 11 – INSTRUMENTOS USADOS DURANTE O PERÍODO DE ESTUDO.



Fonte: Pesquisa realizada pelo autor.

Os estudantes da rede pública passam a ter contato mais profundo com o estudo de Física a partir da 1ª Série do EM. Quase todos os estudantes das TE e TC afirmaram ter encontrado dificuldades. Apenas um estudante do universo da pesquisa afirmou não ter encontrado dificuldades com a matéria ao longo da série anterior. No entanto, os estudantes da TC afirmaram ter tido maiores dificuldades do que os estudantes da TE. O gráfico 12 mostra o grau de dificuldade que os estudantes apresentaram na componente curricular física na série anterior.

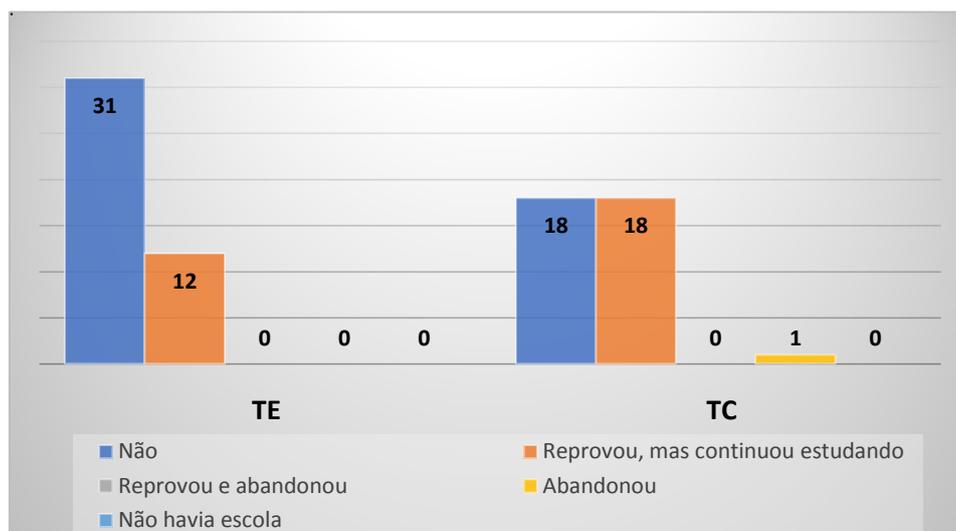
GRÁFICO 12 – DIFICULDADE COM A COMPONENTE CURRICULAR FÍSICA NA 1ª SÉRIE DO EM.



Fonte: Pesquisa realizada pelo autor.

A defasagem escolar, devido a reprovações e abandono da escola, é um fator relevante na vida dos estudantes das duas turmas. Observa-se que uma parcela considerável da TE já vivenciou a experiência da reprovação. Na TC a quantidade de estudantes que já experimentaram a reprovação é ainda maior. A defasagem escolar da TE e TC é descrita no gráfico 13.

GRÁFICO 13 – DEFASAGEM ESCOLAR.



Fonte: Pesquisa realizada pelo autor.

A partir das informações obtidas podemos perceber que há aspectos nos quais os estudantes das TC e TE possuem perfis parecidos: meio de transporte, renda familiar, número de pessoas com as quais convivem, uso de internet, realização de atividade remunerada, dificuldade com Física na 1ª Série do EM, período de estudo de Física ao longo da semana, instrumentos usados para consulta enquanto estudam. Mas há aspectos que diferenciam o perfil dos estudantes das turmas como, tais como defasagem escolar, faixa etária, período de estudo diário em todas as disciplinas, perfil das famílias com as quais convivem e local de moradia.

4.5 O produto Educacional

A sequência didática descrita nesse trabalho foi aplicada ao longo de oito encontros com a turma experimental, tendo cada encontro duas horas-aula de duração, o que contabiliza um total de 80 minutos para cada encontro. Deste período deve-se levar em consideração o aspecto disciplinar da turma e o tempo necessário para frequência e informes relacionados a atividades do festival estudantil. Isto significa que o tempo útil para a realização das atividades foi inferior às 16 horas programadas.

Toda a estrutura da sequência didática será descrita a seguir e se encontra no apêndice A deste trabalho. Nesta sequência existem conteúdos a serem estudados pelos estudantes antes de serem abordados em sala de aula, experiências a serem realizadas de modo individual ou em grupo, bem como sugestão de leituras complementares.

Também são dadas sugestões de fontes de pesquisa e estudo usando a tecnologia QR CODE, a fim de auxiliar na busca pelas referências sugeridas. A estrutura segue a ordem em que ocorreram os encontros com a TE.

4.5.1 Primeiro Encontro

Inicialmente o professor mostra aos estudantes a proposta inicial sobre as atividades a serem executadas ao longo da implementação da sequência didática, podendo os discentes nesse momento auxiliarem na proposição de execução de atividades, fontes de pesquisa ou atividades experimentais. Desta forma os estudantes terão a oportunidade de se sentirem responsáveis por sua aprendizagem ao longo da execução das atividades.

Despertar a atenção, o interesse e a busca pela externalização dos subsunçores dos estudantes são os objetivos deste momento pedagógico. Para isto, aplicamos diferentes metodologias a fim de evidenciar aquilo que o estudante já conhece. O primeiro passo é a construção de mapas conceituais a partir da estimulação dos estudantes, usando para tal, imagens associadas à Óptica Geométrica e ao olho humano.

Em seguida, aplicamos um questionário aberto (apêndice C deste trabalho), com questões baseadas em situações associadas à OG e à visão humana, em que os estudantes são levados a organizarem de modo claro seus conhecimentos sobre as situações propostas. Dessa forma, mesmo que não sejam evidenciados os subsunçores por meio do mapa conceitual, pode ocorrer essa evidenciação por meio do questionário.

Após estas atividades, os estudantes se organizam em grupos a fim de identificarem as partes que compõem o olho humano em imagens impressas em folhas de formato A3, A4 e A5, respectivamente. As folhas são plastificadas de modo que os estudantes podem fazer anotações de suas respostas sobre elas usando pinceis de quadro branco. Esta estratégia facilita a dinâmica do trabalho pois as respostas podem apagadas e reescritas com facilidade, além de preservar a integridade das figuras. As imagens usadas estão nos anexos L, M e N.

Em seguida, o professor apresenta as imagens que foram utilizadas para elaboração dos mapas conceituais, agora de forma organizada, seguindo a ordem em que serão desenvolvidos os conteúdos. Esta apresentação permite aos estudantes a

compreensão clara dos conteúdos que serão abordados e isto servirá de ancoradouro, mesmo que simples, para a aprendizagem do conteúdo a ser visto com mais aprofundamento e complexidade.

Ao final do encontro o professor indica os conteúdos que serão abordados no próximo encontro, já disponibilizando aos estudantes locais de pesquisa, tais como o livro didático, livros da biblioteca da escola ou *sites* de internet. Os conteúdos que serão trabalhados no segundo encontro são:

- Fontes de luz;
- Meios de propagação da luz;
- Princípios de propagação da luz e suas consequências:
 1. Formação de sombras e penumbra;
 2. Eclipses;
 3. Fases da lua.

Recomenda-se como fonte principal de pesquisa o livro didático, pois acredita-se que todos possuem. Mas é recomendável a indicação de uso de endereços eletrônicos confiáveis. Segue abaixo a lista de endereços eletrônicos confiáveis para estudo e pesquisa, associados aos respectivos QRCODE's.

1 – Pion: <http://www.sbfisica.org.br/v1/novopion/index.php/publicacoes/materiais-didaticos>



2 – e-Física: <http://efisica.if.usp.br/optica/basico/geometrica/>



3 – Mundo Educação: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/optica.htm>



4 – InfoEscola: <https://www.infoescola.com/optica/>



5 – Só Física: <http://www.sofisica.com.br/>



6 – Física Net: <http://www.fisica.net/>



A aplicação de atividades a serem respondidas depois do estudo é outra ferramenta recomendável, pois ajuda o estudante a balizar e ter uma percepção mais clara de como está sua aprendizagem. A proposição de problemas a partir de situação cotidianas ou que se aproxime ao máximo de situações reais é importante para desenvolver no estudante a compreensão da aplicabilidade dos conteúdos que estão sendo estudados, além de auxiliar no processo de construção de competências e habilidades que serão medidas em avaliações externas à escola. A atividade a ser respondida antes do segundo encontro é dada abaixo:

Atividade 1

1 – O que são fontes primárias e fontes secundárias de luz? É possível uma fonte primária se tornar uma fonte secundária? O Sol pode ser tornar uma fonte secundária? Outras estrelas podem perder seu brilho?

2 – O que são fontes de luz coerentes e o que são fontes de luz incoerentes? Onde as usamos e por que as usamos?

3 – É possível um objeto ser ao mesmo tempo transparente, translucido e opaco? Justifique.

4 – Como é produzida a luz nas estrelas, nos vagalumes e nas bactérias? No que se parecem e no que se diferenciam?

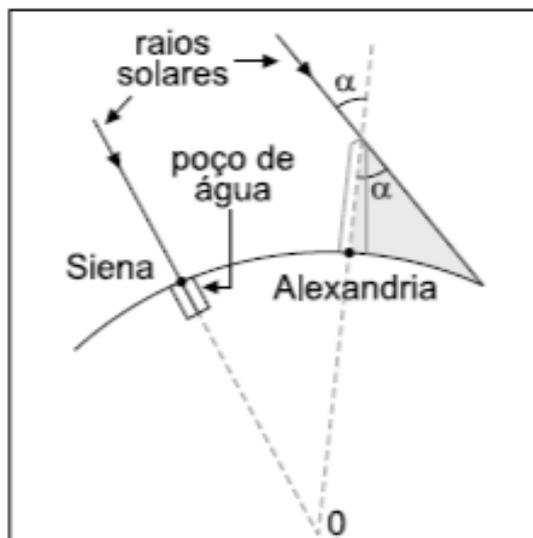
5 – Descreva a evolução temporal do desenvolvimento das lâmpadas.

6 – Por que se forma os eclipses? Como os astrônomos sabem quando vai acontecer um eclipse com tanto tempo de antecedência?

7 – Explique:

- a) Por que é possível a troca de olhares usando espelhos?
- b) Passeando à noite numa rua bem iluminada você se aproxima de um poste e se afasta de outro. Você percebe que ainda existe a sombra gerada pelo poste do qual está se afastando. Como isso é possível?
- c) Como é formada a imagem no interior do seu olho?

8 – (UnB-DF) Erastóstenes, um antigo sábio que trabalhou no museu de Alexandria, há mais de dois mil anos, criou um famoso método para medir a circunferência da Terra. Conta-se que ele estava lendo um pergaminho que continha histórias de viajantes e deteve-se em uma passagem em que era narrado o fato, aparentemente banal, de que “ao meio-dia



do dia mais longo do ano”, na cidade de Siena, próxima a Alexandria, o Sol estava a pino sobre um poço de água, e obeliscos não projetavam nenhuma sombra. O fato intrigou-o, porque no mesmo dia e no mesmo horário na cidade de Alexandria o Sol não estava exatamente a pino, como em Siena. Considerando que devido à grande distância entre o Sol e a Terra, os raios luminosos provenientes do Sol que chegam à superfície terrestre são praticamente paralelos. Ele concluiu, então, que a Terra não poderia ser plana e elaborou um método para medir o perímetro da sua circunferência. O método baseava-se em medir o ângulo α , formado entre uma torre vertical e a linha que une a extremidade da sombra projetada por essa torre no solo e o topo da torre, além de medir a distância entre Siena e Alexandria, conforme ilustra a figura.

Com base nessas informações, julgue os itens que se seguem.

1. Se a Terra fosse plana, a sombra de uma torre vertical teria, em um mesmo horário, o mesmo tamanho em qualquer parte da Terra.
2. Se a Terra fosse plana e o Sol estivesse suficientemente próximo dela, de modo que seus raios de luz não pudessem ser considerados paralelos, então poderiam ser observadas diferentes configurações das sombras de torres idênticas localizadas em Siena e em Alexandria.
3. Um forte indício de que a Terra é arredondada poderia ser percebido durante um eclipse lunar, observando-se a sombra da Terra na superfície da Lua.
4. Considerando que a distância entre Siena e Alexandria seja de 450 km, que o ângulo α seja igual a 4° e que a Terra seja uma esfera, o perímetro da circunferência de maior raio que passa pelas duas cidades será superior a 40.000 km.

Caso os estudantes apresentem dificuldades durante os estudos ou durante realização das atividades é fundamental que enviem as dúvidas ao professor antes do próximo encontro. Desta forma o professor pode auxiliar com novas sugestões de leituras a fim de dirimir as dúvidas. Também é possível adequar parte do início do próximo encontro para ajudar os estudantes a superarem esses questionamentos.

Além da resolução de atividades, a experimentação é uma maneira eficiente do estudante avaliar as potencialidades dos conteúdos estudados, e ao mesmo tornar a

aprendizagem significativa, especialmente quando o experimento é montado e realizado por ele mesmo, ou quando ele é um participante ativo do processo de realização. A experimentação tem muitas utilidades no processo de aprendizagem do estudante – ele entende melhor como se faz ciência; ela percebe como o ambiente influencia os resultados das observações; ele aprende a propor hipóteses, refutá-las e construir novos caminhos a fim de alcançar resultados expressivos, além de desmistificar a compreensão errônea de que só os gênios fazem experimentos científicos e que os experimentos só podem ser feitos em grandes laboratórios.

Para além dos aspectos já citados, temos o envolvimento afeito do estudante ao longo do processo, pois por ser o executor experimental, o estudante acaba desenvolvendo apego afetivo/emocional à atividade, tornando o prazer pela aprendizagem ainda mais envolvente. Por todos estes fatores, foram propostos experimentos individuais e em grupo com vistas a desenvolver a aprendizagem significativa e crítica do discente. Segue abaixo o roteiro do experimento 1 a ser apresentado no segundo encontro.

Experimento 1

1 – Tipo de atividade: em grupo.

2 – Temas abordados:

- Fontes de luz;
- Meios de propagação da luz;
- Tipos de propagação;
- Princípios da Óptica Geométrica.

3 – Objetivos:

3.1 – Geral

Compreender os princípios da Óptica Geométrica.

3.2 – Específicos

- Criar situações onde ocorra a formação de diferentes tipos de feixe de luz;
- Entender como os meios materiais interferem na propagação da luz;
- Identificar objetos como fontes primárias ou secundária de luz.

4 – Material utilizado

- Quatro *laser pointer*
- Peça de madeira
- Prato de vidro com superfície externa irregular
- Copo de vidro liso
- Pedacos de papelão

5 – Procedimento experimental

Monte uma sequência de procedimentos a fim de demonstrar:

1. A criação de feixes de luz paralelos, convergentes e divergentes
2. A propagação retilínea da luz;
3. A reversibilidade da propagação da luz;
4. A independência dos raios de luz;

5. Usando o pedaço de madeira, o copo de vidro e o prato mostre como a luz se comporta quando incide nesses materiais;

6 – Resultados e comentários

Explique os resultados obtidos à luz da Óptica Geométrica e comente os erros e acertos produzidos durante a realização da atividade.

7 – Referências

Cite as fontes que foram pesquisadas durante a elaboração da atividade experimental.

Conheça um pouco mais...

Além dos estudos prévios, da resolução da atividade e da confecção de experimentos, os estudantes podem ser confrontados a irem um pouco além. Por meio de reportagens, produções televisivas, canais de internet ou leituras que enriqueçam a percepção de mundo do estudante, o professor pode mostrar aos discentes como a compreensão sobre o tema em estudo impacta a sociedade, a ciência, os esportes, etc. Deste modo busca-se que o estudante se torne ainda mais reflexivo e crítico em relação ao mundo que o cerca. Como sugestões introdutórias ao estudo da Óptica Geométrica temos:

1 – O telescópio Hubble:



2 – O que são estrelas de nêutrons?



3 – Por que o Sol brilha?



4 – A história da lâmpada



5 – Evolução estelar



4.5.2 Segundo Encontro

O segundo encontro inicia com os estudantes organizados em grupo e expondo suas respostas das atividades do primeiro encontro para demais membros do grupo. Deste modo eles podem fazer comparações de suas respostas, observar o vocabulário utilizado e as ideias que os outros possuem. Este momento contribui para correção de algum item que outro companheiro do grupo tenha respondido de modo errado, e o professor deve passar em cada agrupo para, caso necessário. Depois os estudantes devem apresentar os resultados do experimento proposto e comentar as dificuldades encontradas para elaboração e confecção dos experimentos. O professor deve questionar a respeito de dúvidas e incentivar os estudantes a expô-las, quer em grupo ou por meio de texto, para que possam ser respondidas.

Depois o professor deve fazer a apresentação do tema de estudo introdutório à Óptica Geométrica, evidenciando o questionário proposto de modo a ratificar e aprofundar o conteúdo estudado, dando ênfase às ideias mais relevantes e estruturantes do tema e ligá-los ao momento da realização do experimento ou a situações do cotidiano. Em todas as suas ações o professor deve dar oportunidade à participação ativa dos estudantes por meio de perguntas e respostas. Ao final da exposição o professor deve propor novos questionamentos que devem ser respondidos pelos estudantes ainda em sala sob sua supervisão. Na etapa final deste momento o professor deve responder aos questionamentos propostos pelos estudantes, tentando dirimir o máximo possível as dúvidas ainda existentes.

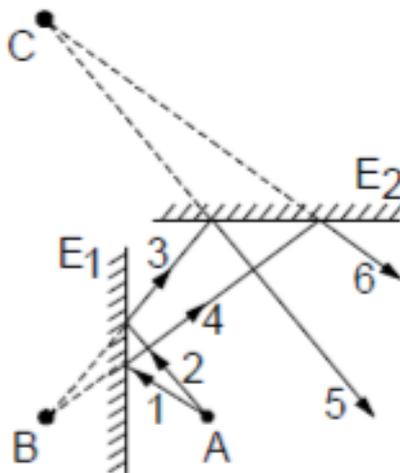
No momento seguinte o professor deve fazer a apresentação do tema do próximo encontro:

- Reflexão da luz
 1. Tipos de reflexão;
 2. Leis da reflexão;
 3. Formação de imagens em espelhos planos;
 4. Campo visual em espelhos planos;
 5. Translação de espelho plano;
 6. Associação de espelhos planos.

O professor deve ressaltar a necessidade do estudo fora do ambiente escolar, e reforçar o uso do livro didático e das outras fontes propostas no encontro anterior. Ele então repassa a nova atividade e o experimento para os estudantes, visando auxiliar os estudantes durante o período de estudo. A atividade e o experimento são descritos abaixo.

Atividade 2

1 - (OBFEP – 2006) O diagrama representa dois espelhos planos E1 e E2 perpendiculares entre si, uma fonte pontual de luz posicionada no ponto A e o traçado do percurso de dois raios luminosos 1 e 2 contidos num plano perpendicular aos espelhos. Assinale com V as proposições verdadeiras ou com F as proposições falsas.

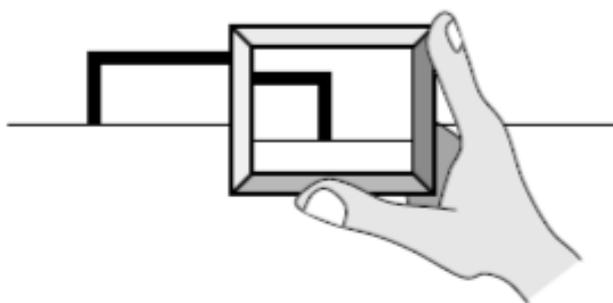


- () A intersecção entre os raios 2 e 4 em nada impede o livre trajeto deles.
- () O ponto B marca a posição da imagem virtual do objeto em A.
- () O raios 5 e 6 têm como intersecção o ponto C, imagem, para E2, do objeto em B.
- () Os raios 5 e 6 são coplanares entre si

A sequência correta é dada por:

- a) F F F F
- b) V F V F
- c) F F V F
- d) F V F V
- e) V V V V

2 - (OBFEP – 2014) Bisnaga sentou ao lado do professor, atraído pelas descobertas que poderia experimentar no jogo utilizando a Física. Além disso, desta vez ele conseguiu acertar a brincadeira do professor



Arquimedes.

- Professor, a escola fez as marcações do limite do campo, mas esqueceu da linha do meio de campo. Não temos uma fita métrica para tentar desenhar esta linha com precisão. O senhor pode nos ajudar?

O Professor Arquimedes foi até o banheiro e retirou um pequeno espelho plano da parede. Foi até o centro do campo, entregou o espelho para Bisnaga e falou:

- Posicione o seu corpo voltado para um dos gols. Levante o espelho na vertical e afaste-o. Você verá um pedaço da imagem da linha de fundo e do gol que estão atrás de você. Olhe a linha de fundo e o gol à sua frente. Agora, andando um pouco para frente ou para trás e mexendo o espelho, tente sobrepor o que você vê no espelho com o que vê à sua frente. Quando conseguir, o espelho estará na posição do meio do campo.

Bisnaga fez como o professor Arquimedes explicou e parece que a linha realmente ficou no meio exato.

- Professor, por que isso é possível?

- Todo espelho plano forma uma imagem à mesma distância do respectivo objeto por causa do seu formato e da...

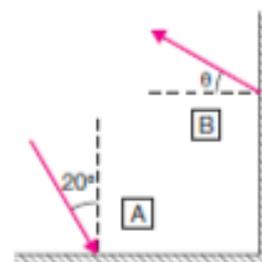
a) Reflexão regular que ocorre na superfície do espelho.

b) Refração que ocorre na superfície do espelho.

c) Absorção que ocorre na superfície do espelho.

d) Difração que ocorre na superfície do espelho.

3 - (PUC-RIO) A figura representa um raio luminoso incidido sobre um espelho plano A e, em seguida, refletido pelo espelho plano B. O ângulo que a direção do raio refletido faz com a direção perpendicular ao espelho B é:



a) 0°

b) 90°

c) 20°

d) 65°

e) 70°

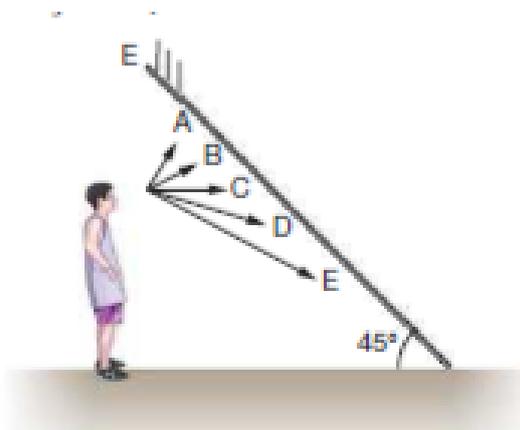
4 - (UERJ) Uma garota, para observar seu penteado, coloca-se em frente a um espelho plano de parede, situado a 40 cm de uma flor presa na parte de trás dos seus cabelos. Buscando uma visão melhor do arranjo da flor no cabelo, ela segura, com uma das mãos, um pequeno espelho plano atrás da cabeça, a 15 cm da flor.



A menor distância entre a flor e sua imagem, vista pela garota no espelho de parede, está próxima de:

- a) 55 cm
- b) 70 cm
- c) 95 cm
- d) 110 cm

5 - (Fuvest-SP) Um espelho plano, em posição inclinada, forma um ângulo de 45° com o chão. Uma pessoa observa-se no espelho, conforme a figura. A flecha que melhor representa a direção para a qual ela deve dirigir seu olhar, a fim de ver os sapatos que está calçando, é:



- a) A
- b) B
- c) C
- d) D

e) E

6 - (UCDB-MS) Uma pessoa está vestindo uma camisa que possui impresso o número 54. Se essa pessoa se olhar em espelho plano, verá a imagem do número como:

7 – (Olimpíada Paulista de Física) Durante a aula o professor tecia considerações sobre a reflexão, a absorção, a reemissão e a transmissão da luz que incidisse numa superfície. Patrícia, que ouvia atentamente a explanação, fez a seguinte pergunta: “O que ocorreria se o fenômeno da reflexão deixasse de existir?” O professor, aproveitando o ensejo, estendeu a pergunta para a classe e as respostas foram anotadas na lousa:

I. Os espelhos não mais funcionariam.

II. Não poderíamos ver mais as flores nem a vegetação.

III. A Lua nunca mais poderia ser vista.

IV. Só os corpos luminosos poderiam ser vistos.

Com relação às respostas, podemos dizer que:

a) Apenas I é correta.

b) Todas são corretas.

c) Todas são incorretas.

d) Apenas II e III são corretas.

e) Apenas IV é correta.

Experimento 2

1 – Tipo de atividade: individual.

2 – Temas abordados:

- Reflexão regular da luz;
- Produção de imagens de um corpo extenso;
- Multiplicação de imagens em espelhos planos;

3 – Objetivos:

3.1 – Geral

Compreender o processo de multiplicação de imagens em uma associação de espelhos planos.

3.2 – Específicos

- Entender a criação de imagem de um corpo extenso;
- Associar o número de imagens de um corpo extenso ao ângulo de abertura entre os espelhos;
- Calcular o número de imagens para cada ângulo de abertura.

4 – Material utilizado

- Dois espelhos planos
- Um objeto pequeno
- Ciclo trigonométrico com ângulos notáveis medidos em graus
- Celular
- Fita gomada

5 – Procedimento experimental

1. Coloque o objeto e classifique a imagem formada (direita, inversa, real, virtual, maior, menor, imprópria ou reversa);

2. Coloque os espelhos na vertical em uma superfície plana e ligue-os com o auxílio da fita gomada de modo que o ângulo de abertura possa ser alterado;
3. Selecione quatro ângulos distintos para a abertura entre os espelhos;
4. Abra os espelhos no primeiro ângulo escolhido e posicione o objeto no ponto médio entre os dois espelhos;
5. Observe o número de imagens formadas e fotografe;
6. Repita o procedimento para os outros três ângulos;
7. Calcule o número de imagens formadas usando a fórmula $n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$, onde α é o ângulo de abertura e compare com os resultados obtidos com os espelhos.

6 – Resultados e comentários

Explique os resultados obtidos à luz da reflexão de espelhos planos e comente os erros e acertos produzidos durante a realização da atividade.

7 – Referências

Cite as fontes que foram pesquisadas durante a elaboração da atividade experimental.

Conheça um pouco mais...

Como sugestão de materiais adicionais segue abaixo os QR CODE's de alguns vídeos que auxiliam na compreensão mais ampla a respeito de espelhos planos e outros que ressaltam o lado lúdico da reflexão em espelhos planos:

1 – Como são formadas imagens infinitas em espelhos:



2 – Aprendendo a desenhar com um espelho mágico:



3 – Como são fabricados os espelhos?



4 – A cabeça sem corpo.



4.5.3 Terceiro encontro

O terceiro encontro iniciou com os discentes apresentando suas respostas para os membros do grupo. Estes discutiam e avaliavam as respostas uns dos outros balizados pelo que já haviam aprendido e chegavam a uma resposta final que representava o pensamento do grupo. Depois desse momento os grupos compartilharam suas respostas com membros dos outros grupos até que todos chegaram a resposta que melhor respondia ao questionamento proposto.

O professor não deve interferir neste processo, mesmo percebendo que algumas respostas apresentam inconsistências. Mas deve incentivar os estudantes a questionarem sempre e identificar aqueles estudantes que não estão participando ou não estão acompanhando a realização das atividades e tentar buscar respostas para esse comportamento. Ainda reunidos em grupo os estudantes devem apresentar os resultados dos experimentos e comentar as impressões e as dificuldades encontradas.

Como os discentes já estudaram o tema anteriormente o professor deverá dar ênfase aos aspectos mais relevantes do conteúdo, e buscar sempre fazer a reconciliação integrativa, permitindo ao estudante a percepção de que a reflexão da luz e suas leis são a conexão entre as diferentes especificações do conteúdo, e voltar para o questionário a fim de ratificar as respostas corretas e a ajudar os estudantes na reformação das respostas que estão erradas.

O professor deve propor uma nova situação problema para desafiar os estudantes a construir hipóteses e solucioná-la, deixando um tempo para que os alunos possam tentar solucionar. Passado esse momento o professor deve incentivar os estudantes a construir as respostas coletivamente, sendo ele o mediador deste processo.

No fim do encontro o professor deve indicar os conteúdos que serão abordados no próximo encontro:

- Reflexão em espelhos esféricos;
 1. Elementos geométricos;
 2. Formação de imagens;
 3. Estudo analítico;

4. Aplicações de espelhos esféricos.

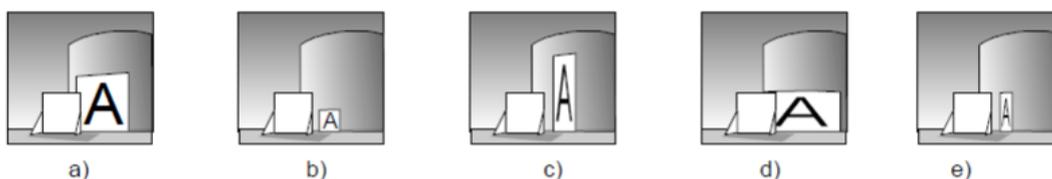
O professor deve ressaltar para os estudantes como os momentos de estudo que eles têm dedicado antes de cada encontro ter tornado as aulas mais produtivas. Neste momento pode facultar a palavra a algum estudante para compartilhar sua experiência pessoal. Os mapas conceituais que foram produzidos no primeiro encontro servem para demonstrar a evolução que os estudantes estão tendo, uma vez que muitas das associações que foram feitas inicialmente não seriam repetidas nesse novo momento. O docente indicará a atividade a ser resolvida pelos estudantes ao longo da semana, bem como o novo experimento, que visam auxiliar os estudantes durante o estudo. A atividade e o experimento são descritos abaixo.

Atividade 3

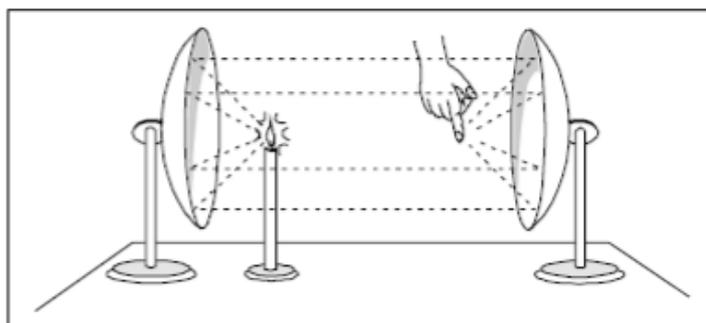
1 - (OBFEP – 2013) Em um Centro de Ciências um estudante entra em uma caixa triangular, cujas paredes são 3 espelhos. Ele observa suas imagens formadas pelos espelhos como sendo: imagem maior, imagem menor e imagem de igual tamanho. Na sequência apresentada, ele esteve defronte dos seguintes espelhos:

- a) Plano, côncavo e convexo
- b) Convexo, côncavo e plano
- c) Côncavo, plano e convexo
- d) Côncavo, convexo e plano

2 - (OBFEP – 2006) Um painel quadrado que tem gravado uma letra "A" é colocado na frente de uma superfície cilíndrica refletiva. Identifique, nas opções que seguem, a que mostra corretamente a imagem da letra A formada na superfície cilíndrica:



3 - (OBFEP – 2006) Dois espelhos metálicos parabólicos e côncavos são dispostos frente a frente de modo que seus eixos principais coincidam. Um aluno coloca o dedo no foco de um dos espelhos enquanto a chama de uma vela está posicionada no foco do outro.



Análise as proposições:

I - O aluno sente o aquecimento pois seu dedo recebe mais energia radiante do que é capaz de emitir.

II - O aluno não percebe nenhuma elevação da temperatura e o único evento percebido consiste na iluminação do dedo.

III - O aluno sentirá seu dedo esfriar se a vela for substituída por um pedaço de gelo, pois seu dedo estará emitindo mais energia radiante do que o gelo.

IV - O aluno não sentirá frio se o gelo estiver no lugar da chama pois o gelo não emite radiação.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s):

a) I apenas.

b) III apenas.

c) II e IV apenas.

d) I e III apenas.

e) II apenas.

4 - (UEM PR/2015) Um objeto extenso, real, direito e de altura H é colocado sob o eixo principal de um espelho esférico côncavo de raio de curvatura de 30 cm, a uma certa distância D do espelho. Com base nessas informações, assinale o que for correto.

01. Quando $H = 3$ cm e $D = 30$ cm, a imagem formada é real, invertida e do mesmo tamanho que o objeto.

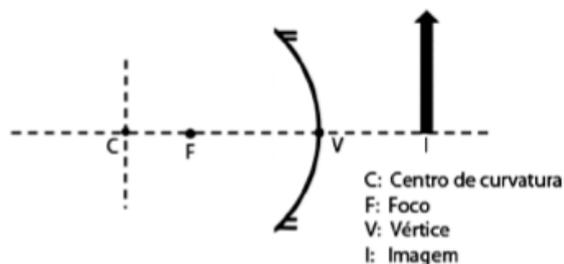
02. Quando $H = 3$ cm e $D = 60$ cm, o aumento linear transversal é de e e a imagem formada é real, invertida e menor que o objeto.

03. Quando $H = 2$ cm e $D = 15$ cm, o aumento linear transversal é de $3x$ e a imagem formada é virtual e direita em relação ao objeto.

04. Quando $H = 2$ cm e $D = 20$ cm, o aumento linear transversal é de $6x$ e a imagem formada é virtual, direita e menor que o objeto.

05. Quando $H = 4$ cm e $D = 40$ cm, a imagem é real, maior e invertida em relação ao objeto.

5 - (UNICAMP SP/2015) Espelhos esféricos côncavos são comumente utilizados por dentistas porque, dependendo da posição relativa entre objeto e imagem, eles permitem visualizar detalhes precisos dos dentes do paciente.



Na figura ao lado pode-se observar esquematicamente a imagem formada por um espelho côncavo. Fazendo uso de raios notáveis, podemos dizer que a flecha que representa o objeto.

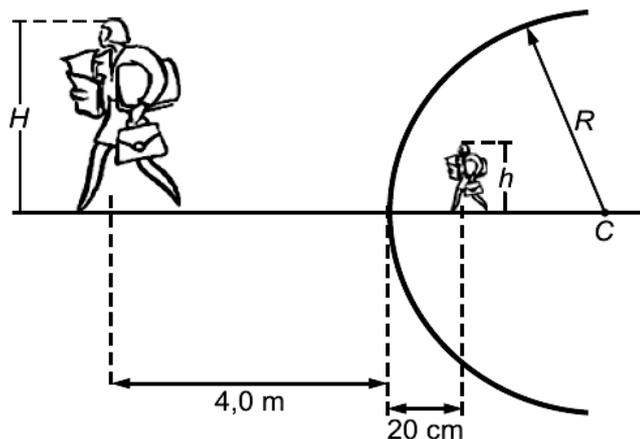
- se encontra entre F e V e aponta na direção da imagem.
- se encontra entre F e C e aponta na direção da imagem.
- se encontra entre F e V e aponta na direção oposta à imagem.
- se encontra entre F e C e aponta na direção oposta à imagem.

6 - (UFU MG/2015) Uma pessoa projeta em uma tela a imagem de uma lâmpada, porém, em um tamanho quatro vezes maior do que seu tamanho original. Para isso, ela dispõe de um espelho esférico e coloca a lâmpada a 60 cm de seu vértice. A partir da situação descrita, responda:

- Que tipo de espelho foi usado e permitiu esse resultado? Justifique matematicamente sua resposta.
- Se um outro objeto for colocado a 10 cm do vértice desse mesmo espelho, a que distância dele a imagem será formada?

7 - (UNICAMP SP) Para espelhos esféricos nas condições de Gauss, a distância do objeto ao espelho, p , a distância da imagem ao espelho, p' , e o raio de curvatura do

espelho, R , estão relacionados através da equação $\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$. O aumento linear transversal do espelho esférico é dado por $A = \frac{-p'}{p}$, onde o sinal de A representa a orientação da imagem, direita quando positivo e invertida, quando negativo. Em particular,



espelhos convexos são úteis por permitir o aumento do campo de visão e por essa razão são frequentemente empregados em saídas de garagens e em corredores de supermercados. A figura a seguir mostra um espelho esférico convexo de raio de curvatura R . Quando uma pessoa está a uma distância de $4,0\text{ m}$ da superfície do espelho, sua imagem virtual se forma a 20 cm deste, conforme mostra a figura. Usando as expressões fornecidas acima, calcule o que se pede.

- O raio de curvatura do espelho.
- O tamanho h da imagem, se a pessoa tiver $H = 1,60\text{ m}$ de altura.

Experimento 3

1 – Tipo de atividade: em grupo.

2 – Temas abordados:

- Espelhos esféricos;
- Reflexão da luz em espelhos côncavos;

3 – Objetivos:

3.1 – Geral

Entender a aplicação dos raios notáveis para o estudo da formação de imagens nos espelhos esféricos.

3.2 – Específicos

- Construir um espelho esférico parabólico;
- Aquecer pequenos materiais usando o espelho construído;
- Compreender de modo prático a importância dos raios notáveis.

4 – Material utilizado

- Papel alumínio ou superfícies metálicas bem polidas;
- Estrutura parabólica;
- Estrutura que sirva de base de apoio;
- Papel.

5 – Procedimento experimental

Monte uma sequência de procedimentos a fim de demonstrar que os raios incidentes paralelos ao eixo principal são refletidos para o foco do espelho, onde o papel ficará localizado.

6 – Resultados e comentários

Explique os resultados obtidos à luz da reflexão da luz em espelhos esféricos e comente os erros e acertos produzidos durante a realização da atividade.

Explique por que a temperatura dentro do espelho aumenta tanto.

7 – Referências

Cite as fontes que foram pesquisadas durante a elaboração da atividade experimental.

Conheça um pouco mais...

A sugestão de materiais adicionais segue abaixo com alguns vídeos que auxiliam no entendimento mais claro a respeito de espelhos esféricos, sua importância para as olimpíadas e outros que destacam situações intrigante da reflexão em espelhos esféricos:

1 – História do fogo olímpico



2 – Cerimonia de acendimento da tocha olímpica dos jogos do Rio de Janeiro



3 – A construção de um fogão solar



4 – O criador de fantasmas (associação de espelhos esféricos)



A complexidade do conteúdo pode levar alguns estudantes a apresentarem dificuldade durante o estudo. Desta forma é importante ao longo da semana dedicar atenção às demandas dos estudantes e incentivá-los ao estudo em grupo, para que se apoiem mutuamente. Além disso, apesar da compreensão sobre o funcionamento da

experiência ser relativamente simples, sua execução experimental é complexa, o que pode desmotivar os estudantes durante sua realização.

Obs.: Os estudantes já devem ser instruídos sobre a atividade experimental que será realizada no quinto encontro. Este experimento deverá ser trazido parcialmente montado no próximo encontro.

4.5.4 Quarto Encontro

O quarto encontro começa com a entrega das câmeras fotográficas confeccionadas pelos estudantes e a indicação de dois estudantes que irão ajudar o professor no restante da montagem do experimento do próximo encontro. Logo após os estudantes são estimulados a apresentarem os resultados dos trabalhos experimentais. Nesta atividade pode ocorrer de alguns grupos não conseguirem realizar com sucesso a atividade, mas mesmo com o insucesso na execução da atividade, os estudantes deverão elencar as limitações que não conseguiram superar, além de proporem novas formas para conseguir lograr êxito.

Em seguida os grupos apresentam as respostas aos questionamentos elencados na aula anterior e o professor deve ficar atento a participação de todos, haja vista o conteúdo apresentar certo grau de complexidade. Superado esse momento o professor aborda o conteúdo dando ênfase as semelhanças e diferenças entre as imagens obtidas em cada tipo de espelho esférico, fazendo uso de materiais presentes em nosso dia a dia.

A partir daí é importante a abordagem analítica da reflexão da luz em espelhos esféricos e para este tipo de abordagem é interessante a resolução de atividade baseado em alguns dados colhidos durante a realização do experimento de um dos grupos que tenha conseguido realizar a atividade com sucesso. O professor deve incentivar os estudantes a resolver organizando a resolução em etapas, a fim de que todos possam construir individualmente sua resposta.

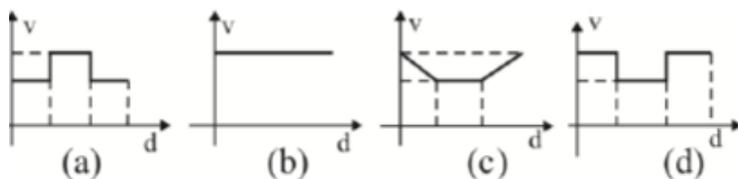
Ao final do encontro o docente deve elencar os conteúdos a serem estudados e o questionário a ser respondido, para o sexto encontro, que versam sobre:

- Refração da luz:
 1. Refração da luz;
 2. Índice de refração;
 3. Leis da refração;
 4. Reflexão total
 5. Situações cotidianas onde ocorre refração.

Nesse momento o professor deve ratificar a necessidade da presença dos estudantes no próximo encontro, pois será a aplicação de uma atividade experimental diferenciada e que remonta ao início da arte de fotografar. O docente também deve já indicar a atividade que os estudantes deverão responder após o período de estudo. O roteiro experimental do quinto encontro e a atividade a ser apresentada no sexto encontro encontram-se a seguir.

Atividade 4

1 - (OBFEP – 2013) Um laser-pointer é ligado para lançar um feixe luminoso através de um aquário cheio de água. O feixe atravessa também uma grande bolha de ar, no interior do aquário. Qual dos gráficos abaixo melhor representa a velocidade V do feixe do laser em função do espaço d percorrido no interior do aquário, de acordo com a descrição feita?



2 - (OBFEP – 2006) Dos fenômenos citados abaixo, NÃO se relaciona(m) com a refração da luz:

- I - A formação do arco-íris.
- II - As miragens observadas nas estradas asfaltadas num dia quente.
- III - A formação das imagens pelas superfícies refletoras.
- IV - O poder de aumento de uma lupa ao ser usada para observar um pequeno inseto.
- V - A decomposição da luz branca em um prisma óptico de vidro.

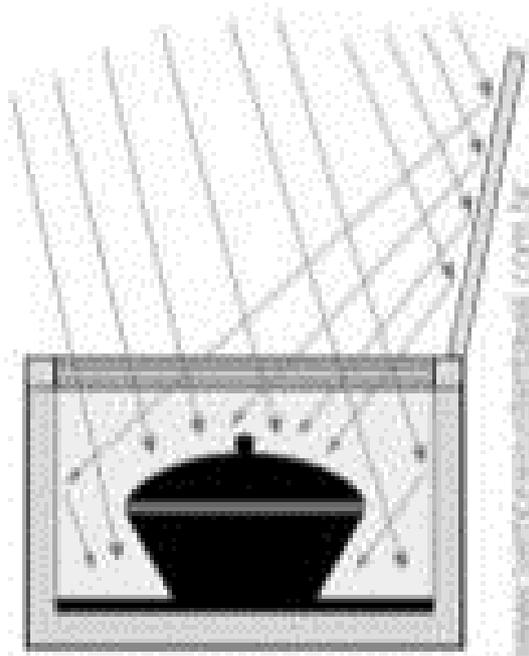
A alternativa que atende a solicitação é:

- a) I apenas
- b) II apenas
- c) III apenas
- d) II e IV apenas
- e) II, IV e V apenas.

3 - (OBFEP – 2006) Uma fonte laser se caracteriza por emitir radiação monocromática. Um tipo bem conhecido dessa fonte é a chamada “canetinha laser”, que emite luz vermelha. Diferentemente da “luz branca” de uma fonte comum, pode-se verificar que com a luz deste laser não é possível obter a:

- a) reflexão num espelho plano.
- b) refração num vidro transparente.
- c) interferência com uma rede de difração.
- d) difração num objeto de pequenas dimensões.
- e) decomposição num prisma óptico.

4 - (OBFEP – 2014) Dona Ermínia, a mãe de Bisnaga, soube que o professor Arquimedes estava ajudando o filho. Agradecida, convidou-o para um almoço. Depois do almoço, o professor disse para dona Ermínia que poderia construir um forno solar para ela cozinhar sem gastar gás. Ele construiu uma grande caixa. A parte interna da tampa e as paredes laterais internas da caixa eram espelhadas. O fundo era metal pintado de preto. O professor colocou arroz com água em uma panela preta no interior da caixa. Com a tampa da caixa levantada, colocou um vidro transparente acima da panela tampando novamente a caixa, conforme figura. A luz,



vinda diretamente do Sol ou refletida pela parte interna da tampa, atravessava o vidro e esquentava a panela e tudo que estava no seu interior. Depois de um tempo o arroz estava cozido, para espanto e felicidade de dona Ermínia. Bisnaga observava tudo atentamente. Depois da demonstração, ele não se segurou e fez uma pergunta:

- Professor, talvez o vidro não atrapalhe a luz do sol passar para o interior, já que é transparente, mas certamente ele não ajuda nisso. Ele também não faz a intensidade da luz aumentar. Então, porque usá-lo?

- Porque a luz que passa pelo vidro é absorvida pela panela e pelo fundo da caixa aquecendo-os. Ao aquecer essas partes pretas, elas passam a liberar energia em forma de radiação infravermelha e o vidro...

a) ... não deixa passar parte desta radiação, refletindo para o interior da caixa e mantendo-o aquecido.

b) ... absorve toda a radiação infravermelha impedindo que ela nos faça mal.

c) ... transforma a radiação infravermelha em luz, devolvendo energia para o interior da caixa.

d) ... deixa que essa radiação saia do interior da caixa para fora, evitando a contaminação do alimento

5 - (UEPG PR) O fenômeno da refração se caracteriza pelo fato da luz passar de um meio para outro. Sobre esse fenômeno, assinale o que for correto.

01. O desvio que um raio luminoso sofre ao passar de um meio para outro depende da frequência da luz.

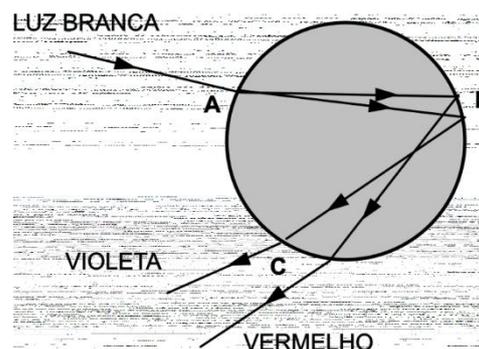
02. Um raio luminoso refratado aproxima-se do normal para qualquer par de meios que se propague.

04. A luz se refrata integralmente quando atinge uma superfície de separação de dois meios transparentes.

08. Para qualquer ângulo de incidência um raio de luz monocromática tem propagação retilínea ao incidir sobre uma superfície de separação de dois meios transparentes.

16. A luz não sofre refração ao passar de um meio para outro, se os meios tiverem as mesmas propriedades físicas.

6 - (UFPR) Descartes desenvolveu uma teoria para explicar a formação do arco-íris com base nos conceitos da óptica geométrica. Ele supôs uma gota de água com forma esférica e a incidência de luz branca conforme mostrado de modo simplificado na figura ao lado. O raio incidente sofre refração ao entrar na gota



(ponto A) e apresenta uma decomposição de cores. Em seguida, esses raios sofrem reflexão interna dentro da gota (região B) e saem para o ar após passar por uma segunda refração (região C). Posteriormente, com a experiência de Newton com prismas, foi possível explicar corretamente a decomposição das cores da luz branca. A figura não está desenhada em escala e, por simplicidade, estão representados apenas os raios violeta e vermelho, mas deve-se considerar que entre eles estão os raios das outras cores do espectro visível.

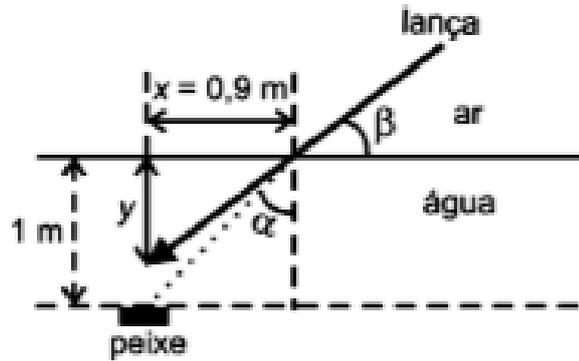
Sobre esse assunto, avalie as seguintes afirmativas:

1. O fenômeno da separação de cores quando a luz sofre refração ao passar de um meio para outro é chamado de dispersão.
2. Ao sofrer reflexão interna, cada raio apresenta ângulo de reflexão igual ao seu ângulo de incidência, ambos medidos em relação à reta normal no ponto de incidência.
3. Ao refratar na entrada da gota (ponto A na figura), o violeta apresenta menor desvio, significando que o índice de refração da água para o violeta é menor que para o vermelho.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
- c) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.

