



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

FERNANDO TEMPORINI FREDERICO

**CONTRIBUIÇÕES DAS IMAGENS PARA O ENSINO DE FÍSICA
NUMA PERSPECTIVA DA TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO:
DESAFIOS, POSSIBILIDADES E DISCUSSÕES**

MARINGÁ - PR

2016

FERNANDO TEMPORINI FREDERICO

**CONTRIBUIÇÕES DAS IMAGENS PARA O ENSINO DE FÍSICA
NUMA PERSPECTIVA DA TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO:
DESAFIOS, POSSIBILIDADES E DISCUSSÕES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Dulcinéia Ester Pagani Gianotto

MARINGÁ - PR

2016

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

F852c Frederico, Fernando Temporini
Contribuições da imagens para o ensino de física
numa perspectiva da Teoria da Dupla Codificação :
desafios, possibilidades e discussões / Fernando
Temporini Frederico. -- Maringá, 2016.
184 f. : il. color., figs., tabs.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Dulcinéia Ester Pagani
Gianotto.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-
Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática,
2016.

1. Física - Ensino. 2. Imagens - Ensino de
física. 3. Teoria da Dupla Codificação. 4. Ciências
- Ensino. I. Gianotto, Dulcinéia Ester Pagani,
orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro
de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em
Educação para a Ciência e a Matemática. III. Título.

CDD 23.ed. 530.07

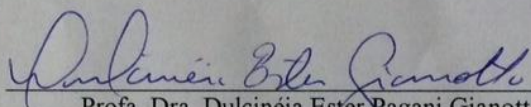
GVS-002765

FERNANDO TEMPORINI FREDERICO

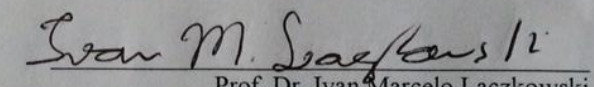
**Contribuições das imagens para o Ensino de Física numa
perspectiva da Teoria da Dupla Codificação**

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

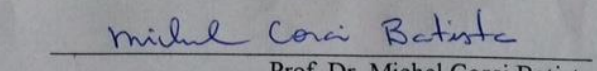
BANCA EXAMINADORA



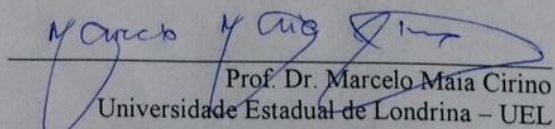
Prof. Dra. Dulcinéia Ester Pagani Gianotto
Universidade Estadual de Maringá – UEM



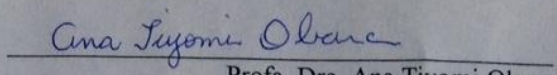
Prof. Dr. Ivan Marcelo Laczkowski
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR



Prof. Dr. Michel Corci Batista
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR



Prof. Dr. Marcelo Maia Cirino
Universidade Estadual de Londrina – UEL



Prof. Dra. Ana Tiyomi Obara
Universidade Estadual de Maringá – UEM

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, especialmente à minha mãe e a meu pai (*in memoriam*), que sempre me incentivaram e me deram todo o apoio.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, saúde e proteção.

À professora Dr^a Dulcinéia Ester Pagani Gianotto, pela orientação, pelo incentivo e conhecimento compartilhado durante todo o curso. Muito obrigado, professora!

Aos professores Dra. Ana Tyomi Obara, Dra. Fabiele Cristiane Dias Broietti, Dr. Ivan Marcelo Laczkowski, Dr. Marcelo Maia Cirino, Dra. Maria Aparecida Rodrigues e Dr. Michel Corci Batista, por compor a banca de avaliação deste trabalho.

À professora Dr^a Ana Tyomi Obara, pelo incentivo e encorajamento.

Aos alunos do Colégio Estadual Olavo Bilac - EFM, que participaram voluntariamente desta pesquisa.

A todos os professores que colaboraram com suas experiências para o enriquecimento deste trabalho.

À minha família, irmãos, meu pai (*in memoriam*), Fer e, especialmente, à minha mãe que tanto me incentivou, na qual não possuo palavras para expressar toda a gratidão. Mãe, Te Amo!

Às professoras Alessandra Matias de Lima Frederico e Rita Vieira, pelas contribuições e correções.

E a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a realização deste trabalho.

"Deus não joga dados com o mundo."
(Albert Einstein)

FREDERICO, FERNANDO TEMPORINI. **Contribuições das imagens para o ensino de física numa perspectiva da teoria da dupla codificação: desafios, possibilidades e discussões**. 2016. 184 fls. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática). Universidade Estadual de Maringá, Orientadora: Dulcinéia Ester Pagani Gianotto, Maringá, 2016.

CONTRIBUIÇÕES DAS IMAGENS PARA O ENSINO DE FÍSICA NUMA PERSPECTIVA DA TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO: DESAFIOS, POSSIBILIDADES E DISCUSSÕES

RESUMO

Esse estudo objetivou verificar as possibilidades e desafios da utilização de imagens no ensino de física e suas possíveis contribuições para os processos de ensino e aprendizagem de conceitos relacionados à ondulatória e estudo da luz. Para tanto, desenvolveu-se uma pesquisa qualitativa, em que a coleta de dados ocorreu durante todas as ações inerentes à pesquisa, constituída de questionários, falas transcritas de entrevistas e documentos, envolvendo 27 alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual paranaense. Com os referidos sujeitos, foi desenvolvida uma sequência didática, durante um bimestre escolar, abordando, de forma contextualizada, conteúdos curriculares da disciplina de física (ondulatória e luz), cujo objetivo foi tornar o ensino de tais conceitos mais significativo. A experiência fundamentou-se nas diretrizes teóricas do estudo das imagens, apoiando-se em autores, como, Aumont (1995), Joly (1996), Santaella (2012), Costa (2005), Rossi (2009) e Oliveira et al. (2014). A análise e discussão de dados basearam-se também em autores que abordam a memória e as funções cognitivas, como, Fonseca (2013), Lieury (2001), Meyer (2002), Nunes (2014), Coll e colaboradores (2010). Além disso, o principal aporte teórico deste estudo se estruturou na TDC - Teoria da Dupla Codificação, defendida por Paivio (2014), que apresenta e discute os principais fundamentos e aspectos capazes de explicar as contribuições de imagens em processos que envolvem o ensino e a aprendizagem. Constatou-se que a ação de se utilizar imagens para ensinar conceitos de física se configurou como uma forma metodológica capaz de tornar o ensino de física mais dinâmico e diferenciado. Para tais ações, foi necessária a utilização de recursos tecnológicos disponíveis na escola pública paranaense, tais como, a TV *pendrive*, *datashow*, computador, internet e principalmente a lousa digital, entre

outros, recursos estes que foram essenciais à implementação e ao desenvolvimento de ações que integraram a sequência didática.

Palavras-chave: Imagens; Teoria da Dupla Codificação; Ensino de Ciências.

FREDERICO, FERNANDO TEMPORINI. **Contributions of images to the physics teaching in the perspective of dual coding theory: challenges, possibilities and discussions.** 2016. 184 sts. Thesis (Doctorate in Education for Science and Mathematics). State University of Maringa, Advisor: Dulcinéia Ester Pagani Gianotto, Maringa, 2016.