7 - (FUVEST SP) Um jovem pesca em uma lagoa de água transparente, utilizando, para isto, uma lança. Ao enxergar um peixe, ele atira sua lança na direção em que o observa. O jovem está fora da água e o peixe está 1 m abaixo da superfície. A lança atinge a água a uma distância $x = 90$ cm da direção vertical em que o peixe se encontra, como ilustra a figura acima.



Para essas condições, determine:

- O ângulo α , de incidência na superfície da água, da luz refletida pelo peixe.
- O ângulo β que a lança faz com a superfície da água.
- A distância y , da superfície da água, em que o jovem enxerga o peixe.

Ângulo θ	$\text{sen} \theta$	$\text{tg} \theta$
30°	0,50	0,58
40°	0,64	0,84
42°	0,67	0,90
53°	0,80	1,33
60°	0,87	1,73

NOTE E ADOTE

Índice de refração do ar = 1

Índice de refração da água = 1,3

Experimento 4

1 – Tipo de atividade:

Construção da câmera pinhole de lata: Individual

Colocação do papel fotográfico na lata: professor e alguns estudantes escolhidos pela turma.

Realização da fotografia: o próprio estudante ou alguém escolhido por ele.

Retirada do papel fotográfico da lata: estudantes escolhidos pela turma.

Revelação: professor

2 – Temas abordados:

- Reflexão difusa da luz;
- Formação de imagens numa câmera escura;
- Sensibilidade fotográfica;
- Princípios da Óptica Geométrica;
- Evolução dos processos fotográficos.

3 – Objetivos:

3.1 – Geral

Compreender os princípios da Óptica Geométrica e sua aplicação à fotografia de câmera pinhole de lata.

3.2 – Específicos

- Perceber a evolução tecnológica da produção fotográfica;
- Aplicar os conhecimentos dos princípios de propagação da luz;
- Valorizar a produção fotográfica antiga;

4 – Material utilizado

- 1 lata metálica de 800 g
- Papel fotográfico preto e branco

- Papel cartão ou tinta preta fosca
- 1 prego fino e 1 martelo
- 1 lata de refrigerante vazia
- 1 lixa
- 1 agulha
- Revelador fotográfico
- Fixador fotográfico
- Interruptor fotográfico
- Fita adesiva preta

5 – Procedimento experimental

1. Faça um furo na parte lateral da lata usando o prego e o martelo, e lixe as rebarbas que ficaram, de modo a evitar que alguém se machuque. Esta atividade é feita pelo estudante.
2. Pinte a parte interna da lata com a tinta preta fosca ou corte o papel cartão de modo a cobrir toda a superfície interna da lata (inferior, superior e lateral) deixando aberta (sem cobrir) apenas a região onde foi feito o orifício. Esta atividade é feita pelo estudante.
3. Faça um quadrado pequeno com o alumínio da lata de refrigerante, depois faça um furo bem pequeno no papel alumínio e cole do lado de fora da sua máquina fotográfica. **Cuidado:** o furinho da parte do quadrado tem que está perfeitamente alinhado com o furo que você fez na lata. Para confirma o alinhamento passe uma agulha pelos dois orifícios. Esta atividade é feita pelo estudante.
4. Coloque a fita adesiva cobrindo o furo a fim de evitar que a passagem da luz para dentro da lata. Esta atividade é feita pelo estudante.
5. Em um local escuro coloque o papel fotográfico dentro da lata. Sua câmera agora está pronta. Esta etapa é realizada pelo professor e estudantes indicados pela turma.
6. Apoie a lata numa superfície plana e com o orifício alinhado com ao ambiente que deseja fotografar. Esta atividade é feita pelo estudante.
7. Retire a fita isolante que recobre o orifício por um período de 10 a 30 segundos dependendo da intensidade da luz ambiente (o período de exposição é

inversamente proporcional a luminosidade) e depois feche com cuidado. Esta atividade é feita pelo estudante.

8. Em um local escuro retire o papel fotográfico da lata. Esta atividade é feita pelo professor e estudantes indicados pela turma.
9. Num quarto iluminado apenas com uma lâmpada vermelha de 15 W, faça o processo de revelação usando para isso o revelador, o fixador e, por fim, o interruptor fotográfico. Esta atividade é feita pelo professor.
10. As fotografias obtidas serão os negativos. Portanto precisam ser escaneadas a fim de se obter o positivo, que é a forma de imagem que estamos habituados a ver.

6 – Resultados e comentários

Explique o como funciona a câmera pinhole de lata e os resultados obtidos nas fotografias.

7 – Referências

Cite as fontes que foram pesquisadas durante a elaboração da atividade experimental.

Conheça um pouco mais...

Como sugestão de pesquisas que ampliem os horizontes dos estudantes temos:

1 – O mundo de Beakman (refração)



2 – Por que o céu é azul



3 – Reflexão total



4 – Efeito Miragem



5 – Erros na hora de fotografar



4.5.5 Quinto Encontro

A fotografia com câmera pinhole de lata requer planejamento com antecedência, pois exige um preparo tanto do aparato experimental quanto dos materiais usados na revelação. Caso não tenha experiência com essa atividade, uma pesquisa detalhada na internet auxilia em todo o processo de concepção da ideia, compra de materiais e execução da atividade. Saiba também que o erro é muito comum quando não se tem muita experiência com esta atividade.

As atividades do quinto encontro devem ocorrer em local aberto e na presença de luz solar. É importante que o professor avalie o melhor ambiente e a melhor data para a realização da atividade. Para isso o professor deve dialogar com bastante antecedência com os estudantes, os gestores escolares e os pais, caso a atividade seja realizada fora do ambiente escolar.

Cada estudante de posse de sua câmera pinhole de lata deve apontá-la na direção que queira fotografar, tomando as devidas precauções a fim de evitar a exposição prolongada do filme fotográfico à luz, o que compromete a qualidade e o todo o resultado.

Segue abaixo a sugestão de endereços eletrônicos que podem ser consultados para auxílio na elaboração, compra de materiais e execução do trabalho.

Montagem

Manual do mundo



Compra de materiais



Durante o quinto encontro o professor pode apresentar aos estudantes todo o processo de evolução que a fotografia sofreu desde sua criação até a revolução da imagem que vivemos hoje. O docente deve deixar claro aos estudantes que, diferentemente das câmeras de celulares, que podem obter muitas fotos em breve intervalo de tempo e sem muitos cuidados, a câmera pinhole de lata apresenta muitas limitações, e o filme pode queimar com muita facilidade se manuseado forma inadequada, levando a perda total de todo o trabalho.

O professor pode organizar uma pequena exposição na escola com as fotografias produzidas nesta etapa. Isto certamente despertará o interesse não somente dos estudantes envolvidos, mas também de toda a comunidade escolar. Os estudantes serão os apresentadores dos resultados obtidos, explicando todo o caminho percorrido na atividade experimental.

Ao final da atividade experimental o professor deve reforçar junto aos estudantes a necessidade do empenho nas atividades propostas para a próximo encontro.

4.5.6 Sexto Encontro

As atividades do sexto encontro começam com os grupos organizando uma síntese da atividade que foi resolvida a partir do estudo da refração da luz. O professor segue com o processo de diferenciação progressiva do conteúdo e faz análise comparativa das respostas do questionário com o conteúdo abordado. Neste momento é importante a resolução de questões que tenham abrangência e relevância no conteúdo estudado. Durante este momento o professor precisa organizar a resolução em etapas de modo que o estudante seja incentivado a desenvolver seus próprios resultados.

Ainda durante este encontro o professor deve dar início ao tema Visão Humana, identificando as principais partes do olho humano e suas funções. Depois pode convidar estudantes que tenham problemas de visão a comentar sobre os seus problemas e quais as limitações geradas por eles.

No final do encontro deve elencar os conteúdos que serão trabalhados do sétimo encontro.

- Problemas de visão
 1. Formação da imagem no olho

2. Doenças da visão
- Refração da luz em lentes esféricas
 1. Tipos de lentes delgadas
 2. Propriedades geométricas
 3. Formação de imagens nas lentes
 4. Correção de doenças usando lentes
 5. Vergência

O professor deverá entregar o mapa conceitual construído no início da sequência aos estudantes e mostrar para eles o quanto já haviam avançado na aprendizagem adquirida. Aproveitando o momento, o professor deve incentivar a prática de estudo antes das aulas e reforçar que esta é uma das maneiras de desenvolver uma aprendizagem significativa e crítica. Neste momento o professor descreve as atividades a serem resolvidas e a atividade experimental a ser realizada antes do próximo encontro e aos estudantes que durante o oitavo encontro será aplicado uma avaliação somativa individual, com vistas a obtenção de uma das notas do período letivo.

Atividade 5

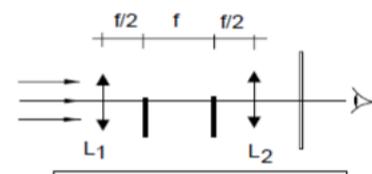
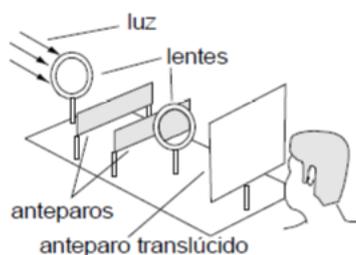
1 – (OBFEP – 2013) Pode-se afirmar que uma lente convergente:

- a) Forma sempre imagens virtuais invertidas e imagens reais direitas.
- b) Forma sempre imagem real.
- c) Forma sempre imagem invertida e menor que o objeto.
- d) Nenhuma das alternativas anteriores.

2 – (OBFEP – 2013) Para ler as letras miúdas da bula de um remédio, deve-se usar:

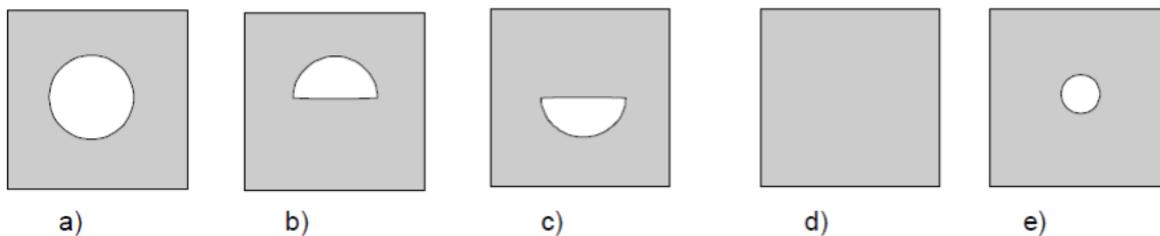
- a) Uma lente divergente de pequena distância focal.
- b) Uma lente convergente de grande distância focal.
- c) Uma lente divergente de grande distância focal.
- d) Uma lente convergente de pequena distância focal.

3 – (OBFEP – 2006) As figuras ao lado representam uma montagem de laboratório e seu respectivo esquema. Nela foram posicionados(as):



- duas lentes L1 e L2 convergentes e iguais, cada uma com distância focal f ;
- dois anteparos opacos, colocados entre as lentes;
- um anteparo translúcido onde será observado o resultado do experimento.

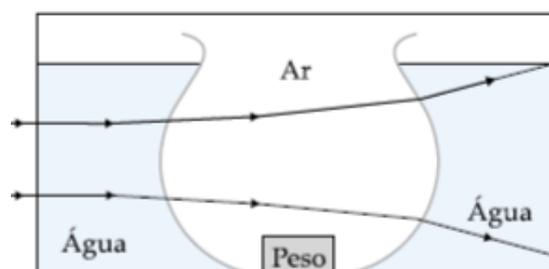
Fazendo incidir, numa das lentes, raios luminosos paralelos ao eixo da montagem, assinale a opção que representa o que o observador deverá ver no anteparo:



4 – (Vunesp) Um aquário esférico de paredes finas é mantido dentro de outro aquário que contém água. Dois raios de luz atravessam esse sistema da maneira mostrada na figura, que representa uma seção transversal do conjunto.

Pode-se concluir que, nessa montagem, o aquário esférico desempenha a função de:

- a) espelho côncavo.
- b) espelho convexo.
- c) prisma.
- d) lente divergente.



- e) lente convergente.

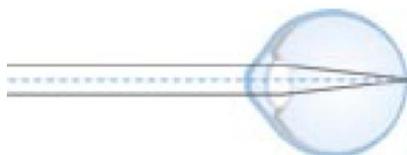
5 – (Fatec-SP) “Olho mágico” é um dispositivo de segurança residencial constituído simplesmente de uma lente esférica. Colocado na porta de apartamentos, por exemplo, permite que se veja o visitante que está no hall de entrada. Quando um visitante está a 50 cm da porta, um desses dispositivos forma, para o observador dentro do apartamento, uma imagem três vezes menor e direita do rosto do visitante. Assinale a opção que se aplica a esse caso quanto às características da lente do olho mágico e o seu comprimento focal:

- a) Divergente, comprimento focal $f = - 300 \text{ cm}$.
- b) Divergente, comprimento focal $f = - 25 \text{ cm}$.
- c) Divergente, comprimento focal $f = - 20 \text{ cm}$.
- d) Convergente, comprimento focal $f = + 20 \text{ cm}$.
- e) Convergente, comprimento focal $f = + 300 \text{ cm}$.

6 – (Cesgranrio-RJ) Em uma aula sobre óptica, um professor, usando uma das lentes de seus óculos (de grau + 1,0 di), projeta, sobre uma folha de papel colada ao quadro de giz, a imagem da janela que fica no fundo da sala (na parede oposta à do quadro). Para isso, ele coloca a lente a 1,20 m da folha. Com base nesses dados, é correto afirmar que a distância entre a janela e o quadro de giz vale:

- a) 2,4 m
- b) 4,8 m
- c) 6,0 m
- d) 7,2 m
- e) 8,0 m

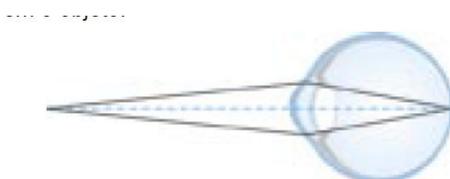
7 – (PUC-RJ) As partes essenciais do olho humano, considerado como instrumento ótico, estão descritas a seguir. A parte frontal é curva e é formada pela córnea e a lente cristalina. Quando olhamos para um objeto, a refração da luz na córnea e na lente cristalina produz uma imagem real deste objeto na retina, localizada na parte posterior do olho a uma distância de 2,5 cm. Quando o objeto está muito distante, essa distância córnea-retina corresponde à distância focal do sistema córnea-lente cristalina mostrada



na figura acima.

Quando o objeto que queremos enxergar está próximo, a lente cristalina contrai o raio de curvatura para diminuir sua distância focal. Desta forma, a imagem do objeto continua sendo formada na retina, como mostrado na figura a seguir, e podemos enxergar bem o objeto.

Suponha que você esteja lendo um livro à distância de 22,5 cm do rosto. Qual deve ser a distância focal efetiva de seu olho para que possa ler bem o texto?



8 – (Unicamp-SP) Nos olhos das pessoas míopes, um objeto localizado muito longe, isto é, no infinito, é focalizado antes da retina. À medida que o objeto se aproxima, o ponto de focalização se afasta até cair sobre a retina. A partir desse ponto, o míope enxerga bem. A dioptria D , ou “grau”, de uma lente é definida como $D = 1/(\text{distância focal})$ e $1 \text{ grau} = 1 \text{ m}^{-1}$. Considere uma pessoa míope que só enxerga bem objetos mais próximos do que 0,40 m de seus olhos.

a) Faça um esquema mostrando como uma lente bem próxima dos olhos pode fazer com que um objeto no infinito pareça estar a 40 cm do olho.

b) Qual a vergência dessa lente?

c) Até que distância uma pessoa míope que usa óculos de “4,0 graus” pode enxergar bem sem óculos?

Experimento 5

1 – Tipo de atividade: individual.

2 – Temas abordados:

- Visão humana
- Formação de imagem no olho
- Doenças do olho humano.

3 – Objetivos:

3.1 – Geral

Compreender o processo de formação de imagens em diferentes tipos de problemas associados a olho humano.

3.2 – Específicos

- Identificar o processo de formação de imagem no olho;
- Reproduzir diferentes tipos de doenças associadas ao olho;
- Desenvolver o respeito e empatia aos portadores de necessidades visuais.

4 – Material utilizado

- Celular
- Objeto a ser fotografado

5 – Procedimento experimental

1. Faça uma pesquisa sobre doenças que alteram a visão do globo ocular.
2. Acesse a configuração de foco e captura de imagens do celular. Altere os parâmetros e fotografe alguns objetos. Compare as fotos a fim perceber as diferenças.
3. Reproduza, por meio das fotografias do celular diferentes tipos de doenças que afetam a produção de imagens pelo olho humano.

Obs.: Não faça uso de editores de imagens

6 – Resultados e comentários

Comente os resultados obtidos e pesquise sobre diferentes maneiras de corrigir os defeitos da visão que você retratou nas fotos. Fale sobre os erros e acertos produzidos durante a realização da atividade.

7 – Referências

Cite as fontes que foram pesquisadas durante a elaboração da atividade experimental.

Conheça um pouco mais...

O estudante terá a oportunidade de conhecer um pouco mais a fundo a relevância da visão e os cuidados que devemos ter, o processo de fabricação de lentes brutas e o processo de produção de lentes de óculos de grau, além de ver a realização de um experimento que usa a refração para derreter diversos materiais:

1 – Doenças da visão (Drauzio Varella)



2 – Cuidados com a visão



3 – Fabricação de lentes brutas



4 – Fabricação de lentes de óculos de grau



5 – Lupa Gigante



4.5.7 Sétimo Encontro

O sétimo encontro inicia com os estudantes organizados em grupo para apresentarem os resultados da experiência sobre os problemas de visão. Depois são confrontados com o processo de elaboração de desenho que identificasse as principais partes do olho humano. Logo após, ainda em grupo, fazem uma síntese da atividade, e com base no material produzido o professor faz a diferenciação progressiva da função da refração no processo de formação de imagens em lentes e sua relação com a correção dos problemas de visão.

Neste momento o professor trabalhou exercícios relacionados ao cálculo da vergência (comumente chamado de grau), e ressaltou a importância de se consultar o profissional especializado para realização de consultas e exames. Os estudantes, no final da abordagem dos conteúdos, são estimulados a construir outro mapa conceitual sobre os conteúdos vistos ao longo da sequência, a partir do uso das imagens utilizadas no início da sequência. No fim do encontro os estudantes são lembrados da avaliação que será realizada no próximo encontro e incentivados a revisar os conteúdos estudados.

4.5.8 Oitavo Encontro

Durante o oitavo momento da aplicação da sequência didática deve ser aplicada a avaliação somativa, explorando questões relacionadas aos conteúdos desenvolvidos ao longo da sequência e que explicita o grau de compreensão dos estudantes com relação ao tema. Depois desse momento os estudantes respondem ao pós-teste a fim de balizar o trabalho e serem feitas comparações com os resultados do pré-teste. Após esses momentos os estudantes avaliam a sequência didática e sua aplicação usando um questionário baseado em critérios avaliativos da escala de Likert.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção faremos a apresentação do processo de implementação da sequência didática, uma descrição dos resultados alcançados com a TE com intuito de analisarmos os aspectos qualitativos e quantitativos obtidos, e em alguns casos compararmos os resultados obtidos com a TC.

Algumas questões foram relevantes enquanto eram avaliadas as atividades desenvolvidas:

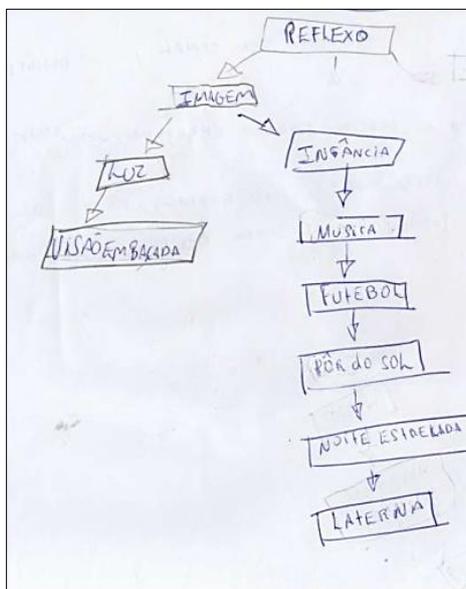
- 1 – Como foram os resultados do pré-teste aplicados aos alunos das TE e de TC?
- 2 – Os estudantes da TE participaram ativamente das atividades que foram propostas, e os estudantes estiveram mais ativos no processo de aprendizagem?
- 3 – O envolvimento dos estudantes foi significativo?
- 4 – Como foi o aproveitamento dos estudantes da TE?
- 5 – Como foi o aproveitamento dos estudantes da TC?
- 6 – Quais as principais dificuldades na execução das atividades da sequência didática?
- 7 – Houve aprendizagem significativa e crítica dos estudantes?

5.1 Mapa Mental Inicial

A atividade inicial da sequência didática foi a elaboração de mapas conceituais pelos estudantes com a finalidade de aferir seus subsunçores. Para isto foi mostrada para eles uma sequência de fotos (repetidas várias vezes) que estavam relacionadas aos aspectos conceituais, teóricos e práticos da OG e do sistema visual humano. Foram distribuídas folhas sem pauta tamanho A4 para que os estudantes pudessem organizar seus mapas. Optamos por se iniciar usando as imagens a fim de evitar que as perguntas do questionário gerassem um ambiente de estímulo na confecção de respostas. Assim, pudemos evitar a estimulação que é comum quando são dadas alternativas na resolução de problemas.

As figuras 12 a 17 são alguns exemplos de mapas conceituais que auxiliam na explicitação dos subsunçores dos estudantes das TE e TC¹¹. Esta atividade foi elaborada por todos os estudantes presentes nas salas de aula.

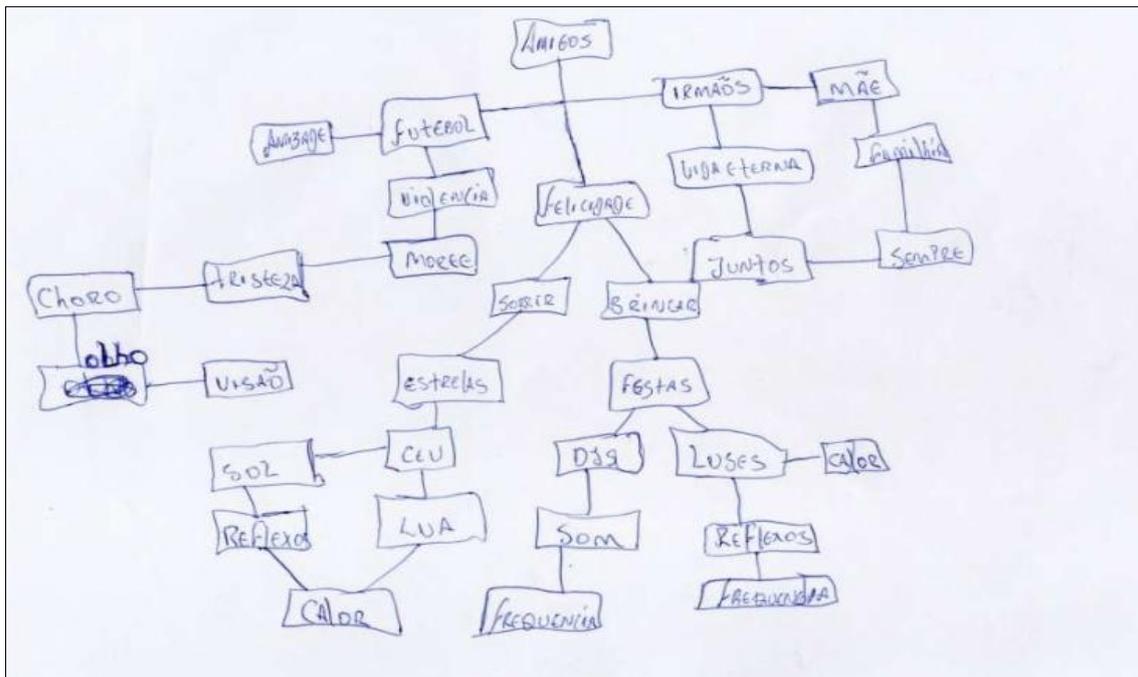
FIGURA 12- MAPA ELABORADO PELO ESTUDANTE E 22.



Fonte: Mapa conceitual elaborado por estudante da TE.

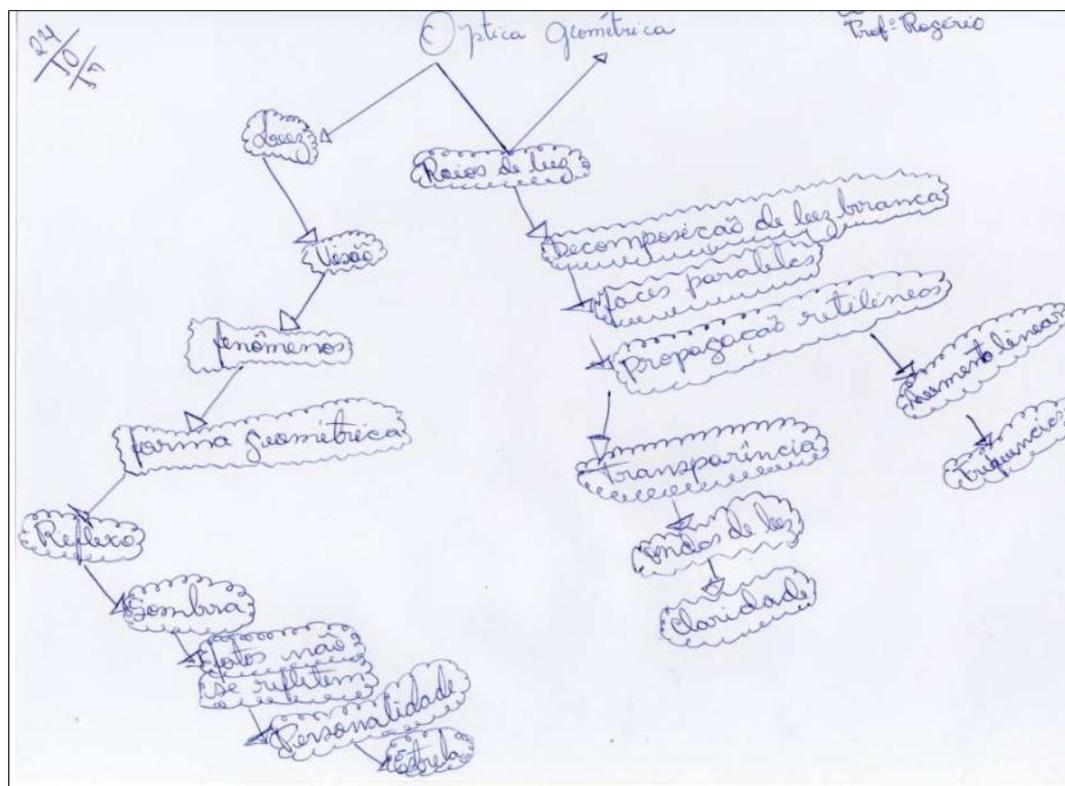
¹¹Ao longo da descrição dos trabalhos desenvolvidos faremos a apresentação de algumas das produções dos estudantes. Nesta apresentação, para fins de identificação, seguiremos a sequência da lista nominal de frequências, combinado com as letras E (Experimental) ou C (Controle). Nas fotos em que os estudantes aparecem usamos uma tarja a fim de não expor a imagem do estudante, mesmo tendo documentação assinadas por eles e pelos seus responsáveis para uso das imagens neste trabalho.

FIGURA 13 - MAPA ELABORADO PELO ESTUDANTE E 45



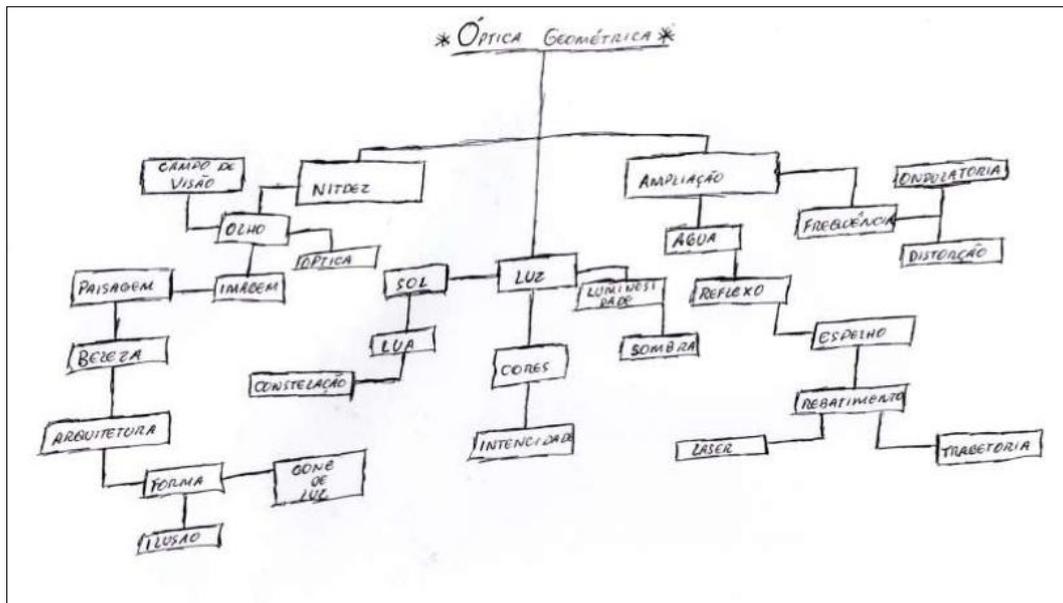
Fonte: Mapa conceitual elaborado por estudante da TE.

FIGURA 14 - MAPA ELABORADO PELA ESTUDANTE E 40



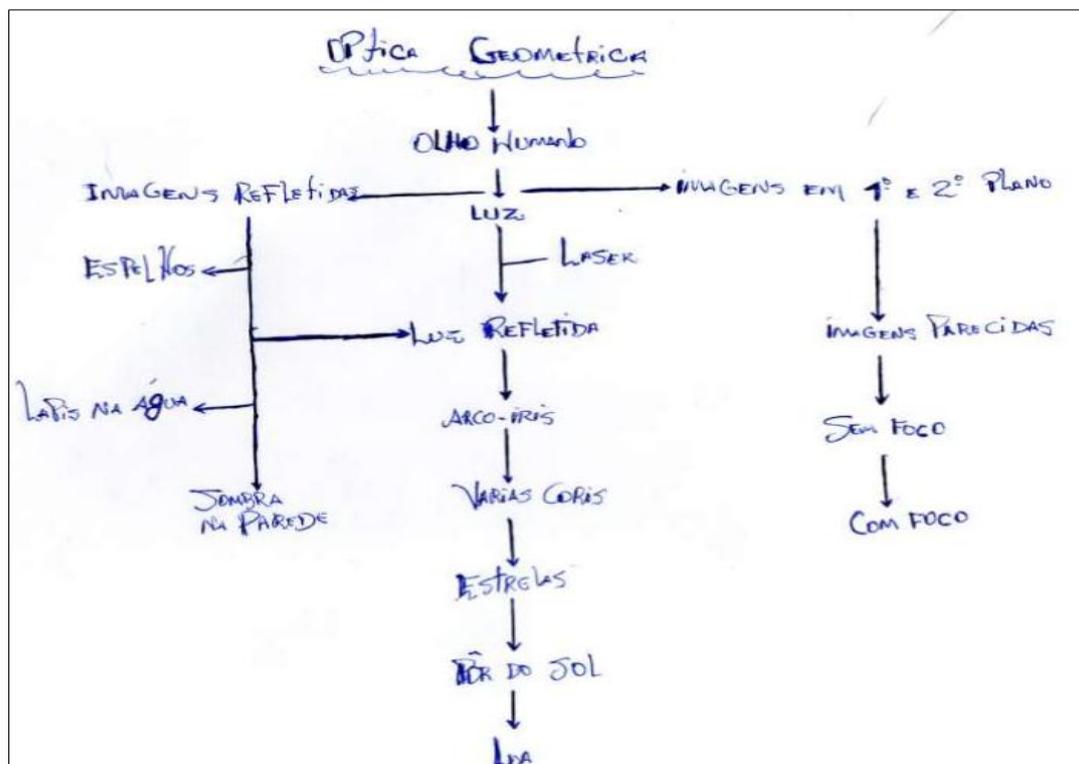
Fonte: Mapa conceitual elaborado por estudante da TE.

FIGURA 15 - MAPA ELABORADO PELO ESTUDANTE C 40.



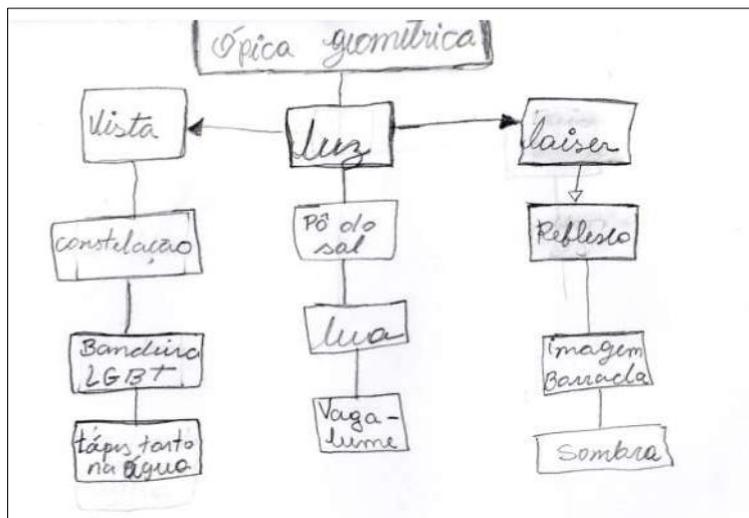
Fonte: Mapa conceitual elaborado por estudante da TC.

FIGURA 16: MAPA ELABORADO PELO ESTUDANTE C 43.



Fonte: Mapa conceitual elaborado por estudante da TC.

FIGURA 17: MAPA ELABORADO PELO ESTUDANTE C 44.



Fonte: Mapa conceitual elaborado por estudante da TC.

Observamos, após análise dos mapas conceituais, que os estudantes das duas turmas não apresentavam subsunçores significativamente claros e organizados com relação ao conteúdo a ser estudado. A maior parte dos discentes não conseguiu perceber os fenômenos ópticos associados a espelhos e formação de imagens, e não conseguiram associar as distorções das imagens a problemas da visão. O perfil das associações produzidas nos mapas conceituais para ambas as turmas é bastante parecido, e em poucos casos podemos identificar uma estrutura parcialmente organizada de conceitos associados à OG no mapa conceitual o que, no entanto, se estende ao longo de todo o mapa produzido. A avaliação dos mapas conceituais foi concebida a partir do modelo de avaliação de Bartels, e é apresentada junto com a avaliação dos mapas conceituais finais elaborados pelos estudantes.

5.2 Pré-Teste

Depois que os estudantes construíram os mapas conceituais foi entregue a eles um questionário aberto contendo quatorze itens que buscava evidências sobre os subsunçores contidos nas respostas formuladas pelos mesmos.

Questão 1: Você já presenciou um eclipse solar ou lunar ao vivo ou assistiu reportagens pelos meios de comunicação? Você sabe como um eclipse se forma? Qual a explicação para ele ser visto parcialmente em determinados locais e em outros ele ser visto totalmente?

Este item buscava evidenciar a presença de subsunçores relacionados a tipos de fontes de luz, meios de propagação e os princípios da OG. Os discentes da TE apresentaram um percentual de erros maior do que os estudantes da TC. Nenhum dos estudantes conseguiu evidenciar por meio das respostas total clareza na compreensão de todos os fenômenos associados aos eclipses. Mas os alunos da TC conseguiram evidenciar com clareza alguns aspectos. Abaixo temos algumas das respostas dadas pelos estudantes para este quesito. As figuras 18 e 19 mostram as respostas dadas pelos estudantes.

FIGURA 18: RESPOSTA ELABORADA PELOS ESTUDANTES C 10

1º) Você já viu um eclipse solar ou lunar ao vivo, ou pelos meios de comunicação. Você sabe como e por que um eclipse se forma? Qual a explicação para em determinados locais ele ser visto parcialmente e em outros ele ser visto totalmente?

É quando o sol fica na frente da lua, porque o lado que o sol tapa não dá pra ser visto de alguns lugares

Fonte: Questionários respondidos pelo estudante da TC

FIGURA 19: RESPOSTA ELABORADA PELOS ESTUDANTES C17, E 46 E E 38

1º) Você já viu um eclipse solar ou lunar ao vivo, ou pelos meios de comunicação. Você sabe como e por que um eclipse se forma? Qual a explicação para em determinados locais ele ser visto parcialmente e em outros ele ser visto totalmente?

Não sei...

1º) Você já viu um eclipse solar ou lunar ao vivo, ou pelos meios de comunicação. Você sabe como e por que um eclipse se forma? Qual a explicação para em determinados locais ele ser visto parcialmente e em outros ele ser visto totalmente?

NAO SEI

1º) Você já viu um eclipse solar ou lunar ao vivo, ou pelos meios de comunicação. Você sabe como e por que um eclipse se forma? Qual a explicação para em determinados locais ele ser visto parcialmente e em outros ele ser visto totalmente?

Um eclipse se forma devido o sistema solar apresentar um fenômeno bem raro, e que, muitas das vezes, o sol entra totalmente em junção da lua ou de outros sistemas galácticos, fazendo com que este se apresente. Porém, não se apresenta igualmente em todos os lugares. Tudo é uma questão de óptica física...

Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TE e da TC.

Questão 2: Uma vez, ao ver um buraco no telhado do meu quarto, observei que as sombras das nuvens se movimentavam no sentido contrário daquele que eu via quando estava na rua. Por que isso acontece?

A formação de imagens em câmeras escuras tais como máquinas fotográficas, câmaras escuras e no olho humano, a partir do princípio de propagação

retilínea da luz foi o subsunçor que buscamos evidenciar nessa questão. Nenhum dos estudantes conseguiu evidenciar a compreensão clara desse subsunçor. Nesse item muitos estudantes tanto da TE quanto da TC se abstiveram de responder.

Questão 3: Você conhece algum problema de visão que possa ser corrigido usando lentes? Qual(is)?

Os principais problemas de visão relacionados ao olho humano, refração de lentes e formação de imagens são temas que estão ligados a esse quesito. A maior parte dos estudantes das TC e uma parcela significativa dos estudantes da TE souberam identificar muitas doenças associadas ao olho humano, tais como miopia, vista cansada (presbiopia) e glaucoma, mas nenhum dos alunos conseguiu identificar que tipo de lentes corretivas são usadas para corrigir os problemas de visão.

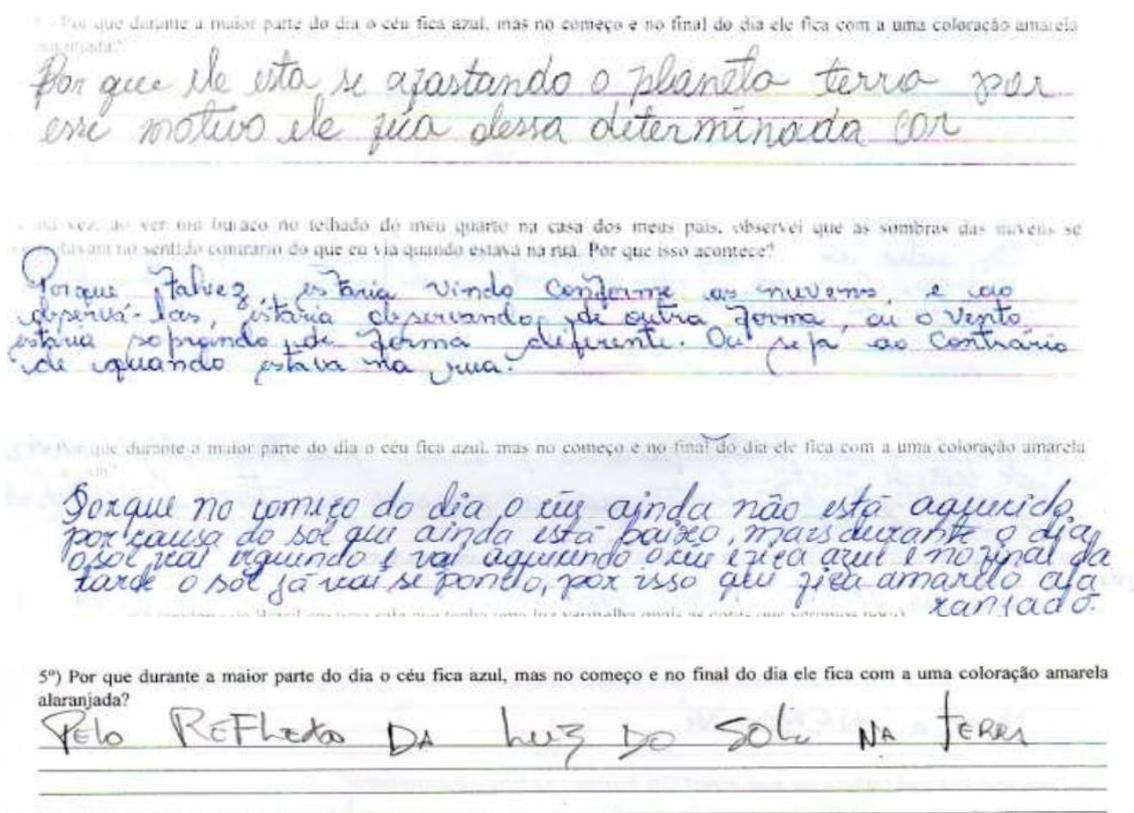
Questão 4: Qual o caminho percorrido pela luz ao sair do Sol até chegar aos seus olhos? Será que a luz sofre alguma alteração em suas propriedades durante esse percurso?

A propagação da luz no vácuo, a refração atmosférica e no globo ocular, a mudança de propriedades quando ocorre a mudança de meio material e a reflexão regular e difusa eram conhecimentos que poderiam surgir como subsunçores relacionados a esta questão. Os estudantes da TE, em sua maioria, não conseguiram evidenciar nas respostas nenhum dos ancoradouros que estavam relacionados ao item. Na TC a maior parte dos estudantes não respondeu a esse quesito.

Questão 5: Por que durante a maior parte do dia o céu fica azul, mas no começo e no final do dia ele fica com uma coloração amarela alaranjada?

Este item busca evidenciar se o estudante consegue explicar os fenômenos de difusão e absorção da luz na sua passagem pela atmosfera. Apenas dois estudantes da TE conseguiram evidenciar com clareza este fenômeno. A maior parte dos alunos da TE e da TC não conseguiu externalizar a presença deste conhecimento. A figura 20 mostra algumas das respostas elaboradas pelos estudantes.

FIGURA 20: RESPOSTAS ELABORADA PELO ESTUDANTE E 36, E 18, C 34 E C 43



Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TE e da TC.

Questão 6: Se colocarmos a bandeira da Brasil em uma sala que tenha uma luz vermelha quais as cores que veremos no(a):

- a) Retângulo b) Losango c) Círculo d) faixa branca e as estrelas
e) letras

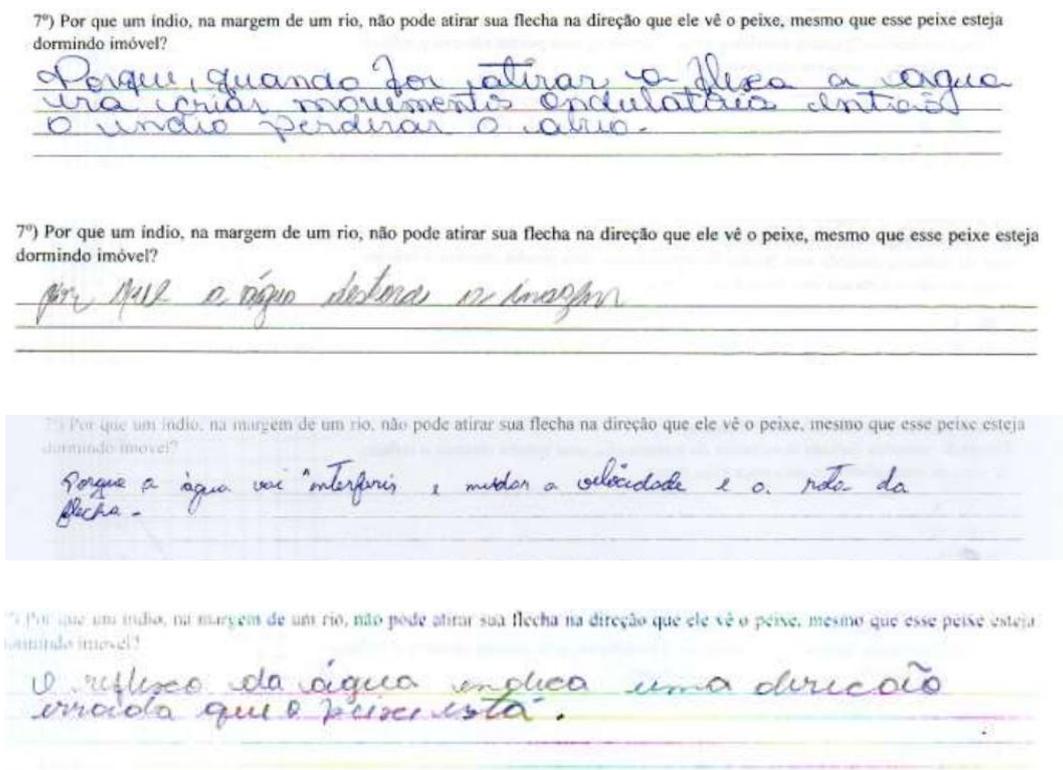
Propriedades a luz tais como reflexão e absorção eram conteúdos que estavam relacionados as respostas deste item. A maior parte dos estudantes da TC conseguiu evidenciar parcialmente ou completamente esses subsunçores. Já os discentes da TE ou responderam de forma corretamente ou não responderam ao item.

Questão 7: Por que um índio, na margem de um rio, não pode atirar sua flecha na direção que ele vê o peixe, mesmo que esse peixe esteja dormindo imóvel?

A mudança nas propriedades da luz quando ocorre a mudança de meio de propagação, provocando a refração era a resposta esperada. A maior parte dos estudantes das TE e TC responderam de forma incorreta a este item. No entanto, na TE alguns estudantes conseguiram explicar de forma parcial ou completamente correta.

Abaixo podemos ver algumas respostas dadas pelos estudantes. A seleção de algumas respostas dadas pelos estudantes pode ser vista na figura 21.

FIGURA 21: RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ESTUDANTES C 39, C 21, E 12 E E 39

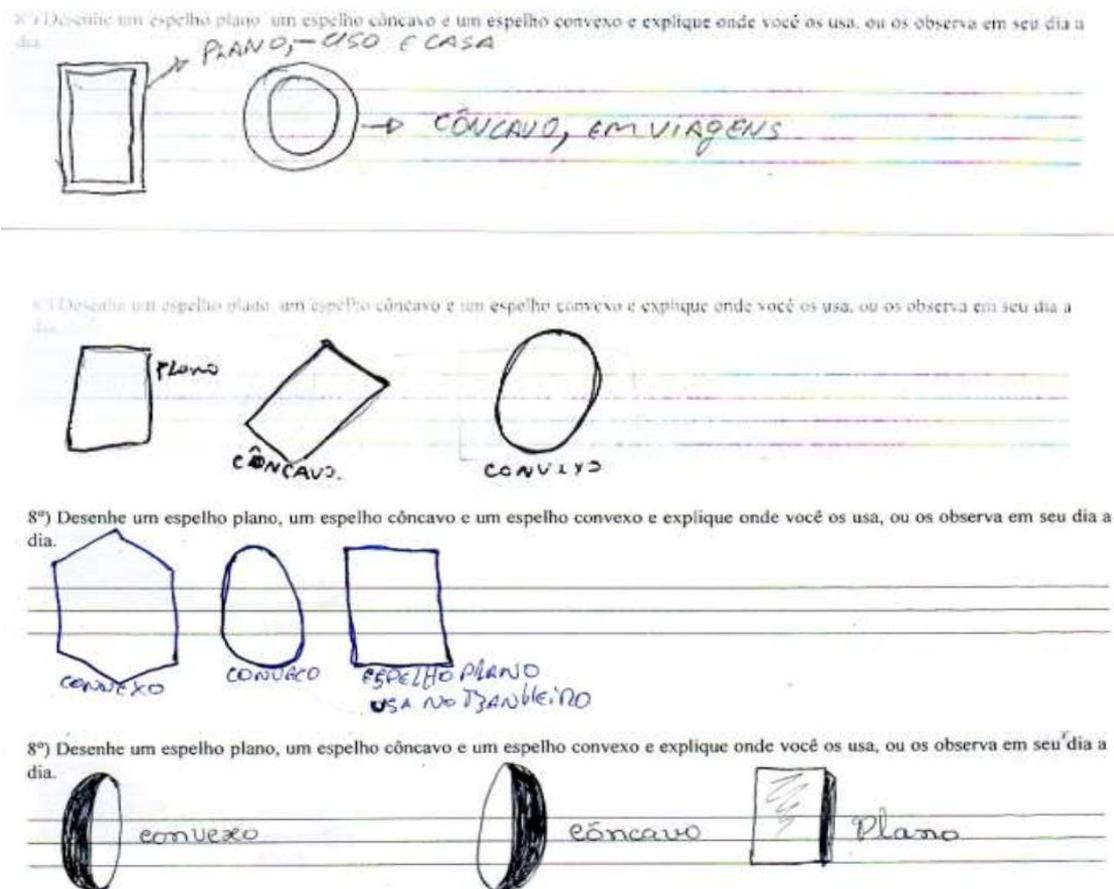


Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TE e da TC

Questão 8: Desenhe um espelho plano, um espelho côncavo e um espelho convexo e explique onde você os usa, ou os observa em seu dia a dia.

Alguns estudantes das TE e da TC não desenharam ou não conseguiram desenhar nenhum dos tipos de espelhos citados na questão. A maior parte dos estudantes conseguiu desenhar alguns dos tipos de espelhos, mas não conseguiu comentar onde eles eram usados ou observados no cotidiano. Abaixo, na figura 22, vemos algumas das produções dos estudantes.

FIGURA 22: RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ESTUDANTES E 34, E 23, C 32 E C 30



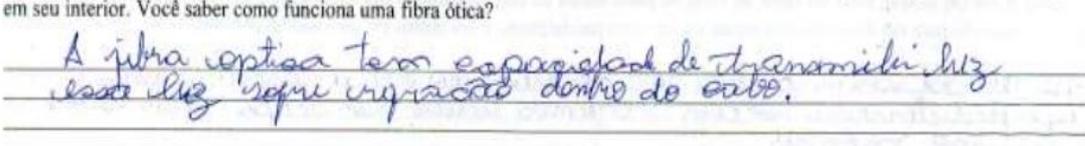
Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TE e da TC

Questão 9: A internet banda larga brasileira em geral é muito lenta. No Japão já existem redes de fibras ópticas que permitem acessos à internet com velocidade de 1 gigabit por segundo (Gbps), o suficiente para baixar em um minuto, por exemplo, 80 filmes. No Brasil a maioria das conexões ainda é de 1 megabit por segundo (Mbps), ou seja, menos de um milésimo dos acessos mais rápidos do Japão. A fibra óptica é composta basicamente de um material dielétrico (sílica ou plástico), segundo uma estrutura cilíndrica, transparente e flexível. Ela é formada de uma região central envolta por uma camada, também de material dielétrico, com índice de refração diferente ao do núcleo. Um dos instrumentos mais importantes para a comunicação mundial é a internet. A cada dia dependemos mais dela. A comunicação na rede mundial de computadores ocorre em sua grande parte por meio de cabos submarinos e subterrâneos que carregam uma fibra óptica em seu interior. Você sabe como ocorre a transmissão de sinais dentro de uma fibra ótica?

O índice de refração da luz, o ângulo limite e a reflexão total são os conteúdos que estão associados à explicação da transmissão de sinais na fibra ótica. A maior parte dos estudantes da TC ou não responderam ou responderam de modo equivocado a este item. No entanto, alguns poucos estudantes conseguiram responder corretamente a este item. Já na TE muitos alunos apresentaram alguns indícios de que entendiam os princípios associados ao funcionamento da fibra ótica. Abaixo temos uma resposta dada por um estudante da TC.

FIGURA 23: RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ESTUDANTES C 48

em seu interior. Você saber como funciona uma fibra ótica?



A fibra optica tem capacidade de transmitir luz e esta luz sofre refração dentro do cabo.

Fonte: Questionários respondidos pelo estudante da TC

Questão 10: Como são formadas as cores do arco-íris?

Nesse quesito procurou-se avaliar a compreensão dos estudantes em relação à reflexão total da luz na água, a dispersão e a refração da luz branca em diferentes comprimentos de onda. Na TC grande parte dos estudantes optou por não responder ao item, e outra parcela não respondeu corretamente. Somente alguns conseguiram elaborar respostas parcialmente corretas ou totalmente corretas. Na TE houve uma pequena diferença entre o número de estudantes que apresentou respostas que estavam totalmente ou parcialmente corretas e os que apresentaram respostas incorretas ou deixaram em branco. Segue algumas respostas apresentadas pelos estudantes nas figuras 23 e 24.

FIGURA 24 RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ESTUDANTES E 03 E E 48

10ª) Como são formadas as cores do arco-iris?

SÃO FORMADAS PELOS FRICÇÃO DE LUZES, DENOMINADOS FONTES DE LUZES OS CORPOS QUE SAEM LUZES CLASSIFICADAS PRIMARIAS E SECUNDARIAS

10ª) Como são formadas as cores do arco-iris?

porque que o sol reflete na água ou porque a luz das separações da cor

10ª) Como são formadas as cores do arco-iris?

São formadas quando a água faz contato com o sol, e reflete a luz do sol, reflete na água. São formadas por partículas de água, refletidas pelo sol.

Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TE

Questão 11: Quando andamos em uma estrada é comum olharmos umas poças de água bem distantes, mas quando chegamos perto não as avistamos. É aí que percebemos que a imagem foi apenas uma miragem. Por que isso acontece?

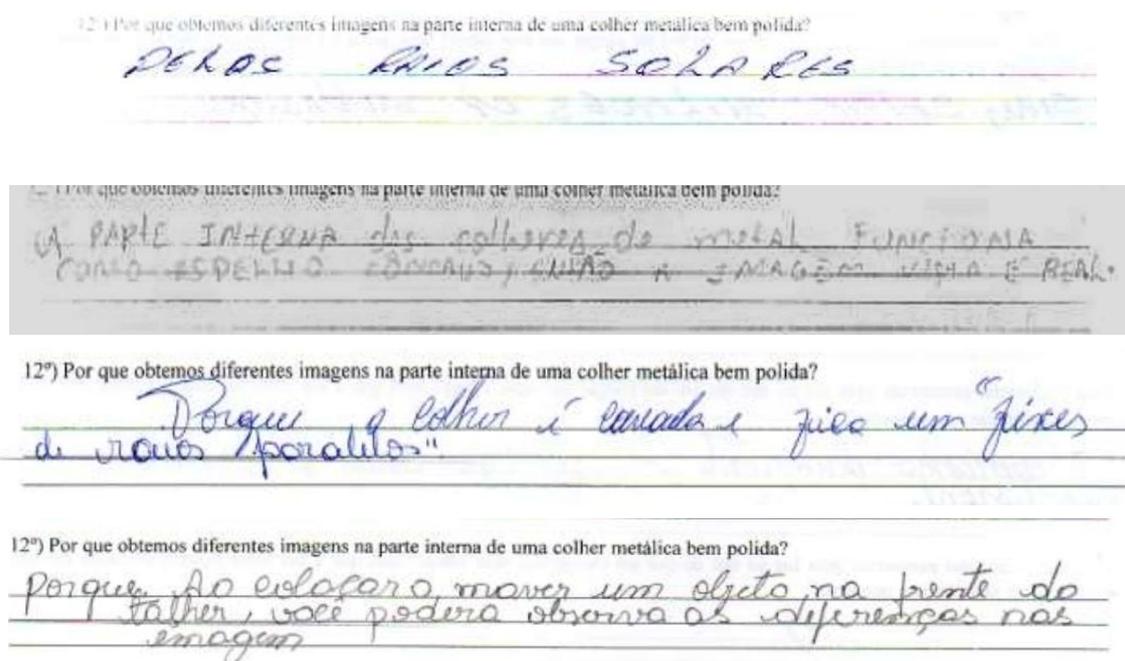
A compreensão de que um mesmo meio material pode apresentar diferentes índices de refração, devido a diferentes temperaturas, pressões internas ou externas e também diferentes densidades era o subsunçor esperado. Nenhum dos estudantes da TE conseguiu responder corretamente este item, e para além disso, foram poucos o que conseguiram responder parcialmente. Já na TC houve uma a grande maioria dos estudantes ou deixaram o item sem respostas ou responderam erroneamente. Mas houve alguns que conseguiram das respostas total ou parcialmente corretas.

Questão 12: Por que obtemos diferentes imagens na parte interna de uma colher metálica bem polida?

Este item busca avaliar se o estudante compreende o processo de formação de imagens em espelhos esféricos. Na TC os estudantes majoritariamente não responderam a esse item, e outra grande parcela respondeu erroneamente. Mas houveram alguns estudantes que conseguiram responder integral ou parcialmente a

questão. Na TE, o número de estudantes que não respondeu ao item foi pequeno comparado a TC, mas a maioria respondeu de modo equivocado. Mas uma pequena parte conseguiu responder de forma correta ou parcialmente correta. Vemos abaixo, na figura 25, descrição de algumas respostas dadas ao item.

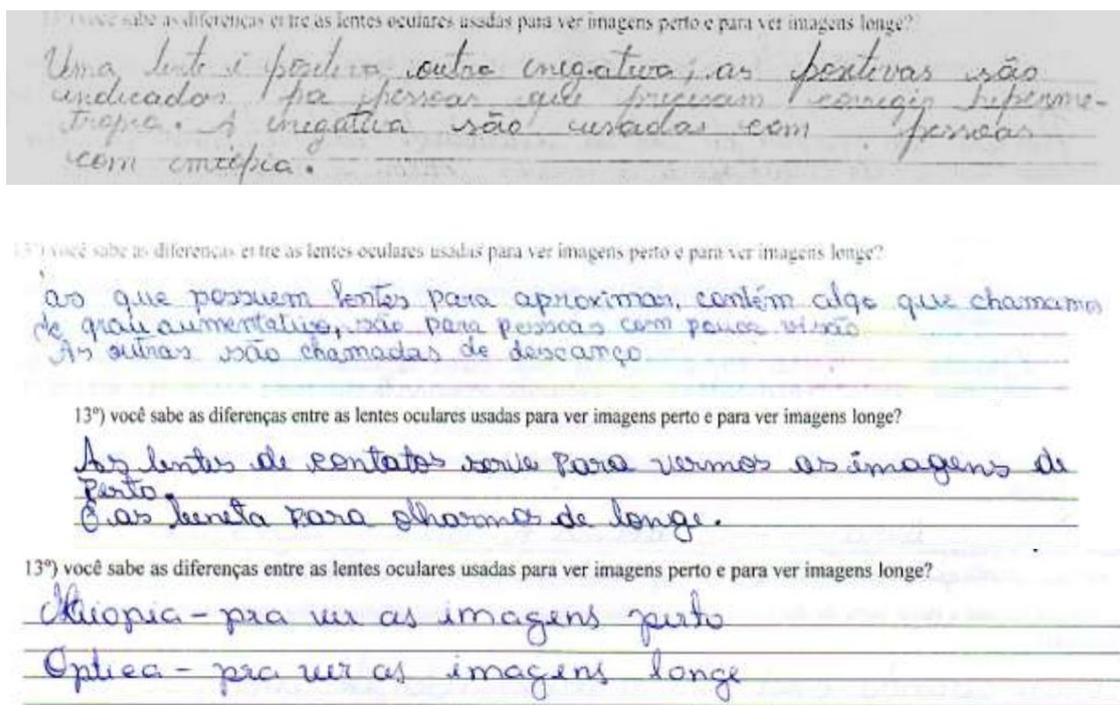
FIGURA 25: RESPOSTA ELABORADA PELOS ESTUDANTE E 45, E 22, C 46 E C 11.



Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TE e da TC

Questão 13: Você sabe as diferenças entre as lentes oculares usadas para ver imagens perto e para ver imagens longe?

O objetivo desta questão era compreender se os estudantes conheciam as formas das diferentes lentes oculares e como elas influenciam na formação das imagens. Na TC nenhum dos estudantes conseguiu responder ao item. Dos que responderam apenas um conseguiu elaborar uma resposta parcialmente correta. Na TE a maior parte dos discentes não conseguiu responder corretamente ao item, mas alguns conseguiram elaborar respostas certas e alguns outros, respostas parcialmente corretas. A quantidade de estudante que não respondeu foi bem menor quando comparadas com a TC. Temos abaixo, na figura 26, algumas respostas dadas pelos discentes:

FIGURA 26: RESPOSTA ELABORADAS PELOS ESTUDANTES E 48, E 38, C 18 E C 34

Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TE e da TC.

Questão 14: Quais aparelhos você conhece que usam lentes? Cite alguma característica da lente de cada aparelho informado.

O que buscamos conhecer nesta questão foi se os estudantes sabiam quais lentes são usadas nos diferentes tipos de aparelhos que temos contato cotidianamente, conhecendo suas propriedades na construção de imagens. Nesse item quase todos responderam e a maioria mostrou ter conhecimento sobre alguns aparelhos que usam lentes. No entanto, nenhum dos estudantes da TE e da TC soube precisar que tipo de lente os aparelhos apresentavam, nem suas características quanto a forma ou a produção de imagem. As figuras 27 e 28 trazem algumas respostas que os estudantes deram para este item.

FIGURA 27: RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ESTUDANTES C 12 E C 38

14º) Quais aparelhos você conhece que usam lentes? Cite algumas características dessas lentes.

*Câmera fotográfica: para tirar fotos fazem vidro
microscópio: Para ver coisas que não podem ser alcançadas
do olho nu, ou seja para ver coisas entre essas coisas*

14º) Quais aparelhos você conhece que usam lentes? Cite algumas características dessas lentes.

*BINÓCULOS, LUPAS, MICROSCÓPIO SÃO
PARA AUMENTAR O OBJETO DESEJADO
A SER VISTO*

Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TC.

FIGURA 28: RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ESTUDANTES E 34 E E 39

14º) Quais aparelhos você conhece que usam lentes? Cite algumas características dessas lentes.

OLHOS, BINÓCULOS, MICROSCÓPIO.

14º) Quais aparelhos você conhece que usam lentes? Cite algumas características dessas lentes.

*Microscópio, contém altos índices de grau.
Câmeras em geral.*

Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TE

Questão 15: (FGV 2007)

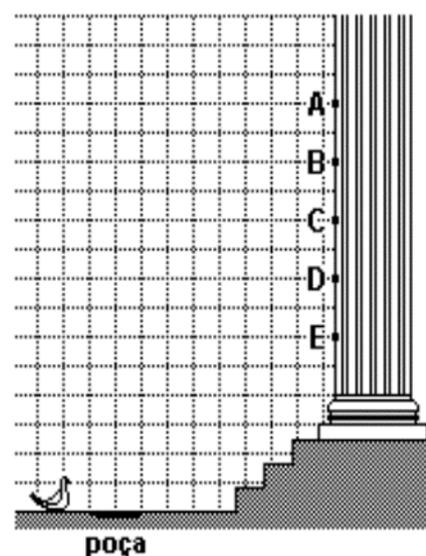
A REALIDADE E A IMAGEM

O arranha-céu sobe no ar puro lavado pela chuva
E desce refletido na poça de lama do pátio.
Entre a realidade e a imagem, no chão seco que as separa,
Quatro pombas passeiam. (Manuel Bandeira)

Diante da suntuosa fachada neoclássica do arranha-céu, uma pomba observa o reflexo de parte de uma coluna em uma poça a sua frente.

Dentre os pontos indicados, a pomba vê por reflexão, nessa poça, apenas

- a) B.
- b) C.
- c) A e B.



d) B e C.

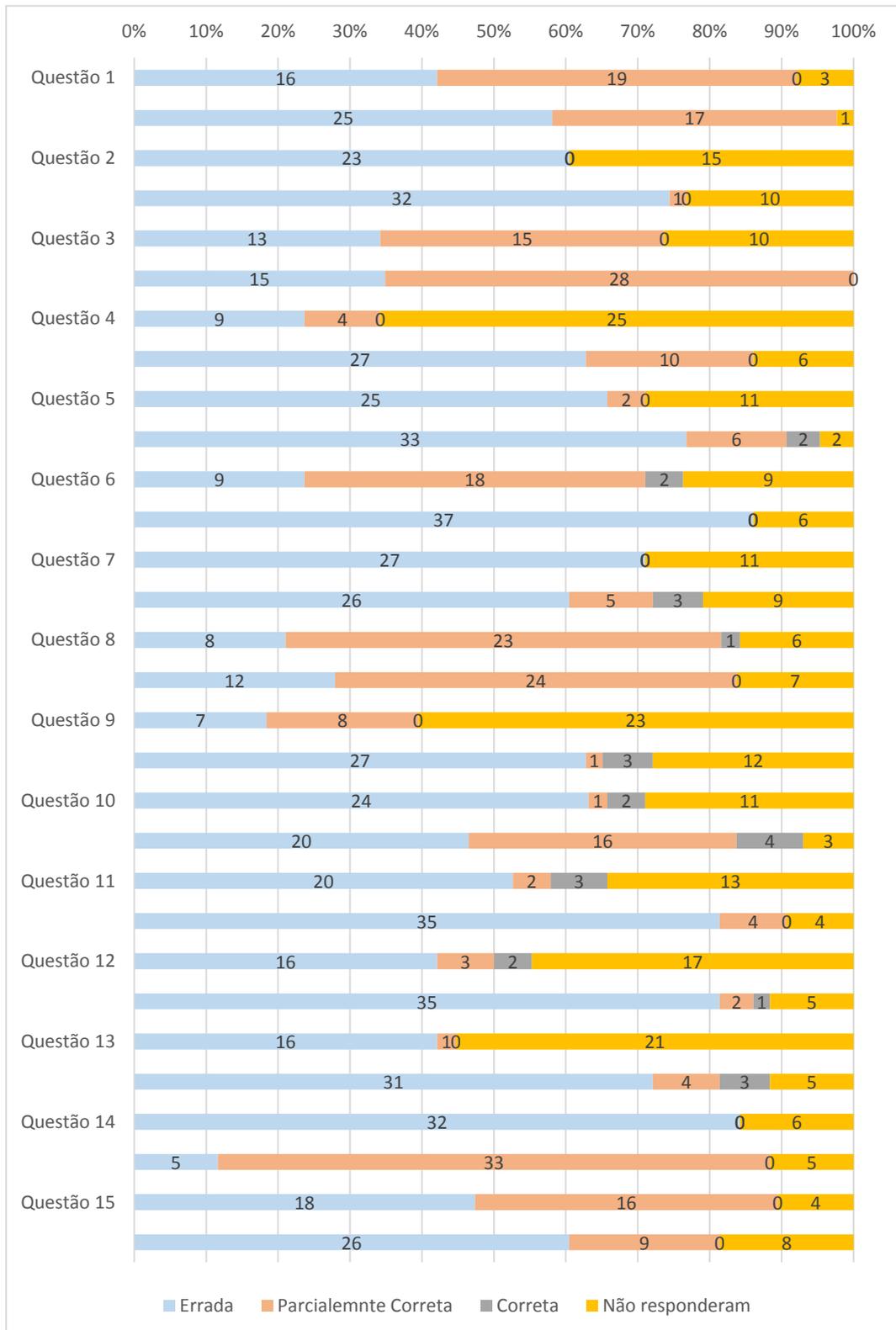
e) D e E.

Esta questão visa avaliar se estudante conhece as propriedades da reflexão de espelhos planos associada ao ângulo visual, e o estudante precisar compreender de forma clara o princípio de propagação retilínea da luz. Este item foi respondido por grande parte dos estudantes da TE e da TC, e teve grande índice de acertos comparados aos itens anteriores.

O gráfico 14 mostra o perfil das respostas elencadas no pré-teste das duas turmas. É possível perceber que o percentual de questões que não foram respondidas pelos estudantes da TC é substancialmente maior do que os dos estudantes da TE (as linhas ímpares correspondem as respostas da TC e as linhas pares correspondem as respostas da TE). Podemos avaliar que quando os estudantes da TC não tinham ideias claras de uma possível resposta, optavam na maior parte das vezes por não responder ao item, que pode estar associado ao fato de não saberem responder, ou mesmo que tivessem uma possível resposta, e por não ter certeza optavam por não responder.

Observa-se nos itens 1, 2, 3, 5, 7, 8, 10 e 15 que o perfil de erros, comparando as duas turmas, é inferior a 20 %. Nas questões 6, 9, 11 e 12 a TC apresenta resultados de acertos totais ou parciais melhores que a TE. Somente nas questões 13 e 14 o perfil de respostas assertivas, total ou parcialmente corretas, da TE foi melhor. Desta forma, podemos avaliar que os estudantes apresentaram, no geral, resultados parecidos, e poucos possuem subsunçores corretos e claros em relação a OG, passíveis de serem percebidos por meio do questionário de pré-teste. Pode-se avaliar, também, que o pré-teste não fez menção, em nenhum dos itens, às situações em que fosse necessário o uso de ferramental matemático, por mais simples que fosse sua utilização, aspecto que normalmente faz com que a maior parte dos estudantes das turmas envolvidas não se disponham a refletir sobre questões propostas.

GRÁFICO 14: COMPARATIVO DOS PRÉ-TESTE DAS TC E TE



Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TE e da TC.

5.3 Identificação do Sistema Visual e das Partes do Olho Humano

Além do mapa conceitual e do pré-teste, utilizamos outro instrumento diagnóstico: imagens de um olho humano com suas principais partes bem destacadas em um formato grande, uma imagem de uma retina ocular, e uma imagem do sistema visual completo. O uso destas imagens tinha como objetivo identificar os subsunçores dos estudantes a respeito das partes do olho. Os grupos eram compostos por até sete estudantes, que se organizaram por afinidades pessoais.

Os resultados produzidos são descritos por meio das figuras 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 e 36 registradas abaixo.

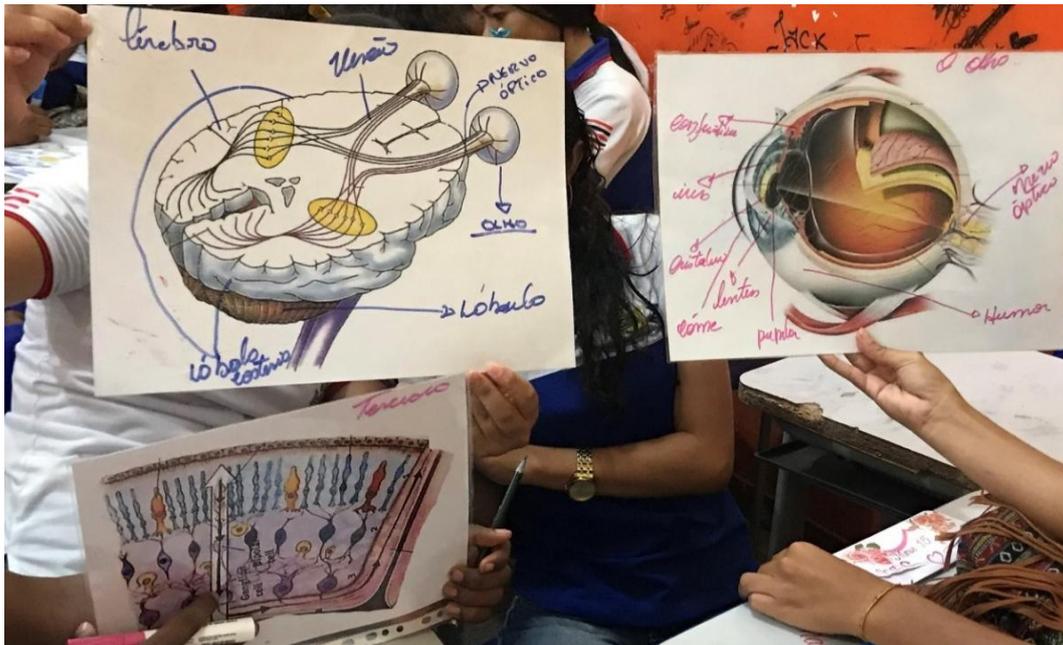
Análise e discussão dos membros dos grupos da TE

FIGURA 29: EQUIPES DA TE REALIZANDO A ATIVIDADE.



Fonte: O autor.

FIGURA 30: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 1).



Fonte: O autor

FIGURA 31: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 2).



Fonte: O autor.

FIGURA 32: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 3).



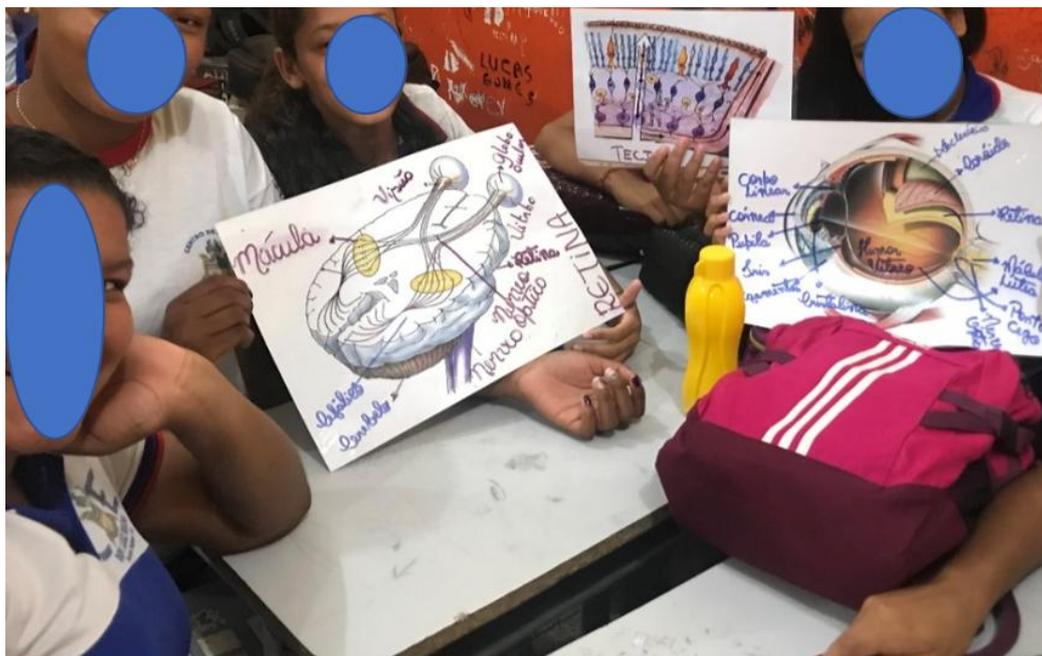
Fonte: O autor.

FIGURA 33: RESULTADO DAS ATIVIDADES (GRUPO 4).



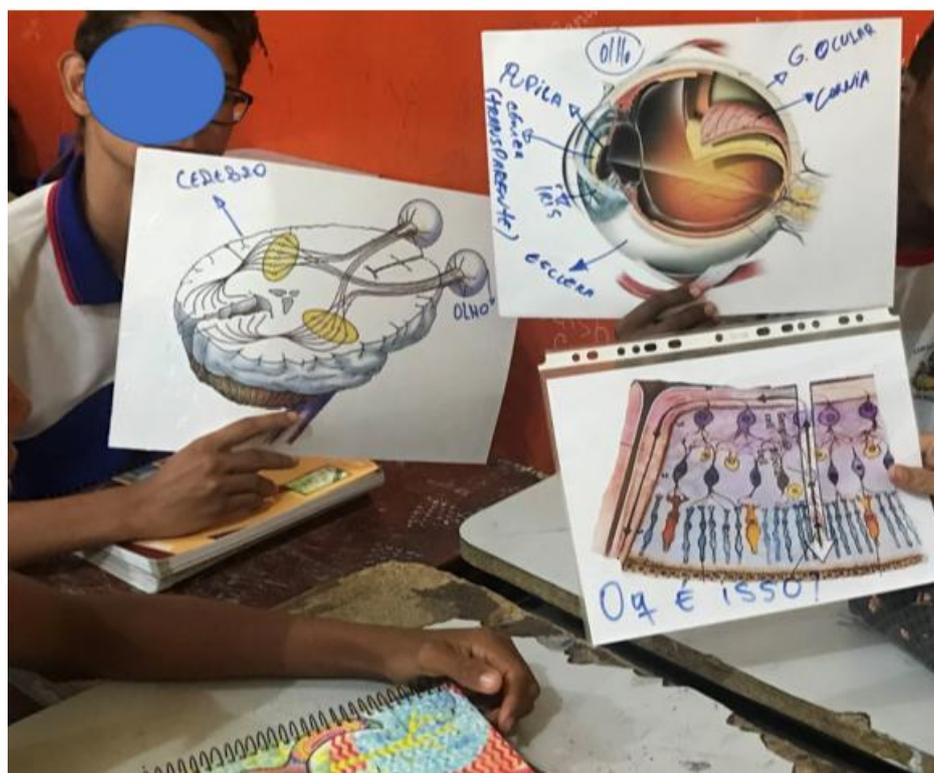
Fonte: O autor.

FIGURA 34: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 5).



Fonte: O autor.

FIGURA 35: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 6).



Fonte: O autor.

FIGURA 36: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 7).



Fonte: o Autor.

Os resultados da TC são vistos nas figuras 37, 38, 39, 40, 41 e 42.

FIGURA 37: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 1).



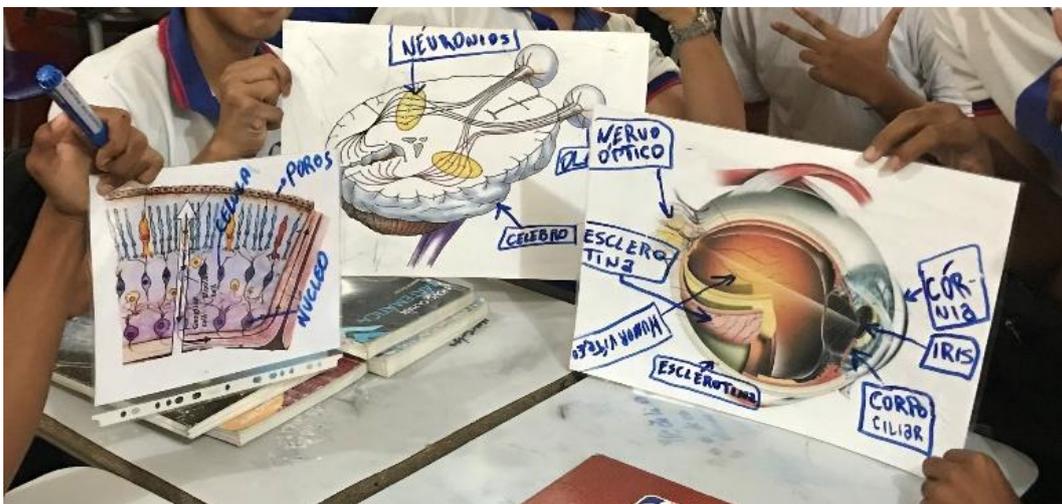
Fonte: O autor.

FIGURA 38: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 2).



Fonte: O autor.

FIGURA 39: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 3).



Fonte: O autor.

FIGURA 40: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 4).



Fonte: O autor.

FIGURA 41: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 5).



Fonte: O autor.

FIGURA 42: RESULTADOS DA ATIVIDADE (GRUPO 6).



Fonte: O autor.

No decorrer da atividade muitos estudantes pediram para fazer uso do celular, com vistas a pesquisar sobre a estrutura morfológica do olho, sendo desestimulados pelo professor. Alguns grupos das TC e da TE argumentando que não tinha se atentado a informação de que deveriam usar apenas informações trazidas de seus ancoradouros, fizeram uso do celular para realização da pesquisa, enquanto o professor passava por outros grupos a fim de observar o andamento das atividades. Outro fator relevante foi o compartilhamento de respostas entre grupos devido à proximidade física ocasionada pelo pequeno espaço das turmas (aproximadamente 36 m² em ambas as turmas).

A partir da avaliação dos resultados produzidos é perceptível que os estudantes conhecem os nomes das estruturas básicas do olho humano, como córnea, íris, cristalino, nervo óptico e retina. Entretanto, em geral não conseguem associar a estrutura do olho ao seu nome. Este perfil é característico da aprendizagem mecânica, onde o estudante conhece as palavras associadas ao conteúdo, mas estas não estão associadas a conhecimentos claros no seu cognitivo. Mas o fato dos estudantes já conhecerem algumas terminologias pode ser usado como base para abordagens mais profundas do conteúdo.

De modo geral, as atividades desenvolvidas no primeiro encontro evidenciaram que a abordagem a ser desenvolvida deveria privilegiar todo o aspecto introdutório relacionado a OG, buscando caracterizar de modo claro e significativo os modelos físicos construídos com objetivo de explicarem os diferentes fenômenos que vivenciamos no cotidiano e que estão relacionados à OG.

5.4 Resultados das Atividades e Experimentos

Durante o período de aplicação da sequência didática os estudantes da TE foram estimulados a dedicarem um período ao longo da semana para o estudo da matéria que seria abordado em sala de aula. As atividades propostas auxiliavam os estudantes a perceberem o quanto haviam conseguido assimilar o conteúdo, uma vez que sua resolução estava associada a aprendizagem dos mesmos. Junto a isso, os estudantes começaram a estudar em grupo, e durante este processo criaram grupos na rede social *WhatsApp* com o intuito de usarem como ferramenta de diálogo sobre temas relevantes durante o estudo dos conteúdos e como forma de se ajudarem.

Os estudantes que apresentavam dificuldades eram auxiliados por meio de exemplos e situações cotidianas que os próprios colegas formulavam a partir da compreensão que já tinham construído, e com uso da linguagem menos formal associadas a faixa de idade. Uma das dúvidas que retratam o modo como se processava a construção das explicações dos estudantes foi sobre o item 1 da atividade 1. Durante os estudos, alguns afirmavam que o sol não perderia seu brilho, desta forma, jamais se tornaria uma fonte secundária.

Mas um outro estudante do grupo usando de um modelo mental associou o Sol à grelha de um fogão, que enquanto tem gás e fogo para aquecê-la será uma fonte primária de luz visível. Mesmo quando o fogo se apaga o gás continua a emitir luz visível por alguns instantes, mas depois de um tempo deixará de emitir luz e se tornará um fonte secundária. Explicou o colega que tinha dúvida que quando o Sol não tiver mais o que queimar ainda vai emitir luz, mas que aos poucos a luminosidade vai diminuindo até desaparecer, tornando-se uma fonte secundária.

Por que academias possuem tantos espelhos? Qual a diferença entre os espelhos da sala de dança, de musculação e do banheiro de uma academia? São exemplos de perguntas que provocaram a reflexão dos estudantes e os incentivavam a

procurar respostas e impulsionavam o processo de aprendizagem, não apenas valorizando o processo de reflexão sobre a física, mas provocando a reflexão sobre os estilos de vida e as formas de influência a que estamos expostos.

As avaliações a cada atividade eram feitas a partir da produção que os grupos apresentavam, de questionamentos levantados acerca das razões que haviam levado os estudantes identificarem as respostas escolhidas direcionadas a alguns membros que já haviam apresentado dificuldades em outros momentos, tendo o cuidado de identificar as ideias que foram usadas para embasar as respostas elencadas, realizando uma síntese geral acerca das respostas dadas e convidando estudantes a apresentarem suas respostas para os colegas de turma.

A produção das atividades experimentais foi outra maneira usada para avaliar a aprendizagem do estudante ao longo da sequência, não apenas pelos resultados finais, mas por todo o processo de incubação e construção da atividade. Abaixo temos a avaliação das atividades de produção de resultados de parte das atividades experimentais.

Experimento 1: Todos os grupos conseguiram realizar a atividade de forma exitosa. Todos conseguiram alcançar os objetivos traçados pelos objetivos geral e específicos do experimento, além de responderem de modo satisfatório aos questionamentos levantados pelo professor e por outros alunos. Sobre os erros, alguns grupos relataram a dificuldade de fazer uma base que ao mesmo tempo pudesse segurar os apontadores e os movesse criando os diferentes tipos de feixe, bem como de fazer o feixe de ir e voltar pelo mesmo, afim de satisfazer o princípio da reversibilidade, devido a sensibilidade do experimento. As figuras 43, 44, 45, 46 e 47 mostram alguns dos resultados obtidos nesta atividade.

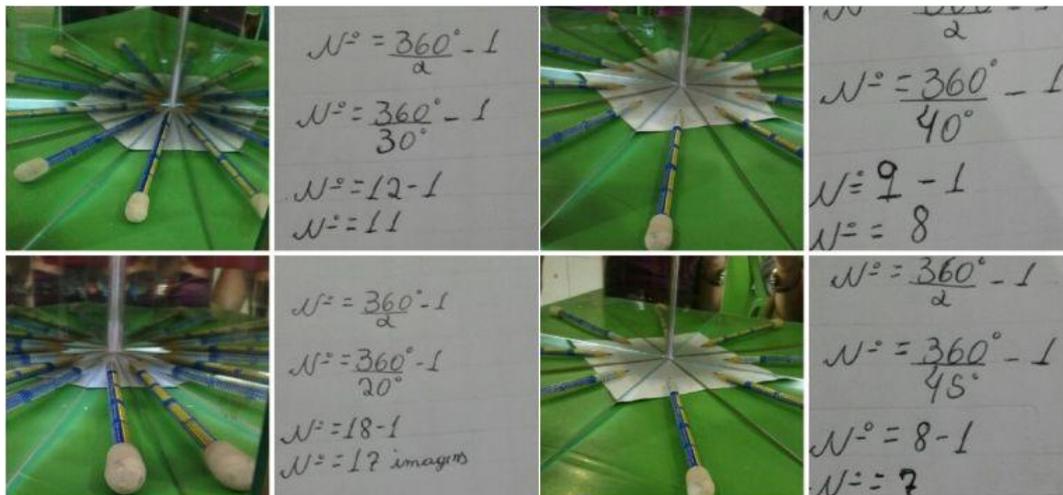
FIGURA 43: IMAGEM PRODUZIDA PELA ESTUDANTE E 13.



Fonte: Imagens produzidas pelo estudante E 13.

Experimento 2: todos os estudantes conseguiram realizar a atividade com sucesso. Mesmo estudantes que não possuíam câmera fotográfica ou celular, conseguiram realizar a atividade.

FIGURA 44: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 11.



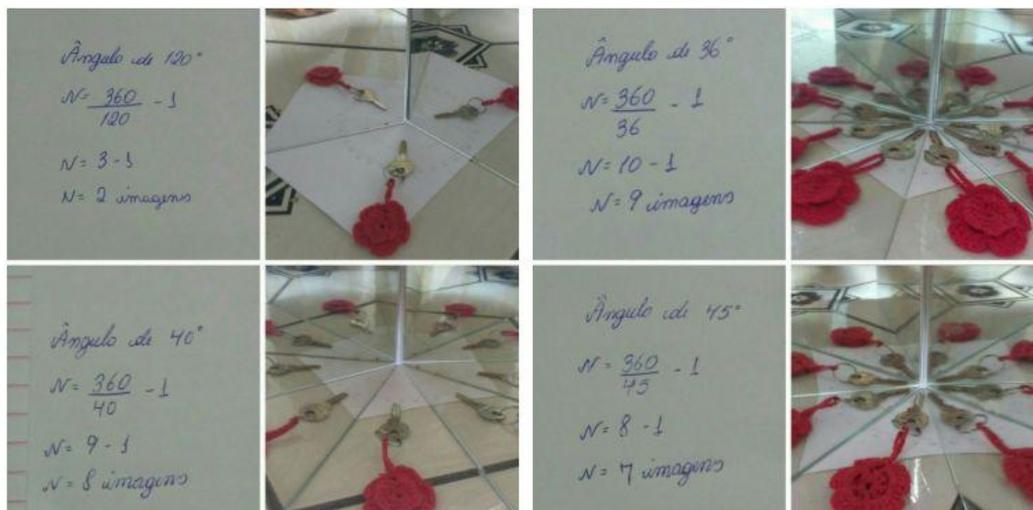
Fonte: Imagens produzidas pelo estudante E 11

FIGURA 45: IMAGEM PRODUZIDA PELA ESTUDANTE E 17.



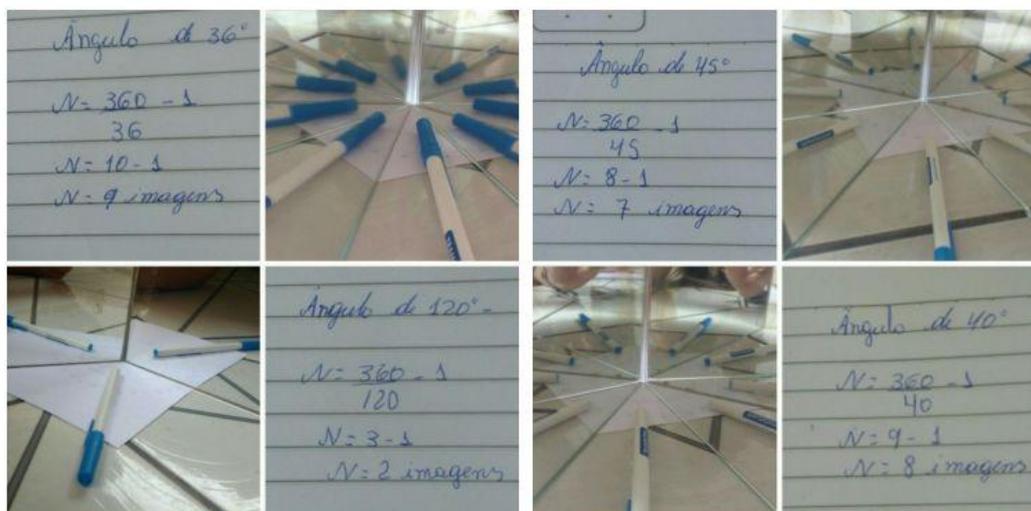
Fonte: Imagens produzidas pelo estudante E 17.

FIGURA 46: IMAGEM PRODUZIDA PELA ESTUDANTE E 24.



Fonte: Imagens produzidas pelo estudante E 24.

FIGURA 47: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 36.



Fonte: Imagens produzidas pelo estudante E 36.

A partir das imagens produzidas pelos estudantes e as respostas apresentadas podemos concluir que os objetivos propostos foram alcançados. O foco aqui era a compreensão do processo de criação de imagens de um corpo extenso, aprender como ocorre a criação de múltiplas imagens em uma associação de espelhos planos e associar o procedimento matemático à compreensão física do acontecimento.

Experimento 3: Esta atividade experimental foi realizada em grupo, e apenas um dos grupos conseguiu êxito no processo de gerar um processo de aquecimento sistemático em uma região próxima ao espelho. Nos outros experimento houve um aumento de temperatura em relação ao ambiente, mas não muito elevado. Entretanto, todos os grupos entenderam o princípio de funcionamento para o qual se objetivava a atividade experimental de modo que podemos afirmar que houve aprendizagem. Além disso, os estudantes puderam associar quais outras possibilidades poderiam ser realizadas a fim de lograrem sucesso na confecção do experimento.

Durante a concepção da atividade um dos grupos iniciou a construção do espelho usando pedaços de espelho que um dos integrantes do grupo tinha em sua residência, mas foram desestimulados pelo professor, em virtude do grande risco de acidente. Alguns dos resultados de construção dos experimentos são elencados nas figuras, 48, 49, 50 e 51.

FIGURA 48: ESTUDANTE E 20 E EXPERIMENTO FINAL.



Fonte: Imagens produzida pelo estudante E 20.

FIGURA 49: MATERIAL PRODUZIDO POR UM GRUPO DA TE.



Fonte: Imagem produzido pelo estudante E 36.

FIGURA 50: MATERIAL PRODUZIDO POR UM GRUPO DA TE.



Fonte: Imagens produzida pelo estudante E 36.

FIGURA 51: MATERIAL PRODUZIDO POR UM GRUPO DA TE.

Fonte: Imagem produzido pela estudante E 24.

Na busca por soluções os estudantes resolveram o problema de criar uma região de foco para o espelho e chegaram à hipóteses plausíveis. Como exemplo, usaram antenas parabólicas cobertas com papel alumínio ou a montagem de uma base de madeira côncava, construída a partir de equação do segundo grau usando trabalho de marcenaria, e depois recoberta com papel alumínio.

Experimento 4: A confecção desta atividade experimental envolveu todos os estudantes da turma. Os discentes construíram suas câmeras pinhole de latas. A atividade foi realizada num feriado (15 de novembro de 2017) e devido a viagens agendadas anteriormente alguns estudantes não estiveram presentes. No entanto, todos participaram da confecção do material.

O preparo de material envolveu cuidados imprescindíveis:

- 1 – Corte dos papeis fotográfico em ambiente apropriado;
- 2 – Ambiente adequado para guardar o papel fotográfico na lata. A imagem 52 mostrar o término dessa etapa.

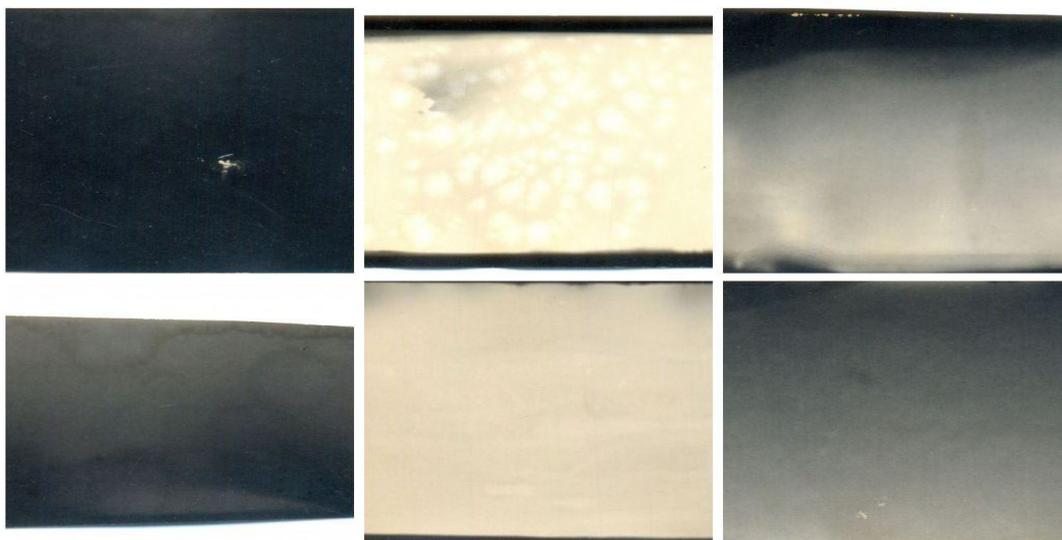
FIGURA 52: PREPARAÇÃO DA CÂMARAS COM AUXÍLIO DOS ESTUDANTES.



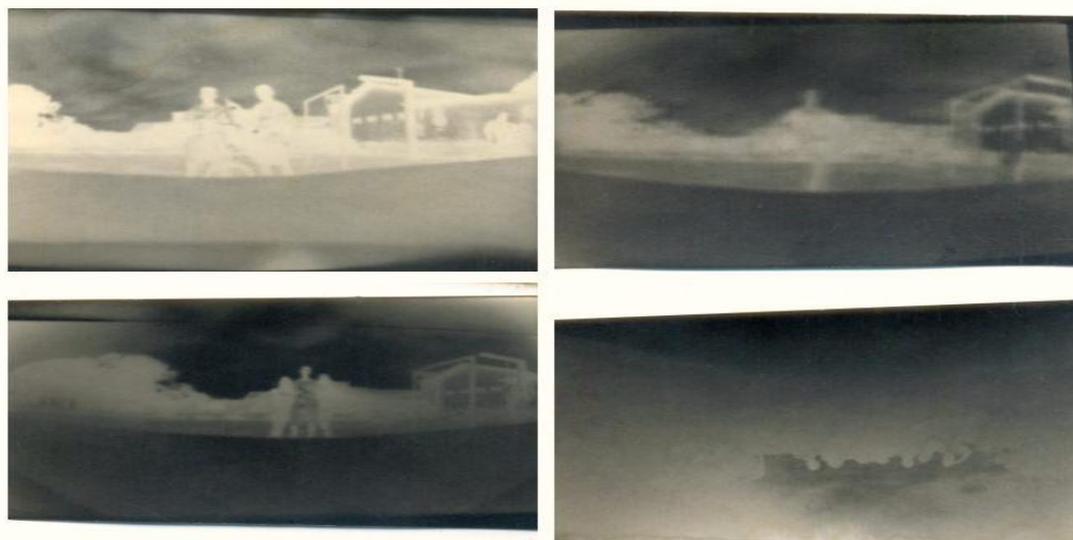
Fonte: o autor.

- 3 – Percepção do fotógrafo sobre tempo de exposição do filme dependendo da luminosidade;
- 4 – Cuidado com o ambiente para a retirada das fotos da lata;
- 5 – Local de acondicionamento do papel antes da revelação;
- 6 – Local adequado e cuidados durante a revelação;
- 7 – Escanear as fotos e produzir o negativo a fim de produzir a forma adequada das imagens a que estamos acostumados a ver.