**CONTRIBUTIONS OF IMAGES TO THE PHYSICS TEACHING IN THE
PERSPECTIVE OF DUAL CODING THEORY: CHALLENGES,
POSSIBILITIES AND DISCUSSIONS**

ABSTRACT

This study aimed to verify the possibilities and challenges of using images in science of physical and its possible contributions to the teaching and learning processes of wave and optics-related concepts. Therefore, developed a qualitative research, in which data collection occurred during all actions related to the research, consisting of questionnaires, speeches transcribed interviews and documents, involving 27 students of 2nd year of high school to a public school of Paraná State network. With the said subject was developed a teaching sequence during a quarter, addressing curricular content of the discipline of Physics (wave and optical) so, with that, contextualized make teaching such concepts more meaningful. The experience is based on the theoretical guidelines of the study of images, relying on authors like Aumont (1995), Joly (1996), Santaella (2012), Costa (2005), Rossi (2009) and Oliveira et al. (2014). The analysis and discussion of data, was based also on authors that discuss the memory and cognitive functions, such as Fonseca (2013), Lieury (2001), Meyer (2002), Nunes (2014), Coll et al. (2010). In addition, the main theoretical contribution of this study is structured on DCT-Dual Coding theory advocated by Paivio (2014), which presents and discusses the main foundations and aspects able to explain the contributions of images in processes that involve teaching and learning. Identified, so that the action of using images to teach concepts of physics, if configured as a methodological form able to make science teaching more dynamic and differentiated. For such actions, it required the use of technological resources available in the public school of Paraná, such as TV pendrive, datashow, computer, internet, and in particular, digital whiteboard, among others, shaping up as resources essential to the implementation and development of

actions inherent in teaching sequence.

Keywords: Imagery; Dual Coding Theory; Science Teaching

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1 – Partículas e sua simbologia.....	29
Tabela 2 - Relação Ortogonal entre Sistemas Simbólico e Sensório-Motor.....	57
Tabela 3 – Relação disciplinar.....	118
Tabela 4 – Relação disciplinar pós sequência didática.....	122
Tabela 5 – Papel das imagens para o aprendizado.....	125
Tabela 6 – Aproveitamento na avaliação.....	133
Quadro 1 – Modalidades de Ensino.....	78
Quadro 2- Há quanto tempo utilizam o computador.....	80
Quadro 3- Atividades a serem desenvolvidas.....	84

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Idade dos sujeitos.....	80
Gráfico 2- Influência da filmagem no comportamento.....	97
Gráfico 3- Aspectos que remetem à disciplina de Física.....	117
Gráfico 4- Possíveis relações entre física e biologia.....	118

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Pintura em Caverna.....	20
Figura 2- Imagem de uma figura de forma quadrangular.....	23
Figura 3- Imagem de uma figura de forma quadrangular - com tarja.....	24
Figura 4- Representação de órbitas – <i>Software Celestia</i>	27
Figura 5- Imagem do Centro da Via Láctea – NASA.....	31
Figura 6- Mapa Turístico do Brasil.....	34
Figura 7- Eclipse da expedição em Sobral, 1919.....	38
Figura 8- Aurora Boreal - Alasca (EUA), 2103.....	39
Figura 9- Exemplo de uma árvore conceitual.....	49
Figura 10 - Fragmentos de imagens.....	67
Figura 11- Laboratório de Ciências – visão diagonal.....	82
Figura 12- Laboratório de Ciências – visão geral.....	83
Figura 13- Radiografia panorâmica.....	100
Figura 14- Representação do Efeito <i>Doppler</i>	100
Figura 15- Representação da visão humana.....	109
Figura 16 – Representação da cóclea e membrana basilar.....	130
Esquema 1- Signos - Adaptado de Joly, 1996.....	30
Esquema 2 - Representação da deflexão da luz durante um eclipse.....	38
Esquema 3 – Estrutura da Arquitetura Cognitiva Humana.....	45
Esquema 4 – Unidades Estruturais da DCT, adaptado de Paivio (1986).....	55

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
I. AS IMAGENS E O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	19
1.1 ESPECTADORES E PERCEPÇÕES.....	21
1.2 MODO SIMBÓLICO.....	26
1.2.1 Os Signos.....	30
1.3 MODO EPISTÊMICO.....	33
1.4 MODO ESTÉTICO.....	38
II. TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO.....	41
2.1 MEMÓRIA É CONHECIMENTO.....	44
2.1.1 Memória Sensorial.....	45
2.1.2 Memória de Trabalho.....	45
2.1.3 Memória de Longo Prazo.....	46
2.2 ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	51
2.3 PRINCÍPIOS BÁSICOS DA TDC – TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO.....	53
2.4 TDC – TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO.....	54
2.5 SISTEMAS SIMBÓLICOS E SENSORIO-MOTOR.....	56
2.6 A FAMÍLIA <i>LOGOGEN</i>	58
2.7 A FAMÍLIA <i>IMAGEN</i>	59
2.8 A ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA VERBAL.....	61
2.9 A ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA NÃO VERBAL.....	62
2.10 CONEXÃO – PERCURSOS E PROCESSOS DE ATIVAÇÃO.....	64
2.11 ATIVAÇÃO PERCEPTUAL DIRETA.....	66
2.12 INTER-SISTEMAS CONEXÕES E PROCESSOS.....	67
2.13 PERCEPÇÃO E COMPARAÇÃO DE IMAGENS.....	70
2.14 SISTEMA INTERNO DE CONEXÕES E PROCESSOS.....	70

2.15 ASSOCIAÇÕES INTERMODAL.....	71
2.16 PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO.....	73
2.17 A NOVIDADE DE UMA TRANSFORMAÇÃO.....	73
2.18 O PROCESSAMENTO CONSCIENTE E INCONSCIENTE.....	74
III - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	76
3.1 BUSCANDO CARACTERIZAR A PESQUISA.....	77
3.2 DA INSTITUIÇÃO ESCOLAR.....	78
3.3 DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	79
3.4 DOS RECURSOS DIDÁTICOS.....	81
3.5 DO CONTEÚDO E DO PREPARO.....	82
3.6 DOS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	90
3.6.1 Questionários.....	90
3.6.2 Entrevistas.....	91
3.6.3 Observação.....	92
3.6.4 Documentos.....	92
3.6.5 Organização e Descrição da Coleta de dados.....	93
3.6.6 Da Análise dos Dados.....	94
IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	96
4.1 CONTRIBUIÇÕES DAS IMAGENS PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS FÍSICOS.....	98
4.1.1 Contribuições das Tecnologias de Informação e Comunicação para o Ensino de Física.....	106
4.1.2 Da Relação Disciplinar (Física, Biologia e outras).....	115
4.2 CONTRIBUIÇÕES DAS IMAGENS PARA O ENSINO DE FÍSICA (ENTREVISTA).....	125
4.3 O PAPEL ASSUMIDO PELA SEQUÊNCIA DIDÁTICA IMPLEMENTADA (OBSERVAÇÕES E REGISTROS)	127
4.4 DA CAUTELA E PREPARO.....	131
4.5 IMPLICAÇÕES PARA A APRENDIZADO DE CONCEITOS FÍSICOS.....	132
VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	135
Referências.....	138
APÊNDICES.....	142
ANEXOS.....	159

INTRODUÇÃO

O Ensino de Ciências (Biologia, Física e Química), assim como de outras áreas do conhecimento, pode, em determinados momentos, por exemplo, durante a abordagem oral de alguns conceitos e conhecimentos, enfrentar dificuldades devido à maneira de discutir tais conhecimentos, uma vez que o mesmo pode se configurar como *abstrato demais*.

Diante dessa situação, os professores buscam, por meio de alguns mecanismos, reduzir (na medida do possível) tal *abstração* e, muitas vezes, é justamente por meio de alguns elementos que tais profissionais buscam a superação dessa redução, usando recursos didáticos, midiáticos e tecnológicos. E alguns desses recursos podem estar associados à exibição das imagens, sejam elas estáticas (fotografias, desenhos, esquemas), sejam em movimento (vídeos, simulações).

Na abordagem de vários conteúdos relacionados ao currículo da disciplina de física, as imagens podem desempenhar um papel extremamente importante, justamente devido a suas propriedades de representação. Fotografias, imagens, vídeos, desenhos, gráficos, esquemas, entre outros, são elementos constantemente utilizados para representar fenômenos físicos. Mas quando se objetiva extrapolar a visão simplista de acessório *dinamizador*, como as imagens são capazes de contribuir para a aprendizagem de conceitos físicos? Seria devido aos seus formatos, cores e características? Elas apresentam alguma vantagem em relação às palavras?