As figuras 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61 e 62 mostram os resultados obtidos durante a realização dessa atividade.

FIGURA 53: FILMES QUE NÃO TIVERAM SUCESSO.

Fonte: Imagens produzida por estudantes da TE.

FIGURA 54: FILMES QUE TIVERAM SUCESSO.

Fonte: Imagens produzida por estudantes da TE.

Fotos produzidas após a produção do negativo e imagens feita por celular.

FIGURA 55: IMAGEM PRODUZIDA PELA ESTUDANTE E 28 E PELO PROFESSOR



Fonte: Imagens produzida por estudante da TE e pelo professor.

FIGURA 56: IMAGEM PRODUZIDA PELA ESTUDANTE E 41 E PELO PROFESSOR.



Fonte: Imagens produzida por estudante da TE e pelo professor.

FIGURA 57: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 12 E PELO PROFESSOR

Fonte: Imagens produzida por estudante da TE e pelo professor

FIGURA 58: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 24 E PELO PROFESSOR.

Fonte: Imagens produzida por estudante da TE e pelo professor.

FIGURA 59: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE POR OUTRO ESTUDANTE DA 3ª SÉRIE E PELO PROFESSOR



Fonte: Imagens produzida por estudante da TE e pelo professor.

FIGURA 60: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 12 E PELO PROFESSOR



Fonte: Imagens produzida por estudante da TE e pelo professor.

FIGURA 61: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 12 E PELO PROFESSOR.

Fonte: Imagens produzida por estudante da TE e pelo professor.

FIGURA 62: IMAGENS DO INÍCIO E TÉRMINO DA ATIVIDADE.

Fonte: o autor.

Experimento 5: Todos os estudantes realizaram esta atividade experimental com bastante qualidade nas produções e, conforme previamente avisado, não fizeram uso de editores de imagens na produção das fotos. Desta forma podemos avaliar a atividade como proveitosa, uma vez que todos conseguiram executá-la. As figuras 63, 64, 65, 66 e 67 são algumas das produções dos estudantes.

FIGURA 63: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 02.



Fonte: Imagens produzida por estudantes da TE.

FIGURA 64: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 18.



Fonte: Imagens produzida por estudantes da TE.

FIGURA 65: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 44.



Fonte: Imagens produzida por estudantes da TE.

FIGURA 66: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 31.



Fonte: Imagens produzida por estudantes da TE.

FIGURA 67: IMAGEM PRODUZIDA PELO ESTUDANTE E 15



Fonte: Imagens produzida por estudantes da TE.

As atividades experimentais apresentaram resultados muito positivos, quando se analisa aspectos como qualidade das produções, o envolvimento de todos os estudantes na realização das atividades, nas tomadas de decisões nos grupos de trabalho, nas proposições de soluções para os problemas que surgiam à medida que as atividades iam sendo realizadas.

A disposição em ajudar o professor e os amigos que apresentavam dificuldades na realização das atividades é um quesito que faz parte desta análise avaliativa. Um exemplo desta disponibilidade em auxiliar pode ser retratado nas ações para organização do experimento 4, na qual dois estudantes se deslocaram por mais de 30 km de bicicleta a fim de auxiliarem na confecção das câmeras pinhole de lata.

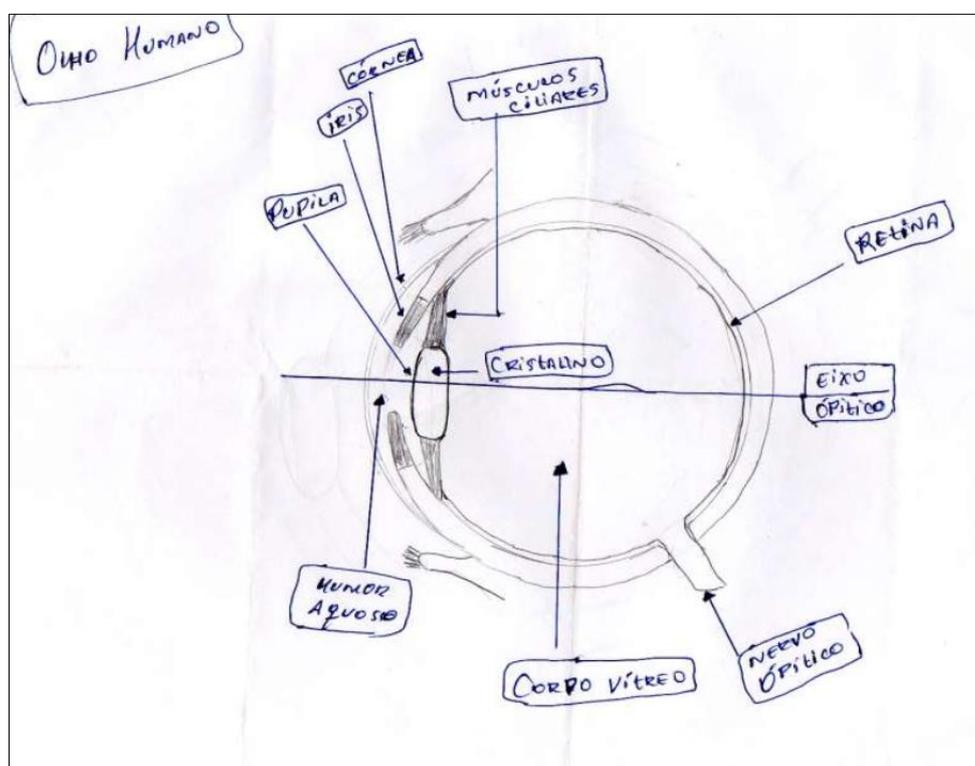
A empatia pelos colegas esteve presente ao longo da atividades, quando os estudantes, mesmo em atividades individuais, se deslocavam para a escola ou para casa

de outros estudantes para ajudarem aqueles que não possuíam material, ou estavam encontrando dificuldades na realização das atividades, como ocorreu nas atividades do experimento 5.

5.5 O Olho Humano

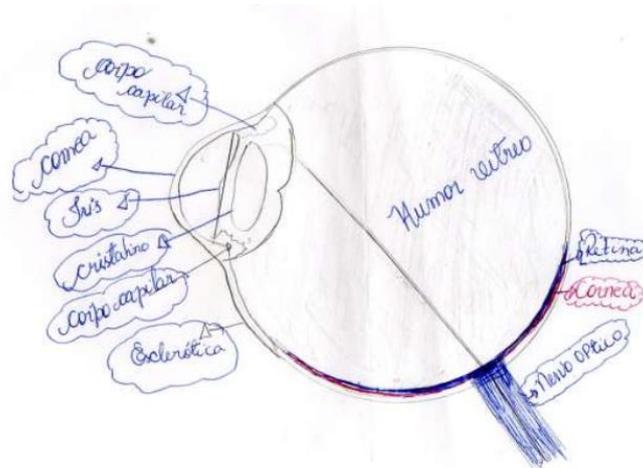
No sétimo encontro os estudantes esboçaram por meio de desenhos a estrutura do olho humano com suas principais partes. As figuras 68, 69, 70 e 71 são algumas das produções dos discentes.

FIGURA 68: DESENHO ELABORADO PELO ESTUDANTE E 25.



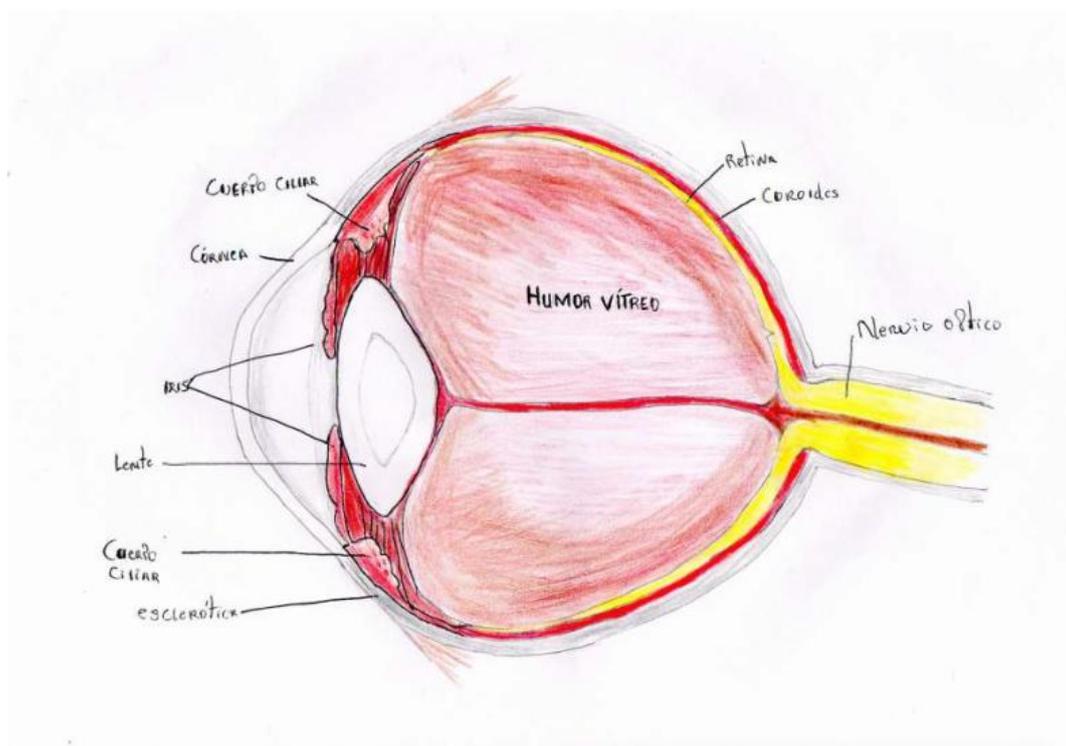
Fonte: Imagem elaborado por estudante da TE.

FIGURA 69: DESENHO ELABORADO PELA ESTUDANTE E 19.

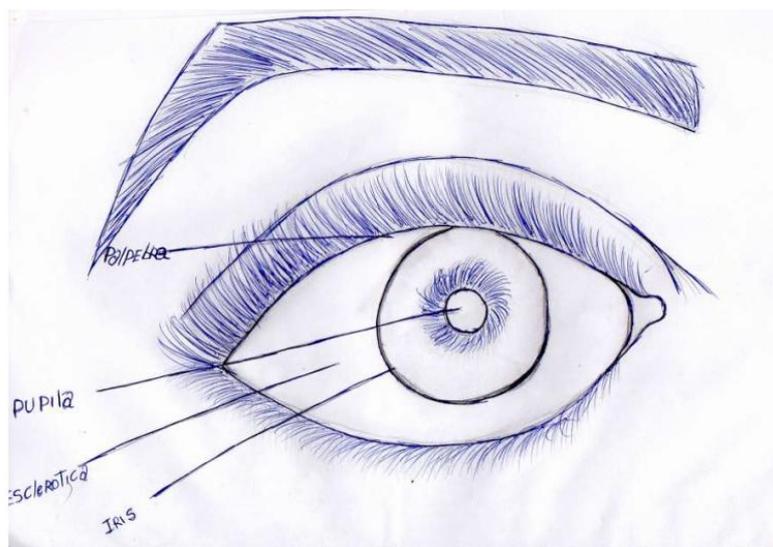


Fonte: Imagem elaborado por estudante da TE.

FIGURA 70: DESENHO ELABORADO PELA ESTUDANTE E 40.



Fonte: Imagem elaborado por estudante da TE.

FIGURA 71: DESENHOR ELABORADO PELO ESTUDANTE E 04.

Fonte: Imagem elaborado por estudante da TE.

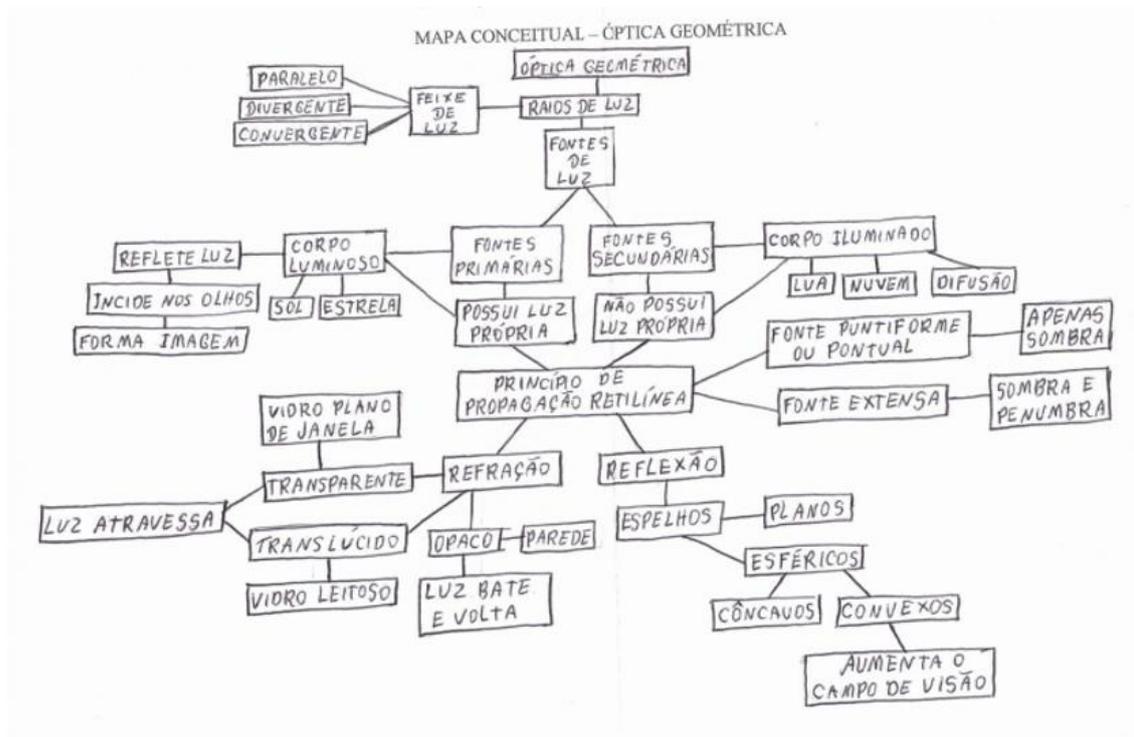
A partir dos desenhos feitos pelos estudantes podemos avaliar que a maior parte deles já conseguia identificar as principais partes do olho humano, e expressar a função delas no ato de ver. Optamos por esta atividade ser individual para permitir que todos conseguissem expressar o seu conhecimento. Todos os presentes tentaram de uma maneira fazer a atividade. Mas alguns estudantes não entregaram a atividade alegando a falta de habilidade para desenhar e por terem pouco tempo para a sua execução.

É importante destacar que os estudantes apresentaram disponibilidade para aprender e se envolveram de modo intencional com as atividades realizadas dentro e fora da sala de aula, mesmo estudantes que apresentavam histórico de desinteresse e demotivação para a realização de atividades acadêmicas.

5.6 O Novo Mapa Conceitual

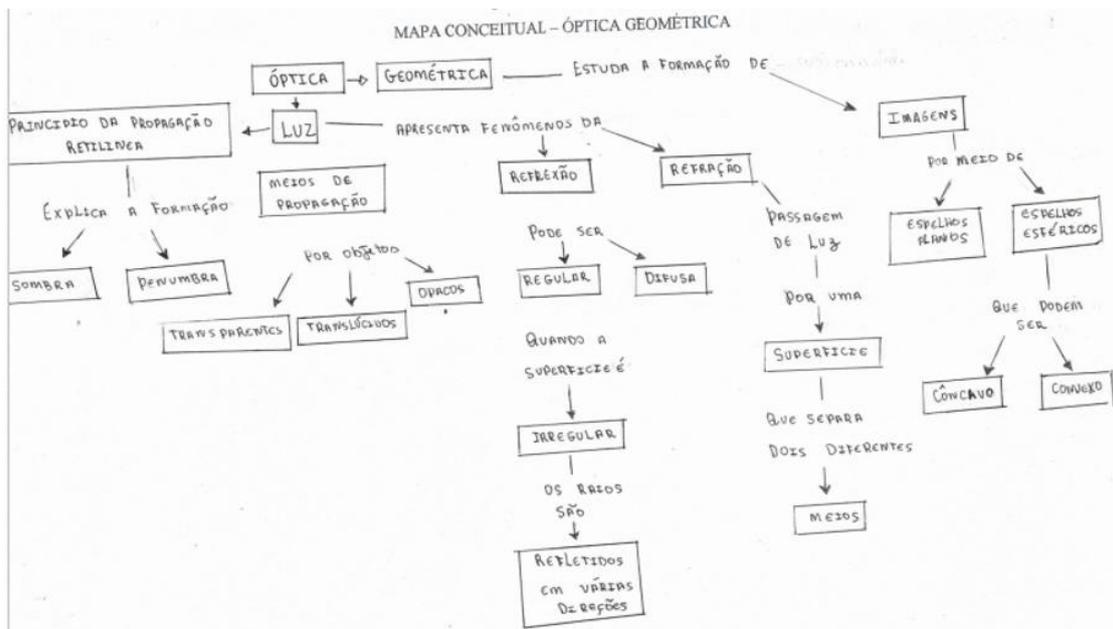
Os estudantes foram estimulados a produzirem novos mapas conceituais no final do sétimo encontro e o resultado dessa produção pode ser visto a seguir. Para esta atividade foi necessária a utilização de mais uma hora-aula a pedido dos estudantes, além das duas normais que já havíamos tido no decorrer das atividades. Alguns dos resultados podem ser vistos nas figuras 72, 73, 74, 75, 76 e 77.

FIGURA 72: MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO PELO ESTUDANTE E 07.



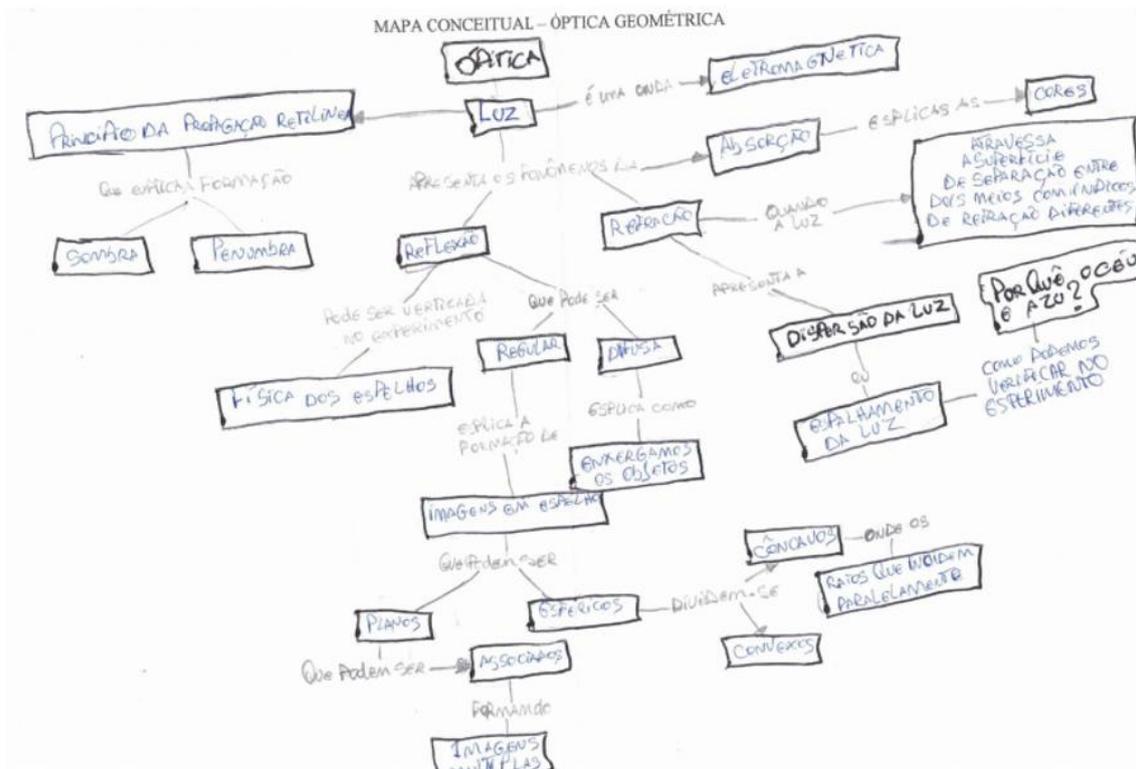
Fonte: Mapa conceitual de estudante da TE.

FIGURA 73: MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO PELO ESTUDANTE E 20



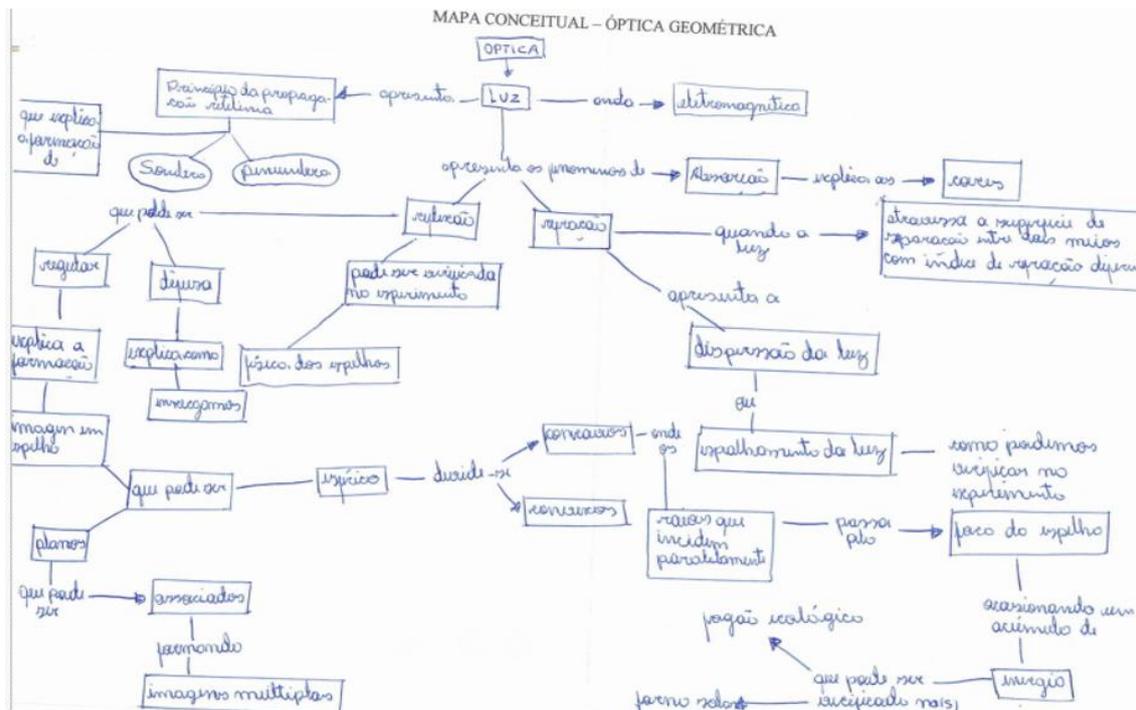
Fonte: Mapa conceitual de estudante da TE.

FIGURA 74: MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO PELO ESTUDANTE E 25.



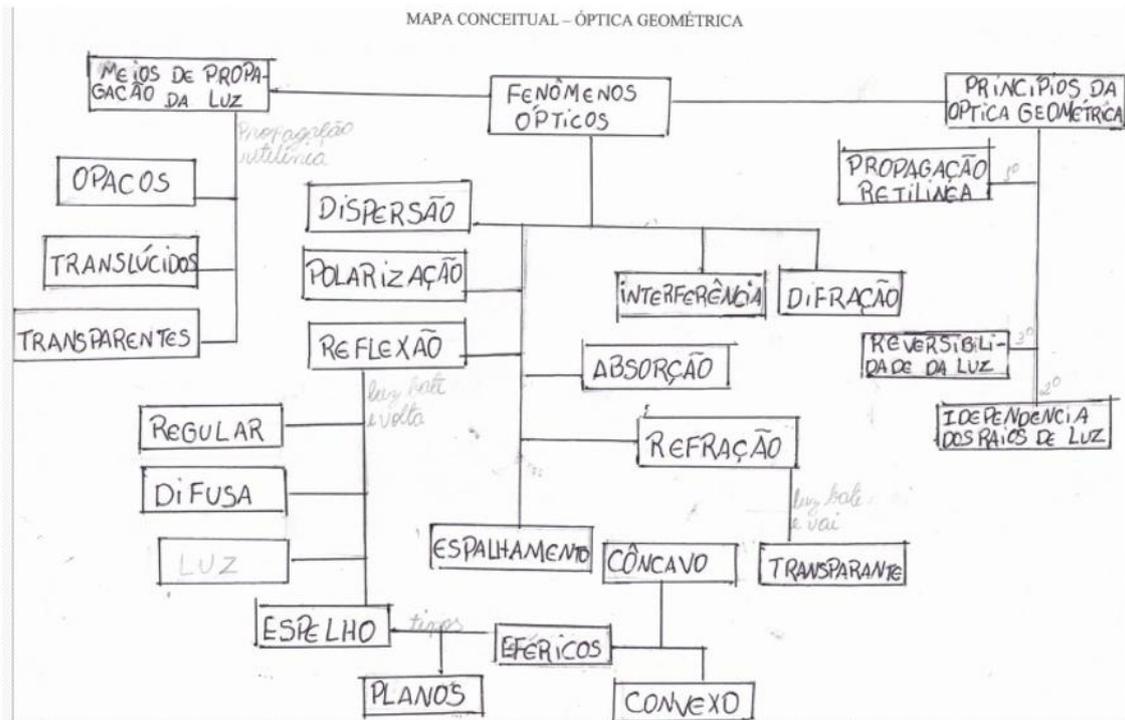
Fonte: Mapa conceitual de estudante da TE.

FIGURA 75: MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO PELO ESTUDANTE E 27.



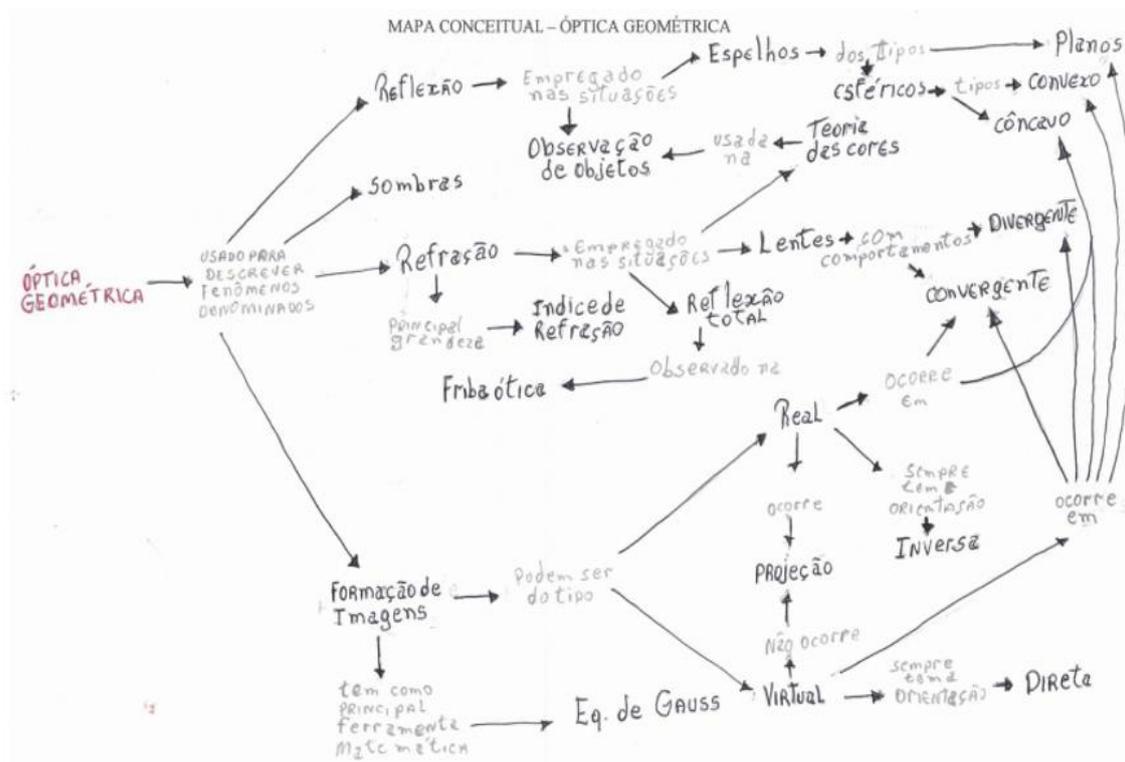
Fonte: Mapa conceitual de estudante da TE.

FIGURA 76: MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO PELO ESTUDANTE E 30.



Fonte: Mapa conceitual de estudante da TE.

FIGURA 77: MAPA CONCEITUAL PRODUZIDO PELO ESTUDANTE E 46.

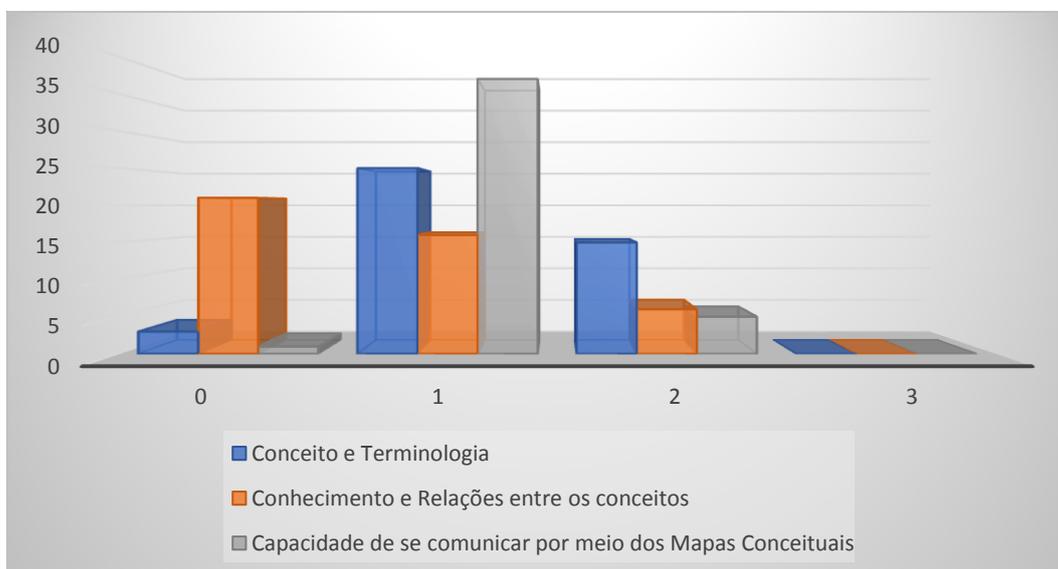


Fonte: Mapa conceitual de estudante da TE.

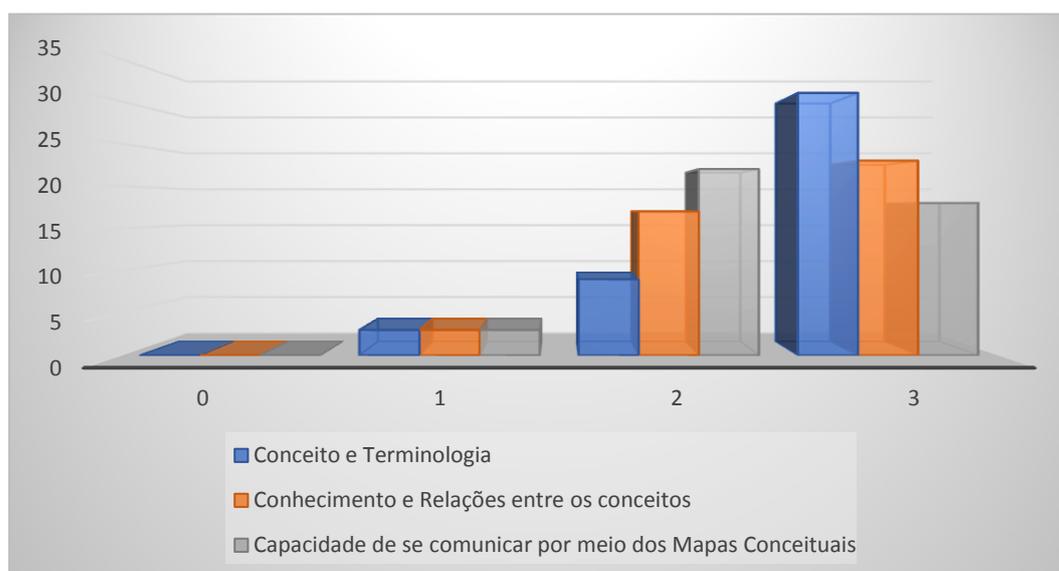
Todos os estudantes elaboraram seus mapas conceituais. Comparados com os mapas conceituais feitos no primeiro encontro, percebemos que houve uma melhor organização dos conteúdos na estrutura cognitiva dos estudantes, que são evidenciadas nas informações que estão elencadas nos mapas. Apesar das diferentes formas de estrutura, observamos a clarificação das relações entre os conteúdos elencados.

A avaliação dos MC a partir do modelo avaliativo de Bartels demonstrou que os estudantes conseguiram apresentar uma evolução perceptível no decorrer da aplicação da sequência didática. Os gráficos 15 e 16 indicam o perfil dos MC produzidos pelos estudantes no início e no fim da aplicação da sequência didática.

GRÁFICO 15 – AVALIAÇÃO DOS MC INICIAIS (TE).



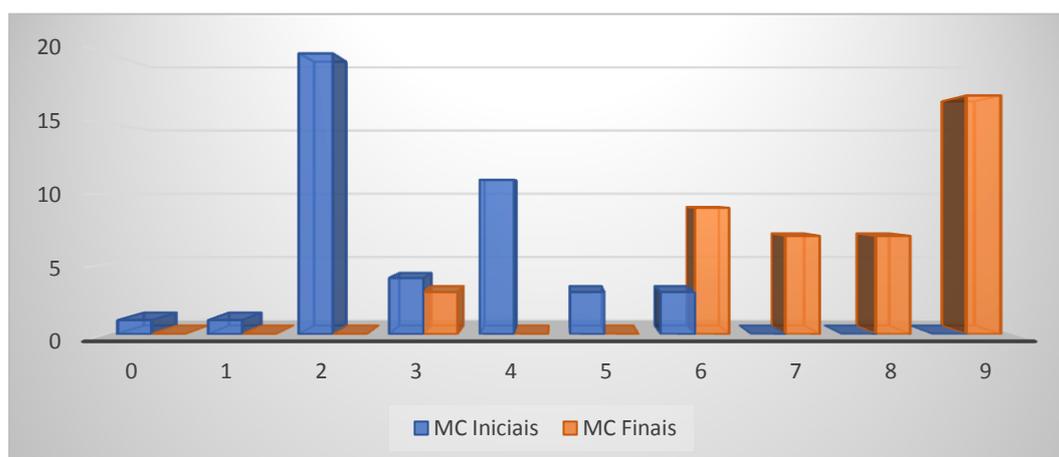
Fonte: Mapas conceituais elaborados pelos estudantes da TE.

GRÁFICO 16 – AVALIAÇÃO DOS MC FINAIS (TE).

Fonte: Mapas conceituais elaborados pelos estudantes da TE.

Observamos, pelos critérios avaliativos de Bartels, que os MC finais apresentaram aumento em complexidade conceitual e uso de terminologias adequadas em relação aos MC iniciais, bem como demonstram a ampliação dos conhecimentos e na capacidade de externalizar as relações existentes entre os conceitos abordados e a capacidade de comunicar informações relevantes por meio de conceitos e exemplos apresentados nos MC. No gráfico abaixo vemos o perfil das notas dos MC iniciais e finais¹². Notamos que os MC finais, em sua maioria, apresentaram avaliações positivas, e uma parcela considerável dos estudantes conseguiu a nota máxima nos itens que estavam sendo levados em consideração, conforme podemos observar no gráfico 17.

¹² Os estudantes não receberam notas relativas aos MC elaborados que fossem utilizadas como critérios avaliativos a fim de obtenção de nota para o período escolar.

GRÁFICO 17 - NOTAS DOS MC (TE).

Fonte: Mapas conceituais elaborados pelos estudantes da TE.

Vale ressaltar que nem todos os MC que obtiveram a pontuação máxima apresentavam o mesmo nível de complexidade, algo natural segundo Vergnaud em sua teoria dos campos conceituais, pois cada estudante, por maiores que sejam os esforços realizados e a automotivação durante o processo da aplicação da sequência didática, terá um tempo próprio para a produção de respostas e a externalização das ideias relevantes desenvolvidas em sua estrutura cognitiva.

5.7 Avaliação Somativa

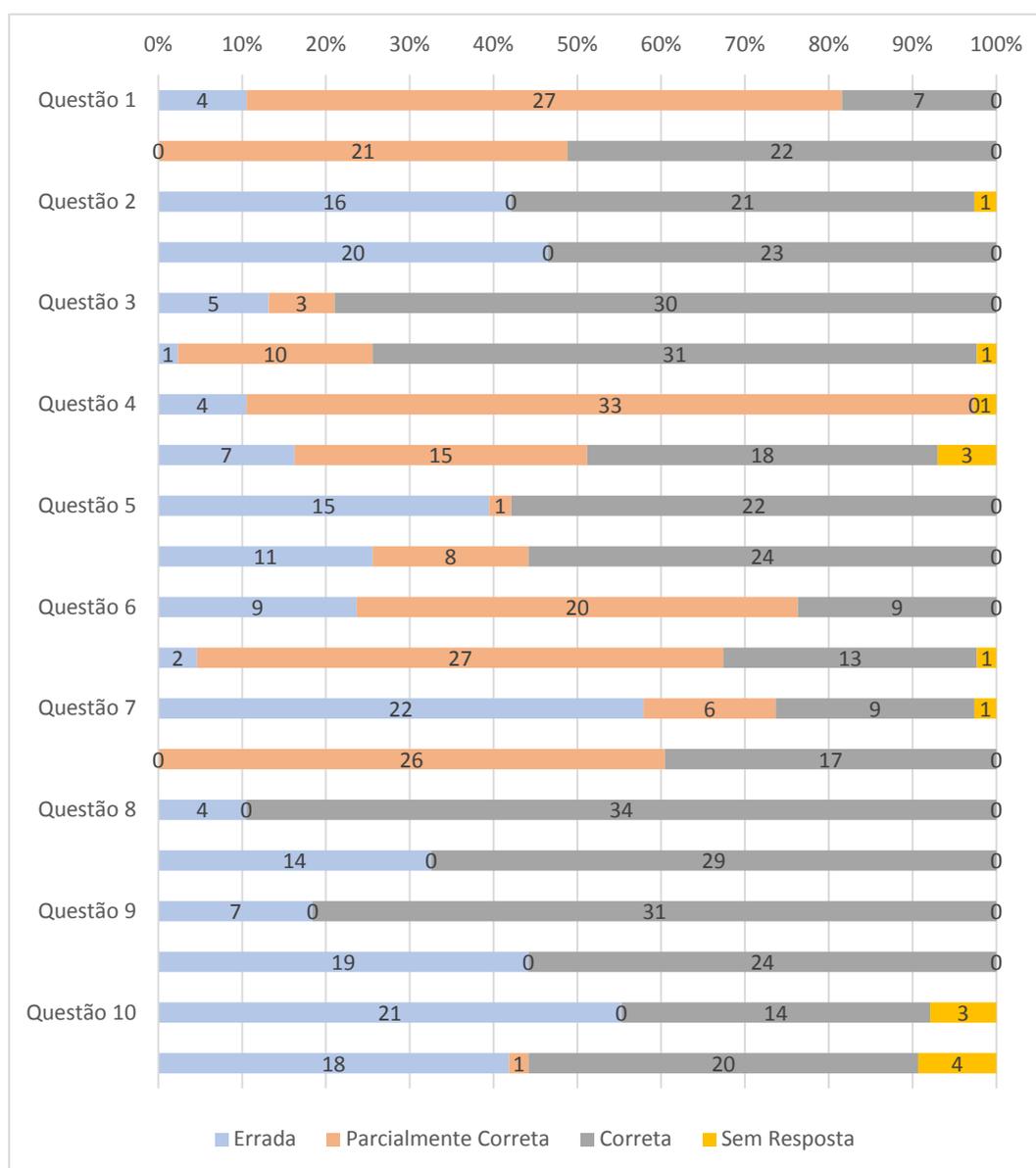
A avaliação somativa foi realizada no oitavo encontro e consistiu de aplicação de um questionário de dez questões composto por questões abertas e de múltipla escolha, que pode ser consultada no apêndice D. Esta avaliação foi elaborada com itens que visavam avaliar a aprendizagem significativa dos estudantes e ao mesmo tempo levá-los à reflexão a respeito de problemas associados a aplicações da OG. As questões versavam sobre de problema da visão e uso de lentes corretivas, uso de espelhos esféricos e as propriedades das imagens produzidas, queimadas geradas por lentes ou espelhos esféricos, associação de espelhos planos, uso social dos conhecimentos sobre os problemas associados à visão, refração da luz em formação de imagens, aplicação das propriedades dos espelhos esféricos.

A avaliação do período aplicada com a TC foi a mesma aplicada à TE, pois os conteúdos abordados foram os mesmos, diferenciando-se apenas nas metodologias

aplicadas durante o período. As avaliações foram aplicadas no mesmo dia para ambas as turmas, junto com avaliações de outras disciplinas, seguindo o calendário escolar elaborado pela gestão pedagógica da escola.

O gráfico 18 mostra o perfil das respostas dadas pelos estudantes da TE e da TC, item a item. As linhas ímpares são a descrição das respostas da TC e as linhas pares descrevem as respostas da TE.

GRÁFICO 18 – AVALIAÇÃO SOMATIVA (TE) E AVALIAÇÃO PERIÓDICA (TC).



Fonte: Avaliações dos estudantes da TE e da TC.

Observamos que na maior parte das questões a TE obteve resultados bastante expressivos e apenas no item 10 a maior parte dos estudantes ou não conseguiu

responder ou respondeu de modo incorreto. Podemos associar também ao resultado obtido na confecção do espelho esférico da atividade experimental, e ao fato já avaliado de que alguns dos discentes da TE não se identificaram com a produção dos desenhos. Na maior parte dos itens a TE obteve índices melhores que a TC, quando analisamos as questões sob a ótica de acertos parciais e totais comparados versus item sem resposta ou com respostas erradas. Em nenhum dos itens avaliados a TE obteve índices de acertos inferiores a 40 %.

Nos itens 2, 8 e 9, que são de múltipla escolha, a turma TE teve resultados inferiores de acertos totais comparados à TC. No entanto, quando observamos os itens que precisam de análise discursiva dos estudantes os percentuais de acertos totais da TE são superiores ao da TC. O número de estudantes que deixaram questões sem resposta também foi maior na TE. Os itens 1 e 4 apresentavam a necessidade da resolução de cálculos, e nestes a TE obteve o percentual de acertos totais superior à TC.

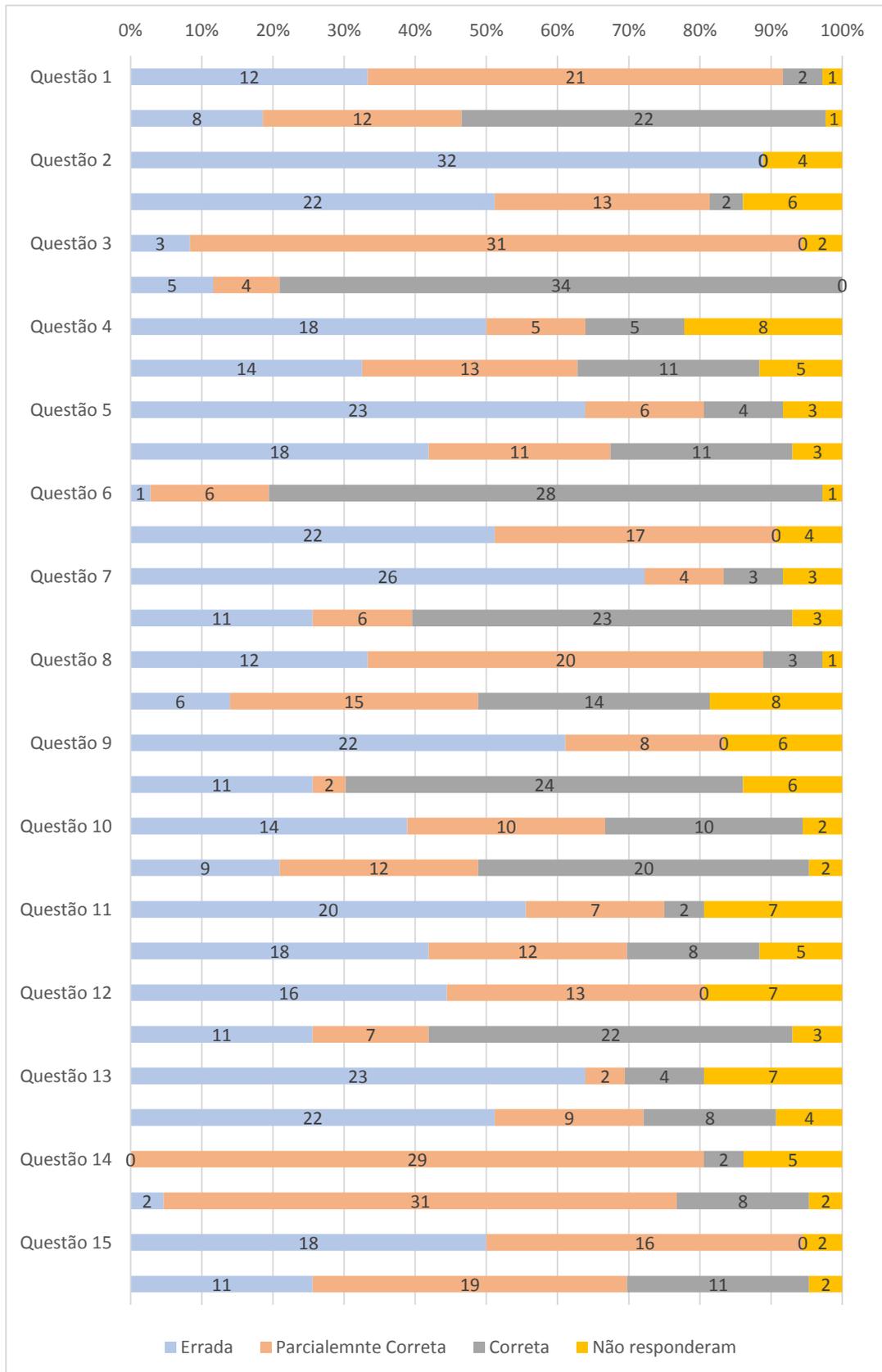
A partir destes resultados podemos sugerir que a TE apresentou bons resultados quando avaliamos o aspecto de aprendizagem significativa crítica, uma vez que nos itens em que os estudantes precisavam recorrer às análises de situações em que a OG está presente no cotidiano eles foram capazes de analisar as questões à luz do conteúdo estudado. Demonstraram capacidade de usar a linguagem a fim de expressar seus conhecimentos e ao mesmo tempo refletir sobre o que se pede. Entretanto, mas ainda precisam se adequar melhor para situações que precisem lidar com questões que envolvam proposições parecidas e que precisam ficar atentos às informações contidas no texto e nas opções.

Vale lembrar que a avaliação somativa foi aplicada junto às outras avaliações em final de ano, o que pode ter comprometido o grau de atenção à prova, ocasionado por fatores como problemas com obtenção de notas nas outras disciplinas, níveis de tensão altos em virtude estarem em semana de provas, ansiedade que comumente antecede momentos decisivos, abatimento por resultados ruins em outras avaliações, etc.

5.8 Pós-Teste

A aplicação do pós-teste foi aplicada nas duas turmas após a realização das provas. A TC resolveu primeiro, em virtude de terem terminados as provas antes da TE. As questões do pós-teste foram as mesmas do pré-teste. O gráfico 19 mostra uma comparação entre o perfil das respostas entre as duas turmas.

GRÁFICO 19 – RESULTADO COMPARATIVO DOS PÓS-TESTE DAS TURMAS DE CONTROLE E EXPERIMENTAL



Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TC e da TE.

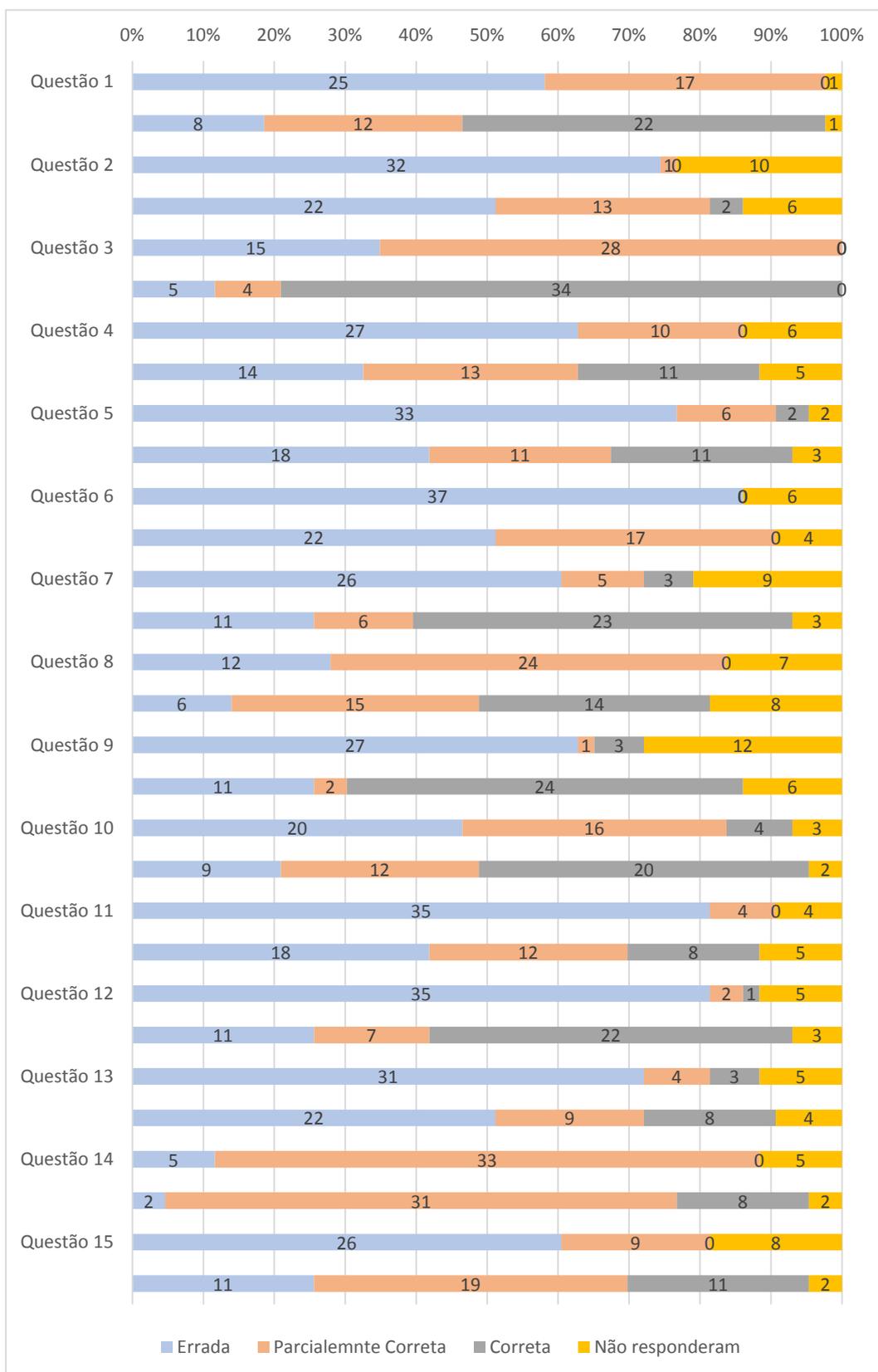
Houve a diminuição na abstenção em responder ao pré-teste por parte da TC, o que nos permite avaliar melhor os resultados obtidos no pós-teste das duas turmas. Podemos observar que em quase todos os itens a TE apresentou percentuais de acertos totais mais expressivos que a TC, excetuando-se o item 6, no qual a TC respondeu massivamente de forma correta, e a TE apresentou índices de acertos parciais e total pequenos. Esta diferença deve ter ocorrido porque na sequência didática em nenhum momento os estudantes foram estimulados a estudarem este tema, nem tão pouco foi abordado em sala de aula.

Podemos avaliar também que mesmo sendo usada uma metodologia tradicional na TC, com uso de aulas expositivas centradas na figura do professor, no uso do livro didático como principal fonte de referência e pesquisa, com resolução de problemas teóricos e com realização de poucas atividades experimentais, pode haver aprendizagem. Mas nesse caso, baseado na repetição e na resolução da maior quantidade de questões possíveis, a fim de se deparar com as mais distintas situações e por conseguinte, há uma mudança perceptível nos resultados apresentados.

No entanto, este tipo de metodologia mostrou pouco proveitosa para situações em que havia a necessidade de desenvolver um raciocínio físico antes da aplicação da ferramenta matemática. Os estudantes apresentaram problemas em situações que necessitavam de uma generalização das aplicações dos conteúdos abordados. Assim podemos concluir que mesmo este tipo de metodologia apresentando alguns resultados, há outras que apresentam resultados melhores.

A partir do gráfico 20 podemos comparar os resultados do pré-teste e do pós-teste da TE. Podemos observar que em todos os itens abordados houve aumento no número de acertos totais ou parciais. Desta forma, podemos concluir que os discentes apresentaram aprendizagem significativa, pois conseguem, a partir do uso da linguagem, responder as questões elencadas, externalizando de forma clara conceitos ou explicando situações que lhes foram propostas. Eles conseguem generalizar a partir da compreensão adquirida durante estudo de outras situações, o que demonstra a apropriação de conceitos. No entanto, nota-se que existe espaço para melhorias destes resultados, como a diminuição do número de abstenções e erros e o aumento dos acertos totais. Vale lembrar, porém, que a construção de um campo conceitual na estrutura cognitiva demanda tempo, idas e vindas e o tempo de aprendizagem é individual.

GRÁFICO 20 – COMPARATIVO ENTRE OS PRÉ E PÓS-TESTE DA TE.

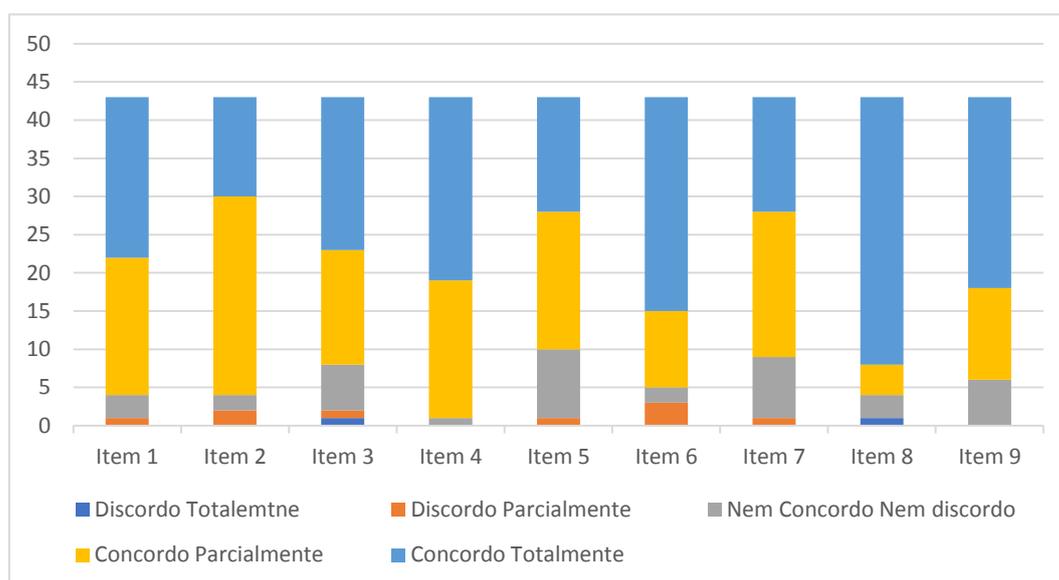


Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TE.

5.9 Avaliação da Sequência Didática

A sequência didática aplicada aos estudantes passou por uma avaliação por parte dos discentes. A avaliação da sequência foi estruturada por 10 itens, sendo 9 seguindo a escala de respostas de Likert e uma questão aberta em que eles poderiam fazer sugestões e tecer críticas a respeito do trabalho desenvolvido. Buscamos desta forma perceber como os estudantes avaliaram a aplicação da sequência didática ao longo de seus diferentes momentos. O gráfico 21 descreve o perfil das respostas para os itens de 1 a 9, cujas respostas são organizadas por um espectro em que o estudante pode discordar fortemente com a afirmação do item até concordar fortemente.

GRÁFICO 21: AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.



Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TE.

A partir análise realizada, tendo por base as respostas dadas pelos discentes, percebemos que para aproximadamente 13,2% dos itens avaliados os estudantes nem concordaram nem discordaram ou discordaram total ou parcialmente do que era afirmado no item. Assim sendo, devemos investigar quais fatores podem ter levado a este resultado. A análise das respostas produzidas no item 10 nos dar indícios do que pode ter ocasionado. Na figura 78 elencamos respostas dadas pelos alunos da aplicação da atividade e nela podemos avaliar há indícios que nos indiquem os motivos para o dado acima.

FIGURA 78: SITUAÇÕES- PROBLEMAS CITADAS PELOS ESTUDANTES (TEM 10)

10º) Nesse espaço você terá a oportunidade de fazer críticas e sugestões sobre as atividades desenvolvidas de forma a melhorar o trabalho do professor pesquisador que tenha contato com os trabalhos que serão produzidos a partir dessa pesquisa.

Os trabalhos realizados pelo professor de física são muito bons, métodos interessantes, ele é um excelente educador. Mas deveria explicar com mais paciência e clareza os conteúdos não esclarecidos.

Bom, na teoria nós tivemos muitas aulas, mais nas práticas de cálculos eu não compreendi muito bem, então eu queria que tivesse mais aulas na prática.

Durante o processo, das atividades exercitadas, pude compreender algumas coisas baseadas em meu cotidiano: Observe que o professor Rogério tenta melhorar os nossos estudos, utilizando outros meios de nos ensinar, gostaria que ele continuasse se empenhando, tentando facilitar mais o desenvolvimento, daquelas que possui algumas dificuldades!

Fonte: Questionários respondidos pelos estudantes da TE.

Os estudantes citaram a necessidade de mais clareza durante as aulas, a mudança na metodologia de abordagem dos cálculos, e empenho ainda maior são indícios pelos quais os estudantes tenham discordado ou deixado de avaliar positivamente o trabalho desenvolvido. Entretanto, como podemos ver na figura 79, outros estudantes avaliaram a aplicação da sequência didática de forma positiva, elogiando as metodologias usadas durante aulas ministradas, evocando a percepção de que apresentaram aprendizagem e forçando o esforço realizado ao longo do processo e a clareza na exposição dos conteúdos ministrados. Vale ressaltar que o item não tinha este objetivo, e que os estudantes responderam ao item de forma espontânea.

FIGURA 79: AVALIAÇÕES POSITIVAS CITADAS PELOS ESTUDANTES (ITEM 10)

Bem na minha opinião todas as aulas foram muito úteis e claro para nós aprendizes vi muito o valor de professor, tudo que ele pede nos ajudar, ele ajuda, me ajuda. Então métodos de aulas não só na teoria, mas também na prática.

se por acaso meu aprendizado de física a disto que comecei anterior, posso dizer que as novas técnicas de meu professor me ajudaram de forma surpreendente a compreender física tanto teórica quanto prática e cálculos.

Este profeto agiu de forma muito abrangente e muito aproveitadora para ampliar meus conhecimentos físicos, sempre de maneira séria e dinâmica e complementar.

Não tenho motivos para críticas negativas, pois tudo superou minhas expectativas intelectuais.

Bem, como aulas que você me deu eu não tenho nada contar, gostei muito teve alguns conceitos difíceis Mas Isso é da física, Mas tudo bem a seguir é top mano, Muitos Professores, Valew Professor.

Com gostei muito dos métodos de trabalho com experimentos e a parte prática a teoria principalmente me ajudou a entender as funções do olho e entre outros foi muito bom, aprendi também a importância dos pontos no dia a dia.

Do começo do ano para cá. O professor Rogério, vive dando aulas super interessantes para seus alunos. E explicações super explicadas. E que todos os assuntos que foi dado por eles. Vão sendo muito interessantes. Entendemos muito bem. . . . Quero que o professor continue, no próximo. Ele é um ótimo professor.
Vlw.

A sequência foi avaliada de forma positiva, concordando parcial ou totalmente com as afirmações contidas nos itens por cerca de 87 % dos estudantes. Este resultado demonstra que os estudantes conseguiram ao longo da aplicação da sequência perceber a relevância do conteúdo abordado. Os discentes que concordaram parcialmente com as afirmações revelam, no entanto, que ainda precisam de um tempo mais longo para se sentirem melhores em relação à sua aprendizagem, o que indica que o estudante desenvolveu o processo de reflexão crítica quanto a sua aprendizagem em relação ao tema.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação desta sequência teve como propósito a apresentar conteúdos associados à Óptica geométrica que privilegiassem a aprendizagem significativa em detrimento da aprendizagem mecânica, de modo que os estudantes a cada etapa conseguissem fazer com que novas informações se relacionassem se tornassem relevantes, dando sentido e utilidade ao objeto de estudo.

Quando há respostas positivas ao material de aprendizagem há evidências de que o material é potencialmente significativo, uma vez que se relacionou com os subsunçores dos estudantes, promovendo a aprendizagem significativa e crítica do estudante. A expectativa era de que a implementação da sequência didática gerasse a evolução do conhecimento dos estudantes, e que pudessem ser percebidos por meio dos diferentes métodos avaliativos.

Para que o material potencialmente significativo faça sentido é necessário que estudante apresente subsunçores mínimos, a fim de que o novo conhecimento possa se ancorar. Desse modo, a apresentação introdutória de exemplos e conceitos associados ao conteúdo a ser abordado no decorrer das aulas pode auxiliar os estudantes que não apresentam tais subsunçores a construir ligações, mesmo que simples, com o intuito de que as novas ideias sejam incorporadas a estrutura cognitiva do estudante.

A motivação do estudante em aprender é outro aspecto relevante. Para que este se sinta motivado é importante que perceba a evolução de seus conhecimentos. A elaboração de atividades que levem o estudante a perceber esta evolução o leva a envolver-se ainda mais com o estudo, que por sua vez, torna o material potencialmente significativo.

A avaliação dos pré-testes das turmas experimental e de controle evidenciaram que os estudantes apresentavam poucas ideias válidas sobre o assunto, uma vez que a maior parte ou respondeu de modo equivocado ou não respondeu as questões propostas. Além disso, poucos mapas conceituais produzidos inicialmente conseguiram externalizar de modo claro o domínio de algum conceito relacionado à OG. A análise das imagens revelou que os estudantes conseguiam identificar algumas partes que compõem o olho humano. No entanto, na turma de controle os estudantes mesmo sendo informados de que não deveriam fazer consultas a livros ou outros meios,

usaram de subterfúgios durante a realização da atividade, o que comprometeu a análise dos resultados.

Durante a execução da sequência didática surgiram algumas demandas, originadas pela escola, que podem ter comprometido o desempenho dos estudantes, como as atividades relacionadas a festival estudantil, tais como, redução no tempo de duração das aulas, reuniões das equipes no contraturno, execução de atividades relacionadas a atividades do festival, ensaios de coreografia e peças para a semana de culminância. Estas atividades normalmente ocorriam no contraturno e não poucas vezes até a noite, comprometendo os momentos de estudos fora do ambiente escolar.

Por meio das produções dos discentes é possível perceber evidências da existência de aprendizagem significativa e crítica, refletidas na realização das atividades experimentais e nas diferentes soluções dadas para os problemas que surgiam na execução das atividades, nas discussões realizadas em grupo nas aulas, e pelos questionamentos que surgiam no decorrer das aulas. A produção do olho e a identificação de suas partes, a percepção de que os primeiros mapas construídos não se relacionavam os conteúdos aprendidos no decorrer dos estudos, a construção dos novos mapas conceituais ao final do processo, a compreensão de como nosso cotidiano é influenciado pelas imagens que nos cercam, e como ocorreu esse processo ao longo da evolução do processo de fotografar, são também evidências de que houve aprendizagem significativa e crítica.

As hipóteses para a solução de problemas experimentais, como dos espelhos esféricos que aqueciam a região próxima, mas não refletiam os raios para o foco, mostram que os estudantes conseguiram relacionar conhecimentos físicos a outras áreas do conhecimento como a matemática, quando propuseram fazer um espelho parabólico a partir de uma função do segundo grau, ou usar uma antena parabólica como base para a superfície refletora. A reflexão sobre a prática de comprar óculos sem orientação médica, a percepção da complexidade do olho humano em sua estrutura e funcionamento, a compreensão sobre o processo de fabricação de lentes, e o respeito aos estudantes que possuem problemas de visão são aspectos relevantes que foram percebidos ao longo da aplicação da sequência.

A análise do pós-teste revelou uma evolução significativa em quase todos os itens. A complexidade das respostas elaboradas, associadas ao uso de termos que estão relacionados aos fenômenos estudados, dá indícios de que os discentes apresentaram uma evolução produzida pela ancoragem dos novos conteúdos em sua estrutura cognitiva. Mas vale ressaltar que, no aspecto de reflexão de luzes monocromáticas, a abordagem do tema quer em sala de aula quer fora dela não foi proposta pelo professor, o que refletiu no perfil das respostas dos estudantes da turma experimental.

Notaamos que os estudantes da turma experimental apresentaram disponibilidade em aprender de forma significativa e crítica, explicitada de diversas formas: boa interação entre eles, perceptível nas situações de convivência no ambiente escolar e fora dele; boa relação com o professor dentro do ambiente escolar; disposição em auxiliar outros estudantes caso necessário e a construir trabalhos colaborativos; o tempo dedicado para estudo e elaboração das atividades experimentais. Esta disponibilidade foi relevante para os resultados obtidos pela sequência.

A receptividade é outro aspecto que pode ser evidenciado pela avaliação das atividades, pois somente em casos pontuais, um ou outro estudante não se dispôs a realizar as atividades propostas, e ainda assim o faziam de maneira justificada, o que denota o interesse do estudante. Aspectos como melhoria na capacidade de interpretação e formulação de hipóteses, percepção nas relações entre conceitos, facilidade em assimilar e aplicar os conteúdos são aspectos que podemos elencar como positivos advindos da aplicação desta sequência didática.

Almejamos com este trabalho ampliar a divulgação dos trabalhos sobre sequências didáticas, incentivar a elaboração de novas sequências com vistas ao desenvolvimento da aprendizagem significativa e crítica dos estudantes, tornando o fazer educacional não uma mera reprodução dos livros didáticos, mas um processo de construção de significados úteis servindo de base para novos conhecimentos e uma compreensão mais profunda do mundo que os cerca.

REFERÊNCIAS

ALVARELLI, D. **Como são feitas as lentes (Nikkor) da Nikon.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=_dpEkmRX2d0>. Acesso em: 11 set. 2017.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. and HANESIAN, H. (1978). **Educational psychology: a cognitive view.** 2nd. ed. New York, Holt Rinehart and Winston.

_____. **Psicologia educacional.** Rio de Janeiro: Interamericana, 1980
 NOVAK, J.D. e GOWIN, D.B. (1996). **Aprender a aprender.** Lisboa, Plátano Edições Técnicas. Tradução para o português de Carla Valadares, do original Learning how to learn.

AUSUBEL, D. P. **A Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

_____. **The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view.** Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2000.

BARTELS, B. H. **Promoting mathematics connections with concept mapping.** Mathematics Teaching in the Middle School, v. 1, n. 7, p. 542-549, 1995.

BESERRA, F. de M. **Uma abordagem básica sobre a física da visão,** Poção de Pedras – MA, Jan, 2012, 39 p.

BRASIL. MEC. **Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio.** Brasília, 2000.

BRASIL, MEC. **Descritores.** Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/saeb_matriz2.pdf>. Acesso em: 06/08/2018.

CHAVES, A. **Evolução estelar.** Disponível em: <<http://www.observatorio.ufmg.br/Pas104.htm>>. Acesso em: 07 set. 2017.

CIÊNCIA TODO DIA. **Quanto Tempo a Luz do Sol REALMENTE Leva Para Chegar na Terra?.** Disponível em: <<https://m.youtube.com/watch?v=MeAYlgnzSQs>>. Acesso em 07 set. 2017.

_____. **A verdade por trás do céu azul.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7c2tZmD4BJQ>>. Acesso em: 10 set. 2017.

COELHO, A. L. M. de B. **Utilização do software Geogebra no ensino de óptica geométrica de lentes esféricas.** *Revista do Professor de Física*, Brasília, vol. 1, n. 1, 2017 Secretaria de Educação do Distrito Federal, SEDF, Brasília, Brasil.

COOPER, R. **VIDEO AULA 1 Ótica Oftálmica - Refração da Luz (Mundo de Beckman).** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nTiq733vPFU>>. Acesso em: 10 set. 2017.

ERICKSON, F. **Qualitative methods in research on teaching.** In: Wittrock, M.C. (Ed.), *Handbook of research on teaching.* (3rd. ed.) New York : Macmillan Publishing Co, 1986.

FÁVERO, M. H, e SOUSA, C. M. S. G; **Análise de uma Situação de Resolução de Problemas de Física, em Situação de Interlocução entre um Especialista e um Novato, à Luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud;** *Investigação em Ensino de Ciências*, 6 (2). 2001.

FIRESTONE, W.A.. **Meaning in method: the rethoric of quantitative and qualitative research.** *Educational Researcher*, 16(7): 16-21, 1957.

HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. **Fundamentos de Física: óptica e física moderna.** Volume 4. 8ª edição. Editora LTC, 2009.

IBGE. **CENSO 2010.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/ma/santa-helena/panorama>> Acesso em: 27 ago. 2017.

IDEB do estado do Maranhão. Disponível em: < <http://ideb.inep.gov.br/resultado/>> Acesso em: 05 set. 2018.

JUNIOR, M. F. R. e CUSTÓDIO, J. F. **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud:** considerações para propostas de inserção da Física Moderna no Ensino Médio. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências 1 de 5.

KARIOCA, A. **Cerimônia da tocha olímpica é iniciada em Atenas.** Disponível em: <<https://m.youtube.com/watch?v=od6I2aWOS24>>. Acesso em: 09 set. 2017.

MAGO DA FÍSICA. **Reflexão Total da Luz (Visualização)**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=mFVfXsqpNh4>>. Acesso em: 10 set. 2017.

_____. **A Curva da Luz (Efeito Miragem)**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=UmHa-RbofVM>>. Acesso em: 10 set. 2017.

MANUAL DO MUNDO. **Como fazer um espelho infinito experiência de ótica**. Disponível em: <<https://m.youtube.com/watch?v=0gamlfbFpNU>>. Acesso em: 08 set. 2017.

_____. **Experiência do espelho mágico para copiar desenhos**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=6x2j2fh-fVY>>. Acesso em: 08 set. 2017.

_____. **Ilusão da cabeça cortada - aprenda a fazer!** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KsgeeQKQviA>>. Acesso em: 08 set. 2017.

_____. **Fogão solar parabólico (experiência de Física)**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KIJ24jn2uk8>>. Acesso em: 09 set. 2017.

_____. **O espelho criador de fantasmas (experiência de Óptica)**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Y3fMCbXO8gQ>>. Acesso em 09 set. 2017.

_____. **Fizemos uma lupa gigante que passa de 600 graus**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Xz7LmeywzH8>>. Acesso em: 11 set. 2017.

MARANHÃO. **PLANO MAIS IDEB: Ações Estratégicas para Elevar os Índices Educacionais do Maranhão**, Secretaria de Estado da Educação – Unidade Regional de Pinheiro, Pinheiro, 2017, pág 7 -15.

_____. **ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS PARA O ANO LETIVO 2017**, Secretaria de Estado da Educação, São Luís - MA, 2017.

_____. **REGIMENTO ESCOLAR DOS ESTABELECIMENTOS DE ENSINO DA REDE PÚBLICA ESTADUAL DO MARANHÃO**, Secretaria de Estado da Educação, São Luís - MA, 2016.

MOREIRA, M.A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. 1997. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>> Acesso em: 25 ago. 2017.

_____ **Pesquisa em Ensino: Aspectos Metodológicos**. 2003. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/pesquisaemensino.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

_____**Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005.

_____**A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília, Editora da UnB, 2006.

_____**Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro Editora. 80p.

NEWSERRADO. **032- O segredo das coisas – Espelho**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Xdhw4-sXZRw>>. Acesso em: 08 set. 2017.

NILSONDM. **História do Fogo Olímpico - parte I**. Disponível em: <https://m.youtube.com/watch?v=epZ4UP_-Tec>. Acesso em: 09 set. /2017.

NILSONDM. **História do Fogo Olímpico - parte II**. Disponível em: <https://m.youtube.com/watch?v=epZ4UP_-Tec>. Acesso em: 09 set. /2017.

NOGUEIRA, F. R. A. **Uma proposta para o ensino de ótica na EJA- Nível Médio**/Brasília, 2015, 133p. Dissertação, Mestrado em Ensino de Física, Universidade de Brasília.

NOVAK, J.D.. **A theory of education**. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1977.

NUSSENZVEIG, H.M., **Curso de Física Básica**, v. 4, São Paulo: Edgar Blücher LTDA, 1998.

PIETROCOLA, M. POGIBIN, A. OLIVEIRA, R. e ROMERO, T. **Física em Contextos: Pessoal. Social e Histórico: Energia, Calor, Imagem e Som: volume 2**, 1 ed, FTD, São Paulo, 2011.

PROFESSOR HONDA. **Cuidados com a visão.** Disponível em: <<http://professorhonda.blog.br/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

SANTISTA CLASS ÓTICA. **Como são feitos os óculos.** Disponível em: <<https://m.youtube.com/watch?v=mTbmK2yFGnA>>. Acesso em: 11 set. 2017.

SANTOS, J. R. dos. **Aprendizagem Ativa:** Uma proposta para o ensino de Luz e Som, dissertação, São Cristóvão, 2016 89 p. UFSergipe

SCHITTLER, D. e MOREIRA, M. A. **Laser de rubi:** uma abordagem baseada em unidades de ensino potencialmente significativas. Latin American Journal of Physics Education. 263-273

SCORPION - DOCUMENTÁRIOS E VARIEDADES. **Os Segredos do Universo – Hubble = HD Dublado 2017.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=W1spM3kxVFQ>>. Acesso em: 07 set. 2017

SILVA, P. F. Z. de O. E **Experimentação em óptica nas séries finais do Ensino Fundamental:** uma compreensão fenomenológica, Ponta Grossa - PR 2014, 96 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA: **Portal Pion,** Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/v1/novopion/index.php/publicacoes/materiais-didaticos>> Acesso em: 02 ago. 2017.

SOCRÁTICA PORTUGUÊS. **O que são estrelas de nêutrons? (Astronomia)** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=mRuYo68dWPg>>. Acesso em 07 set. 2017.

TV CÂMARA DE PORTO ALEGRE. **História em Movimento: Origem e Evolução da Lâmpada Elétrica.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=n3lNiwsIh7Y>>. Acesso em: 07 set. 2017.

VARELLA, D. **Visão.** Disponível em: <<https://drauziovarella.uol.com.br/tag/visao/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

VERGNAUD, G.. **Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple:** les structures additives. Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique. La Londe les Maures, França, 26 de junho a 13 de julho, 1983.

_____ **La théorie des champs conceptuels.** Recherches em Didactique des Mathématiques, 10 (23), 1990.

_____ **Teoria dos campos conceituais.** In: NASSER, L. (Ed.). I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA , Rio de Janeiro. Anais do Semiário Internacional de Educação Matemática. p. 1-26, 1993.

_____ **A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos.** Revista do GEMPA, Porto Alegre, Nº 4, 1996, p. 9-19.

_____ **The nature of mathematical concepts.** In Nunes, T. & Bryant, P. (Eds.) Learning and teaching mathematics, an international perspective. Hove (East Sussex), Psychology Press Ltd, 1997.

_____ REVISTA NOVA ESCOLA. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/960/gerard-vergnaud-todos-perdem-quando-a-pesquisa-nao-e-colocada-em-pratica>>. Acesso em: 07/07/2018

_____ **O longo e o curto prazo na aprendizagem da matemática.** Educar em Revista, n. Especial 1/2011, Editora UFPR: Curitiba, p.15-27, 2011.

Portal e-Física. Disponível em: <<http://efisica.if.usp.br/optica/basico/geometrica/>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

Portal Mundo Educação. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/optica.htm>> Acesso em: 02 ago. 2017.

Portal InfoEscola. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/optica/>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

Portal Só Física. Disponível em: <<http://www.sofisica.com.br/>>. Acesso em 02 ago. 2017.

Portal Física Net. Disponível em: <<http://www.fisica.net/>>. Acesso em: 02/ago. 2017.

ANEXOS

ANEXO A – IDEB DA REDE PÚBLICA ESTADO DO MARANHÃO NA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

The screenshot shows the IDEB website interface. At the top, there is a header with the Brazilian flag, the text 'BRASIL', and 'Acesso à Informação Barra GovBr'. Below this is a yellow banner with the IDEB logo and the text 'Índice de Desenvolvimento da Educação Básica'. The main content area is titled 'IDEB - Resultados e Metas'. Underneath, there are search filters for 'Resultado' (Estado), 'UF' (MA), 'Rede de ensino' (Estadual), and 'Série / Ano' (3ª série EM). Below the filters, there is a table with the following data:

Estado	Ideb Observado							Metas Projetadas							
	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2019	2021
Maranhão	2.4	2.8	3.0	3.0	2.8	3.1	3.4	2.5	2.6	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.2

Fonte: IDEB

Disponível em: < <http://ideb.inep.gov.br/resultado/>>. Acesso em: 05 set. 2018

ANEXO B – IDEB DO MUNICÍPIO DE SANTA HELENA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL E NA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

IDEB - Resultados e Metas																
Parâmetros da Pesquisa																
Resultado:	Município				UF:	MA										
Município:	SANTA HELENA				Rede de ensino:	Estadual										
Série / Ano:	8ª série / 9º ano															
8ª série / 9º ano																
Ideb Observado								Metas Projetadas								
Município ↕	2005 ↕	2007 ↕	2009 ↕	2011 ↕	2013 ↕	2015 ↕	2017 ↕	2007 ↕	2009 ↕	2011 ↕	2013 ↕	2015 ↕	2017 ↕	2019 ↕	2021 ↕	
Santa Helena	3.2	3.6	3.4	3.3			**	3.3	3.4	3.7	4.1	4.5	4.7	5.0	5.3	

Fonte: IDEB

Disponível em: < <http://ideb.inep.gov.br/resultado/>>. Acesso em: 05 set. 2018

IDEB - Resultados e Metas																
Parâmetros da Pesquisa																
Resultado:	Município				UF:	MA										
Município:	SANTA HELENA				Rede de ensino:	Estadual										
Série / Ano:	3ª série EM															
3ª série EM																
Ideb Observado								Metas Projetadas								
Município ↕	2005 ↕	2007 ↕	2009 ↕	2011 ↕	2013 ↕	2015 ↕	2017 ↕	2007 ↕	2009 ↕	2011 ↕	2013 ↕	2015 ↕	2017 ↕	2019 ↕	2021 ↕	
Santa Helena							3.0							3.2	3.5	

Fonte: Saeb e Censo Escolar.

Disponível em: < <http://ideb.inep.gov.br/resultado/>>. Acesso em: 05 set. 2018

ANEXO C – PERFIL ECONÔMICO, SOCIAL E EDUCACIONAL

Santa Helena	Código: 2109809
Síntese das Informações	
Área da unidade territorial - 2015	2.194,86
Estabelecimentos de Saúde SUS	19
Matrícula - Ensino fundamental - 2015	8.459
Matrícula - Ensino médio - 2015	1.631
Número de unidades locais	211
Pessoal ocupado total	1.596
PIB per capita a preços correntes - 2014	5.444,62
População residente	39.110
População residente - Homens	19.425
População residente - Mulheres	19.685
População residente alfabetizada	26.179
População residente que frequentava creche ou escola	14.240
Valor do rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares permanentes com rendimento domiciliar, por situação do domicílio - Rural	831,62
Valor do rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares permanentes com rendimento domiciliar, por situação do domicílio - Urbana	1.158,19
Valor do rendimento nominal mediano mensal per capita dos domicílios particulares permanentes - Rural	120
Valor do rendimento nominal mediano mensal per capita dos domicílios particulares permanentes - Urbana	233,33
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - 2010 (IDHM 2010)	0,571
Fonte: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	

Fonte: IBGE

Disponível em:

<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=210980&idtema=16&sear...>

Acesso em 03 jun. 2017

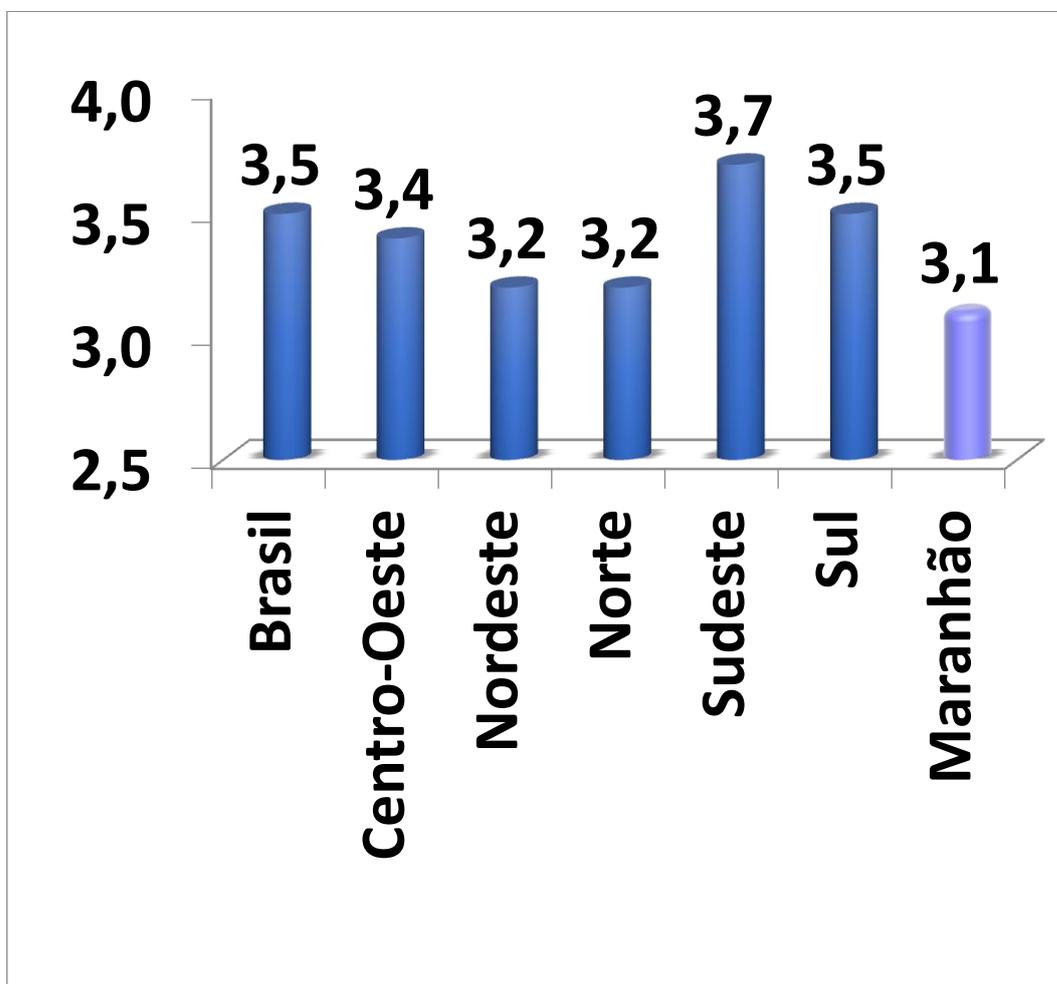
**ANEXO D – CÁLCULO DO IDEB DA REDE ESTADUAL DE EDUCAÇÃO DO
MARANHÃO**

ANO	Taxa de Aprovação		Nota Média Padronizada (N)			IDEB	
	Total	Indicador de Rendimento (P)*	MAT	LP	N	REAL	META
2005	71,0	0,75	229,95	222,61	3,25	2,4	
2007	73,2	0,78	240,88	236,04	3,61	2,8	2,5
2009	77,1	0,81	242,45	243,51	3,74	3,0	2,6
2011	75,5	0,79	242,49	244,81	3,76	3,0	2,7
2013	75,8	0,79	238,65	236,27	3,58	2,8	3,0
2015	79,4	0,82	246,56	244,86	3,82	3,1	3,3

Fonte: SEDUC/ MA via MEC/Inep 2015 (dados sintetizados pela SUAVE)

* (P) Taxa média de aprovação na etapa educacional no ano

**ANEXO E – IDEB DO BRASIL, DAS REGIÕES E DO ESTADO DO
MARANHÃO**



Fonte: PLANO MAIS IDEB, SEDUC/MA.

**ANEXO F - CATEGORIAS DE ESCOLAS COM BASE TAXAS DE
RENDIMENTO ESCOLA**

CATEGORIA	CARACTERIZAÇÃO
A	<p><u>Boa taxa de aprovação</u></p> <p>Baixas taxas de reprovação (< 7%)</p> <p>Baixas taxas de abandono escolar (< 7%)</p>
B	<p><u>Altas taxas de reprovação</u> (≥ 7%)</p> <p>Baixas taxas de abandono escolar (< 7%)</p>
C	<p>Baixas taxas de reprovação (< 7%)</p> <p><u>Altas taxas de abandono escolar</u> (≥ 7%)</p>
D	<p><u>Altas taxas de reprovação</u> (≥ 7%)</p> <p><u>Altas taxas de abandono escolar</u> (≥ 7%)</p>

Fonte: PLANO MAIS IDEB, SEDUC/MA.

**ANEXO G – TAXAS DE RENDIMENTO DAS REGIONAIS DE EDUCAÇÃO
DO ESTADO DO MARANHÃO**

URE	TAXAS RENDIMENTO 2015			PARA ALCANÇAR A PROJEÇÃO DO MEC/INEP		PARA ALCANÇAR A PROJEÇÃO DO GOV-MA	
	Aprov.	Reprov.	Aband.	Esforço	Meta Rend. MEC/ INEP	Esforço	Meta GOV/ MA
Viana	84,3	9,0	6,7	+ 4,2	88,5	+ 5,9	90,2
Pedreiras	83,7	7,3	8,9	+ 4,4	88,1	+ 6,1	89,8
Itapecuru	83,3	7,3	9,4	+ 5,2	88,5	+ 7,0	90,3
Presidente Dutra	81,9	7,8	10,2	+ 5,0	86,9	+ 7,0	88,9
Bacabal	81,7	9,1	9,2	+ 5,0	86,7	+ 7,0	88,7
Santa Inês	81,4	10,5	8,0	+ 5,6	87	+ 7,6	89
Balsas	81,2	12,2	6,6	+ 5,6	86,8	+ 7,7	88,9
Chapadinha	80,7	11,9	7,4	+ 5,7	86,4	+ 7,8	88,5
Caxias	80,4	12,4	7,2	+ 5,5	85,9	+ 7,6	88
Rosário	80,2	12,0	7,8	+ 5,4	85,6	+ 7,4	87,6
Açailândia	80	9,1	10,9	+ 5,9	85,9	+ 8,0	88
São Joao dos Patos	79,4	10,5	10,1	+ 6,5	85,9	+ 8,6	88
Rede Estadual	79,4	10,8	9,2	+ 6,6	86	+ 8,5	87,9
Codó	79,1	15,0	5,9	+ 6,5	85,6	+ 8,7	87,8
São Luís	78,9	13,0	8,1	+ 6,5	85,4	+ 8,8	87,7
Zé Doca	78,3	10,5	11,2	+ 6,8	85,1	+ 9,0	87,3
Imperatriz	76,5	11,9	11,6	+ 7,8	84,3	+ 10,2	86,7
Barra do Corda	76,1	7,8	16,0	+ 8,8	84,9	+ 11,1	87,2
Pinheiro	76	11,4	12,6	+ 8,5	84,5	+ 10,9	86,9

Timon	75,5	17,4	7,1	+ 8,5	84	+ 10,9	86,4
-------	------	------	-----	--------------	-----------	--------	-------------

Fonte: PLANO MAIS IDEB, SEDUC/MA.

**ANEXO H – CLASSIFICAÇÃO DAS ESCOLAS DE SANTA HELENA NAS
CATEGORIAS DE RENDIMENTO**

ESCOLA	TAXAS DE RENDIMENTO 2015				PROJEÇÕES MEC/INEP		PROJEÇÕES GOV-MA	
	APROV	REPROV	ABAND	CATEGORIA	Esforço	META MEC/INEP	Esforço	META GOV -MA
CE DEP LUÍS ROCHA	79,6	8,3	12,1	D	5	84,6	7	86,6
CE NEWTON BELLO	75,7	14,4	9,9	D	7	82,7	9	84,7
CE NEWTON BELLO – ANEXO I QUEIMADAS	88,5	2,3	9,2	C	3	91,5	4	92,5
CE LEDA TAJRA – ANEXO SÃO JOAQUIM	61,5	23	15,5	D	15	76,5	19	80,5
CE LEDA TAJRA	54,3	10,8	34,9	D	24	78,3	28	82,3

Fonte: PLANO MAIS IDEB, SEDUC/MA.

**ANEXO I – MATRIZ DE COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DE CIÊNCIAS
NATURAIS PARA O ENSINO MÉDIO**

EIXOS COGNITIVOS COMPETÊNCIAS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS	I - Dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica.	II - Construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.	III - Selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas para tomar decisões e enfrentar situações problema.	IV – Relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas para construir argumentação consistente.	V - Recorrer aos conhecimentos desenvolvidos para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.
M1 Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.	_____	H1 - Identificar características de ondas sonoras ou de ondas eletromagnéticas, relacionando-as a seus usos nos mais diferentes contextos.	H2 - Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde, ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.	H3 - Confrontar diferentes interpretações de senso comum e científicas sobre práticas sociais (formas de produção e hábitos pessoais), reconhecendo a evolução da linguagem científica ao longo do tempo e em diferentes culturas.	H4 - Analisar propostas de intervenção nos ambientes considerando a qualidade de vida humana ou medidas de conservação, recuperação e utilização sustentável da biodiversidade.
M2 Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos relevantes para sua vida pessoal.	_____	H5 - Dimensionar circuitos elétricos domésticos ou em outros ambientes, considerando informações dadas sobre corrente, tensão, resistência e potência.	H6 - Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos ou sistemas tecnológicos de uso comum..	H7 - Selecionar testes de controle, outros parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, saúde do trabalhador e a qualidade de vida.	_____
M4 Associar alterações ambientais a processos produtivos e sociais, e instrumentos ou ações científico tecnológicos a degradação e preservação do ambiente.	H8 - Identificar etapas nos processos de obtenção, utilização ou reciclagem de recursos naturais e matérias-primas	H9 - Compreender a importância da água para a vida em diferentes ambientes em termos de suas propriedades químicas, físicas e biológicas, identificando fatos que causam perturbações em	H10 - Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e/ou destinos dos poluentes ou prevendo efeitos nos sistemas naturais, produtivos e sociais.	H11 - Reconhecer aspectos éticos, vantagens e desvantagens da biotecnologia (transgênicos, clones, melhoramento genético, cultura de células), considerando as estruturas e processos biológicos neles envolvidos	H12 - Relacionar atividades sociais e econômicas – comércio, industrialização, urbanização, mineração e agropecuária – com as principais alterações nos

		seu ciclo.			ambientes brasileiros, considerando os interesses contraditórios envolvidos.
M5 Compreender organismo humano e saúde, relacionando conhecimento científico, cultura, ambiente e hábitos ou outras características individuais.	H13 - Interpretar indicadores de saúde e desenvolvimento humano, como mortalidade, natalidade, longevidade, nutrição, saneamento, renda e escolaridade, apresentados em gráficos, tabelas e/ou textos.	H14 - Reconhecer os mecanismos da transmissão da vida, prevendo a manifestação de características dos seres vivos, em especial, do ser humano.	H15 - Associar os processos vitais do organismo humano (defesa, manutenção do equilíbrio interno, relações com o ambiente, sexualidade etc.) a fatores de ordem ambiental, social ou cultural dos indivíduos, seus hábitos ou outras características pessoais.	_____	_____
EIXOS COGNITIVOS COMPETÊNCIAS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS	I - Dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica.	II - Construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.	III - Selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas para tomar decisões e enfrentar situações problema.	IV – Relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas para construir argumentação consistente.	V - Recorrer aos conhecimentos desenvolvidos para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.
M6 Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los a diferentes contextos.	H16 - Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas Ciências, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.	_____	_____	H17 - Relacionar as propriedades física, químicas ou biológicas de produtos, sistemas e procedimentos às finalidades a que se destinam, os problemas ambientais e/ou os eventuais riscos às saúde decorrentes de sua aplicação.	H18 - Selecionar métodos ou procedimentos próprios das Ciências Naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

<p>M7 Apropriar-se de conhecimentos da física para compreender o mundo natural e para interpretar, avaliar e planejar intervenções científico tecnológicas no mundo contemporâneo.</p>	<p>H19 - Reconhecer características físicas e parâmetros de movimentos de veículos, corpos celestes e outros objetos em diferentes linguagens e formas de representação.</p>	<p>_____</p>	<p>H20 - Utilizar leis físicas para interpretar processos naturais e tecnológicos que envolvem trocas de calor, mudanças de pressão e densidade ou interações físicas que provoquem movimentos de objetos.</p>	<p>H21 - Avaliar sistemas naturais e tecnológicos em termos da potência útil, dissipação de calor e rendimento, identificando as transformações de energia ou os processos pelos quais elas ocorrem.</p>	<p>H22 - Comparar possibilidades de geração de energia para uso social em determinado ambiente, identificando as diferentes opções em termos de seus impactos ambiental, social e econômico.</p>
--	--	--------------	--	--	--

Fonte: INEP

Disponível

em:

<http://download.inep.gov.br/educacao_basica/encceja/matriz_competencia/Mat_Cien_Nat_EM.pdf>. Acesso em 05 mai. 2018.