Para tentar responder a essas e a outras questões, este estudo ancorou-se na Teoria da Dupla Codificação, de Allan Paivio (2014), que, entre outros fatores, revela que as representações verbais e as não verbais estão diretamente interligadas, de modo a permitir que o indivíduo possa criar imagens ao ouvir determinadas palavras, bem como, gerar conceitos e descrições ao visualizar imagens.

Nessa perspectiva, quando se pensa em memória e aprendizagem, a associação de palavras e imagens parece apontar para um horizonte promissor, uma vez que essa união pode ser capaz de ativar mecanismos específicos ligados à memória, como, os *logogens* e as *imagens*, conforme explica justamente a Teoria da Dupla Codificação.

Nesse sentido, assim como aponta Lieury (2001), a memorização, que muitas vezes não é tão levada a sério por profissionais da educação, constitui-se como elemento que está diretamente ligado à aprendizagem, sugerindo que o simples “*decoreba*” pode representar muito mais do que se pode imaginar, uma vez que processos cognitivos ligados à aprendizagem passam diretamente pela memória.

Sabe-se ainda que a forma de se abordar alguns conteúdos é um fator determinante para que os mesmos possam agregar significados junto aos alunos, o que necessariamente requer a contextualização dos conteúdos, uma vez que é dessa maneira que o professor, como mediador da aprendizagem, constrói o *elo* entre a teoria e a prática. Tal ação parece ser ainda mais necessária no Ensino de Ciências (como neste caso, relacionado ao ensino de física) visto que boa parte dos conteúdos está relacionado com descobertas e questões científicas que, às vezes, configuram-se como complexas.

Sendo assim, essa pesquisa busca respostas à questão: “*as imagens são capazes de potencializar os processos que envolvem o ensino e aprendizagem de conhecimentos da disciplina de física? Por quê?*”

Nesta perspectiva, este trabalho teve como objetivo principal verificar as possibilidades e desafios da utilização de imagens no ensino de física e suas possíveis contribuições para os processos de ensino e aprendizagem de conceitos relacionados à ondulatória e estudo da luz numa perspectiva da Teoria da Dupla Codificação. Além disso, buscou verificar os desafios e às possibilidades da inserção dessa metodologia na escola pública e, ainda, propor uma abordagem contextualizada de tais conhecimentos de modo a relacioná-los a outras disciplinas e, principalmente, ao cotidiano.

No que diz respeito à organização desse estudo, esta pesquisa se divide em 4 capítulos, além da introdução e considerações finais.

No primeiro, é feita uma explanação de algumas relações que se podem estabelecer entre as imagens e alguns fenômenos físicos, procurando evidenciar como as mesmas se configuraram dentro da concepção de imagem proposta principalmente por Aumont (1995).

Já no segundo capítulo, são abordadas algumas considerações sobre a Teoria da Dupla Codificação, de Paivio (2014), que oferece o principal respaldo teórico sobre as influências exercidas pelas imagens no ensino de física no âmbito escolar.

Na sequência, o terceiro capítulo apresenta os encaminhamentos e percurso metodológico adotados para fins deste trabalho.

E, finalmente, o quarto capítulo retoma a questão central da pesquisa, apresentando e discutindo os resultados e as contribuições que a inserção das imagens proporcionaram à aprendizagem por parte dos sujeitos envolvidos na pesquisa.

CAPÍTULO I

1. AS IMAGENS E O ENSINO DE CIÊNCIAS

O ensino de física envolve a abordagem de inúmeros fenômenos e, muitas vezes, as imagens se configuram como recursos essenciais à sua compreensão. Desse modo, tal capítulo discutirá alguns aspectos considerados relevantes ao relacionar imagens ao Ensino de Ciências.

Nos livros, revistas, jornais, internet, nos *outdoors* de ruas e avenidas, na TV, cinema, entre inúmeros outros locais, percebe-se que as imagens são elementos presentes na vida da humanidade. Silva (2005) salienta que no momento atual em que reina a comunicação em massa e a televisão, não seria exagero dizer que o homem conhece mais o mundo por intermédio das imagens do que por seus próprios olhos.

Em muitos casos, associam-se as informações às imagens. Por exemplo, ao ver uma fotografia que mostra uma pessoa com “determinada” expressão, os sujeitos são capazes de deduzir se a referida pessoa está triste, feliz, nervosa ou até mesmo doente. É admirável a capacidade que o ser humano tem para representar informações por meio de imagens.

Mas, afinal, o que é uma imagem? Para tentar responder à questão, recorrer-se-á a alguns autores que, de certa forma, buscaram contextualizar esse termo. Tanto Santaella (2012, p. 14) como Joly (1996, p.13-14), antes de apresentarem uma definição para o termo imagem, fazem menção a Platão, argumentando que o filósofo, em seu livro VI, da obra *A república*, já afirmava que “[...] imagens em primeiro lugar, são as sombras, depois os reflexos que vemos na água ou na superfície dos corpos opacos, polidos, brilhantes, e todas as representações desse gênero”.

De acordo com Santaella (2012), considerando-se o conceito platônico de imagem, pode-se afirmar que:

[...] estas costumam ser definidas como um artefato, bidimensional (como em um desenho, pintura, gravura, fotografia) ou tridimensional (como em uma escultura), que tem aparência similar a algo que está fora delas –

usualmente objetos, pessoas ou situações – e que, de algum modo, elas, as imagens, tornam reconhecível, graças às relações de semelhança que mantêm com o que representam (SANTAELLA, 2012, p. 15).

Já Joly (1996, p. 14) afirma que “[...] a imagem seria um objeto segundo com relação a um outro que ela representaria de acordo com certas leis particulares”. Por outro lado, Neiva Junior (1986, p. 5) salienta que “a imagem é basicamente uma síntese que oferece traços, cores e outros elementos visuais em simultaneidade.”

Pode-se observar que, independentemente das propostas de definições citadas, as imagens são definidas como elementos capazes de representar algo, sendo indiscutível este seu poder de representação.

Desde civilizações mais antigas, e até mesmo em um tempo em que o homem habitava em cavernas, as imagens eram utilizadas como uma maneira de representar animais, paisagens, acontecimentos, entre outros, eternizando-os nas paredes das cavernas, como mostra o registro de Dean Snow, pesquisador do Departamento de Antropologia da Universidade da Pensilvânia (EUA):

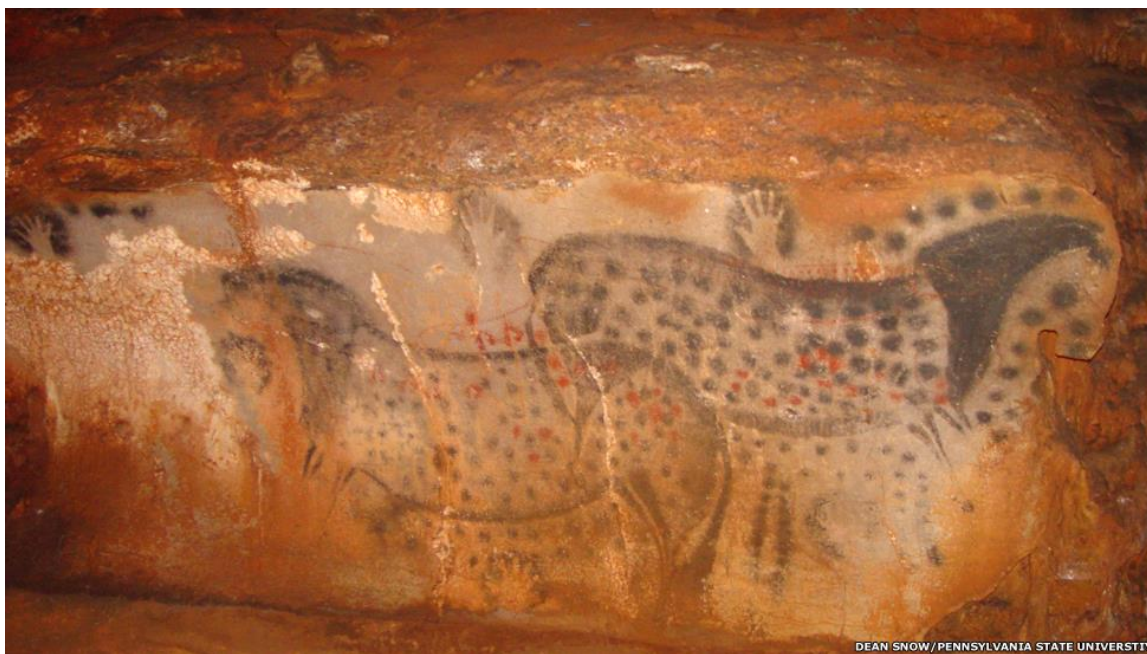


Figura 1 - Pintura em Caverna

Fonte:

http://www.bbc.co.uk/portuguese/videos_e_fotos/2013/10/131018_pintura_cavernas_mulheres_fn.shtml (acesso em 08 de julho de 2014).

Obviamente, além de registrar cenas de animais e cenas do cotidiano, como mostrada na figura 1, as imagens têm a capacidade de transformar o mundo circundante. Possuem também a capacidade de emocionar as pessoas, como é o caso de muitas obras de arte, da mesma forma fotografias, vídeos, cinema, entre outros recursos que fazem uso das imagens. Seu poder parece aumentar diariamente e, nas palavras de Rossi (2009, p. 9), “[...] *vivemos na chamada ‘civilização da imagem’*. *É a era da visualidade, da cultura visual*”.

Realmente, se o indivíduo parar durante um minuto e refletir, perceberá que no momento em que sai para trabalhar, participar de uma cerimônia religiosa, de uma festa, ou até mesmo almoçar em um restaurante, geralmente se veste com certo “visual”, prova de que as pessoas são capazes de alterar a própria imagem. É claro que, de acordo com essa hipótese, aqui se refere à imagem física, estética, culturalmente construída pelos sujeitos e por aqueles que os rodeiam e que, muitas vezes, é ditada pela moda, estimulada pela mídia.

Em alguns casos, o próprio visual de uma pessoa é capaz de oferecer informações sobre ela, mesmo que *pré-concebidas* por aqueles que a observam, ou seja, se uma pessoa está vestida com “roupas de marca” julga-se que a mesma é integrante de determinada classe social, ou se um homem está vestido de terno e gravata, pode-se pensar que o mesmo ocupa um cargo importante em alguma empresa, ou ainda, se outro sujeito está vestindo tênis e alguma roupa mais casual, esportiva, pode-se imaginar que o mesmo irá praticar alguma atividade física. Esses meros exemplos dão pistas de como os indivíduos são capazes de julgar o outro por meio da imagem, que nesse caso, refere-se àquela representada pelas roupas que usa naquele momento.

1.1 ESPECTADORES E PERCEPÇÕES

O comercial de TV, assim como as campanhas publicitárias, são produzidos para conquistar consumidores, ou seja, neles, o espectador é o grande objeto-alvo. Por isso, muitas vezes as imagens são as principais protagonistas quando se pretende alcançar massivamente as pessoas.

Nessa perspectiva, Aumont (1995) argumenta que a produção de uma imagem não é realizada de forma gratuita, pois as mesmas sempre foram produzidas para

determinados fins, sejam eles coletivos, sejam individuais. É uma das razões fundamentais da produção das imagens provém justamente da sua vinculação em geral com o “domínio do simbólico”, ou seja, aquilo que possibilita que elas ocupem a posição de mediação entre o espectador e a realidade (AUMONT, 1995, p.78).

Referindo-se à relação da imagem com o real, Aumont (1995) comenta a *tricotomia sugestiva e cômoda* entre valores das imagens e suas relações com o real, proposta por Rudolf Arnheim (1969): *um valor de representação; um valor de símbolo e um valor de signo*.

O *valor de representação* refere-se justamente àquelas imagens representativas, ou seja, as que representam coisas concretas, por exemplo, a fotografia de uma pessoa. Já o *valor de símbolo* está relacionado à imagem simbólica, que representa coisas abstratas. Um exemplo seria a imagem de um coração, que poderia representar o “sentimento de amor”. O *valor de signo*, por sua vez, estende-se àquelas imagens que são capazes de representar informações cujos elementos não são visualmente refletidos por ela, por exemplo, o sinal de trânsito, em que a cor indicada pelo aparelho indica se o condutor pode ou não avançar.

Aumont (1995) afirma que a realidade das imagens é bem mais complexa, sendo que há um número bem limitado de imagens que assumem apenas um único valor, entre os itens citados acima, pois, na maioria das vezes, boa parte das imagens participa com graus distintos e simultâneos destes valores.

Todo ser humano, na condição de espectador, ou seja, capaz de acessar informações do mundo que o rodeia, obviamente faz uso de seus sentidos, como a visão, a audição, o tato, olfato e o paladar. Todos esses sentidos facilitam o processo de interação do homem com seu ambiente, assim como a própria linguagem. Entretanto, a percepção visual e a audição, assim como sugere Costa (2005), constituem-se como alguns dos principais instrumentos cognitivos do ser humano. Ela ainda explica que:

Essa proeminência da visão sobre os demais sentidos da espécie se deve ao desenvolvimento dos recursos mentais de processamentos dos estímulos luminosos. Portanto, o que distingue nossa visão da de outros animais é o elaborado sistema de funções cerebrais que organizam os dados dos sentidos transformando-os em conhecimento, experiência e memória (COSTA, 2005, p. 31).

Por outro lado, a interpretação de uma imagem, por exemplo, vai depender obviamente da cultura do indivíduo, uma vez que as experiências anteriores poderão contribuir para a leitura de uma imagem. Sobre essa temática, propõe-se tecer algumas discussões acerca da imagem¹ abaixo, representando uma figura quadrangular aparentemente contendo duas partes, com cores distintas. A parte superior apresenta cor acinzentada, enquanto a inferior é branca.

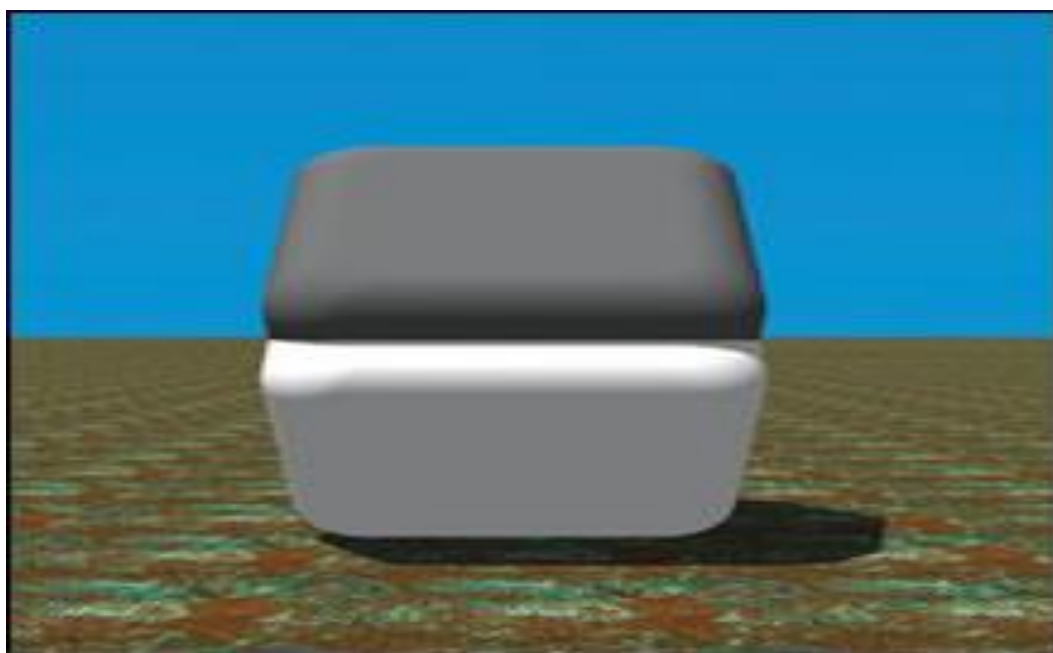


Figura 2 - Imagem de uma figura de forma quadrangular

Fonte:

<http://www.tudointeressante.com.br/2015/03/isso-e-perturbador-as-30-ilusoes-de-otica-mais-insanas-que-voce-vera.html>, (acesso em 08 de setembro de 2015).