**ANEXO J – MATRIZ DE COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DE CIÊNCIAS
PARA O ENSINO FUNDAMENTAL**

EIXOS COGNITIVOS COMPETÊNCIAS DE CIÊNCIAS	I - Dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica.	II - Construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos históricogeográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.	III - Selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas para tomar decisões e enfrentar situações-problema.	IV – Relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas para construir argumentação consistente.	V - Recorrer aos conhecimentos desenvolvidos para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.
F1 Compreender a ciência como atividade humana, histórica, associada a aspectos de ordem social, econômica, política e cultural.	_____	H1 - Relacionar diferentes explicações propostas para um mesmo fenômeno natural, na perspectiva histórica do conhecimento científico.	H2 - Estabelecer relações entre transformações culturais e conhecimento científico e tecnológico.	_____	_____
F2 Compreender conhecimentos científicos e tecnológicos a serviço da humanidade, identificando riscos e benefícios neles envolvidos.	H3 - Identificar, em representações variadas, fontes e transformações de energia que ocorrem em processos naturais e tecnológicos.	H4 - Identificar processos e substâncias utilizados na produção e conservação dos alimentos, e outros produtos de uso comum, avaliando riscos e benefícios neles envolvidos.	H5 - Associar a solução de problemas da comunicação, transporte, saúde (como epidemias) ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.	H6 - Reconhecer argumentos pró ou contra o uso de determinadas tecnologias para solução de necessidades humanas, relacionadas à saúde, moradia, transporte, agricultura etc.	_____
F3 Compreender a natureza como um sistema dinâmico e o ser humano, em sociedade, como um de seus agentes de transformação.	H7 - Relacionar diferentes seres vivos aos ambientes que habitam, considerando características adaptativas.	H8 - Identificar, em situações reais, perturbações ambientais ou medidas de recuperação.	H9 - Relacionar transferência de energia e ciclo de matéria a diferentes processos (alimentação, fotossíntese, respiração e decomposição).	H10 - Relacionar, no espaço ou no tempo, mudanças na qualidade do solo, da água ou do ar às intervenções humanas.	_____
F4 Compreender a saúde como bem pessoal e ambiental que deve ser promovido por meio de diferentes	H11 - Identificar variações em indicadores de saúde e de desenvolvimento humano, a partir de dados apresentados em gráficos, tabelas	H12 - Associar a qualidade de vida, em diferentes faixas etárias e em diferentes regiões, a fatores sociais e ambientais que contribuam para isso.	H13 - Relacionar a incidência de doenças ocupacionais, degenerativas e infectocontagiosas a condições que favorecem a sua ocorrência.	_____	H14 - Selecionar alternativas de condições de trabalho e/ou normas de segurança em diferentes contextos, valorizando o

agentes, de forma individual e coletiva.	ou textos.				conhecimento científico e o bem estar físico e mental de si próprio e daqueles com quem convive.
F5 Compreender o próprio corpo e a sexualidade como elementos de realização humana, valorizando e desenvolvendo a formação de hábitos de autocuidado, de auto-estima e de respeito ao outro.	H15 - Reconhecer funções e localização de diferentes órgãos ou sistemas do corpo humano, suas disfunções ou doenças a eles relacionados.	H16 - Associar problemas de saúde a sintomas, testes diagnósticos simples ou possíveis consequências da automedicação.	H17 - Relacionar saúde com hábitos alimentares, atividade física e uso de medicamentos e outras drogas, considerando diferentes momentos do ciclo de vida humano.	H18 - Analisar o funcionamento de métodos anticoncepcionais, reconhecendo a importância de alguns deles na prevenção de doenças sexualmente transmissíveis.	H19 - Selecionar propostas em prol da saúde física e mental dos indivíduos ou coletividade, em diferentes condições etárias, culturais ou sócio-ambientais.
F6 Aplicar conhecimentos de ciência e tecnologia e procedimentos de investigação científica em diferentes contextos.	H20 - Interpretar informações contidas em rótulos, embalagens, bulas, receitas, manuais de instrumentos e equipamentos simples.	H21 - Avaliar produtos de uso cotidiano (limpeza, higiene, alimentos, medicamentos ou outros). de mesma finalidade, baseando-se em suas propriedades.	H22 - Relacionar comportamento de variáveis em observação ou experimentação de fenômenos naturais.	H23 - Avaliar riscos e benefícios de procedimentos para solução de problema real, considerando o interesse coletivo.	H24 - Diagnosticar situações do cotidiano em que ocorrem desperdícios de energia ou matéria, propondo formas de minimizá-las.
F8 Compreender o Sistema Solar, enfatizando a Terra em sua constituição geológica e planetária própria, situando o ser humano no espaço e no tempo em relação ao Universo.	H25 - Empregar linguagem científica (nomes, gráficos, símbolos e representações) para descrever a constituição ou a dinâmica da Terra e do Sistema solar.	H26 - Relacionar diferentes fenômenos cíclicos como dia e noite, estações do ano, climas, fases da lua, marés e eclipses aos movimentos da Terra e da Lua.	_____	H27 - Relacionar características do planeta Terra com fenômenos naturais ou induzidos pela atividade humana.	_____
F9 Avaliar a disponibilidade e os processos para obtenção e utilização de recursos materiais e energéticos.	_____	H28 - Relacionar diferentes recursos naturais – seres vivos, materiais ou energia – a bens de consumo utilizados no cotidiano.	H29 - Compreender o significado e a importância da água e de seu ciclo em sua relação com condições sócio-ambientais.	_____	H30 - Analisar propostas de uso de materiais e recursos energéticos, tendo em vista o desenvolvimento sustentável,

					considerando características e disponibilidades regionais (de subsolo, vegetação, rios, ventos, oceanos etc.).
--	--	--	--	--	--

Fonte: INEP

Disponível

em:

<http://download.inep.gov.br/educacao_basica/encceja/matriz_competencia/Mat_Cien_Nat_EF.pdf>. Acesso em 05 mai. 2018.

**ANEXO K – DESCRITORES MATEMÁTICOS A SEREM DESENVOLVIDOS
AO FINAL DO ENSINO MÉDIO E FUNDAMENTAL**

Descr itor	I. Espaço e Forma
D1	Identificar figuras semelhantes mediante o reconhecimento de relações de proporcionalidade.
D2	Reconhecer aplicações das relações métricas do triângulo retângulo em um problema que envolva figuras planas ou espaciais.
D3	Relacionar diferentes poliedros ou corpos redondos com suas planificações ou vistas.
D4	Identificar a relação entre o número de vértices, faces e/ou arestas de poliedros expressa em um problema.
D5	Resolver problema que envolva razões trigonométricas no triângulo retângulo (seno, cosseno, tangente).
D6	Identificar a localização de pontos no plano cartesiano.
D7	Interpretar geometricamente os coeficientes da equação de uma reta.
D8	Identificar a equação de uma reta apresentada a partir de dois pontos dados ou de um ponto e sua inclinação.
D9	Relacionar a determinação do ponto de interseção de duas ou mais retas com a resolução de um sistema de equações com duas incógnitas.
D10	Reconhecer, dentre as equações do 2º grau com duas incógnitas, as que representam circunferências.
Descr itor	II. Grandezas e Medidas
D11	Resolver problema envolvendo o cálculo de perímetro de figuras planas.
D12	Resolver problema envolvendo o cálculo de área de figuras planas.
D13	Resolver problema envolvendo a área total e/ou volume de um sólido (prisma, pirâmide, cilindro, cone, esfera).
Descr itor	III. Números e Operações/Álgebra e Funções
D14	Identificar a localização de números reais na reta numérica.
D15	Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.
D16	Resolver problema que envolva porcentagem.
D17	Resolver problema envolvendo equação do 2º grau.
D18	Reconhecer expressão algébrica que representa uma função a partir de uma tabela.
D19	Resolver problema envolvendo uma função do 1º grau.
D20	Analisar crescimento/decrescimento, zeros de funções reais apresentadas em gráficos.
D21	Identificar o gráfico que representa uma situação descrita em um texto.
D22	Resolver problema envolvendo P.A./P.G. dada a fórmula do termo geral.
D23	Reconhecer o gráfico de uma função polinomial de 1º grau por meio de seus coeficientes.
D24	Reconhecer a representação algébrica de uma função do 1º grau dado o seu gráfico.
D25	Resolver problemas que envolvam os pontos de máximo ou de mínimo no gráfico de uma função polinomial do 2º grau.

D26	Relacionar as raízes de um polinômio com sua decomposição em fatores do 1º grau.
D27	Identificar a representação algébrica e/ou gráfica de uma função exponencial.
D28	Identificar a representação algébrica e/ou gráfica de uma função logarítmica, reconhecendo-a como inversa da função exponencial.
D29	Resolver problema que envolva função exponencial.
D30	Identificar gráficos de funções trigonométricas (seno, cosseno, tangente) reconhecendo suas propriedades.
D31	Determinar a solução de um sistema linear associando-o à uma matriz.
D32	Resolver problema de contagem utilizando o princípio multiplicativo ou noções de permutação simples, arranjo simples e/ou combinação simples.
D33	Calcular a probabilidade de um evento.
Descritor	IV. Tratamento da Informação
D34	Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.
D35	Associar informações apresentadas em listas e/ou tabelas simples aos gráficos que as representam e vice-versa.

Descritor	I. Espaço e Forma
D1	Identificar a localização e movimentação de objeto em mapas, croquis e outras representações gráficas.
D2	Identificar propriedades comuns e diferenças entre figuras bidimensionais e tridimensionais, relacionando-as com suas planificações.
D3	Identificar propriedades de triângulos pela comparação de medidas de lados e ângulos.
D4	Identificar relação entre quadriláteros por meio de suas propriedades.
D5	Reconhecer a conservação ou modificação de medidas dos lados, do perímetro, da área em ampliação e/ou redução de figuras poligonais usando malhas quadriculadas.
D6	Reconhecer ângulos como mudança de direção ou giros, identificando ângulos retos e não retos.
D7	Reconhecer que as imagens de uma figura construída por uma transformação homotética são semelhantes, identificando propriedades e/ou medidas que se modificam ou não se alteram.
D8	Resolver problema utilizando a propriedade dos polígonos (soma de seus ângulos internos, número de diagonais, cálculo da medida de cada ângulo interno nos polígonos regulares).
D9	Interpretar informações apresentadas por meio de coordenadas cartesianas.
D10	Utilizar relações métricas do triângulo retângulo para resolver problemas significativos.
D11	Reconhecer círculo e circunferência, seus elementos e algumas de suas relações.
Descritor	II. Grandezas e Medidas
D12	Resolver problema envolvendo o cálculo de perímetro de figuras planas

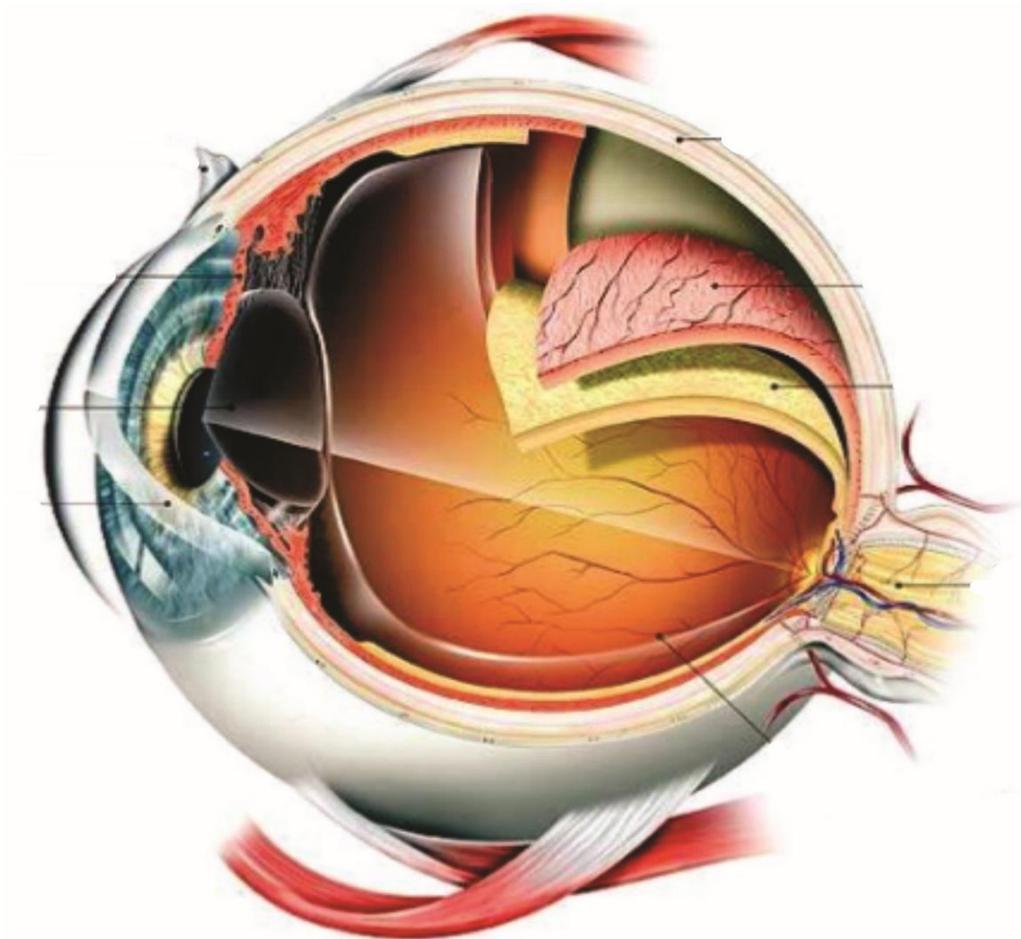
D13	Resolver problema envolvendo o cálculo de área de figuras planas
D14	Resolver problema envolvendo noções de volume
D15	Resolver problema envolvendo relações entre diferentes unidades de medida
Descritor	III. Números e Operações/Álgebra e Funções
D16	Identificar a localização de números inteiros na reta numérica
D17	Identificar a localização de números racionais na reta numérica
D18	Efetuar cálculos com números inteiros envolvendo as operações (adição, subtração, multiplicação, divisão e potenciação)
D19	Resolver problema com números naturais envolvendo diferentes significados das operações (adição, subtração, multiplicação, divisão e potenciação)
D20	Resolver problema com números inteiros envolvendo as operações (adição, subtração, multiplicação, divisão e potenciação)
D21	Reconhecer as diferentes representações de um número racional
D22	Identificar fração como representação que pode estar associada a diferentes significados
D23	Identificar frações equivalentes
D24	Reconhecer as representações decimais dos números racionais como uma extensão do sistema de numeração decimal, identificando a existência de "ordens", como décimos, centésimos e milésimos
D25	Efetuar cálculos que envolvam operações com números racionais (adição, subtração, multiplicação, divisão e potenciação)
D26	Resolver problema com números racionais que envolvam as operações (adição, subtração, multiplicação, divisão e potenciação)
D27	Efetuar cálculos simples com valores aproximados de radicais
D28	Resolver problema que envolva porcentagem
D29	Resolver problema que envolva variações proporcionais, diretas ou inversas entre grandezas
D30	Calcular o valor numérico de uma expressão algébrica
D30	Resolver problema que envolva equação de segundo grau
D32	Identificar a expressão algébrica que expressa uma regularidade observada em sequências de números ou figuras (padrões)
D33	Identificar uma equação ou uma inequação de primeiro grau que expressa um problema
D34	Identificar um sistema de equações do primeiro grau que expressa um problema
D35	Identificar a relação entre as representações algébrica e geométrica de um sistema de equações de primeiro grau
Descritor	IV. Tratamento da Informação
D36	Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.
D37	Associar informações apresentadas em listas e/ou tabelas simples aos gráficos que as representam e vice-versa.

Fonte: MEC.

Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/saeb_matriz2.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2018.

**ANEXO L – IMAGEM DO OLHO HUMANO USADA NA INVESTIGAÇÃO
DOS SUBSUNÇORES DOS ESTUDANTES**

FIGURA 80 OLHO HUMANO

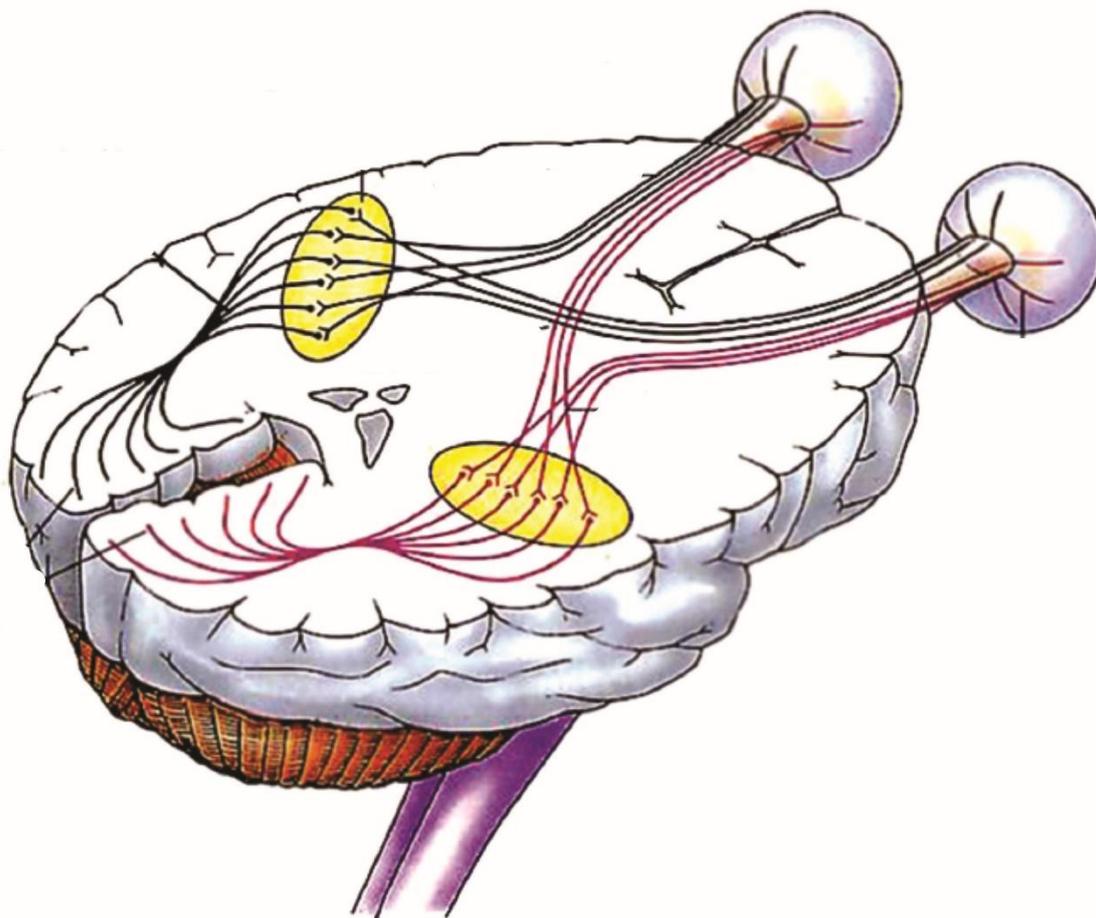


Fonte: Imagem retirada da internet e adaptada.

Disponível em: < <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2015/11/29/vision-animales/>>. Acesso em 20 set. 2017.

ANEXO M – IMAGEM DO SISTEMA VISUAL NA INVESTIGAÇÃO DOS SUBSUNÇORES DOS ESTUDANTES

FIGURA 81 - SISTEMA VISUAL

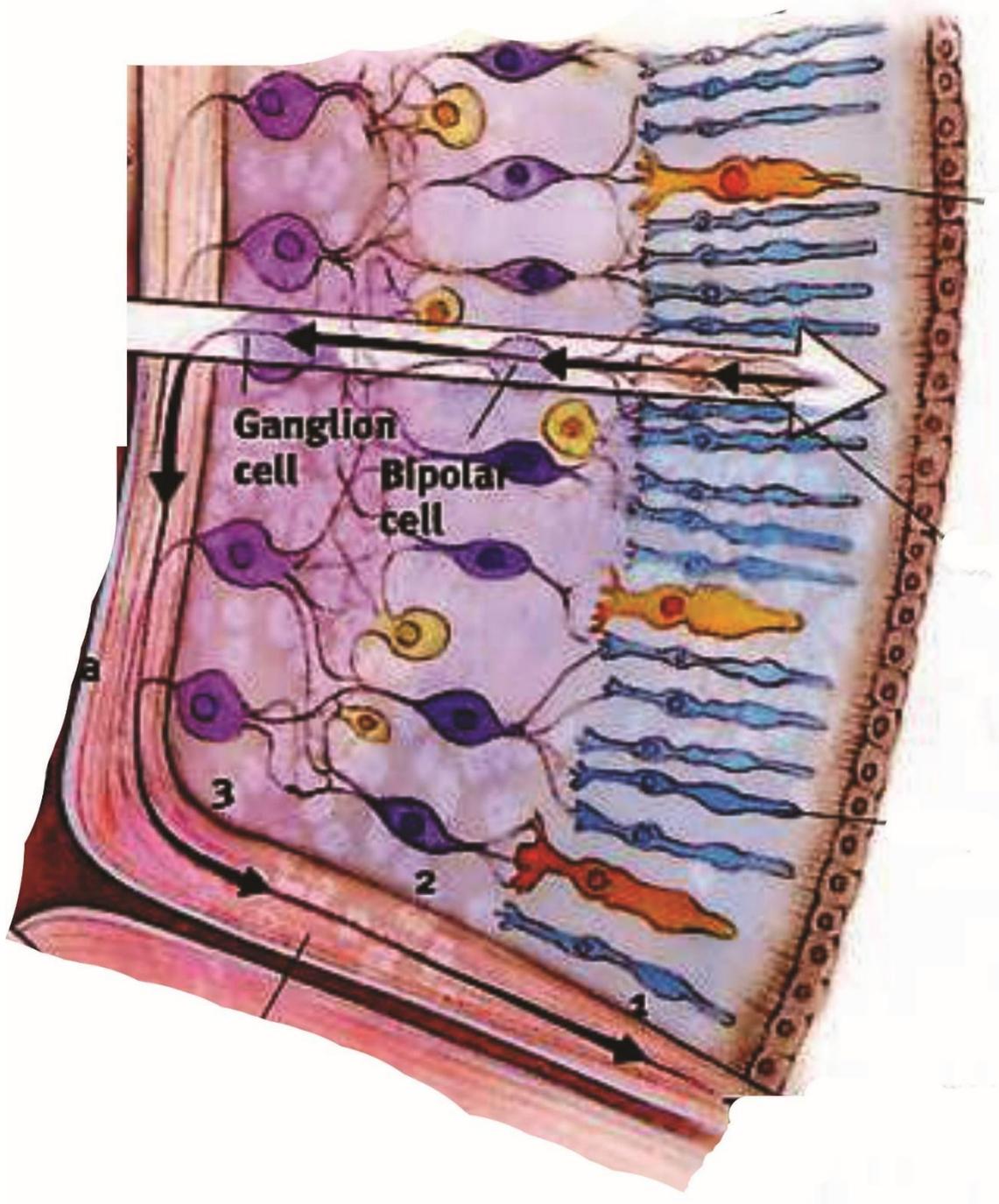


Fonte: Imagem retirada da internet e adaptada.

Disponível em: <<https://www.lucescei.com/estudios-y-eficiencia/extractos-libro-blanco-de-iluminacion/el-sistema-visual-humano/>>. Acesso em 20 set. 2017.

ANEXO N – IMAGEM DA RETINA USADA NA INVESTIGAÇÃO DOS
SUBSUNÇORES DOS ESTUDANTES

FIGURA 82 - RETINA



Fonte: Imagem retirada da internet e adaptada.

Disponível em: <<http://anotoblogren.blogspot.com/2005/09/rgo-da-viso-os-rgos-responsveis-pela.html>>. Acesso em 20 set. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INFORMATIVO

Este questionário faz parte da pesquisa do professor Rogério dos Santos Cardoso, mestrando em Ensino de Física, da Universidade Federal do Maranhão. Seu objetivo é traçar o perfil de alguns aspectos socioeconômicos e educacional dos estudantes pesquisados.

Procure responder todas as questões de forma individual e consciente. A veracidade das suas respostas é essencial para a pesquisa.

Em cada questão marque a(s) alternativa(s), que melhor corresponde as suas características pessoais.

1º) Qual a sua idade?

- 14 ano; 15 anos;
 16 anos; 17 anos;
 18 anos; mais de 18 anos;

2º) Área onde você mora?

- Urbana. Rural.

3º) Qual meio de transporte você usa para vir à escola?

- Nenhum
 Bicicleta
 Tração animal
 Motocicleta ou motoneta
 Particular
 Moto taxi
 Carona
 Carro
 Particular
 Taxi
 Carona
 Transporte Escolar
 ônibus
 Transporte aquaviário
 Outros. Especifique: _____.

4º) Você já ficou reprovado, abandonou a escola e/ou parou de estudar?

- Não.
 Reprovei mais continue estudando.
 Reprovei e abandonei os estudos
 (Quantos anos? ____).
 Abandonou os estudos (Quantos anos? ____)
 Não tinha escola em sua região.

5º) Você mora com

- Seus pais. Se sim: você mora com
 Ambos

- somente o pai
- somente a mãe
- Parentes
- Amigos da família
- outros. Especifique: _____

6º) Você acessa à internet quantas vezes por semana?

- Nenhuma.
- Até uma hora por semana.
- Mais de uma hora por semana.

7º) Quantas pessoas residem com você?

- Nenhuma Uma
- Duas Três
- Quatro Cinco ou mais.

8º) Você tem filhos?

- Não. Sim. Quantos: _____

9º) Qual o valor da renda familiar

- Até um salário mínimo
- Entre um e dois salário mínimos
- Entre dois e três salário mínimos;
- Entre três e quatro salário mínimos;
- Acima de quatro salários mínimos.

10º) Você exerce alguma atividade remunerada?

- Não.
- Sim, mas sem regularidade.
- Sim, e com regularidade.

11º) Você estuda com regularidade em casa?

- Não estudo com frequência
- Estudo
 - Até uma hora por dia.
 - Até duas horas por dia.
 - Mais de duas horas por dia.

12º) Quanto tempo você reserva para estudar Física em casa?

- Não estudo com frequência
- Estudo
 - Até uma hora por dia.
 - Até duas horas por dia.
 - Mais de duas horas por dia.

13º) Você teve dificuldades em Física ao longo da 1ª Série?

- Muita
- Pouca
- Nenhuma

14º) Qual(is) instrumento(s) você costuma usar como meio(s) de estudo?

- Livros Sites
- Notas de aulas Apostilas

Revistas Televisão

Outro(s). Especifique: _____.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PRÉ E PÓS TESTE

1º) Você já viu um eclipse solar ou lunar ao vivo, ou pelos meios de comunicação. Você sabe como e por que um eclipse se forma? Qual a explicação para em determinados locais ele ser visto parcialmente e em outros ele ser visto totalmente?

2º) Uma vez, ao ver um buraco no telhado do meu quarto na casa dos meus pais, observei que as sombras das nuvens se movimentavam no sentido contrário do que eu via quando estava na rua. Por que isso acontece?

3º) Você conhece algum problema de visão que possa ser corrigido usando lentes? Qual(is)?

4º) Qual o caminho percorrido pela luz ao sair do Sol até chegar aos seus olhos? Será que a luz sofre alguma alteração em suas propriedades durante esse percurso?

5º) Por que durante a maior parte do dia o céu fica azul, mas no começo e no final do dia ele fica com a uma coloração amarela alaranjada?

6º) Se colocar a bandeira da Brasil em uma sala que tenha uma luz vermelha quais as cores que veremos no(a)

- a) Retângulo
- b) Losango
- c) Circulo
- d) A faixa branca e as estrelas
- e) E as letras

7º) Por que um índio, na margem de um rio, não pode atirar sua flecha na direção que ele vê o peixe, mesmo que esse peixe esteja dormindo imóvel?

8º) Desenhe um espelho plano, um espelho côncavo e um espelho convexo e explique onde você os usa, ou os observa em seu dia a dia.

9º) A banda larga brasileira é lenta. No Japão já existem redes de fibras ópticas, que permitem acessos à internet com velocidade de 1 gigabit por segundo (Gbps), o suficiente para baixar em um minuto, por exemplo, 80 filmes. No Brasil a maioria das conexões ainda é de 1 megabit por segundo (Mbps), ou seja, menos de um milésimo dos acessos mais rápidos do Japão. A fibra óptica é composta basicamente de um material dielétrico (sílica ou plástico), segundo uma estrutura cilíndrica, transparente e flexível. Ela é formada de uma região central envolta por uma camada, também de material dielétrico, com índice de refração diferente ao do núcleo. Um dos instrumentos mais importantes para a comunicação mundial é a internet. A cada dia dependemos mais dela. A comunicação na rede mundial de computadores ocorre em sua grande parte por meio de cabos submarinos e subterrâneos que carregam uma fibra óptica em seu interior. Você saber como funciona uma fibra ótica?

10º) Como são formadas as cores do arco-íris?

11ª) Quando andamos em uma estrada é comum olharmos umas poças de água bem distantes, mas quando chegamos perto não a avistamos. É aí que percebemos que a imagem foi apenas uma miragem. Por que isso acontece?

12º) Por que obtemos diferentes imagens na parte interna de uma colher metálica bem polida?

13º) Você sabe as diferenças entre as lentes oculares usadas para ver imagens perto e para ver imagens longe?

14º) Quais aparelhos você conhece que usam lentes? Cite algumas características dessas lentes.

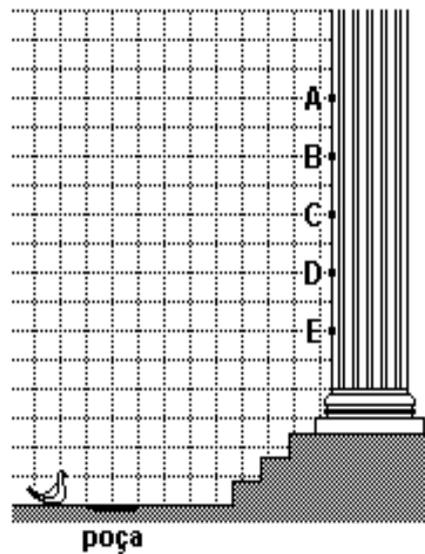
15º) (FGV 2007) A REALIDADE E A IMAGEM
O arranha-céu sobe no ar puro lavado pela chuva
E desce refletido na poça de lama do pátio.

Entre a realidade e a imagem, no chão seco que as
separa,

Quatro pombas passeiam. (Manuel Bandeira)

Diante da suntuosa fachada neoclássica do
arranha-céu, uma pomba observa o reflexo de
parte de uma coluna em uma poça a sua frente.

- A) A
- B) B
- C) C
- D) D
- E) E



APÊNDICE C – AVALIAÇÃO SOMATIVA

1º) Analise as questões abaixo e responda.

a) O professor de física tem uma dificuldade enorme de enxergar objetos que estão longe de seus olhos. Qual o problema de visão dele? Qual o tipo de lente deve ser usada para a correção desse problema?

b) Na última consulta de vista o professor Gladiston foi surpreendido pois terá que usar uma lente de + 5 di (comumente chamado de “graus”). Qual o tipo de lente que ele terá que usar? Qual a distância focal da lente? A dificuldade de enxergar é para perto ou para longe? Explique.

2º) (UEG – questão adaptada pelo professor) Por possuir a propriedade de ampliar ou diminuir o campo visual do observador, os espelhos esféricos apresentam várias aplicações. Uma dessas aplicações pode ser vista na charge ao lado. As imagens fornecidas pelos espelhos convexos

- São sempre reais, menores e invertidas
- São sempre virtuais, maiores e invertidas
- São sempre reais, menores e invertidas
- São sempre reais, maiores e direitas
- São sempre virtuais, menores e direitas



3º) No cerrado brasileiro ou na floresta de sequoias da América do Norte o fogo é essencial para a quebra da dormência de algumas sementes espalhadas por essas florestas. Nesses casos, o fogo surge de processos naturais como a queda de raios sobre as árvores. Mas há casos de queimadas que são originadas por descuido humano, como uma ponta de cigarro jogada sobre uma vegetação seca ou um pedaço de vidro lançado as margens de uma estrada. Como um pedaço de vidro pode originar uma queimada em uma floresta como o cerrado?

4º) Um outdoor publicitário apresentava uma multidão em frente a um cartão postal da cidade de Santa Helena. Um estudante da escola observou com mais atenção e percebeu que a parte que parecia ser uma multidão era apenas a repetição da uma mesma imagem colocada lado a lado. Ele contou e viu que haviam 10 repetições, algumas delas perfeitas e outras faltando algumas partes. Explique

como é possível formar uma imagem assim, usando os conhecimentos da óptica geométrica.

5º) Em quase todos os locais do mundo os semáforos apresentam as mesmas cores significativas: Verde – Siga, Amarelo – Atenção e Vermelho – Pare. Nos EUA é comum aparecer a inscrição STOP (PARE) quando o sinal vermelho está ativo. Por que eles colocam essa inscrição junto ao sinal?

6º) Emanuel estava olhando através da janela de seu quarto, quando atentou para um carro que estava do lado de fora com o símbolo da montadora bem à frente de seus olhos. Ele percebeu que o carro parecia ter lados diferentes quando olhado diretamente, em virtude de um lado da janela está aberto e o lado fechado possuir um vidro transparente.

a) Como você explicaria essa diferença, sabendo que o carro está em perfeito estado de conservação?

b) O que ele deveria fazer para corrigir essa distorção?

7º) O professor Nonato já foi âncora de telejornal. As câmeras costumavam “engordar” o professor Nonato.

a) Qual palavra substitui com melhor precisão a palavra “engordar”?

b) Quais os tipos de lentes apresentam essa capacidade?

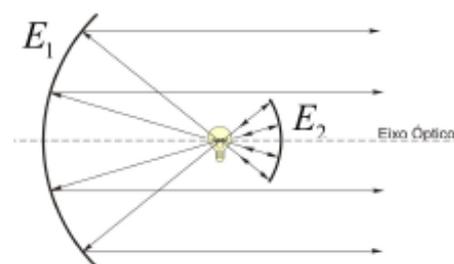
c) Qual o tipo de lente usada nessas câmeras?

8º) Por motivos de segurança, a eficiência dos faróis tem sido objeto de pesquisa da indústria automobilística. Em alguns automóveis, são adotados faróis cujo sistema óptico é formado por dois espelhos esféricos E_1 e E_2 como mostra a figura. Com base na figura, é CORRETO afirmar que a localização da lâmpada está:

a) nos focos de E_1 e de E_2 .

b) no centro de curvatura de E_1 e no foco de E_2 .

c) nos centros de curvatura de E_1 e de E_2 .



- d) no foco de E1 e no centro de curvatura de E2.
- e) em qualquer ponto entre E1 e E2.

9º) (UFSC – questão adaptada pelo professor) Uma mãe zelosa de um estudante preocupada com o nervosismo do filho antes da prova de física, preparou para ele uma solução de água com açúcar para acalmá-lo. Sem querer, a mãe fez o filho relembrar alguns conceitos relacionados à luz, quando o mesmo observa a colher no copo com água. Analise as afirmações abaixo:

I - A luz se propaga em linha reta.

II – A velocidade da luz independe do meio em que se propaga.

III – Uma colher dentro do copo parece quebrada, pois a direção da propagação da luz muda ao se propagar do ar para a água.

IV - A velocidade da luz na água e no ar é a mesma.

V - A luz é refratada ao se propagar do ar para a água.

Marque a alternativa que apresenta todas as que são corretas

a) I, II e IV

b) I, III e V

c) II, III e V

d) I, IV e V

e) I, II e V

10º) (UFG – questão adaptada pelo professor) Em abril de 2020, o telescópio espacial Hubble completará 30 anos em órbita. O avanço na obtenção de imagens permitiu descobertas de novas galáxias e informações sobre a matéria escura presente no Universo. Inicialmente, ele apresentou diversos problemas obrigando a NASA a enviar astronautas para fazerem reparos. Dentre esses problemas, a aberração esférica, em que os raios de luz que incidem sobre as bordas do espelho são desviados para um ponto diferente dos raios que incidem na região central do espelho. Esse problema pode ser corrigido dando-se um formato parabólico à curvatura do espelho. Faça um desenho que represente o problema da aberração esférica.

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1º) As metodologias que o professor utilizou em sala me ajudaram a perceber a importância da Óptica Geométrica no meu cotidiano

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem concordo, nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2º) Percebi a importância da reflexão regular e difusa como mecanismos para que a luz atinja meus olhos.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem concordo, nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3º) Compreendi a reflexão regular em espelhos planos e esféricos e suas aplicações em meu dia a dia.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem concordo, nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4º) Notei que a refração é um fenômeno extremamente relevante para explicar muitos acontecimentos da natureza, tais como o lápis se quebrar quando imerso parcialmente na água, ou a miragem em estradas e desertos, ou ainda quando vemos o fundo de uma piscina parecer perto da superfície, mesmo quando está em grande profundidade.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem concordo, nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5º) A metodologia utilizada foi imprescindível para que relacionasse a teoria à prática

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem concordo, nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6º) Por meio da associação de espelhos planos, a fotografia na lata e a demonstração dos diferentes tipos de lente pude notar a utilidades práticas da Óptica Geométrica.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem concordo, nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7º) Entender a anatomia do olho humano e os problemas de visão ligados à problemas morfológicos no olho foi muito relevante.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem concordo, nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8º) Os esquemas apresentados em sala foram importantes para a compreensão sobre o funcionamento do olho.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem concordo, nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9º) As atividades propostas fundamentaram com qualidade o conteúdo estudado em sala.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem concordo, nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10º) Nesse espaço você terá a oportunidade de fazer críticas e sugestões sobre as atividades desenvolvidas de forma a melhorar o trabalho do professor pesquisador que tenha contato com os trabalhos que serão produzidos a partir dessa pesquisa.

APÊNDICE E
Produto Educacional

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA E A
VISÃO DO OLHO HUMANO**

Rogério dos Santos Cardoso

APRESENTAÇÃO

Caro professor, este trabalho é fruto do esforço para envolver estudantes numa jornada em busca de uma aprendizagem que seja significativa e ao mesmo tempo crítica (MOREIRA, 2005, p 13), que alie o saber teórico à prática experimental simples relacionada à Óptica Geométrica. Por saber que cada turma para as quais você leciona apresenta um perfil distinto de saberes e competências desenvolvidas e a desenvolver, a sequência didática aqui proposta pode ser adequada para cada tipo de público com o qual será aplicada.

Sua construção se deu sob a ótica de um professor que leciona as disciplinas de Ciências no Ensino Fundamental e Física no Ensino Médio para estudantes da rede pública e preparatório para ENEM/Vestibular voltado a estudantes de origem popular que estudem em escolas públicas, e que busca diuturnamente diferentes estratégias de ensino a fim de tornar a aprendizagem dos estudantes mais rica de conceitos, significados e com a capacidade de refletir e entender as aplicações do conhecimentos adquiridos no mundo a sua volta.

Ao longo deste trabalho, o autor sugere alguns sites que podem servir de apoio ao estudo dos discentes, bem como ferramenta de consulta do professor. A fim de evitar o uso de endereços complexos nos caminhos dos sites, fizemos o uso frequente de QR Code's, que tornam bastante simples a busca dos sites sugeridos pelo autor, bastando apenas o uso de aplicativos que façam a decodificação. Este trabalho traz, também, sugestões de matérias, documentários e *sites* que mostram a aplicação dos conteúdos relacionados à Óptica Geométrica e a visão do olho humano, com intuito de tornar o contato com o conteúdo abordado ainda mais significativo.

Esperamos que este trabalho auxilie outros professores no processo de elaboração de atividades que sejam potencialmente significativas para os estudantes, lhes permitido a compreensão clara sobre os temas abordados, incentivando a ação reflexiva e promovendo a mudança de práticas que sejam prejudiciais para si ou para outros.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	4
2 A ÓPTICA GEOMÉTRICA.....	5
2.1 Conceitos iniciais para o estudo da óptica geométrica.....	5
2.3 Reflexão e refração da luz.....	8
2.3.1 Reflexão Total.....	11
2.3.2 A Formação de Imagens.....	12
2.3.3 Espelhos Planos e Esféricos.....	13
2.3.4 Refração em Interfaces Esféricas.....	17
2.3.5 Lentes.....	18
2.4 O Olho Humano.....	19
2.4.1 Defeitos da Visão.....	21
3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	23
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

A sociedade atual vive imersa num mundo de informações, sendo que boa parte desta chega até nós por meio da visão. A visão é o sentido mais enfatizado na revolução tecnológica que estamos presenciando. Onde quer que estejamos, somos bombardeados por imagens que buscam atrair nossa atenção. Vemos e vivemos num mundo híbrido, em que vivenciamos a realidade e a hiper-realidade meio de telas de TV, cinema e *smartphones*.

Esta sequência didática foi organizada pensando-se na relevância da Óptica Geométrica para a compreensão do mundo que nos cerca, e na percepção de que o ensino deste conteúdo pode ser feito por meio de uma abordagem teórica e atividades práticas, que permitam ao estudante a compreensão de como ocorre a aplicação dos conhecimentos teóricos nas tecnologias que nos rodeiam. Ao longo deste trabalho, buscamos o envolvimento motivacional e emocional dos estudantes, de modo a tornar a aprendizagem significativa e crítica, no sentido de entender que os modelos abordados já apresentam novas formulações. No Apêndice B temos um questionário que visa traçar um perfil dos estudantes com os quais é desenvolvida a sequência didática.

A Óptica Geométrica (OG) é relevante em nosso cotidiano, pois explica como as imagens são formadas nos espelhos, a formação de miragens em estradas, e as distorções nas posições dos objetos quando olhados através de um meio transparente, como a água ou o ar atmosférico. A compreensão de como o olho humano funciona e os principais problemas associados à visão são relevantes para os estudantes, pois o conhecimento evita o *bullying*, prática muito comum contra estudantes que usam óculos, e o estudante passa a entender o perigo que é a prática de comprar óculos sem receita do profissional qualificado.

Neste sentido, este trabalho propõe demonstrar como abordar os conteúdos da Óptica Geométrica – parte da Óptica que estuda as propriedades geométricas da propagação da luz, mas que apresenta limitações quando se estuda a luz como uma onda – utilizando o celular e a fotografia como instrumentos para a aprendizagem significativa crítica, evidenciando os fenômenos ópticos e reproduzindo alguns problemas de visão sem a necessidade de tratamentos especiais, ou uso de aplicativos para produção desses problemas.

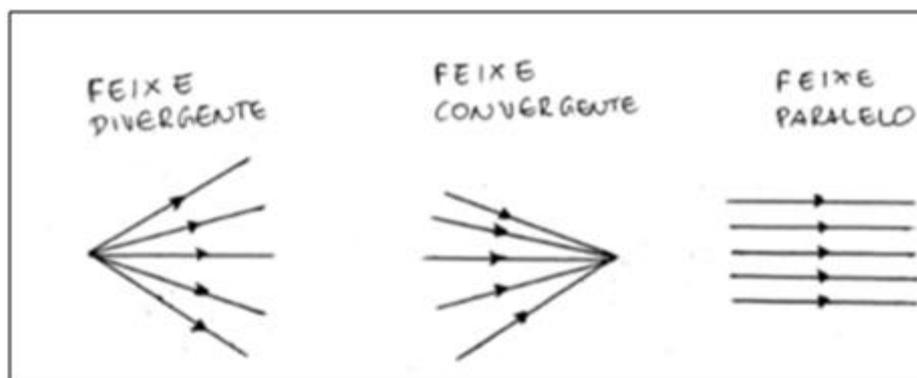
2 A ÓPTICA GEOMÉTRICA

2.1 Conceitos iniciais para o estudo da óptica geométrica

Raio de luz: são linhas orientadas que representam graficamente a luz em sua direção e sentido de propagação.

Feixe de luz: é um conjunto de raios de luz. O feixe de luz pode ser classificado como convergente, divergente e paralelo, conforme ilustrado na Figura 1.

FIGURA 1: TIPOS DE FEIXE DE LUZ.



Fonte: o autor.

Corpo luminoso e corpo iluminado (fonte primária e fonte secundária): são corpos que emitem luz e corpos que a recebem a luz, respetivamente.

Exemplo:

- Corpos luminosos: Estrelas, vela acesa, lâmpadas quando acessas, vagalumes quando brilham, bactérias e fungos bioluminescentes quando em atividade, etc. Estes corpos emitem energia luminosa a partir da transformação de outras formas de energia.

- Corpos iluminados: você, sua roupa, as paredes da sala, nossas casas, e quase tudo que nos cerca. Estes corpos só emitem luz se forem iluminados primeiro. Assim, a energia luminosa que eles emitem é proveniente de energia luminosa que eles recebem.

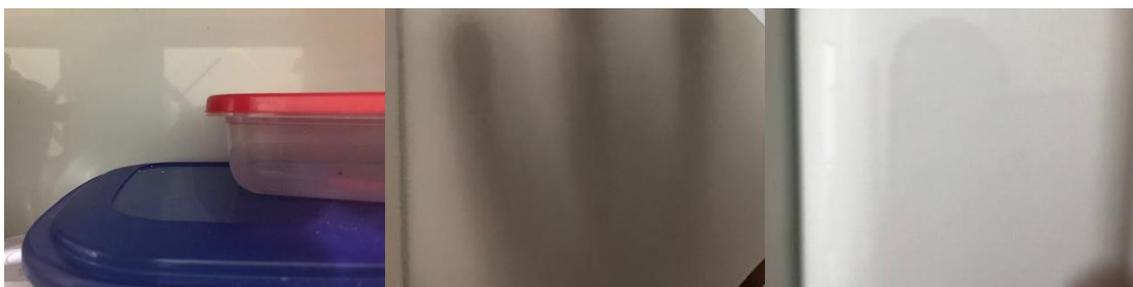
Fonte pontual (ou puntiforme) e fonte extensa: uma fonte luminosa é considerada pontual quando seu tamanho é muito menor do que o corpo iluminado ou

muito menor do que a distância entre ela e o corpo iluminado. Caso contrário a fonte luminosa é denominada de fonte extensa.

Monocromática e policromática: se a luz apresenta apenas uma cor ela é denominada de monocromática, como a luz do *lazer*. Se a luz apresentar mais de uma cor ela é denominada de luz policromática.

Meios transparente, translúcido e opaco: se conseguimos olhar através de um material e o objeto que estou observando não perde nitidez, o material será transparente. Isto significa que a luz praticamente não muda a direção de propagação quando atravessa o material. Se a imagem do objeto que estou observando perder nitidez, o material pelo qual a luz está passando será chamado de translúcido. Isto significa que a luz sofre muitos desvios ao atravessar o material, e por isso a imagem do corpo não fica bem definida. Se a luz não atravessa o material este é denominado material opaco. A Figura 2 ilustra este fato.

FIGURA 2: MEIOS DE PROPAGAÇÃO DA LUZ.



Fonte: o autor.

2.2 Princípios básicos

1º) A propagação retilínea da luz

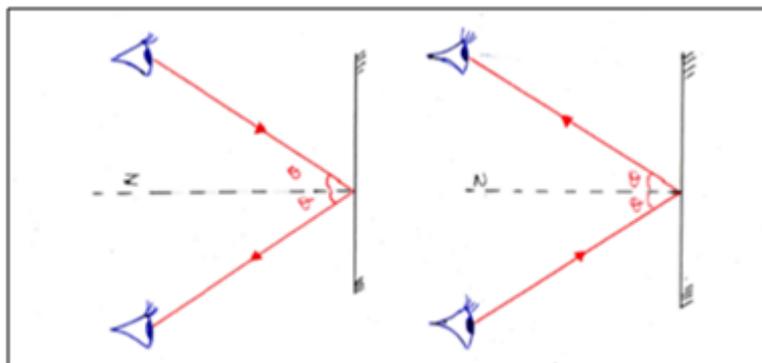
Em meios homogêneos, como o ar, ou vácuo, ou materiais transparentes que apresentem as mesmas propriedades em todos os pontos deste, a luz sempre se propagará em linha reta. Um exemplo perceptível ocorre com o surgimento da sombra de objetos opacos colocados em frente a uma fonte de luz puntiforme, uma vez que a luz não consegue mudar o seu sentido de propagação. Semelhantemente, a propagação linear da luz por ser observada na formação de imagens invertidas em câmaras escuras e no fundo do olho humano. O princípio da propagação da luz em linha reta é válido

somente na escala de nossa visão. Existem efeitos gerados pela luz que estão associados ao fato de ela também ser considerada uma onda (polarização, difração, interferência construtiva e destrutiva).

2º) Princípio da reversibilidade

A trajetória seguida pela luz não depende do sentido do percurso. Se a luz percorre um caminho de um ponto A até um ponto B ela irá percorrer o mesmo caminho se tivesse que sair do ponto B para o ponto A. Um exemplo cotidiano em que esse princípio é perceptível ocorre quando o passageiro e motorista olham pelo retrovisor interno do automóvel ao mesmo tempo e se percebem mutuamente. Este evento está ilustrado na Figura 3.

FIGURA 3: PRINCÍPIO DA REVERSIBILIDADE DA LUZ.

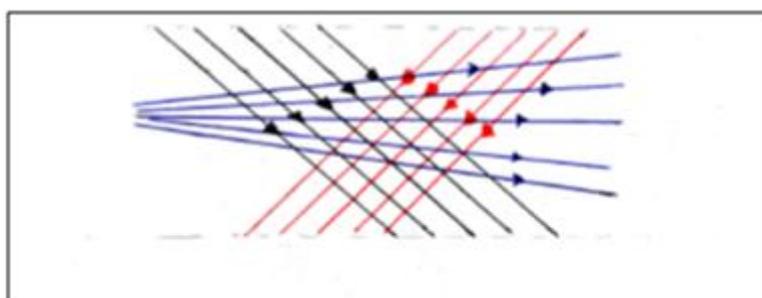


Fonte: o autor.

3º) Princípio da independência dos raios luminosos

Quando dois raios de luz se cruzam eles não se interferem, ou seja, um não interage com o outro a ponto de mudar as suas propriedades. A figura 4 mostra esse fenômeno.

FIGURA 4: PRINCÍPIO DA INDEPENDÊNCIA DOS RAIOS LUMINOSOS.



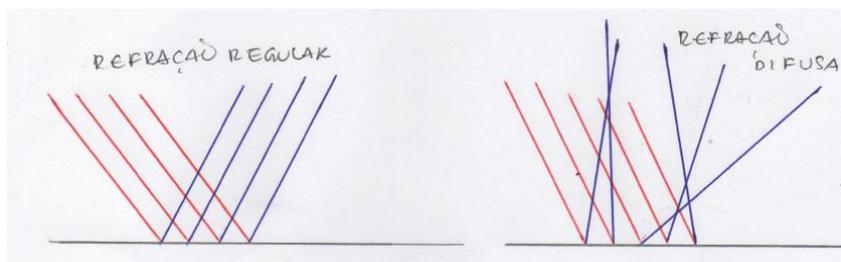
Fonte: o autor.