Ao olhar a figura 2, tem-se a nítida impressão de que a sua parte inferior apresenta um tom mais claro, próximo do branco. Já a parte superior dá a impressão de que é constituída por uma superfície acinzentada.

Entretanto, convém evidenciar que ambas as partes apresentam a mesma tonalidade de cor. Para comprovar, basta que se coloque um objeto opaco entre o foco de visão e a região que separa a parte superior e a inferior, de maneira que a região que as separa

¹ Tanto as imagens apresentadas nessa seção, assim como maiores informações podem ser verificadas na série de TV *Percepções e o Cérebro*, exibidas pelo canal de televisão *National Geographic*.

fique situada atrás do objeto. Uma sugestão é colocar o dedo indicador entre a região que separa as duas superfícies. Qual é a tonalidade de cor percebida agora?

Caso não se perceba a diferença, basta observar a mesma imagem, lançando mão de uma tarja para tapar a região que separa as duas superfícies, como se fez na figura 3.

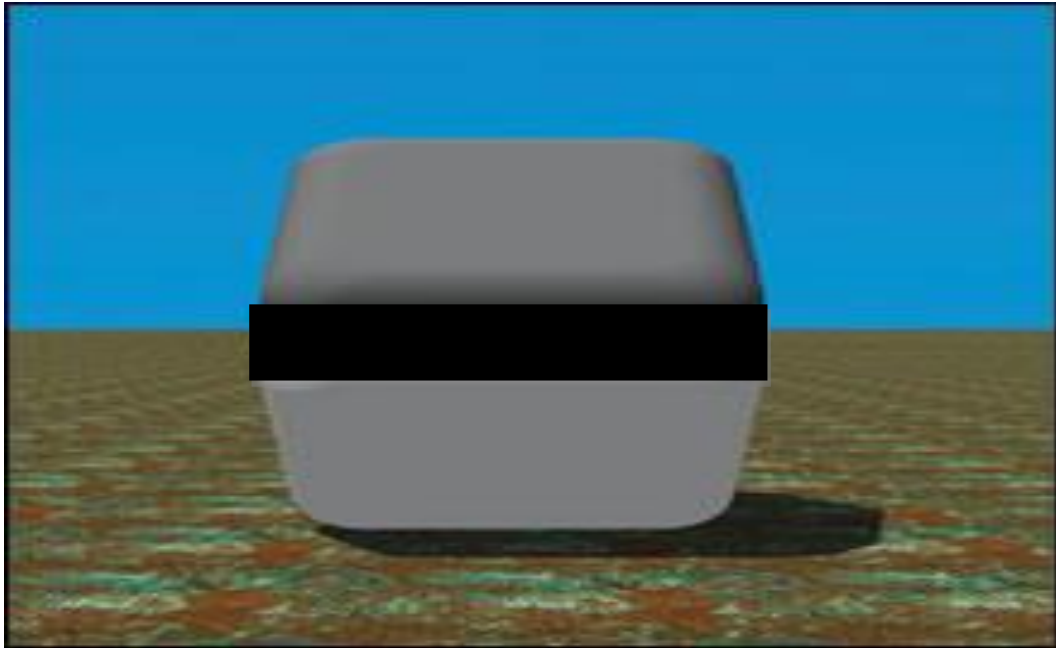


Figura 3 - Imagem de uma figura de forma quadrangular - com tarja

Fonte:

<http://www.tudointeressante.com.br/2015/03/isso-e-perturbador-as-30-ilusoes-de-otica-mais-insanas-que-voce-vera.html>, (acesso em 08 de setembro de 2015).

Essa experiência mostra que ambas as regiões – superior e inferior – possuem a mesma tonalidade. Mas por que isso acontece? De forma simplificada, pode-se dizer que o cérebro usa as experiências “passadas” para gerar suas percepções “no agora”. Então, quando se olha para a imagem mostrada na figura 2, vê-se a figura quadrangular, em que as sombras e os gradientes, aparentes na imagem, dão pistas de que a região superior é uma superfície cinza bem iluminada, ao passo que a região inferior é constituída por uma superfície branca mal iluminada. São essas as pistas em que o cérebro confia, tomando como referência as experiências anteriores com sombras.

Portanto, pode-se dizer que as sensações percebidas podem variar de acordo com o indivíduo. O próprio Khun (1978, p. 148) afirma que “o que o homem vê depende tanto daquilo que ele olha como daquilo que sua experiência visual-conceitual prévia o

ensinou a ver”. Sobre essa questão, Borges (2007) salienta que a visão é um processo ativo e criativo, como toda percepção. Ela ainda afirma que:

[...] estudos atuais sobre a neurobiologia da percepção, envolvendo as funções cerebrais, mostram a fraqueza dos argumentos empiristas, pois há diferenças qualitativas entre a nossa percepção e as propriedades físicas dos estímulos que as desencadeiam: o sistema nervoso central despreza algumas informações de um estímulo e aproveita outras, interpretando-as no contexto de ideias e vivências prévias (BORGES, 2007, p. 25)

O neurocientista Beau Lotto² esclarece que os sentidos dos seres humanos são aqueles que oferecem as únicas pistas do que acontece ao seu redor. Ele ainda questiona: Como o cérebro pode tomar as informações limitadas fornecidas pelos sentidos para construir a realidade? Segundo ele, as ilusões dizem que aquilo que os indivíduos estão tentando ver não é o que parece, mas sim, outra coisa. Na realidade, o que se geram são percepções de um mundo útil de ver, que necessariamente não corresponde ao que está *ali de fato*.

Desse modo, quando se tapa a região que divide as duas superfícies, não se está mudando a superfície em si, mas sim, mudando a percepção e, conseqüentemente, a perspectiva. Assim, Neiva Junior (1986, p. 14) esclarece que “a percepção do mundo visível depende de um processo seletivo e relacional. A representação é construída de tal forma que, quando percebo, represento imediatamente.” Ora, por que se veem tons diferentes ao olhar a figura 2?

Beau Lotto afirma que a diferença de tonalidade está relacionada à maneira como o cérebro usa as sombras para tomar decisões sobre o que está vendo. E, de modo simples, pode-se dizer que a luz refletida pelo objeto é convertida pelos olhos em um sinal elétrico que, por sua vez, é enviado ao cérebro por meio de um caminho neurológico, denominado nervo ótico, chegando até o córtex visual. Nessa região do cérebro, a imagem é comparada com experiências passadas, armazenadas por todo o cérebro e que o auxiliam a identificar o objeto. Uma vez que tenha entendido o que é, o cérebro precisa entender como o objeto está posicionado no espaço, e um dos mecanismos mais confiáveis é justamente o uso de sombras.

² O Dr. Beau Lotto é o cientista que conduz as experiências exibidas no programa *Percepções e o Cérebro*. Mais informações disponíveis em: <http://www.lottolab.org/index.asp>.

E, de acordo com Neiva Junior (1986, p.15), são justamente as sombras e luzes que desempenham um papel fundamental na percepção dos objetos, de tal modo que ele afirma que “a imagem nos parece pura e evidente, mesmo que, de fato, as luzes e as sombras sejam o que determina a aparência dos objetos.”

Embora, muitas vezes, não se saiba da complexidade em que se estruturam os sentidos, assim como a visão e a percepção, o que se pode afirmar é que as imagens captadas por esse sistema são fundamentais ao desenvolvimento cognitivo do ser humano.

Na educação, não são poucos os casos de experiências educacionais em que os professores se utilizam de imagens como recursos didáticos, como: vídeos, fotografias, histórias em quadrinhos, *softwares*, entre outros.

Vê-se que uma imagem é capaz de carregar muito mais significado do que se imagina, podendo ser usada para muitos fins, inclusive na educação. Em alguns casos, os traços, cores, formas, sombras, movimentos de uma imagem, entre outros elementos, são capazes de contribuir para processos que envolvem o ensino e a aprendizagem, como apresentado em experiências anteriores, em que se utilizaram *softwares* para ensinar conceitos de astronomia (FREDERICO, 2013), ou o uso de histórias em quadrinhos como recurso metodológico no ensino de física (FREDERICO; GIANOTTO, 2012).

As imagens, portanto, podem ser utilizadas para muitas funções. Inclusive, no caso deste estudo, que envolve processos de ensino e aprendizagem de conceitos e conteúdos que estabelecem relação disciplinar entre a física e biologia. Aumont (1995) destaca três principais aspectos que podem ser relacionadas às funções das imagens: *o modo simbólico, o modo epistêmico e o modo estético*.

1.2 MODO SIMBÓLICO

Ao referir-se ao *modo simbólico*, Aumont (1995) frisa que desde a pré-história muitas esculturas eram consideradas ídolos, sendo veneradas por seus seguidores. Muitas imagens representavam deuses, simbolizando valores, poderes, divindade, entre outros valores. Por exemplo, para os católicos, a cruz, entre outros elementos, representa o sofrimento de Jesus Cristo, um ato de amor pela humanidade.

O simbolismo é muito comum na sociedade atual. Quantas vezes se olha um brasão ou um símbolo que faz pensar em determinada marca de calçado, roupa, automóvel, alimento. Em muitos casos, é até desnecessário ler os caracteres textuais, pois apenas o ícone já faz referência ao produto, marca ou empresa.

Algo semelhante pode acontecer em sala de aula. Por exemplo, quando o professor desenha no quadro uma representação de sistema solar, em que os *planetas giram em torno do sol*, “seguindo certas linhas”, os traços que representam essas linhas simbolizam sua órbita. Por certo, não se deve correr o risco de cair no senso comum, pois, nesse exemplo, sabe-se da necessidade de se contextualizar historicamente a construção dos modelos geocêntricos e heliocêntricos, discutindo aspectos culturais e científicos que marcaram a sistematização desses conhecimentos. Mas o que se quer frisar é que o fato de se representar os tracejados é suficiente para enriquecer as informações visuais que, nesse exemplo, buscam representar que os planetas que compõem o sistema solar percorrem determinadas órbitas, seguindo certas leis, girando em torno do sol. Por conseguinte, pode-se dizer que os tracejados simbolizam órbitas, como pode ser observado na próxima imagem.

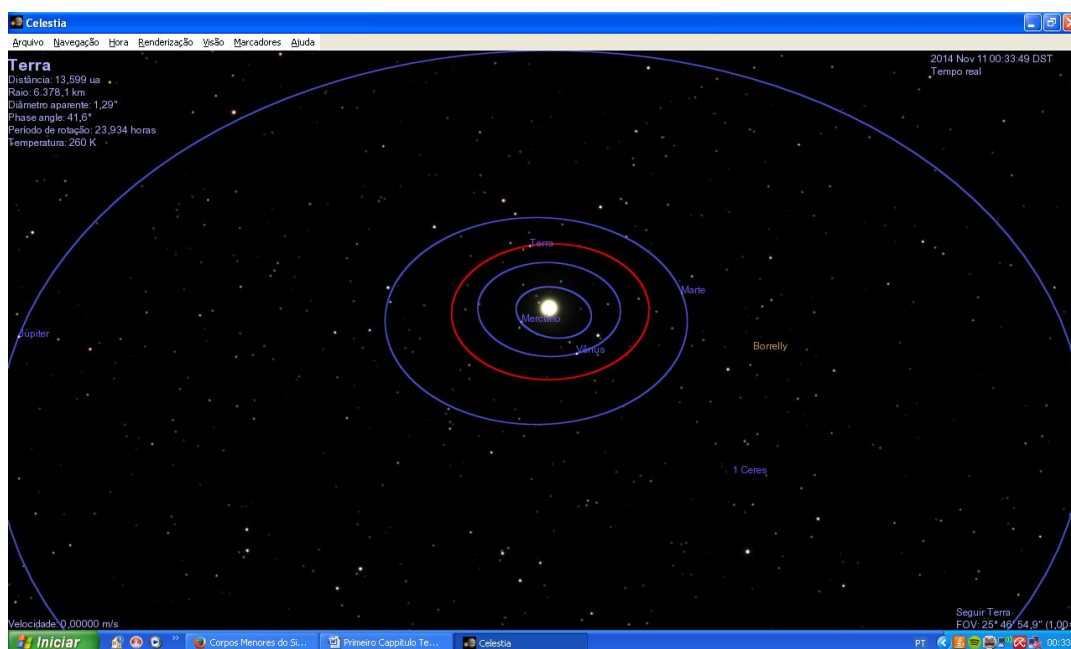


Figura 4 - Representação de órbitas – Software Celestia

Fonte: Extraído do software *Celestia*.

Sobre essa questão, Medeiros e Medeiros (2001) alertam para o fato de que a representação visual de ideias científicas é algo complexo, portanto, nem sempre o que se representa visualmente, por meio de uma imagem, por exemplo, pode estar

diretamente ligado à realidade que se buscou representar. Neiva Junior (1986) inclusive afirma que:

A imagem nos parece autônoma porque se confunde com o real e não há nada ao qual se subordine. [...] Como consequência fisiológica, a imagem não poderia ser uma duplicação do mundo. Entre o mundo e a percepção acontecem cones de luz, as deformações fazem da imagem alguma coisa autônoma. A veracidade da imagem é ela mesma, já que as modificações constantes de luz e sombra impossibilitam a réplica do fato a ser representado: no máximo, uma transposição, nunca uma cópia (NEIVA JUNIOR, 1986, p. 14-15).

No caso acima, foram usados elementos geométricos, cores, formas, entre outros recursos. Entretanto, em diversos casos, a representação de “algo” é feita por meio de uma letra, número ou símbolo.

Na física, assim como na matemática e na química, é comum a utilização de símbolos para representar elementos químicos, operações matemáticas, partículas, entre outras milhares de representações.

No final do século XIX e início do século XX, a ciência foi marcada especialmente pela física quântica que, em resumo, pode-se definir como um dos ramos da física responsável por tratar das manifestações observadas em escalas microscópicas, por exemplo, aquelas ocorridas dentro de um átomo. Porém, até o final do século XIX, a constituição da matéria ainda era desconhecida. Embora hoje se saiba que partículas como prótons e nêutrons não são elementares, a existência de átomos como constituintes elementares de toda a matéria, bem como, a compreensão da sua estrutura interna seriam definitivamente estabelecidas apenas durante as primeiras décadas do século XX (GUIMARÃES, 2011).

Assim como salienta Abdalla (2006), durante o século XIX, o átomo era, então, considerado elementar, uma vez que sua natureza interna era desconhecida, sendo o termo *indivisível* bem apropriado. Em 1897 o elétron é descoberto. E, posteriormente, o próton, em 1919, e o nêutron, em 1932. E segue-se: *fóton*, descoberto em 1923; o *neutrino*, em 1930; o pósitron, em 1931; o *múon*, em 1937; o *píon*, em 1947, entre outros.