2.3 Reflexão e refração da luz

As ondas luminosas, assim como outros tipos de ondas, tendem a se espalhar quando se afastam da fonte. Entretanto, em Óptica Geométrica consideramos que a luz se propague em linha reta, como que imitando a trajetória de uma partícula que não interage com o meio. Quando a luz encontra a superfície entre dois meios ela pode sofrer reflexão (parte dela retorna para o meio de onde veio) ou transmissão, onde continua seu movimento na mesma trajetória reta ou não. Quando os raios incidentes sobre uma superfície são paralelos e suas reflexões também são paralelas dizemos que a reflexão é regular ou especular, conforme ilustrado na Figura 5 (esquerda). Quando os raios são refletidos em várias direções distintas denominamos a reflexão difusa (Figura 4, direita). Uma superfície espelhada forma a imagem nítida de um objeto por causa da reflexão especular. Já os objetos quando observados diretamente podem ser vistos de qualquer ângulo por causa da reflexão difusa.

A luz pode se propagar em diversos tipos de meios, como o vácuo, gases, líquidos e sólidos. Quando atravessa a interface entre dois meios, a luz pode sofrer refração, fenômeno relacionado com a mudança na direção de sua trajetória linear, conforme ilustrado na Figura 6. θ_1 e θ_2 são ângulos de incidência e de refração.

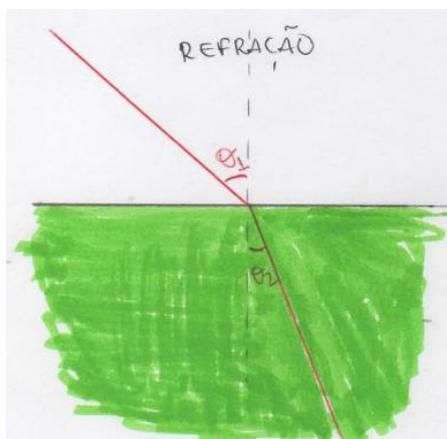
FIGURA 5: ESQUERDA - REFLEXÃO REGULAR. DIREITA – REFLEXÃO DIFUSA



Fonte: o autor.

A luz pode se propagar em diversos tipos de meios, como o vácuo, gases, líquidos e sólidos. Quando atravessa a interface entre dois meios, a luz pode sofrer refração, fenômeno relacionado com a mudança na direção de sua trajetória linear, conforme ilustrado na Figura 5. θ_1 e θ_2 são ângulos de incidência e de refração.

FIGURA 6: MUDANÇA DE DIREÇÃO DO RAIOS DE LUZ DEVIDO A MUDANÇA DE MEIO DE PROPAGAÇÃO



Fonte: o autor

A reflexão e a refração são regidas por leis bem definidas.

Lei da reflexão: O ângulo entre o raio incidente e a reta normal à superfície é igual ao ângulo refletido e a reta normal

$$\theta_i = \theta_r \quad (21)$$

onde θ_i é denominado ângulo incidente e θ_r é o ângulo refletido.

Lei da refração: o raio refratado está no mesmo plano do raio de incidência e o ângulo de incidência está relacionado com o ângulo de refração pela seguinte relação

$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2 \quad (22)$$

onde n_1 e n_2 são constantes adimensionais, chamados de índices de refração e estão associadas às propriedades dos meios. A equação 22 é conhecida como lei de Snell-Descartes.

O índice de refração é dado pela razão

$$n = \frac{c}{v} \quad (23)$$

onde v é a velocidade da luz no meio.

Casos:

1 – Se $\theta_1 = \theta_2$, o raio de luz continua sua trajetória retilínea sem sofrer desvios;

2 – Se $n_1 > n_2$, $\theta_1 < \theta_2$ e o raio de luz se afasta da reta normal à superfície;

3 – Se $n_1 < n_2$, $\theta_1 > \theta_2$ e o raio de luz se aproxima da reta normal à superfície.

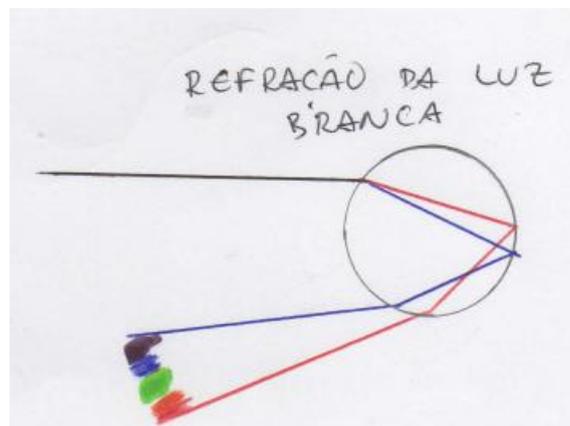
A tabela abaixo apresenta índices de refração de alguns meios de propagação.

TABELA 1: ÍNDICES DE REFRAÇÃO PARA ALGUNS MATERIAIS

Substância	Índice de Refração
Ar	1,0003
Gelo	1,31
Água	1,35
Álcool	1,36
Acetona	1,36
Azeite de oliva	1,46
Glicerina	1,47
Vidro	1,50 a 1,90
Diamante	2,42

O índice de refração varia para cada comprimento de onda. Desta forma, quando a luz branca, que é a combinação de todas as cores do espectro visível, atravessa um meio material, as componentes tendem a ser separadas, criando o efeito chamado dispersão cromática. A dispersão é maior para cores com comprimentos de onda menores, como o azul e o violeta. Desta maneira essas cores tendem a sofrer maiores desvios. O arco-íris é um exemplo de dispersão cromática que temos em nosso cotidiano. A figura 7 mostra o processo de refração da luz numa gota de água.

FIGURA 7: REFRAÇÃO E REFLEXÃO DA LUZ NUMA GOTA DE ÁGUA



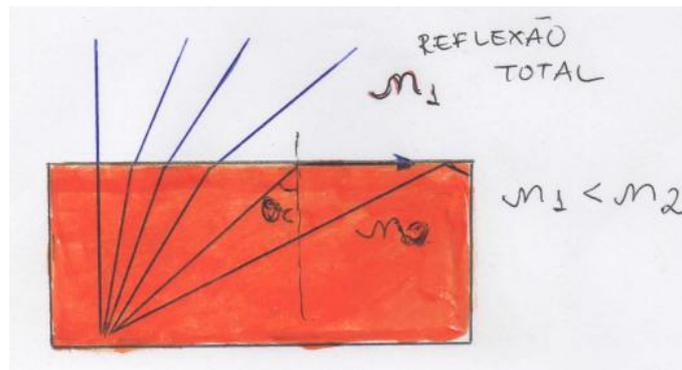
Fonte: o autor

Quando a luz sofre apenas uma refração dentro da gota de água, o ângulo que o observador precisa estar com a horizontal é de 42° . O arco-íris observado é chamado de arco-íris primário. Mas há situações em que é possível ver dois arco-íris. Neste caso a luz sofre duas reflexões dentro da gota de água, e o ângulo que o observador precisar estar com a horizontal é de 52° . Esse arco-íris é chamado de arco-íris secundário e tem a sequência de cores inversa do arco-íris primário. Além desses casos é possível a luz refletir mais vezes dentro da gota de água, mas não é possível observar os arco-íris formados dessas reflexões.

2.3.1 Reflexão Total

Quando um raio de luz atinge a interface entre dois meios com índices de refração diferentes este pode não atravessar a interface, mas se propagar paralelo à esta ou mesmo ser refletido por ela. Isto ocorre quando o segundo meio tem índice de refração menor. Esse efeito se manifesta à medida que o ângulo de incidência vai aumentando e o ângulo de refração atinge 90° . O ângulo de incidência neste caso é chamado de ângulo crítico θ_c . Para ângulos maiores que θ_c o raio de luz deixa de ser refratado e acaba refletindo para o meio, caracterizando o fenômeno da reflexão interna total, conforme ilustrado na Figura 8.

FIGURA 8: REFLEXÃO TOTAL DA LUZ E ÂNGULO CRÍTICO



Fonte: o autor

Para identificar o valor do ângulo crítico temos

$$n_1 \text{sen} \theta_c = n_2 \text{sen} 90^\circ$$

e θ_c pode ser escrito como

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (24)$$

Nesse caso, como $n_2 > n_1$, temos que a reflexão total só ocorre no meio de maior índice de refração. Uma das aplicações desse efeito é a fibra óptica, que tem como objetivo a transmissão de sinais por longas distâncias por meio de sucessivas reflexões internas.

2.3.2 A Formação de Imagens

Como o foco deste trabalho é o ensino da Óptica Geométrica e seu auxílio no entendimento da visão humana, vamos discutir brevemente os mecanismos de formação de imagens de acordo com os métodos teóricos existentes.

Quanto ao processo de formação, as imagens podem ser classificadas por convenção como reais e virtuais. O termo real aqui não significa que a imagem tenha as mesmas propriedades físicas do seu objeto que ela representa, mas apenas que estas aparecem entre o objeto e a superfície especular. Já as imagens são ditas virtuais quando elas atrás da superfície refletora, ou seja, a superfície especular fica entre a imagem e o objeto que ela representa.

O efeito de miragem que surge em desertos e estradas quando observadas em baixos ângulos são exemplos de imagens virtuais. A miragem surge devido a diferentes densidades das camadas de ar acima da superfície refletora aquecida, provocando o desvio do raio de luz por meio da refração, ou seja, na formação da imagem via miragem não há reflexão, já que a luz proveniente do objeto não atinge a superfície refletora. Quando as camadas de ar mais próximas da superfície são aquecidas sua densidade diminui. Isto resulta numa maior velocidade de propagação e a consequente refração para longe da superfície. Dessa forma, o raio de luz proveniente de objetos acima da superfície é desviado nas camadas próximas, dando a impressão de uma superfície refletora molhada com a imagem projetada no chão. Em regiões muito frias ocorre o efeito contrário, e a imagem de objetos em solo pode ser visualizada acima deles, projetada no ar acima deles.

2.3.3 Espelhos Planos e Esféricos

O espelho é uma superfície que faz os raios incidentes serem refletidos em direções bem definidas (reflexão regular), evitando efeitos de absorção ou espalhamento em todas as direções (reflexão difusa). Superfícies bem polidas normalmente funcionam como espelhos, que são classificados como planos, quando a superfície formada é plana, ou esférico, quando a superfície apresenta uma curvatura, podendo ser côncava (a reflexão ocorre na parte interna da curvatura) ou convexa (a reflexão acontece na parte externa). A Figura 9 apresenta a representação usada para diferentes tipos de espelhos

Em espelhos planos a imagem produzida tem características muito semelhantes às do objeto. A imagem está localizada após o espelho (virtual) e possui o mesmo tamanho do objeto. A distância da imagem ao espelho é a mesma distância do objeto ao espelho. Além disso, a imagem é denominada direita, pois ela não fica invertida em relação ao objeto.

FIGURA 9: REPRESENTAÇÃO DA SIMBOLOGIA USADA NA ABORDAGEM SOBRE ESPELHOS



Fonte: o autor

Uma característica da imagem virtual é que os raios que chegam aos olhos do observador não vêm da imagem, mas são refletidos no espelho, de forma que o sistema visual constrói uma projeção que liga os raios de luz que ilusoriamente saem da imagem até os olhos. Quando estamos na frente do espelho, os raios que saem dos objetos precisam incidir sobre o espelho para poder refletir em direção aos nossos olhos. Em virtude disso, somente raios que estejam no cone visual descrito no exemplo abaixo poderão ser vistos refletidos no espelho. Nota-se que somente os pontos que estiverem dentro do triângulo poderão ser vistos pelo observador O.

Um método simples para criar diversas imagens de um mesmo objeto é fazer uma combinação de espelhos planos. Este método foi utilizado com bastante frequência em filmes antigos que precisavam retratar muito exemplares de um mesmo objeto. Quando colocados dois espelhos planos com suas superfícies refletoras formando entre si um ângulo (abertura) podemos criar uma grande quantidade de imagens de um mesmo objeto. Para criar o número de imagens usamos a seguinte relação:

$$N = \frac{360^\circ}{\theta} - 1 \quad (25)$$

Baseado neste modelo, se dois espelhos estiverem formando um ângulo de 30° , um objeto colocado em frente a estes terá um total de $\left(\frac{360}{30}\right) - 1 = 11$ imagens, sendo uma imagem projetada diretamente na frente do objeto e mais 5 imagens de cada lado deste.

Os espelhos esféricos são caracterizados por possuírem um raio de curvatura finito (diferente dos espelhos planos que tem seu raio de curvatura tendendo ao infinito). A tabela abaixo identifica as principais diferenças entre espelhos côncavos e convexos.

TABELA 2: DIFERENÇAS ENTRE ESPELHOS CÔNCAVOS E CONVEXOS

Côncavo	Convexo
Raio de curvatura à frente do espelho	Raio de curvatura atrás do espelho
As imagens dependem da distância do objeto ao espelho	Imagem virtual, direita e menor
Campo de visão diminui em relação ao espelho plano	Campo de visão aumenta em relação ao espelho plano
Foco positivo	Foco negativo

A reta que liga o centro de curvatura C ao centro c do espelho é chamado de *eixo central*. Quando raios incidentes que são paralelos ao eixo central de espelhos côncavos, sempre convergirão para foco do espelho, caso os raios incidentes passem pelo foco, serão refletidos paralelos ao eixo central, e quando raios incidentes passam pelo centro de curvatura e incidem perpendicularmente à superfície do espelho, são refletidos também na perpendicular, passando novamente pelo centro de curvatura. Em espelhos convexos, raios incidentes que sejam paralelos ao eixo central divergem, mas sua projeção passa pelo foco do espelho, quando a projeção de um raio incidente passa pelo foco do espelho, o raio refletido será paralelo ao eixo principal. Quando a raio incidente é perpendicular à superfície do espelho, sua projeção passa pelo centro de curvatura desse espelho. A figura 10 identifica os raios notáveis em espelhos esféricos.

A distância focal f de um espelho esférico é dada por

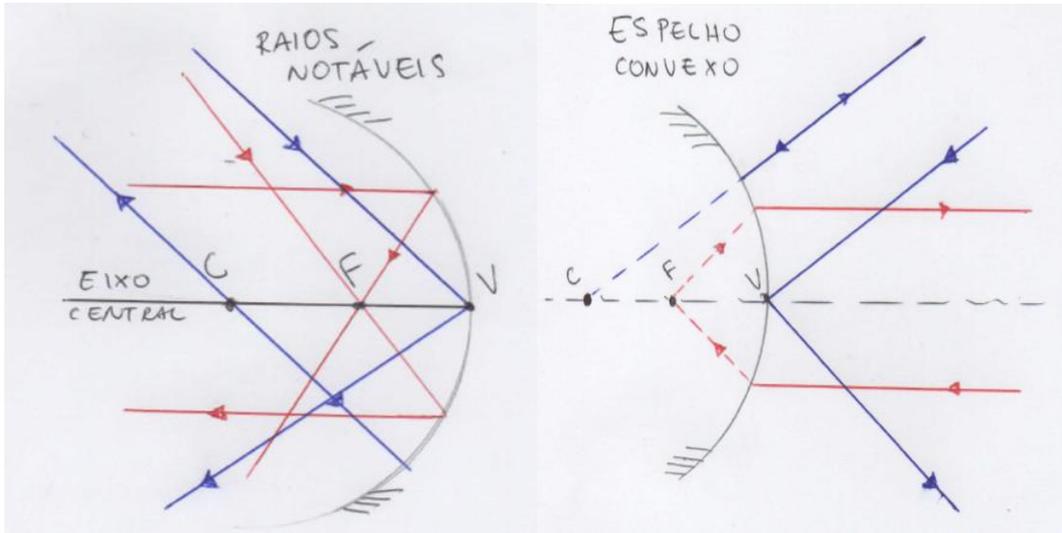
$$f = \frac{r}{2} \quad (26)$$

onde r é o raio de curvatura o espelho.

A equação de Gauss traz uma relação entre as distâncias do objeto e da imagem ao espelho e o foco do espelho. Relação é dada por

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p'} + \frac{1}{p} \quad (27)$$

FIGURA 10: RAIOS NOTÁVEIS DE UM ESPELHO ESFÉRICO CÔNCAVO E CONVEXO



Fonte: o autor

onde p' é a distância da imagem ao espelho e p é a distância do objeto ao espelho.

Como p' e p não iguais como acontece no espelho plano, escrevemos uma grandeza que descreva uma relação entre o tamanho do objeto e o tamanho de sua imagem, essa relação é chamada de **aumento linear transversal (A)**, e é dada por:

$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p} \quad (28)$$

onde i é o tamanho da imagem e o é o tamanho do objeto. Se A é positivo, i e o tem sinais iguais e a imagem é virtual. Se A é negativo: i e o tem sinais opostos e a imagem é real.

Usando os raios notáveis (paralelos ao eixo central, que passam pelo centro de curvatura e que incidem sobre o centro do espelho) é possível avaliar o tipo de imagem que será obtida. A tabela 3 mostra os tipos de espelhos esféricos, a posição relativa ao centro, foco e vértice e as características da imagem.

TABELA 3: ESPELHOS, POSIÇÃO RELATIVA E CARACTERÍSTICAS DA IMAGEM

Tipo de espelho	Posição relativa	Características da imagem
Côncavo	Antes do centro de curvatura	Real, invertida e menor
	No centro de curvatura	Real, invertida e igual
	Entre o centro de curvatura e foco	Real, invertida e maior
	No foco	Imagem impropria
	Entre o foco e o vértice	Virtual, direita e maior
Convexo	Qualquer posição	Virtual, direita e menor

2.3.4 Refração em Interfaces Esféricas

Quando as interfaces são esféricas, as imagens podem ser reais ou virtuais, dependendo diretamente dos valores de n_1 e n_2 , bem como da geometria do problema. Quando a imagem é formada no mesmo meio que está o objeto dizemos que a imagem é virtual e se a imagem for formada em um meio diferente de onde está o objeto a imagem é denominada de real.

$$\frac{n_2 - n_1}{r} = \frac{n_2}{p'} + \frac{n_1}{p} \quad (29)$$

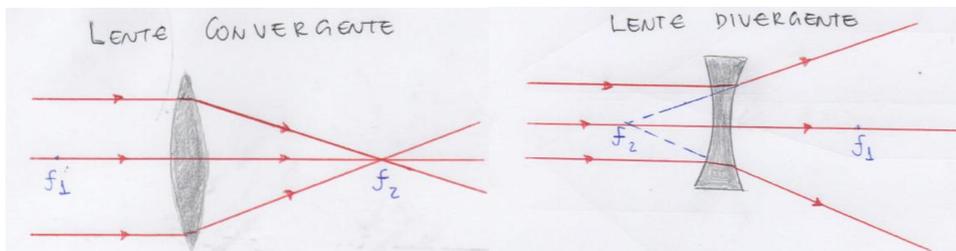
A distância do objeto p é sempre positiva, já a distância p' é positiva se a imagem for real e negativa se a imagem for virtual. Se a interface refratora for convexa r será positivo, mas se a interface refratora foi côncava, r será negativo.

2.3.5 Lentes

Lentes são objetos transparentes dotado de duas superfícies refratoras que apresentam o mesmo eixo central, em que a luz vem de um meio 1, penetra numa das superfícies do meio 2 e saí pela outra superfície, voltado ao meio 1. Normalmente as duas refrações mudam a direção de propagação da luz, exceto quando o raio luminoso se move sobre o eixo central da lente.

Quando os raios de luz são paralelos ao eixo central e após a passagem pela lente eles se aproximam, denominamos essa lente de **convergente**. Já quando os raios se afastam denominamos de **divergente**. A Figura 11 apresenta a convergência e a divergência em lentes.

FIGURA 11: LENTES CONVERGENTE E DIVERGENTE



Fonte: o autor

Uma lente é chamada de **delgada** quando as distâncias entre o objeto o , a imagem i e os raios de curvatura das faces r_1 e r_2 são bem maiores que a espessura da lente. A equação dos fabricantes indica qual deve a relação entre n, r_1 e r_2 , e no ar é dada por

$$V = \frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (30)$$

onde V é a vergência da lente (conhecida popularmente por grau) e n é o índice de refração da lente. r_1 é o raio de curvatura da face mais próxima do objeto e r_2 é o raio de curvatura da outra face. Caso uma lente seja imersa em outro meio a equação dos fabricantes deve ser escrita como

$$V = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (31)$$

onde n_1 é o índice de refração da lente e n_2 é o índice de refração do meio onde a lente está imersa. Vale ressaltar que caso $n_1 < n_2$, a lente que é divergente no ar será convergente no meio 2, e vice-versa.

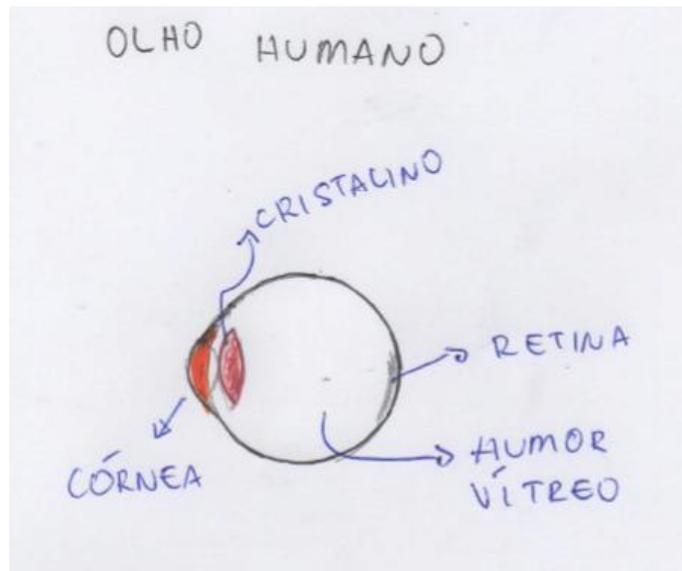
Uma lente só conseguirá desviar um raio luminoso caso o índice dela seja diferente do índice de refração do meio. Lentes cujas bordas sejam finas e o centro seja grosso produzem, no ar, feixes de luz convergentes (a lupa). Já lentes que tenham as bordas grossas e o centro fino produzem feixes de luz divergentes.

Os raios notáveis ou suas projeções sempre se encontram no foco da lente mais próxima à fonte de luz. Desta maneira, os raios de luz convergem para o foco oposto à fonte de luz numa lente convergente, e as projeções dos raios luminosos convergem para o foco próximo da fonte de luz no caso da lente ser divergente. O raio luminoso ou sua projeção, que passa pelo ponto focal da lente que fica oposta ao objeto torna-se paralelo ao eixo central. Um raio de luz que passa pelo centro da lente não muda sua direção de propagação.

2.4 O Olho Humano

O olho, conhecido também como globo ocular, é a parte externa do aparelho visual, que ainda apresenta nervos e cerebelo. O olho é composto por várias partes que são, em sua maioria, transparentes e são atravessados pela luz, além de apresentar um conjunto de músculos que servem para sustentar e realizar seus movimentos, bem como para protegê-lo da ação de agentes externos. O olho é um órgão extremamente complexo, mas em primeira aproximação ele pode ser modelado fisicamente como uma combinação de três lentes biológicas – a córnea, o cristalino e o humor vítreo, que podem esquematicamente ser substituídas por uma lente convergente. Esta lente hipotética, em um **olho normal** se situa a 5 mm da córnea e a 15 mm da retina, que se localiza no fundo do olho. A Figura 12 apresenta um esquema simplificado do olho humano com suas principais lentes biológicas.

FIGURA 12: ESQUEMA SIMPLIFICADO DE OLHO HUMANO E SUAS LENTES



Fonte: o autor

Para que uma pessoa veja com qualidade é necessário que os raios de luz cheguem à retina. O sistema visual possui a capacidade de identificar arestas, sentidos, consistências, formas e cores, dando ao ser humano a percepção de imagem. A quantidade de luz que adentra nossos olhos é controlada pela íris, que apresenta um orifício no centro que pode abrir e fechar de acordo com a quantidade de luz que chega aos olhos.

A distância mínima para que um olho normal consiga formar uma imagem bem nítida é 25 cm – essa distância é chamada de **distância mínima convencional de visão distinta**. A distância máxima normalmente se convencionou chamando de infinito, o que não significa logicamente que um ser humano vai enxergar com qualidade à distâncias infinitas, mas que esta distância é bem maior que a distância mínima de visão distinta e varia de indivíduo para indivíduo.

Para que se observe objetos à diferentes distâncias o olho utiliza diversos mecanismos. Ele usa os músculos para comprimir ou esticar o cristalino de modo a mudar a sua distância focal, e assim permitir que a imagem se forme com qualidade. Este processo é denominado de **acomodação visual**. Quanto mais perto o objeto está dos olhos, mais precisamos usar os **músculos ciliares** para comprimir o cristalino. Mas

quando o objeto está distante os músculos ciliares ficam relaxados e neste caso o olho não faz nenhum esforço para ver os objetos.

2.4.1 Defeitos da Visão

Uma vez que já foram descritas as características do olho humano, vamos detalhar os principais problemas que acometem a visão, bem como mostrar como se faz para a realizar a correção necessária dos mesmos.

2.4.1.1 Miopia

O globo ocular de uma pessoa míope é mais alongado que um olho normal, o que provoca a formação da imagem antes da retina quando o olho não realiza o esforço de acomodação. Para o olho míope a acomodação visual acontece naturalmente. Mas diferente de um olho normal, no qual a distância de ponto remoto é o infinito, no olho míope a distância do ponto remoto ocorre em um ponto finito, ou seja, próximo do olho. No globo ocular míope não há problemas no cristalino, o que não afeta a acomodação visual, mas a acomodação ocorre antes do 25 cm, o que usualmente ocorre com um olho normal.

A miopia pode ocorrer devido a várias alterações na estrutura do olho. Essas alterações podem ser congênicas ou adquiridas ao longo da vida. Quando a miopia é de congênita, normalmente enquanto o corpo se desenvolve a miopia vai sofrendo modificações, e quando o corpo atinge a idade adulta o problema deixa de evoluir. Quando o problema é adquirido ao longo da vida, a tendência é sofrer uma evolução contínua.

Para que a miopia seja corrigida, existe a necessidade do uso de lentes corretivas divergentes, para as quais

$$f < 0 \quad (32)$$

e como consequência o grau da lente deve ser negativo. Caso uma pessoa com miopia entre numa piscina com óculos, não terá qualidade na imagem, pois suas lentes se tornaram divergentes.

2.4.1.2 Hipermetropia

O olho de uma pessoa com hipermetropia apresenta um a formação da imagem num foco após a retina. Esse defeito é formado basicamente porque o globo ocular hipermetrope é mais curto que o olho normal. Quando a pessoa que tem

hipermetropia realizar o esforço de acomodação, ela provoca a diminuição da distância focal, que por sua vez, pode trazer a foco da imagem para a retina, de forma que ela possa ver nitidamente.

Um olho hipermetrope precisa realizar um esforço para ver um objeto a uma grande distância. Por isso, comparado a um olho normal, o hipermetrope acaba por sobrecarregar sua acomodação visual, ocorrendo um afastamento do ponto próximo, o que tem como efeito perceptível a necessidade de colocar o objeto a ser observado a uma distância maior que a normal (25 cm). A correção deste problema visual é feita usando-se lentes convergentes com

$$f > 0 \quad (33)$$

e como consequência o grau da lente deve ser positivo. De igual modo, uma pessoa com hipermetropia mergulhando com óculos em uma piscina terá dificuldade visual em razão de sua lente se tornar divergente.

2.4.1.3 Presbiopia

Com o avançar da idade, as pessoas tendem a sentir o sintoma de “vista cansada”. Este problema na visão ocorre porque o cristalino vai perdendo a capacidade de acomodação, o que provoca um afastamento do ponto próximo. A visão para pontos distantes não sofre alterações. A correção é feita com uso de lentes convergentes bifocais.

É muito comum em algumas cidades pessoas com poucos recursos financeiros, ou com baixa escolaridade, irem à ótica e comprarem óculos apenas colocando-os e percebendo se as imagens formadas estão melhores ou não. Esta prática é extremamente perigosa, uma vez que outros problemas relacionados à saúde ocular podem não estar sendo percebidos, por serem silenciosos, como a catarata, o glaucoma ou a pressão alta no fundo do olho. Assim sendo, faz-se necessário a visita regular ao oftalmologista afim de serem realizados exames refrativos que definirão a vergência necessária para a correção, além de outros exames que podem detectar outros problemas.

3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática descrita neste trabalho foi estruturada para ser desenvolvida ao longo de oito encontros com a turma, tendo cada encontro duas horas-aula de duração. Toda a estrutura da sequência didática será descrita a seguir. Há nessa sequência conteúdos a serem estudados pelos estudantes antes de serem abordados em sala, experiências a serem realizadas de modo individual ou em grupo, bem como a sugestão de leituras complementares, assim como a sugestão de fontes de pesquisa e estudo, usando QR CODE, afim de auxiliar na busca pelas referências sugeridas.

Primeiro encontro

Inicialmente o professor mostra aos estudantes a estrutura da proposta inicial como ocorrerão as atividades ao longo da implementação da sequência didática, podendo os discentes nesse momento auxiliarem na proposição de execução de atividades, fontes de pesquisa ou atividades experimentais. Desta forma os estudantes terão a oportunidade de se sentirem responsáveis por sua aprendizagem ao longo da execução das atividades.

Despertar atenção, interesse e a busca pela externalização dos subsunçores dos estudantes são os objetivos deste momento pedagógico e para isso busca-se aplicar diferentes metodologias afim de evidenciar aquilo que o estudante já conhece. O primeiro passo é a construção de mapas conceituais a partir da estimulação dos estudantes, usando para tal, imagens associadas a Óptica Geométrica e ao olho humano.

Em seguida, aplica-se um questionário aberto com questões baseadas em situações associadas a Óptica Geométrica ou a visão humana, em que os estudantes são levados a organizar de modo claro seus conhecimentos sobre as situações propostas. Dessa forma, mesmo que não sejam evidenciados os subsunçores por meio do mapa conceitual, pode ocorrer essa evidenciação por meio do questionário. O questionário pode ser consultado no Apêndice C.

Após estas atividades, os estudantes se organizam em grupos afim de identificar as partes que compõem o olho humano, da retina e do sistema visual completo em imagens impressas em folhas de A3, A4 e A4, respectivamente, e plastificadas de modo que os estudantes tivessem a oportunidade de discutirem,

chegarem a consensos sobre respostas e anotasse no material usando pinceis de quadro branco. Caso os estudantes queiram mudar respostas podem o fazer em virtude das imagens serem plastificadas. As imagens usadas estão nos anexos L, M e N.

Em seguida, apresenta as imagens que foram utilizadas para elaboração dos mapas conceituais, agora de forma organizada, seguindo a ordem em que serão desenvolvidos os conteúdos. Esta apresentação permite aos estudantes a compreensão clara dos conteúdos que serão abordados ao mesmo servirão de ancoradouros, mesmo que simples, para a aprendizagem do conteúdo a ser visto com mais aprofundamento e complexidade.

Ao final do encontro o professor indica os conteúdos que serão abordados no próximo encontro, já disponibilizando aos estudantes locais de pesquisa, tais como o livro didático, livros da biblioteca da escola ou sites. Os conteúdos que serão trabalhados no segundo encontro são:

- Fontes de luz;
- Meios de propagação da luz;
- Princípios de propagação da luz e suas consequências:
 1. Formação de sombras e penumbra;
 2. Eclipses;
 3. Fases da lua.

Recomenda-se como fonte principal de pesquisa o livro didático, pois acredita-se que todos possuem, mas é recomendável a indicação de uso de endereços eletrônicos confiáveis. Segue abaixo a lista de endereços eletrônicos confiáveis para estudo e pesquisa, associados aos respectivos QR Code's:

1 – Pion: <http://www.sbfisica.org.br/v1/novopion/index.php/publicacoes/materiais-didaticos>



2 – e-Física: <http://efisica.if.usp.br/optica/basico/geometrica/>



3 – Mundo Educação: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/optica.htm>



4 – InfoEscola: <https://www.infoescola.com/optica/>



5 – Só Física: <http://www.sofisica.com.br/>



6 – Física Net: <http://www.fisica.net/>



A aplicação de atividades a serem respondidas depois do estudo é outra ferramenta recomendável, pois ajuda o estudante a balizar a ter uma percepção mais clara de como está sua aprendizagem. A proposição de problemas a partir de situações cotidianas, ou que se aproxime ao máximo de situações reais é importante para desenvolver no estudante a compreensão da aplicabilidade dos conteúdos que estão sendo estudados, além de auxiliar no processo de construção de competências e habilidades que serão medidas em avaliações externas à escola. A atividade a ser respondida antes do segundo encontro é dada abaixo:

Atividade 1

1 – O que são fontes primárias e fontes secundárias? É possível uma fonte primária se tornar uma fonte secundária? O Sol pode ser tornar uma fonte secundária? E outras estrelas podem perder seu brilho?

2 – O que são fontes de luz coerentes e o que são fontes de luz incoerentes? Onde as usamos e porque as usamos?

3 – É possível um objeto ser ao mesmo tempo transparente, translucido ou opaco? Justifiquem.

4 – Como é produzida a luz nas estrelas, nos vagalumes e nas bactérias? No que se parecem e no que se diferenciam?

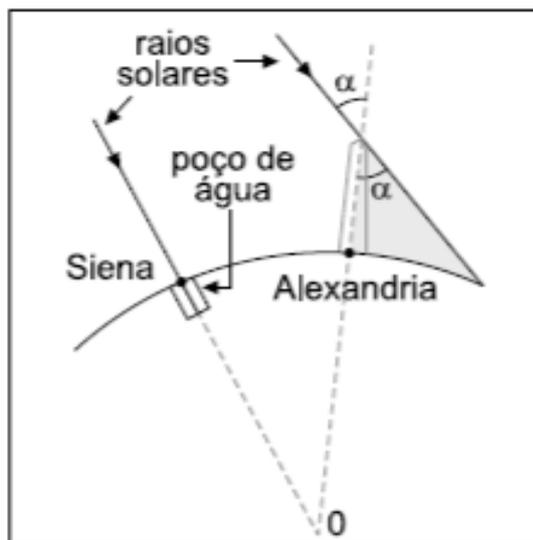
5 – Façam uma evolução temporal do desenvolvimento das lâmpadas.

6 – Por que se forma os eclipses? Como os astrônomos sabem quando vai acontecer com tanto tempo de antecedência?

7 – Explique:

- a) Por que é possível a troca de olhares usando espelhos?
- b) Passeando à noite numa rua bem iluminada você se aproxima de um poste e se afasta de outro, mas ainda existe a sombra gerada pelo poste de que você está se afastando. Como isso é possível?
- c) Como é formada a imagem no interior do seu olho?

8 – (UnB-DF) Erastóstenes, um antigo sábio que trabalhou no museu de Alexandria, há mais de dois mil anos, criou um famoso método para medir a circunferência da Terra. Conta-se que ele estava lendo um pergaminho que continha histórias de viajantes e deteve-se em uma passagem em que era narrado o fato, aparentemente banal, de que “ao meio-dia do dia mais longo do ano”, na cidade de Siena, próxima a Alexandria, o Sol estava a pino sobre um poço de água, e obeliscos



não projetavam nenhuma sombra. obeliscos não projetavam nenhuma sombra. O fato intrigou-o porque, no mesmo dia e no mesmo horário, na cidade de Alexandria, o Sol não estava exatamente a pino, como em Siena. Considerando que, devido à grande distância entre o Sol e a Terra, os raios luminosos provenientes do Sol que chegam à superfície terrestre são praticamente paralelos. Ele concluiu, então, que a Terra não poderia ser plana e elaborou um método para medir o perímetro da sua circunferência. O método baseava-se em medir o ângulo α , formado entre uma torre vertical e a linha que une a extremidade da sombra projetada por essa torre no solo e o topo da torre, além de medir a distância entre Siena e Alexandria, conforme ilustra a figura.

Com base nessas informações, julgue os itens que se seguem.

1. Se a Terra fosse plana, a sombra de uma torre vertical teria, em um mesmo horário, o mesmo tamanho em qualquer parte da Terra.
2. Se a Terra fosse plana e o Sol estivesse suficientemente próximo dela, de modo que seus raios de luz não pudessem ser considerados paralelos, então poderiam ser observadas diferentes configurações das sombras de torres idênticas localizadas em Siena e em Alexandria.
3. Um forte indício de que a Terra é arredondada poderia ser percebido durante um eclipse lunar, observando-se a sombra da Terra na superfície da Lua.
4. Considerando que a distância entre Siena e Alexandria seja de 450 km, que o ângulo α seja igual a 4° e que a Terra seja uma esfera, o perímetro da circunferência de maior raio que passa pelas duas cidades será superior a 40.000 km.

Caso os estudantes apresentem dificuldades durante os estudos ou durante realização das atividades é fundamental que enviem as dúvidas ao professor antes do próximo encontro, dessa forma o professor pode auxiliar com novas sugestões de leituras afim de dirimir as dúvidas ou adequar parte do próximo encontro para ajudar os estudantes a superar esses questionamentos.

Além da resolução de atividades, a experimentação é uma maneira eficiente do estudante avaliar as potencialidades dos conteúdos estudado, e ao mesmo tornar a aprendizagem significativa, especialmente quando o experimento é montado e realizado por ele, ou quando ele é um participante ativo do processo de realização. Ao mesmo

tempo o experimento é útil por fazer o estudante perceber como se faz ciência, perceber como o ambiente influencia nos resultados, aprender a propor hipóteses, refuta-las e construir novos caminhos afim de alcançar resultados expressivos, além de desmistificar a compreensão errônea de que só os gênios fazem experimentos científicos e que tais só podem ser feitos em grandes laboratórios.

Para além dos aspectos já citados, temos o envolvimento afeito do estudante ao longo do processo, pois por ser o executor experimental, o estudante acaba desenvolvendo apego afetivo/emocional à atividade, tornando o prazer pela aprendizagem ainda mais envolvente. Por todos estes fatores, foram propostos experimentos individuais e em grupo com vistas a desenvolver a aprendizagem significativa e crítica do discente. Segue abaixo o roteiro do experimento 1 a ser apresentado no segundo encontro.

Experimento 1

1 – Tipo de atividade: Em grupo.

2 – Temas abordados:

- Fontes de luz;
- Meios de propagação da luz;
- Tipos de propagação;
- Princípios da Óptica Geométrica.

3 – Objetivos:

3.1 – Geral

Compreender os princípios da Óptica Geométrica.

3.2 – Específicos

- Criar situações onde ocorra a formação de diferentes tipos de feixe de luz;
- Entender como os meios materiais interferem na propagação da luz;
- Identificar objetos como fontes primárias ou secundária de luz.

4 – Material utilizado

- Quatro *laser pointer*
- Peça de madeira
- Prato de vidro com superfície externa irregular
- Copo de vidro liso
- Pedacos de papelão

5 – Procedimento experimental

Monte uma sequência de procedimento afim de demonstrar:

1. Criar feixes de luz paralelos, convergentes e divergentes
2. A propagação retilínea da luz;
3. A reversibilidade da luz;
4. A independência dos raios de luz;
5. Usando o pedaço de madeira, o copo de vidro e o prato mostre como a luz se comporta quando incide nesses materiais;

6 – Resultados e comentários

Explique os resultados obtidos à luz da Óptica Geométrica e comente os erros e acertos produzidos durante a realização da atividade.

7 – Referências

Cite as fontes que foram pesquisadas durante a elaboração da atividade experimental.

Conheça um pouco mais:

Além dos estudos prévios, da resolução da atividade e da confecção de experimentos, os estudantes podem ser confrontados a irem um pouco além. Por meio de reportagens, produções televisivas, canais de internet ou leituras que enriqueçam a percepção de mundo do estudante, o professor pode mostrar aos discentes, como a compreensão sobre o tema em estudo impacta a sociedade, a ciência, os esportes, etc. deste modo busca-se que o estudante se torne ainda mais reflexivo e crítico ao mundo que o cerca. Como sugestões introdutórias ao estudo da Óptica Geométrica temos:

1 – O telescópio Hubble:



2 – O que são estrelas de nêutrons?



3 – Como a luz saí do Sol?



4 – A história da lâmpada



5 – Evolução estelar



Segundo encontro

O segundo encontro se inicia com os estudantes organizados em grupo exponham suas respostas para os membros do grupo, desse modo eles podem fazer comparações em suas respostas, observar o vocabulário e as ideias uns dos outros e contribuir para correção de algum item que outro companheiro do grupo tenha respondido de modo errado, e o professor deve passar em cada agrupo afim de auxiliar, caso necessário. Depois os estudantes devem apresentar os resultados do experimento proposto e comentar a sobre as dificuldades encontradas para elaboração e confecção dos experimentos. O professor deve questionar os estudantes a respeito de dúvidas e incentivar os estudantes a expô-las, quer em grupo ou por meio de texto, para que possam ser respondidas.

Depois o professor deve fazer a apresentação do tema de estudo introdutório à Óptica Geométrica, e relacionar com o questionário proposto de modo a ratificar e aprofundar o conteúdo estudando, dando ênfase as ideias mais relevantes e estruturantes do tema e liga-los ao momento da realização do experimento ou a situações do cotidiano, sempre dando oportunidade a participação ativa do estudante por meio de perguntas relevantes. Ao final da exposição o professor deve propor novos questionamentos que devem ser respondidos pelos estudantes ainda em sala sob a supervisão do professor, que ao final deve responder aos questionamentos propostos, tentando dirimir o máximo possível possíveis duvidas que possam ainda existir.

Depois do momento de professor deve fazer a apresentação do tema do próximo encontro:

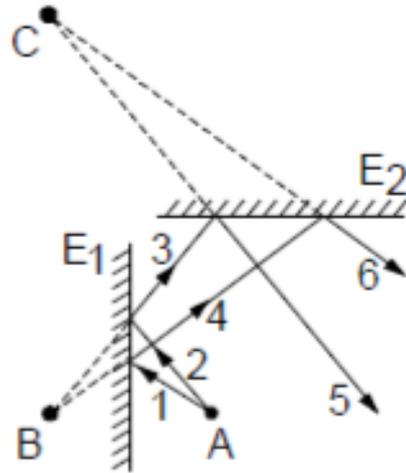
- Reflexão da luz
 1. Tipos de reflexão;
 2. Leis da reflexão;
 3. Formação de imagens em espelhos planos;
 4. Campo visual em espelhos planos;
 5. Translação de espelho plano;
 6. Associação de espelhos planos.

Ressaltar a necessidade do estudo fora do ambiente escolar, e reforçar o uso do livro didático e das outras fontes propostas no encontro anterior. E repassar uma

nova atividade para os estudantes, bem como o novo experimento, que visam auxiliar os estudantes durante o estudo. A atividade e o experimento seguem descritos abaixo:

Atividade 2

1 - (OBFEP – 2006) O diagrama representa dois espelhos planos E1 e E2 perpendiculares entre si, uma fonte pontual de luz posicionada no ponto A e o traçado do percurso de dois raios luminosos 1 e 2 contidos num plano perpendicular aos espelhos. Assinale com V as proposições verdadeiras ou com F as proposições falsas.



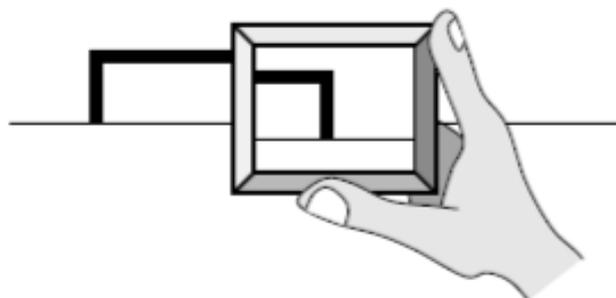
- () A intersecção entre os raios 2 e 4 em nada impede o livre trajeto deles.
- () O ponto B marca a posição da imagem virtual do objeto em A.
- () O raios 5 e 6 têm como intersecção o ponto C, imagem, para E2, do objeto em B.
- () Os raios 5 e 6 são coplanares entre si

A sequência correta é dada por:

- a) F F F F
- b) V F V F
- c) F F V F
- d) F V F V
- e) V V V V

2 - (OBFEP – 2014) Bisnaga sentou ao lado do professor, atraído pelas

.....



descobertas que poderia experimentar no jogo utilizando a Física. Além disso, desta vez ele conseguiu acertar a brincadeira do professor Arquimedes.

- Professor, a escola fez as marcações do limite do campo, mas esqueceu da linha do meio de campo. Não temos uma fita métrica para tentar desenhar esta linha com precisão. O senhor pode nos ajudar?

O Professor Arquimedes foi até o banheiro e retirou um pequeno espelho plano da parede. Foi até o centro do campo, entregou o espelho para Bisnaga e falou:

- Posicione o seu corpo voltado para um dos gols. Levante o espelho na vertical e afaste-o. Você verá um pedaço da imagem da linha de fundo e do gol que estão atrás de você. Olhe a linha de fundo e o gol à sua frente. Agora, andando um pouco para frente ou para trás e mexendo o espelho, tente sobrepor o que você vê no espelho com o que vê à sua frente. Quando conseguir, o espelho estará na posição do meio do campo.

Bisnaga fez como o professor Arquimedes explicou e parece que a linha realmente ficou no meio exato.

- Professor, porque isso é possível?

- Todo espelho plano forma uma imagem à mesma distância do respectivo objeto por causa do seu formato e da...

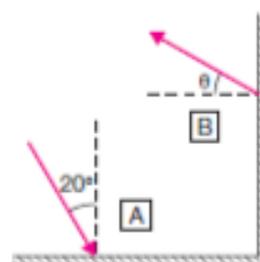
a) Reflexão regular que ocorre na superfície do espelho.

b) Refração que ocorre na superfície do espelho.

c) Absorção que ocorre na superfície do espelho.

d) Difração que ocorre na superfície do espelho.

3 - (PUC-RIO) A figura representa um raio luminoso incidido sobre um espelho plano A e, em seguida, refletido pelo espelho plano B. O ângulo que a direção do raio refletido faz com a direção perpendicular ao espelho B é:



- a) 0° b) 90° c) 20° d) 65° e) 70°

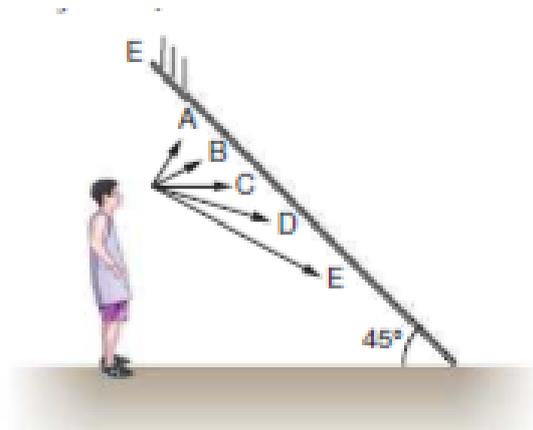
4 - (UERJ) Uma garota, para observar seu penteado, coloca-se em frente a um espelho plano de parede, situado a 40 cm de uma flor presa na parte de trás dos seus cabelos. Buscando uma visão melhor do arranjo da flor no cabelo, ela segura, com uma das mãos, um pequeno espelho plano atrás da cabeça, a 15 cm da flor.



A menor distância entre a flor e sua imagem, vista pela garota no espelho de parede, está próxima de:

- a) 55 cm
b) 70 cm
c) 95 cm
d) 110 cm

5 - (Fuvest-SP) Um espelho plano, em posição inclinada, forma um ângulo de 45° com o chão. Uma pessoa observa-se no espelho, conforme a figura. A flecha que melhor representa a direção para a qual ela deve dirigir seu olhar, a fim de ver os sapatos que está calçando, é:



- a) A
b) B

c) C

d) D

e) E

6 - (UCDB-MS) Uma pessoa está vestindo uma camisa que possui impresso o número 54. Se essa pessoa se olhar em espelho plano, verá a imagem do número como:

7 – (Olimpíada Paulista de Física) Durante a aula o professor tecia considerações sobre a reflexão, a absorção, a reemissão e a transmissão da luz que incidisse numa superfície. Patrícia, que ouvia atentamente a explanação, fez a seguinte pergunta: “O que ocorreria se o fenômeno da reflexão deixasse de existir?” O professor, aproveitando o ensejo, estendeu a pergunta para a classe e as respostas foram anotadas na lousa:

I. Os espelhos não mais funcionariam.

II. Não poderíamos ver mais as flores nem a vegetação.

III. A Lua nunca mais poderia ser vista.

IV. Só os corpos luminosos poderiam ser vistos.

Com relação às respostas, podemos dizer que:

a) Apenas I é correta.

b) Todas são corretas.

c) Todas são incorretas.

d) Apenas II e III são corretas.

e) Apenas IV é correta.

Experimento 2

1 – Tipo de atividade: Individual.

2 – Temas abordados:

- Reflexão regular da luz;
- Produção de imagens de um corpo extenso;
- Multiplicação de imagens em espelhos planos;

3 – Objetivos:

3.1 – Geral

Compreender o processo de multiplicação de imagens em uma associação de espelhos planos.

3.2 – Específicos

- Entender a criação de imagem de um corpo extenso;
- Associar o número de imagens de um corpo extenso ao ângulo de abertura entre os espelhos;
- Calcular o número de imagens para cada ângulo de abertura.