Entretanto, até o início da década de 50, a maioria das partículas foram categorizadas como elementares, ou seja, aquela que não pode ser “quebrada”, pois as formas de observá-las não ofereciam condições para conhecer mais profundamente sua natureza. Atualmente, há diversas partículas, com características distintas, mas quais são as suas relações com o modo simbólico de uma imagem? Talvez sejam infinitas as maneiras de relacionar uma partícula, destas citadas, a uma imagem, ou até mesmo a um símbolo, entretanto, o que não se pode negar é que as ciências exatas fazem uso de muitos símbolos que, de certa forma, facilitam a comunicação. Tais partículas, por exemplo, são *representadas* por eles, conforme se pode visualizar na tabela apresentada a seguir:

Tabela 1 – Partículas e sua simbologia

Partícula	Símbolo
elétron	e^-
próton	p
nêutron	n
pósitron	e^+
fóton	γ
neutrino	ν_e

A tabela acima mostra apenas alguns exemplos de milhares de aplicações que envolvem a simbologia, ou seja, um caractere – com valor simbólico - é utilizado para representar algo, remetendo aos signos e, conseqüentemente, à questões de semiótica. Entretanto, a tarefa aqui se concentrará apenas em tecer alguns apontamentos relacionados à questão das imagens e, de certo modo, ao papel dos signos³.

1.2.1 Os Signos

³ As questões discutidas nesse momento, que se referem aos signos, são baseados na corrente de Semiótica de Charles Peirce.

De acordo com Joly (1996, p. 33), o conceito de signo é antigo, designando algo em que se percebem, por exemplo, as cores, formas, sons, entre outros, aos quais se dão uma significação. Ainda segundo a autora, para Pierce (considerado um dos grandes precursores da semiótica), o signo é “algo que está no lugar de alguma coisa para alguém, em alguma relação ou alguma qualidade.” Nessa perspectiva, o signo, de certa forma, mantém uma relação entre três polos: o objeto, também denominado de *referente*; o significante ou *representamen* e o significado ou *interpretante*.

Em síntese, o significante seria a faceta perceptível do signo. Por outro lado, o objeto seria aquilo que o signo representa e, por fim, o significado seria aquilo que o signo significa, conforme pode ser verificado no esquema:



Esquema 1 – Signos, Adaptado de Joly, 1996.

Grosso modo, analisando, por exemplo, o símbolo do elétron e^- , e considerando os três polos apresentados por Pierce, entende-se que a vogal e com o expoente do sinal aritmético – (menos) seria a face perceptível do símbolo, ou seja, o *representamen*. Já com relação à vertente *referente*, este representa uma partícula elementar, com carga negativa e que não pode ser “quebrada”. E, por último, referindo-se ao polo *interpretante*, pode-se dizer que o elétron pertence à família dos *léptons*, caracterizando-se como uma das partículas mais leves que possuem carga, sendo esta negativa e igual a -1, com spin de $\frac{1}{2}$, carga elétrica equivalente a $1,602 \times 10^{-19}$ *coulombs*, entre outras informações. Por meio desse simples exemplo, percebe-se como um pequeno símbolo é capaz de carregar tantos significados.

De acordo com Vygotsky (1984), os signos ocupam o mesmo lugar de destaque, assim como os instrumentos, ou seja, os objetos utilizados para auxiliar o sujeito em

determinadas ações. Um computador, por exemplo, pode ser considerado um poderoso instrumento, uma vez que permite ao homem acessar um número quase infinito de dados, que são rapidamente processados devido às inúmeras ações programadas pela máquina. Outro exemplo são as sondas espaciais e os telescópios, instrumentos que têm permitido ao homem “enxergar” objetos que estão tão distantes, como buracos negros.



Figura 5 - Imagem do Centro da Via Láctea - NASA

Fonte:

http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2008/blackhole_slumber.html,
(acesso em 13 de novembro de 2014).

Na figura 5, vê-se a imagem do centro da Via Láctea, onde se evidencia a presença de um buraco negro chamado de *Sagitário A** (em que se pronuncia Sagitário A-estrela), contendo aproximadamente 4 milhões de vezes a massa do Sol. Basicamente, um buraco negro é o que “sobra” quando uma gigantesca estrela morre. Uma estrela pode ser considerada um reator de fusão, constituída de gases e, devido ao fato de ser gigantesca, existe um campo gravitacional que tenta constantemente fazer com que ela entre em colapso. Assim, quando o combustível de uma estrela acaba, a força gravitacional externa tende a comprimir o núcleo da estrela e, à medida em que o mesmo é comprimido, ele se aquece, ocorrendo uma explosão que arremessa para o

espaço massa e radiação, sobrando um núcleo comprimido e extremamente denso e maciço, cuja gravidade é tão grande que nem a luz consegue escapar.

Vê-se, portanto, que os instrumentos são ferramentas capazes de transformar parte da realidade humana. Em síntese, instrumento, nas palavras de Oliveira (1993) seria:

O instrumento é um elemento interposto entre o trabalhador e o objeto de seu trabalho, ampliando as possibilidades de transformação da natureza [...] O instrumento é feito ou buscado especialmente para um certo objetivo. Ele carrega consigo, portanto, a função para a qual foi criado e o modo de utilização desenvolvido durante a história do trabalho coletivo. É, pois, um objeto social e mediador da relação entre o indivíduo e o mundo (OLIVEIRA, 1993, p. 29)

Nessa perspectiva, de acordo com Vygotsky (1984, p.59), “o signo age como um instrumento da atividade psicológica de maneira análoga ao papel do instrumento no trabalho.” De um lado, todavia, os instrumentos são considerados elementos externos aos sujeitos, voltados para fora deles, pois sua função é modificar e controlar processos da natureza. Por outro lado, os signos, também denominados por Vygotsky de *instrumentos psicológicos*, são voltados ao próprio sujeito, para dentro do indivíduo. Eles se voltam ao controle de ações psicológicas, sendo do próprio sujeito, ou ainda, de outras pessoas. São ferramentas que auxiliam nos processos psicológicos, diferentemente dos instrumentos que auxiliam nas ações concretas (OLIVEIRA, 1993).

Ainda a respeito dos signos, segundo Joly (1996, p. 35), Pierce propôs três tipos principais para os símbolos, sendo eles: o ícone, o índice e a símbolo. Nessa perspectiva, o ícone seria aquele que mantém “uma relação de analogia com o que representa, isto é, com seu referente”. A imagem de um carro ou do sol, por exemplo, são ícones, uma vez que se pareçam com o carro ou com o sol. O índice, por sua vez, está relacionado àqueles que “mantém uma relação causal de contiguidade física com o que representam”, como é o caso dos signos também denominados naturais. Por exemplo, ao escutar um trovão ou ver nuvens escuras e relâmpagos, pensa-se logo em chuva, ou ainda, se vir uma pessoa muito bronzeada, isso remeterá à ideia de que a mesma ficou exposta ao sol durante muito tempo ou realizou um bronzeamento artificial.

E, por último, o simbólico “corresponde à classe dos signos que mantêm uma relação de convenção com seu referente”. O símbolo do elétron, mostrado anteriormente, é um exemplo de signos convencionais. Todavia, Pierce esclarece que não existe signo puro, mas sim, apresenta certas características dominantes.

1.3 MODO EPISTÊMICO

Já com relação ao *modo epistêmico*, Aumont (1995, p. 80) salienta que as imagens trazem informações visuais sobre o mundo circundante, “que pode assim ser conhecido, inclusive em alguns de seus aspectos não-visuais”. Ele faz referência a este modo, alegando que a natureza da informação pode variar:

A natureza dessa informação varia (um mapa rodoviário, um cartão postal ilustrado, uma carta de baralho, um cartão de banco são imagens cujo valor informativo não é o mesmo), mas essa função geral de ‘conhecimento’ foi também muito cedo atribuída às imagens [...] essa função foi consideravelmente desenvolvida e ampliada desde o início da era moderna, com o aparecimento de gêneros ‘documentários’ como a paisagem e o retrato (Aumont, 1995, p. 80).