4 – Material utilizado

- Dois espelhos planos
- Um objeto pequeno
- Ciclo trigonométrico com ângulos notáveis medidos em graus
- Celular
- Fita gomada

5 – Procedimento experimental

1. Coloque o objeto e classifique a imagem formada (direita, inversa, real, virtual, maior, menor, imprópria ou reversa);

2. Coloque os espelhos na vertical em uma superfície plana e ligue-os com o auxílio da fita gomada de modo que o ângulo de abertura possa ser alterado;
3. Selecione quatro ângulos distintos para a abertura entre os espelhos;
4. Abra os espelhos no primeiro ângulo escolhido e posicione o objeto no ponto médio entre os dois espelhos;
5. Observe o número de imagens formadas e fotografe;
6. Repita o procedimento para os outros três ângulos;
7. Calcule o número de imagens formadas usando a fórmula $n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$, onde α é o ângulo de abertura e compare com os resultados obtidos com os espelhos.

6 – Resultados e comentários

Explique os resultados obtidos à luz da reflexão de espelhos planos e comente os erros e acertos produzidos durante a realização da atividade.

7 – Referências

Cite as fontes que foram pesquisadas durante a elaboração da atividade experimental.

Conheça um pouco mais:

Como sugestão de materiais adicionais segue abaixo os QRCODE's de alguns vídeos que auxiliam na compreensão mais ampla a respeito de espelhos planos e outros que ressaltam o lado lúdico da reflexão em espelhos planos:

1 – Como são formadas imagens infinitas em espelhos:



2 – Aprendendo a desenhar com um espelho mágico:



3 – Como são fabricados os espelhos?



4 – A cabeça sem corpo.



Terceiro encontro

O terceiro encontro se iniciou com os discentes apresentando suas respostas para os membros do grupo, que discutiam, avaliavam as respostas uns dos outros balizados pelo que já haviam aprendido e chegavam a uma resposta final que representava o pensamento do grupo. Depois desse momento os grupos compartilharam suas respostas com membros dos outros grupos até que todos chegaram a resposta que melhor respondia ao questionamento proposto.

O professor não deve interferir neste processo, mesmo percebendo que algumas respostas apresentam inconsistências. Mas deve incentivar os estudantes a questionarem sempre e perceber aqueles estudantes que não estão participando ou não estão acompanhando a realização das atividades e tentar buscar respostas para esse comportamento. Ainda reunidos em grupo os estudantes devem apresentar os resultados dos experimentos, e comentar as impressões e as dificuldades encontradas.

Como os discentes já estudaram o tema anteriormente o professor deverá dar ênfase aos aspectos mais relevantes do conteúdo, e buscar sempre fazer a reconciliação integrativa, permitindo ao estudante a percepção de que a reflexão da luz e suas leis são a conexão entre as diferentes especificações do conteúdo, e voltar para o questionário afim de ratificar as respostas corretas e a ajudar os estudantes na reformação das respostas que estão erradas.

O professor deve propor uma nova situação problema para desafiar os estudantes a construir hipóteses e solucioná-la, deixando um tempo para que os alunos possam tentar solucionar, passado esse tempo incentivar os estudantes a construir as respostas coletivamente, sendo o professor o mediador desse processo.

No fim do encontro o professor deve indicar os conteúdos que serão abordados no próximo encontro:

- Reflexão em espelhos esféricos;
 1. Elementos geométricos;
 2. Formação de imagens;
 3. Estudo analítico;
 4. Aplicações de espelhos esféricos.

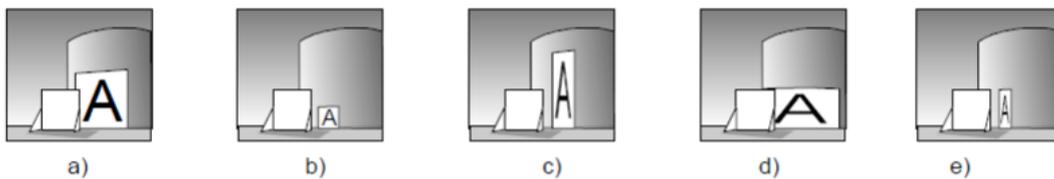
Vale mostrar aos estudantes como os momentos de estudo que eles têm dedicam antes de cada encontro torna a aula mais produtiva e pedir para que algum estudante compartilhe sua experiência pessoal. Os mapas conceituais que foram produzidos no primeiro encontro servem para demonstrar a evolução que os estudantes estão tendo, uma vez que muitas das relações feitas no mapa não seriam repetidas nesse novo momento. O docente indicará a atividade a ser resolvida pelos para os estudantes ao longo da semana, bem como o novo experimento, que visam auxiliar os estudantes durante o estudo. A atividade e o experimento seguem descritos abaixo:

Atividade 3

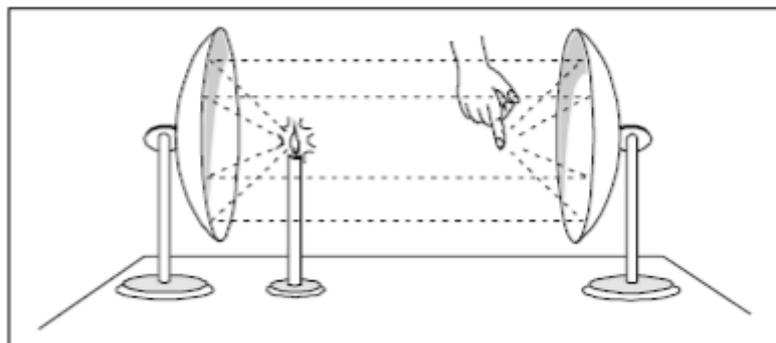
1 - (OBFEP – 2013) Em um Centro de Ciências um estudante entra em uma caixa triangular, cujas paredes são 3 espelhos. Ele observa suas imagens formadas pelos espelhos como sendo: imagem maior, imagem menor e imagem de igual tamanho. Na sequência apresentada, ele esteve defronte dos seguintes espelhos:

- a) Plano, côncavo e convexo
- b) Convexo, côncavo e plano
- c) Côncavo, plano e convexo
- d) Côncavo, convexo e plano

2 - (OBFEP – 2006) Um painel quadrado que tem gravado uma letra "A" é colocado na frente de uma superfície cilíndrica refletiva. Identifique, nas opções que seguem, a que mostra corretamente a imagem da letra A formada na superfície cilíndrica:



3 - (OBFEP – 2006) Dois espelhos metálicos parabólicos e côncavos são dispostos frente a frente de modo que seus eixos principais coincidam. Um aluno



coloca o dedo no foco de um dos espelhos enquanto a chama de uma vela está posicionada no foco do outro.

Analise as proposições:

I - O aluno sente o aquecimento pois seu dedo recebe mais energia radiante do que é capaz de emitir.

II - O aluno não percebe nenhuma elevação da temperatura e o único evento percebido consiste na iluminação do dedo.

III - O aluno sentirá seu dedo esfriar se a vela for substituída por um pedaço de gelo, pois seu dedo estará emitindo mais energia radiante do que o gelo.

IV - O aluno não sentirá frio se o gelo estiver no lugar da chama pois o gelo não emite radiação.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s):

a) I apenas.

b) III apenas.

c) II e IV apenas.

d) I e III apenas.

e) II apenas.

4 - (UEM PR/2015) Um objeto extenso, real, direito e de altura H é colocado sob o eixo principal de um espelho esférico côncavo de raio de curvatura de 30 cm, a uma certa distância D do espelho. Com base nessas informações, assinale o que for correto.

01. Quando $H = 3$ cm e $D = 30$ cm, a imagem formada é real, invertida e do mesmo tamanho que o objeto.

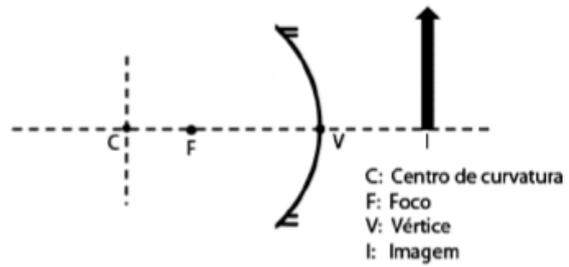
02. Quando $H = 3$ cm e $D = 60$ cm, o aumento linear transversal é de e e a imagem formada é real, invertida e menor que o objeto.

04. Quando $H = 2$ cm e $D = 15$ cm, o aumento linear transversal é de $3x$ e a imagem formada é virtual e direita em relação ao objeto.

08. Quando $H = 2$ cm e $D = 20$ cm, o aumento linear transversal é de $6x$ e a imagem formada é virtual, direita e menor que o objeto.

16. Quando $H = 4$ cm e $D = 40$ cm, a imagem é real, maior e invertida em relação ao objeto.

5 - (UNICAMP SP/2015) Espelhos esféricos côncavos são comumente utilizados por dentistas porque, dependendo da posição relativa entre objeto e imagem, eles permitem visualizar detalhes precisos dos dentes do paciente.



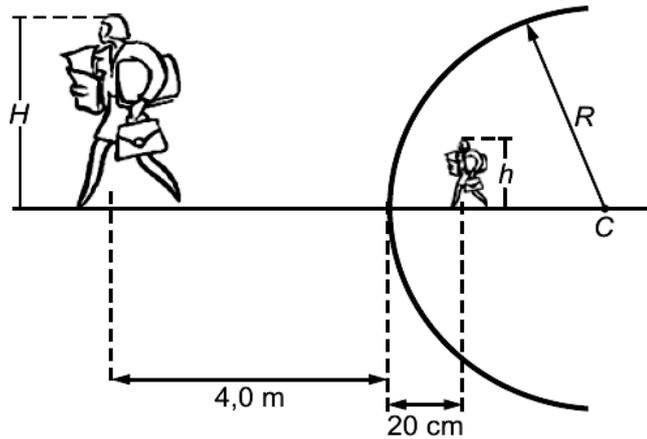
Na figura abaixo, pode-se observar esquematicamente a imagem formada por um espelho côncavo. Fazendo uso de raios notáveis, podemos dizer que a flecha que representa o objeto.

- a) se encontra entre F e V e aponta na direção da imagem.
- b) se encontra entre F e C e aponta na direção da imagem.
- c) se encontra entre F e V e aponta na direção oposta à imagem.
- d) se encontra entre F e C e aponta na direção oposta à imagem.

6 - (UFU MG/2015) Uma pessoa projeta em uma tela a imagem de uma lâmpada, porém, em um tamanho quatro vezes maior do que seu tamanho original. Para isso, ela dispõe de um espelho esférico e coloca a lâmpada a 60 cm de seu vértice. A partir da situação descrita, responda:

- a) Que tipo de espelho foi usado e permitiu esse resultado? Justifique matematicamente sua resposta.
- b) Se um outro objeto for colocado a 10 cm do vértice desse mesmo espelho, a que distância dele a imagem será formada?

7 - (UNICAMP SP) Para espelhos esféricos nas condições de Gauss, a distância do objeto ao espelho, p , a distância da imagem ao espelho, p' , e o raio de curvatura do espelho, R , estão relacionados através da equação $\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$. O aumento linear transversal do



espelho esférico é dado por $A = \frac{-p'}{p}$, onde o sinal de A representa a orientação da imagem, direita quando positivo e invertida, quando negativo. Em particular, espelhos convexos são úteis por permitir o aumento do campo de visão e por essa razão são frequentemente empregados em saídas de garagens e em corredores de supermercados. A figura a seguir mostra um espelho esférico convexo de raio de curvatura R . Quando uma pessoa está a uma distância de 4,0 m da superfície do espelho, sua imagem virtual se forma a 20 cm deste, conforme mostra a figura. Usando as expressões fornecidas acima, calcule o que se pede.

- O raio de curvatura do espelho.
- O tamanho h da imagem, se a pessoa tiver $H = 1,60$ m de altura.

Experimento 3

1 – Tipo de atividade: Em grupo.

2 – Temas abordados:

- Espelhos esféricos;
- Reflexão da luz em espelhos côncavos;

3 – Objetivos:

3.1 – Geral

Entender a aplicação dos raios notáveis para o estudo da formação de imagens nos espelhos esféricos.

3.2 – Específicos

- Construir um espelho esférico parabólico;
- Aquecer pequenos materiais usando o espelho construído;
- Compreender de modo prático a importância dos raios notáveis.

4 – Material utilizado

- Papel alumínio ou superfícies metálicas bem polidas;
- Estrutura parabólica;
- Estrutura que sirva de base de apoio;
- Papel.

5 – Procedimento experimental

Monte uma sequência de procedimento afim de demonstrar que os raios incidentes paralelos ao eixo principal são refletidos para o foco do espelho, onde o papel ficara localizado.

6 – Resultados e comentários

Explique os resultados obtidos à luz da reflexão da luz em espelhos esféricos e comente os erros e acertos produzidos durante a realização da atividade.

Explique por que a temperatura dentro do espelho aumenta tanto.

7 – Referências

Cite as fontes que foram pesquisadas durante a elaboração da atividade experimental.

Conheça um pouco mais:

A sugestão de materiais adicionais segue abaixo com alguns vídeos que auxiliam no entendimento mais claro a respeito de espelhos esféricos, sua importância para as olimpíadas e outros que destacam situações intrigante da reflexão em espelhos esféricos:

1 – História do fogo olímpico



2 – Cerimonia de acendimento da tocha olímpica dos jogos do Rio de Janeiro



3 – A construção de um fogão solar



4 – O criador de fantasmas (associação de espelhos esféricos)



A complexidade do conteúdo pode levar alguns estudantes a apresentarem dificuldade durante o estudo. Dessa forma é importante que ao longo da semana dedicar atenção às demandas dos estudantes e incentiva-los ao estudo em grupo afim de que se

apoiem mutuamente. Além disso, apesar da compreensão sobre o funcionamento da experiência ser relativamente simples, sua execução experimental é complexa, o que pode desmotivar os estudantes durante sua realização.

Obs.: Os estudantes já devem ser instruídos sobre a atividade experimental que será realizada no quinto encontro, afim de já trazerem parcialmente montado no próximo encontro.

Quarto encontro

O quarto encontro começa com a entrega das câmeras fotográficas confeccionadas pelos estudantes e a indicação de dois estudantes que irão ajudar o professor no restante da montagem do experimento do próximo encontro. Logo após os estudantes são estimulados a apresentarem os resultados dos trabalhos experimentais. Nesta atividade pode ocorrer de alguns grupos não conseguirem realizar com sucesso a atividade, mas mesmo com o insucesso na execução da atividade, os estudantes deverão elencar as limitações que não conseguiram superar, além de proporem novas formas para conseguir lograr êxito.

Em seguida, os grupos apresentam as respostas aos questionamentos elencados na aula anterior e o professor deve ficar atento a participação de todos, haja visto o conteúdo apresentar certo grau de complexidade. Superado esse momento o professor abordou o conteúdo dando ênfase as semelhanças e diferenças entre as imagens obtidas em cada tipo de espelho esférico, fazendo uso de materiais presentes em nosso dia a dia.

A partir daí é importante a abordagem analítica da reflexão da luz em espelhos esféricos e para este tipo de abordagem é interessante a resolução de atividade baseado em alguns dados colhidos durante a realização do experimento de um dos grupos que tenha conseguido realizar a atividade com sucesso. O professor deve incentivar os estudantes a resolver organizando a resolução em etapas, afim de que todos possam construir individualmente sua resposta.

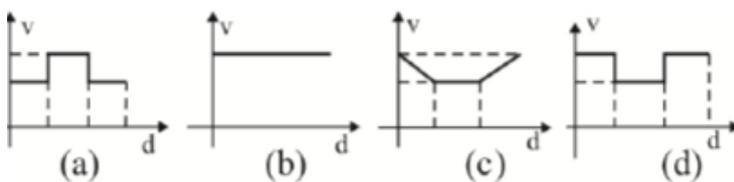
Ao final do encontro o docente deve elencar os conteúdos a serem estudados e o questionário a ser respondido, para o sexto encontro, que versam sobre:

- Refração da luz:
 1. Refração da luz;
 2. Índice de refração;
 3. Leis da refração;
 4. Reflexão total
 5. Situações cotidianas onde ocorre refração.

Nesse momento o professor deve ratificar a necessidade da presença dos estudantes no próximo encontro, pois será a aplicação de uma atividade experimental diferenciada e que remonta ao início da arte de fotografar. O docente também deve já indicar a atividade que os estudantes deverão responder após o período de estudo. O roteiro experimental do quinto encontro e a atividade a ser apresentada no sexto encontro encontram-se a seguir:

Atividade 4

1 - (OBFEP – 2013) Um laser-pointer é ligado para lançar um feixe luminoso através de um aquário cheio de água. O feixe atravessa também uma grande bolha de ar, no interior do aquário. Qual dos gráficos abaixo melhor representa a velocidade V do feixe do laser em função do espaço d percorrido no interior do aquário, de acordo com a descrição feita?



2 - (OBFEP – 2006) Dos fenômenos citados abaixo, NÃO se relaciona(m) com a refração da luz:

I - A formação do arco-íris.

II - As miragens observadas nas estradas asfaltadas num dia quente.

III - A formação das imagens pelas superfícies refletoras.

IV - O poder de aumento de uma lupa ao ser usada para observar um pequeno inseto.

V - A decomposição da luz branca em um prisma óptico de vidro.

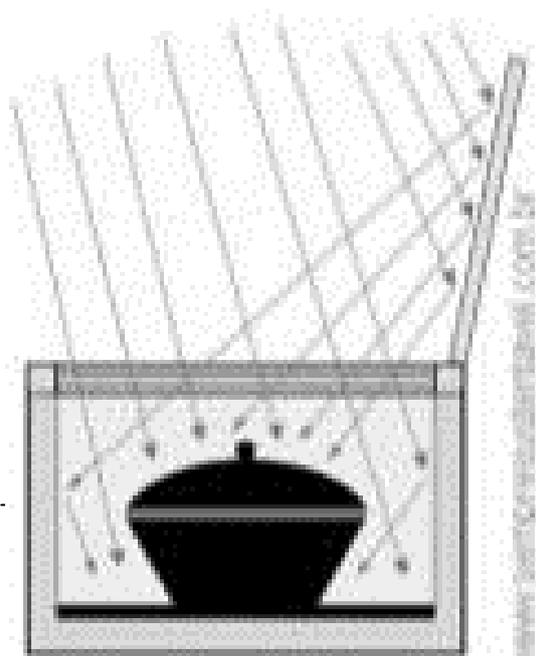
A alternativa que atende a solicitação é:

- a) I apenas
- b) II apenas
- c) III apenas
- d) II e IV apenas
- e) II, IV e V apenas.

3 - (OBFEP – 2006) Uma fonte laser se caracteriza por emitir radiação monocromática. Um tipo bem conhecido dessa fonte é a chamada “canetinha laser”, que emite luz vermelha. Diferentemente da “luz branca” de uma fonte comum, pode-se verificar que com a luz deste laser não é possível obter a:

- a) reflexão num espelho plano.
- b) refração num vidro transparente.
- c) interferência com uma rede de difração.
- d) difração num objeto de pequenas dimensões.
- e) decomposição num prisma óptico.

4 - (OBFEP – 2014) Dona Ermínia, a mãe de Bisnaga, soube que o professor



Arquimedes estava ajudando o filho. Agradecida, convidou-o para um almoço. Depois do almoço, o professor disse para dona Ermínia que poderia construir um forno solar para ela cozinhar sem gastar gás. Ele construiu uma grande caixa. A parte interna da tampa e as paredes laterais internas da caixa eram espelhadas. O fundo era metal pintado de preto. O professor colocou arroz com água em uma panela preta no interior da caixa. Com a tampa da caixa levantada, colocou um vidro transparente acima da panela tampando novamente a caixa, conforme figura. A luz, vinda diretamente do Sol ou refletida pela parte interna da tampa, atravessava o vidro e esquentava a panela e tudo que estava no seu interior. Depois de um tempo o arroz estava cozido, para espanto e felicidade de dona Ermínia. Bisnaga observava tudo atentamente. Depois da demonstração, ele não se segurou e fez uma pergunta:

- Professor, talvez o vidro não atrapalhe a luz do sol passar para o interior, já que é transparente, mas certamente ele não ajuda nisso. Ele também não faz a intensidade da luz aumentar. Então, porque usá-lo?

- Porque a luz que passa pelo vidro é absorvida pela panela e pelo fundo da caixa aquecendo-os. Ao aquecer essas partes pretas, elas passam a liberar energia em forma de radiação infravermelha e o vidro...

a) ... não deixa passar parte desta radiação, refletindo para o interior da caixa e mantendo-o aquecido.

b) ... absorve toda a radiação infravermelha impedindo que ela nos faça mal.

c) ... transforma a radiação infravermelha em luz, devolvendo energia para o interior da caixa.

d) ... deixa que essa radiação saia do interior da caixa para fora, evitando a contaminação do alimento

5 - (UEPG PR) O fenômeno da refração se caracteriza pelo fato da luz passar de um meio para outro. Sobre esse fenômeno, assinale o que for correto.

01. O desvio que um raio luminoso sofre ao passar de um meio para outro depende da frequência da luz.

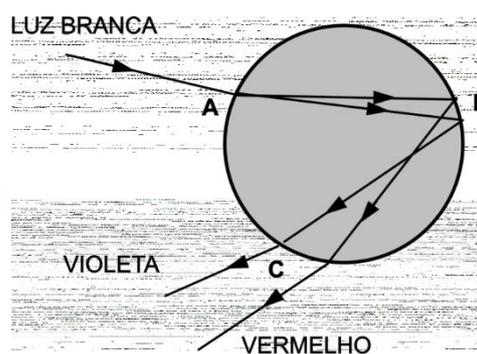
02. Um raio luminoso refratado aproxima-se do normal para qualquer par de meios que se propague.

04. A luz se refrata integralmente quando atinge uma superfície de separação de dois meios transparentes.

08. Para qualquer ângulo de incidência um raio de luz monocromática tem propagação retilínea ao incidir sobre uma superfície de separação de dois meios transparentes.

16. A luz não sofre refração ao passar de um meio para outro, se os meios tiverem as mesmas propriedades físicas.

6 - (UFPR) Descartes desenvolveu uma teoria para explicar a formação do arco-íris com base nos conceitos da óptica geométrica. Ele supôs uma gota de água com forma esférica e a incidência de luz branca conforme mostrado de modo simplificado na figura ao lado. O raio incidente sofre refração ao entrar na gota



(ponto A) e apresenta uma decomposição de cores. Em seguida, esses raios sofrem reflexão interna dentro da gota (região B) e saem para o ar após passar por uma segunda refração (região C). Posteriormente, com a experiência de Newton com prismas, foi possível explicar corretamente a decomposição das cores da luz branca. A figura não está desenhada em escala e, por simplicidade, estão representados apenas os raios violeta e vermelho, mas deve-se considerar que entre eles estão os raios das outras cores do espectro visível.

Sobre esse assunto, avalie as seguintes afirmativas:

1. O fenômeno da separação de cores quando a luz sofre refração ao passar de um meio para outro é chamado de dispersão.

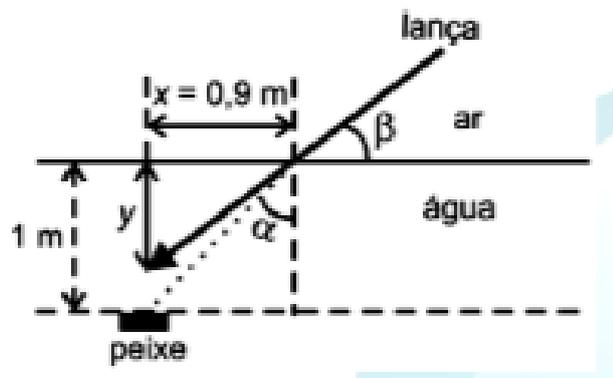
2. Ao sofrer reflexão interna, cada raio apresenta ângulo de reflexão igual ao seu ângulo de incidência, ambos medidos em relação à reta normal no ponto de incidência.

3. Ao refratar na entrada da gota (ponto A na figura), o violeta apresenta menor desvio, significando que o índice de refração da água para o violeta é menor que para o vermelho.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
- c) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.

7 - (FUVEST SP) Um jovem pesca em uma lagoa de água transparente, utilizando, para isto, uma lança. Ao enxergar um peixe, ele atira sua lança na direção em que o observa. O jovem está fora da água e o peixe está 1 m abaixo da superfície. A lança atinge a água a uma distância $x = 90$ cm da direção vertical em que o peixe se encontra, como ilustra a figura acima.



Para essas condições, determine:

a) O ângulo α , de incidência na superfície da água, da luz refletida pelo peixe.

Ângulo θ	$\text{sen}\theta$	$\text{tg}\theta$
30°	0,50	0,58
40°	0,64	0,84
42°	0,67	0,90
53°	0,80	1,33
60°	0,87	1,73

b) O ângulo β que a lança faz com a superfície da água.

c) A distância y , da superfície da água, em que o jovem enxerga o peixe.

NOTE E ADOTE

Índice de refração do ar = 1

Índice de refração da água = 1,3

Experimento 4

1 – Tipo de atividade:

Construção da câmera pinhole de lata: Individual

Colocação do papel fotográfico na lata: professor e alguns estudantes escolhidos pela turma

Realização da fotografia: o dono ou outro estudante escolhido pelo dono da lata

Retirada do papel fotográfico da lata: estudantes escolhidos pela turma

Revelação: professor

2 – Temas abordados:

- Reflexão difusa da luz;
- Formação de imagens numa câmera escura;
- Sensibilidade fotográfica;
- Princípios da Óptica Geométrica;
- Evolução dos processos fotográficos.

3 – Objetivos:

3.1 – Geral

Compreender os princípios da Óptica Geométrica e sua aplicação à fotografia de câmera pinhole de lata.

3.2 – Específicos

- Perceber a evolução tecnológica da produção fotográfica;
- Aplicar os conhecimentos dos princípios de propagação da luz;
- Valorizar a produção fotográfica antiga;

4 – Material utilizado

- 1 lata metálica de 800 g
- Papel fotográfico preto e branco
- Papel cartão ou tinta preta fosca
- 1 prego fino e 1 martelo
- 1 lata de refrigerante vazia
- 1 lixa
- 1 agulha
- Revelador fotográfico
- Fixador fotográfico
- Interruptor fotográfico
- Fita adesiva preta

5 – Procedimento experimental

1. Faça um furo na parte lateral da lata usando o prego e o martelo, e lixe as rebarbas que ficaram, de modo a evitar que alguém se machuque; (estudante)
2. Pinte a parte interna da lata com a tinta preta fosca ou corte o papel cartão de modo a cobrir toda a superfície interna da lata (inferior, superior e lateral) deixando aberta (sem cobrir) apenas a região onde foi feito o orifício; (estudante)
3. Faça um quadrado pequeno com o alumínio da lata de refrigerante, depois faça um furo bem pequeno no papel alumínio e cole do lado de fora da sua máquina fotográfica. **Cuidado:** o furinho da parte do quadrado tem que está perfeitamente alinhado com o furo que você fez na lata. Para confirma o alinhamento passe uma agulha pelos dois orifícios; (estudante)
4. Coloque a fita adesiva cobrindo o furo afim de evitar que a passagem da luz para dentro da lata; (estudante)

5. Em um local escuro (que não seja possível distinguir nada, por total ausência de luz) coloque o papel fotográfico dentro da lata. Pronto sua câmera está pronta. (professor e estudantes indicados pela turma)
6. Apoie a lata numa superfície plana e com o orifício alinhado com ao ambiente que deseja fotografar; (estudante)
7. Retire a fita isolante que recobre o orifício por um período de 10 a 30 segundos dependendo da intensidade da luz ambiente (o período de exposição é inversamente proporcional a luminosidade) e depois feche com cuidado; (estudante)
8. Em um local escuro (que não seja possível distinguir nada, por total ausência de luz) retire o papel fotográfico da lata. (professor e estudantes indicados pela turma)
9. Num quarto iluminado apenas com uma lâmpada vermelha de 15 W, faça o processo de revelação usando para isso o revelador, o fixador e por fim o interruptor fotográfico. (professor)
10. As fotografias obtidas serão os negativos. Portanto precisam ser escaneadas afim de se obter o positivo, que é a forma de imagem que estamos habituados a ver.

6 – Resultados e comentários

Explique o como funciona a câmera pinhole de lata e os resultados obtidos nas fotografias.

7 – Referências

Cite as fontes que foram pesquisadas durante a elaboração da atividade experimental.

Conheça um pouco mais:

Como sugestão de pesquisas que ampliem os horizontes dos estudantes temos:

- 1 – O mundo de Beakman (refração)



2 – Por que o céu é azul



3 – Reflexão total



4 – Efeito Miragem



5 – Erros na hora de fotografar



Quinto encontro

A fotografia com câmera pinhole de lata requer planejamento com antecedência, pois exige um preparo tanto do aparato experimental quanto dos materiais que usados na revelação. Caso não tenha experiência com essa atividade uma pesquisa detalhada na internet auxilia em todo o processo de concepção da ideia, compra de materiais e execução da atividade. Saiba também que o erro é muito comum quando não se tem muita experiência com esta atividade.

As atividades do quinto encontro devem ocorrer em local aberto e na presença de luz solar, por isso é importante que o professor avalie o melhor ambiente, e a melhor data para a realização da atividade, e para isso o professor deve dialogar com bastante antecedência com os estudantes, os gestores escolares e os pais, caso a atividade seja realizada fora do ambiente escolar.

Cada estudante de posse de sua câmera pinhole de lata deve apontá-la na direção que queira fotografar, tomando as devidas precauções afim de evitar a exposição prolongada do filme fotográfico à luz, o que compromete a qualidade e o todo o resultado.

Segue abaixo a sugestão de endereços eletrônicos em que podem ser consultados para auxílio na elaboração, compra de materiais e execução do trabalho:

Montagem

Manual do mundo



Compra de materiais



Durante o quinto encontro o professor pode apresentar aos estudantes todo o processo de evolução que a fotografia sofreu desde sua criação até a revolução da imagem que vivemos hoje. O docente deve precaver os estudantes de que diferentemente das fotos atuais que não apresentam problemas em relação a não prestarem, as fotografias da câmera pinhole de lata, queimam com certa facilidade, inutilizando todo o trabalho.

O professor pode organizar uma pequena exposição na escola com as fotografias produzidas nesse processo, o que desperta o interesse não somente dos estudantes envolvidos, mas também de toda a comunidade escolar. Os estudantes serão os apresentadores dos resultados obtidos, explicando todo o caminho percorrido na atividade experimental.

Ao final da atividade experimental o professor deve reforçar junto aos estudantes a necessidade do empenho nas atividades propostas para a próximo encontro.

Sexto encontro

As atividades do sexto encontro começam com os grupos organizando uma síntese da atividade que foi resolvida a partir do estudo da refração da luz. Em seguida o professor segue com o processo de diferenciação progressiva do conteúdo e seguida da análise comparativa das respostas do questionário com o conteúdo abordado. Neste momento é importante a resolução de questões que tenham abrangência e relevância no conteúdo estudado, e durante este momento o professor precisa organizar a resolução em etapas de modo que o estudante seja incentivado a desenvolver seus próprios resultados.

Ainda durante este encontro o professor deve dar início ao tema Visão Humana, identificando as principais partes do olho humano e suas funções. Depois pode convidar estudantes que tenham problemas de visão a comentar sobre o problema e o quais as limitações que gerava sobre a visão.

No final do encontro deve elencar os conteúdos que serão trabalhados do sétimo encontro:

- Problemas de visão;
 1. Formação da imagem no olho
 2. Doenças da visão
- Refração da luz em lentes esféricas:
 1. Tipos de lentes delgadas;
 2. Propriedades geométricas;
 3. Formação de imagens nas lentes
 4. Correção de doenças usando lentes
 5. Vergência

Entregar o mapa conceitual construído no início da sequência aos estudantes incentive-os a avaliar o quanto já havia avançado na aprendizagem adquirida, como maneira de incentivar a prática de estudo antes das aulas como uma das maneiras de desenvolver uma aprendizagem significativa e crítica. Indicar as atividades a serem resolvidas e a atividade experimental a ser realizada antes do próximo encontro e informa-los que durante o oitavo encontro será aplicado uma avaliação somativa individual, com vistas obtenção de uma das notas do período letivo.

Atividade 5

1 – (OBFEP – 2013) Pode-se afirmar que uma lente convergente:

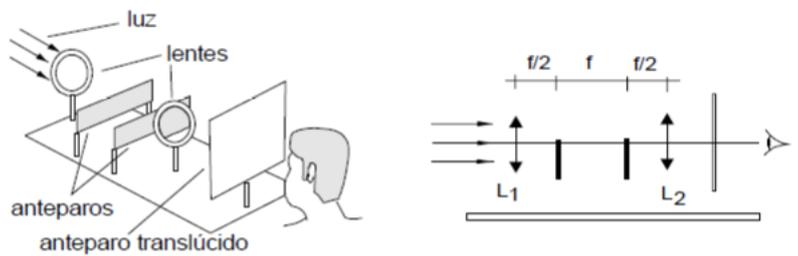
- a) Forma sempre imagens virtuais invertidas e imagens reais direitas.
- b) Forma sempre imagem real.
- c) Forma sempre imagem invertida e menor que o objeto.
- d) Nenhuma das alternativas anteriores.

2 – (OBFEP – 2013) Para ler as letras miúdas da bula de um remédio, deve-se usar:

- a) Uma lente divergente de pequena distância focal.
- b) Uma lente convergente de grande distância focal.
- c) Uma lente divergente de grande distância focal.

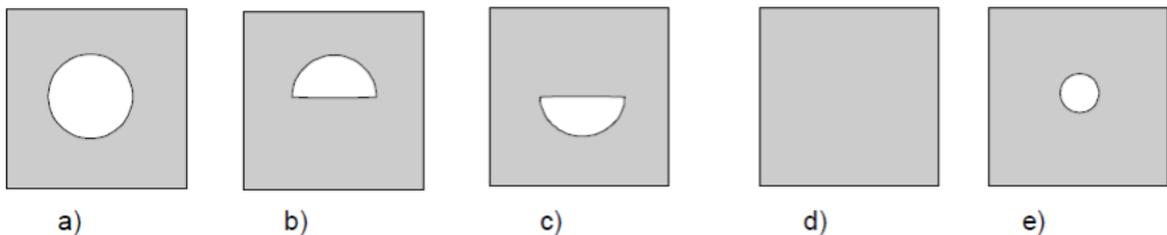
d) Uma lente convergente de pequena distância focal.

3 – (OBFEP – 2006) As figuras ao lado representam uma montagem de laboratório e seu respectivo esquema. Nela foram posicionados(as):



- duas lentes L1 e L2 convergentes e iguais, cada uma com distância focal f ;
- dois anteparos opacos, colocados entre as lentes;
- um anteparo translúcido onde será observado o resultado do experimento.

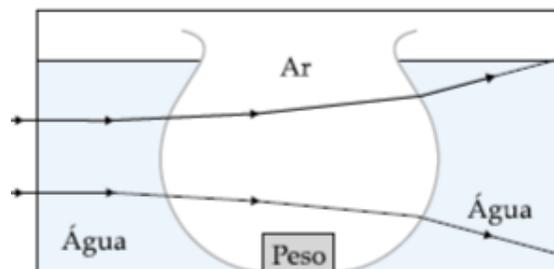
Fazendo incidir, numa das lentes, raios luminosos paralelos ao eixo da montagem, assinale a opção que representa o que o observador deverá ver no anteparo:



4 – (Vunesp) Um aquário esférico de paredes finas é mantido dentro de outro aquário que contém água. Dois raios de luz atravessam esse sistema da maneira mostrada na figura, que representa uma secção transversal do conjunto.

Pode-se concluir que, nessa montagem, o aquário esférico desempenha a função de:

- a) espelho côncavo.
- b) espelho convexo.
- c) prisma.
- d) lente divergente.



e) lente convergente.

5 – (Fatec-SP) “Olho mágico” é um dispositivo de segurança residencial constituído simplesmente de uma lente esférica. Colocado na porta de apartamentos, por exemplo, permite que se veja o visitante que está no hall de entrada. Quando um visitante está a 50 cm da porta, um desses dispositivos forma, para o observador dentro do apartamento, uma imagem três vezes menor e direita do rosto do visitante. Assinale a opção que se aplica a esse caso quanto às características da lente do olho mágico e o seu comprimento focal:

- a) Divergente, comprimento focal $f = - 300$ cm.
- b) Divergente, comprimento focal $f = - 25$ cm.
- c) Divergente, comprimento focal $f = - 20$ cm.
- d) Convergente, comprimento focal $f = + 20$ cm.
- e) Convergente, comprimento focal $f = + 300$ cm.

6 – (Cesgranrio-RJ) Em uma aula sobre óptica, um professor, usando uma das lentes de seus óculos (de grau + 1,0 di), projeta, sobre uma folha de papel colada ao quadro de giz, a imagem da janela que fica no fundo da sala (na parede oposta à do quadro). Para isso, ele coloca a lente a 1,20 m da folha. Com base nesses dados, é correto afirmar que a distância entre a janela e o quadro de giz vale:

- a) 2,4 m
- b) 4,8 m
- c) 6,0 m
- d) 7,2 m
- e) 8,0 m

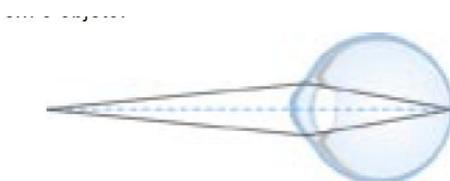
7 – (PUC-RJ) As partes essenciais do olho humano, considerado como instrumento ótico, estão descritas a seguir. A parte frontal é curva e é formada pela córnea e a lente cristalina. Quando olhamos para um objeto, a refração da luz na córnea e na lente cristalina produz uma imagem real deste objeto na retina, localizada na parte posterior do olho a uma distância de 2,5 cm. Quando o objeto está muito distante, essa distância córnea-retina corresponde à distância focal do sistema córnea-lente cristalina mostrada



na figura acima.

Quando o objeto que queremos enxergar está próximo, a lente cristalina contrai o raio de curvatura para diminuir sua distância focal. Desta forma, a imagem do objeto continua sendo formada na retina, como mostrado na figura a seguir, e podemos enxergar bem o objeto.

Suponha que você esteja lendo um livro à distância de 22,5 cm do rosto. Qual deve ser a distância focal efetiva de seu olho para que possa ler bem o texto?



8 – (Unicamp-SP) Nos olhos das pessoas míopes, um objeto localizado muito longe, isto é, no infinito, é focalizado antes da retina. À medida que o objeto se aproxima, o ponto de focalização se afasta até cair sobre a retina. A partir desse ponto, o míope enxerga bem. A dioptria D , ou “grau”, de uma lente é definida como $D = 1/(\text{distância focal})$ e $1 \text{ grau} = 1 \text{ m}^{-1}$. Considere uma pessoa míope que só enxerga bem objetos mais próximos do que 0,40 m de seus olhos.

a) Faça um esquema mostrando como uma lente bem próxima dos olhos pode fazer com que um objeto no infinito pareça estar a 40 cm do olho.

b) Qual a vergência dessa lente?

c) Até que distância uma pessoa míope que usa óculos de “4,0 graus” pode enxergar bem sem óculos?

Experimento 5

1 – Tipo de atividade: Individual.

2 – Temas abordados:

- Visão humana;
- Formação de imagem no olho
- Doenças do olho humano.

3 – Objetivos:

3.1 – Geral

Compreender o processo de formação de imagens em diferentes tipos de problemas associados a olho humano.

3.2 – Específicos

- Identificar o processo de formação de imagem no olho;
- Reproduzir diferentes tipos de doenças associadas ao olho;
- Desenvolver o respeito e empatia aos portadores de necessidades visuais.

4 – Material utilizado

- Celular
- Objeto a ser fotografado

5 – Procedimento experimental

1. Faça uma pesquisa sobre doenças que alteram a visão do globo ocular
2. Acesse a configuração de foco e captura de imagens do celular e vá alterando de fotografe. Compare as fotos afim perceber as diferenças;

3. Reproduza, por meio de fotografias diferentes tipos de doenças que afetam a produção de imagens pelo olho humano, apenas com o auxílio da câmera do celular

Obs.: Não faça uso de editores de imagens

6 – Resultados e comentários

Comente os resultados obtidos e pesquise sobre diferentes maneiras de corrigir os defeitos da visão que você retratou nas fotos. Fale sobre os erros e acertos produzidos durante a realização da atividade.

7 – Referências

Cite as fontes que foram pesquisadas durante a elaboração da atividade experimental.

Conheça um pouco mais:

O estudante terá a oportunidade de conhecer um pouco mais a fundo a relevância da visão e os cuidados que devemos ter, o processo de fabricação de lentes brutas e o processo de produção de lentes de óculos de grau, além de ver a realização de um experimento que usa a refração para derreter diversos materiais:

1 – Doenças da visão (Drauzio Varella)



2 – Cuidados com a visão



3 – Fabricação de lentes brutas



4 – Fabricação de lentes de óculos de grau



5 – Lupa Gigante



Sétimo Encontro

O encontro inicia-se com os estudantes organizados em grupo apresentando os resultados da experiência sobre os problemas de visão, depois são confrontados com o processo de elaboração de desenho que identificasse as principais partes do olho humano. Logo após, ainda em grupo, fazem uma síntese da atividade, e com base no material produzido o professor fez a diferenciação progressiva da função da refração no processo de formação de imagens em lentes e sua relação com a correção dos problemas de visão. Neste momento o professor trabalhou exercícios relacionados cálculo da vergência (comumente chamado de grau), e ressaltou a importância de se consultar o profissional especializado para realização de consultas e exames. Os estudantes, no final da abordagem dos conteúdos, são estimulados a construir outro mapa conceitual

sobre os conteúdos vistos ao longo da sequência, a partir do uso das imagens utilizadas no início da sequência. No fim do encontro os estudantes são lembrados da avaliação que seria realizada no próximo encontro e incentivados a revisarem os conteúdos estudados.

Oitavo encontro

Durante o oitavo momento da aplicação da sequência didática deve ser aplicada a avaliação somativa, em que se elenca elencadas questões relacionadas aos conteúdos desenvolvidos ao longo da sequência e que explicitasse o grau de compreensão dos estudantes com relação ao tema (ver Apêndice D). Depois desse momento os estudantes respondem ao pós-teste afim de balizar o trabalho e ser feito comparações com os resultados do pré-teste. Após esses momentos os estudantes avaliação a sequência didática e sua aplicação a usando um questionário que usa como critérios avaliativos a escala de Likert. O questionário está localizado no Apêndice E.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As inúmeras aplicações da Óptica Geométrica em nosso cotidiano pode ser um grande aliado no processo de ensino, uma vez que há a possibilidade de utilização em diversas situações da vida do estudante. O uso das redes sociais, a necessidade de compreender a formação de imagens em instrumentos como espelhos, lentes ou mesmo em nosso sistema visual, pode servir de mecanismo para motivar o discente na busca de significados para os conteúdos estudados.

Para além de um produto pronto e acabado, este trabalho é um material de apoio afim de auxiliar docentes no uso de diferentes instrumentos que tornem a aprendizagem dos estudantes significativa, reflexiva e por fim crítica, de forma que o estudante possa, para além da mera aprendizagem de conteúdos, os discentes possam utilizar os conhecimentos adquiridos para compreender e transformar a realidade que os cerca.

REFERÊNCIAS

Moreira, M.A. (2005) Aprendizagem significativa crítica. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.

ALVARELLI, D. **Como são feitas as lentes (Nikkor) da Nikon.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=dpEkmRX2d0>>. Acesso em: 11 set. 2017.

CHAVES, A. **Evolução estelar.** Disponível em: <<http://www.observatorio.ufmg.br/Pas104.htm>>. Acesso em: 07 set. 2017.

CIÊNCIA TODO DIA. **Quanto Tempo a Luz do Sol REALMENTE Leva Para Chegar na Terra?.** Disponível em: <<https://m.youtube.com/watch?v=MeAYlgnzSQs>>. Acesso em 07 set. 2017.

_____. **A verdade por trás do céu azul.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7c2tZmD4BJQ>>. Acesso em: 10 set. 2017.

COOPER, R. **VIDEO AULA 1 Ótica Oftálmica - Refração da Luz (Mundo de Beckman).** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nTiq733vPFU>>. Acesso em: 10 set. 2017.

KARIOCA, A. **Cerimônia da tocha olímpica é iniciada em Atenas.** Disponível em: <<https://m.youtube.com/watch?v=od6I2aWOS24>>. Acesso em: 09 set. 2017.

MAGO DA FÍSICA. **Reflexão Total da Luz (Visualização).** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=mFVfXsqpNh4>>. Acesso em: 10 set. 2017.

_____. **A Curva da Luz (Efeito Miragem).** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=UmHa-RbofVM>>. Acesso em: 10 set. 2017.

MANUAL DO MUNDO. **Como fazer um espelho infinito experiência de ótica.** Disponível em: <<https://m.youtube.com/watch?v=0gamlfbFpNU>>. Acesso em: 08 set. 2017.

_____. **Experiência do espelho mágico para copiar desenhos.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=6x2j2fh-fVY>>. Acesso em: 08 set. 2017.

_____. **Ilusão da cabeça cortada - aprenda a fazer!** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KsgeeQKQviA>>. Acesso em: 08 set. 2017.

_____. **Fogão solar parabólico (experiência de Física).** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KIJ24jn2uk8>>. Acesso em: 09 set. 2017.

_____. **O espelho criador de fantasmas (experiência de Óptica).** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Y3fMCbXO8gQ>>. Acesso em 09 set. 2017.

_____. **Fizemos uma lupa gigante que passa de 600 graus.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Xz7LmeywzH8>>. Acesso em: 11 set. 2017.

_____ **ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS PARA O ANO LETIVO 2017,**
Secretaria de Estado da Educação, São Luís - MA, 2017.

_____ **REGIMENTO ESCOLAR DOS ESTABELECIMENTOS DE ENSINO DA REDE PÚBLICA ESTADUAL DO MARANHÃO,** Secretaria de Estado da Educação, São Luís - MA, 2016.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa Crítica.** Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005.

NEWSERRADO. **032- O segredo das coisas – Espelho.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Xdhw4-sXZRw>>. Acesso em: 08 set. 2017.

NILSONDM. **História do Fogo Olímpico - parte I.** Disponível em: <https://m.youtube.com/watch?v=epZ4UP_-Tec>. Acesso em: 09 set. /2017.

NILSONDM. **História do Fogo Olímpico - parte II.** Disponível em: <https://m.youtube.com/watch?v=epZ4UP_-Tec>. Acesso em: 09 set. /2017.

NUSSENZVEIG, H.M., **Curso de Física Básica,** v. 4, São Paulo: Edgar Blücher LTDA, 1998.

PIETROCOLA, M. POGIBIN, A. OLIVEIRA, R. e ROMERO, T. **Física em Contextos:** Pessoal. Social e Histórico: Energia, Calor, Imagem e Som: volume 2, 1 ed, FTD, São Paulo, 2011.

PROFESSOR HONDA. **Cuidados com a visão.** Disponível em: <<http://professorhonda.blog.br/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

SANTISTA CLASS ÓTICA. **Como são feitos os óculos.** Disponível em: <<https://m.youtube.com/watch?v=mTbmK2yFGnA>>. Acesso em: 11 set. 2017.

SCORPION - DOCUMENTÁRIOS E VARIEDADES. **Os Segredos do Universo – Hubble = HD Dublado 2017.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=W1spM3kxVFQ>>. Acesso em: 07 set. 2017

SILVA, P. F. Z. de O. E **Experimentação em óptica nas séries finais do Ensino Fundamental:** uma compreensão fenomenológica, Ponta Grossa - PR 2014, 96 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA: **Portal Pion,** Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/v1/novopion/index.php/publicacoes/materiais-didaticos>> Acesso em: 02 ago. 2017.

SOCRÁTICA PORTUGUÊS. **O que são estrelas de nêutrons? (Astronomia)** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=mRuYo68dWPg>>. Acesso em 07 set. 2017.

TV CÂMARA DE PORTO ALEGRE. **História em Movimento: Origem e Evolução da Lâmpada Elétrica.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=n3lNiwsIh7Y>>. Acesso em: 07 set. 2017.

VARELLA, D. **Visão.** Disponível em: <<https://drauziovarella.uol.com.br/tag/visao/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

Portal e-Física. Disponível em: <<http://efisica.if.usp.br/optica/basico/geometrica/>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

Portal Mundo Educação. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/optica.htm>> Acesso em: 02 ago. 2017.

Portal InfoEscola. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/optica/>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

Portal Só Física. Disponível em: <<http://www.sofisica.com.br/>>. Acesso em 02 ago. 2017.

Portal Física Net. Disponível em: <<http://www.fisica.net/>>. Acesso em: 02/ago. 2017.