Tomando como referência as alegações do autor acima e, ao se refletir durante alguns segundos, pode-se constatar quantas informações podem ser fornecidas pelas imagens. Em uma pintura, por exemplo, podem-se extrair informações sobre a época em que a mesma foi elaborada, como foi possível observar na Figura 1, mostrada neste capítulo. Ao observar a imagem, pode-se inferir que os animais selvagens eram peças importantes na organização social dos humanos que naquela época viviam. O mesmo pode acontecer quando se olha o mapa mostrado na Figura 6.



Figura 6 - Mapa Turístico do Brasil

Fonte:

http://www.everaldoaixa.com.br/2014_01_01_archive.html (acesso em 11 de julho de 2014).

O mapa acima, embora não disponha de caracteres textuais, é capaz de fornecer várias informações a respeito de algumas regiões turísticas espalhadas pelo território brasileiro. Outra questão importante a ser destacada, como citado por Aumont, é justamente sobre a quantidade de informações possíveis de serem apresentadas, quando, por exemplo, se assiste a um documentário. Além da descrição geográfica, as imagens são capazes de ilustrar inúmeros aspectos e detalhes que podem estar relacionadas com as informações registradas pelo documentário.

Imagens, como fotografias, foram recursos extremamente importantes para ajudar a comprovar uma das teorias revolucionárias que marcaram o mundo físico no início do século XX: a Teoria da Relatividade⁴, de Albert Einstein. A velocidade da luz revela-se a mesma, independentemente do referencial que para ela seja adotado, medindo, tanto no vácuo quanto no ar, uma constante no valor $c = 300.000.000 \text{ m/s}$, o que contraria, nesse sentido, alguns princípios da mecânica clássica de Newton.

Isaac Newton forneceu a humanidade o primeiro modelo matemático de tempo e espaço, em sua obra *Principia Mathematica*, publicado em 1687. No modelo de Newton, tempo e espaço constituíam um fundo no qual se desenrolavam os eventos,

⁴ Para aprofundar, ver: EINSTEIN, Albert. A Teoria da Relatividade (2013);

porém sem serem afetados por eles, ou seja, o tempo seria separado do espaço e considerado como uma única linha, infinito em ambas as direções (HAWKING, 2009, p.32).

No ano de 1905, Einstein apresentou sua Teoria da Relatividade Especial (TGE), ou Teoria da Relatividade Restrita, justamente porque se refere a situações específicas, em que os referenciais devem ser inerciais, ou seja, devem obrigatoriamente estar em repouso ou estar em movimento retilíneo com velocidade constante. Ele formulou dois postulados:

I – A velocidade da luz é constante em qualquer referencial inercial, independentemente da fonte emissora da luz estar ou não em movimento;

Ao considerar a mecânica clássica, vê-se que a velocidade relativa entre dois objetos que se deslocam ao longo de mesma direção pode ser concebida pela soma, ou, caso estejam em sentidos contrários, pela subtração das velocidades individuais de cada objeto. Entretanto, essa situação não é válida para o caso de um feixe de luz, uma vez que sua velocidade é sempre a mesma, independentemente de o observador se afastar ou se aproximar dela, a qualquer velocidade em todas as direções. Desse modo, a velocidade da luz, produzida por qualquer fonte, esteja ela ou não em movimento, apresentará sempre o mesmo valor, ou seja, $c = 300.000 \text{ km/s}$.

II – As leis da física são as mesmas em qualquer referencial inercial

Segundo a mecânica clássica newtoniana, o espaço e o tempo são considerados como grandezas distintas, enquanto na relatividade se aplica o conceito de *espaço-tempo*, ou seja, como uma única grandeza. Conseqüentemente, o espaço e o tempo devem ser analisados conjuntamente. Desse modo, dois fenômenos que acontecem de maneira simultânea para um observador, podem ocorrer em momentos diferentes para outro observador. Sendo assim, com velocidades próximas à da luz, ocorre a contração do espaço, enquanto o tempo se dilata. Em outras palavras, cada observador tem seu

próprio tempo, que passará mais lentamente para aquele que está se movimentando do que para aquele que se encontra em repouso.

Nas palavras de Hawking (2009):

Assim, era necessário abandonar a ideia de que há uma quantidade universal denominada tempo que todos os relógios mediriam. Em vez disso, cada um teria tempo pessoal. Os tempos de duas pessoas coincidiriam se elas estivessem em repouso uma em relação à outra, mas não se estivessem em movimento (HAWKIN, p. 9, 2009).

Ele salienta, ainda, que tal questão foi confirmada com diversos experimentos posteriores, inclusive um em que dois relógios de alta precisão foram colocados em voos com direções opostas ao redor do mundo e retornaram mostrando tempos ligeiramente diferentes.

Já em 1916, Albert Einstein propõe a Teoria da Relatividade Geral (TGR) que, de certa forma, substitui a teoria de gravitação universal proposta por Isaac Newton, alguns séculos antes. Enquanto a TGE só é válida para desprezíveis campos gravitacionais, a TRG descrevia a interação gravitacional entre quaisquer corpos do universo, incluindo, também, campos gravitacionais intensos.

Para a relatividade geral, o espaço-tempo é curvo, ou dobrado, justamente por causa da distribuição da massa e energia que se encontra nele. Corpos como a Terra, por exemplo, não são colocados em movimento em órbitas curvas porque seguem o caminho mais próximo a uma trajetória retilínea em um espaço curvo, chamada geodésica. Pode-se dizer que uma geodésica é entendida como o caminho mais curto (ou mais longo) entre dois pontos próximos (HAWKIN; MLODINOW, 2005, p. 47).

Ainda de acordo com Hawkin e Mlodinow (2005, p. 49), considerando a TRG, os corpos sempre seguem geodésicas no espaço-tempo quadridimensional (4 dimensões). Porém, na ausência de matéria, essas geodésicas, neste espaço-tempo quadridimensional, correspondem a linhas retas no espaço tridimensional. Nessa perspectiva, na presença de matéria o espaço-tempo é distorcido, o que faz com que as trajetórias dos corpos no espaço tridimensional se curvem, fato este que, se considerada a teoria de Newton, era explicado ao se considerar os efeitos da atração gravitacional.

Como os raios de luz também devem seguir geodésicas no espaço-tempo, o fato de o espaço ser curvo implica que a luz não mais necessariamente viaja em linha reta no

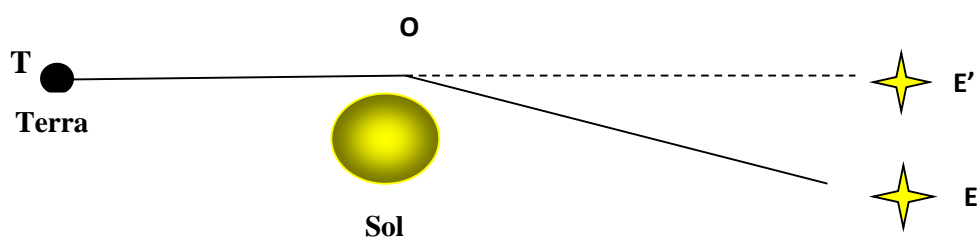
espaço, pois, de acordo com a TRG, os campos gravitacionais têm a capacidade de curvar a luz. Conseqüentemente, a luz de uma estrela distante que passasse perto do sol seria defletida (em um pequeno ângulo), fazendo com que a estrela apareça em uma posição diferente a um observador na Terra.

Nesse sentido, se a luz vinda de uma estrela sempre passasse próxima ao sol, não se poderia afirmar se a luz estava sendo defletida ou, ainda, a estrela estaria onde parece ser vista. Porém, já que o planeta Terra percorre uma órbita em torno do sol, diferentes estrelas parecem passar por trás do sol, tendo, portanto sua luz defletida, alterando assim, sua posição aparente em relação às outras estrelas (HAWKING; MLODINOW, 2005).

A luz solar torna esse ato muito difícil de observar, entretanto, é possível fazê-lo durante um eclipse solar. Durante a segunda década do século XX, Einstein e alguns outros cientistas realizaram algumas expedições para comprovar sua teoria, passando, inclusive, pelo Brasil. Ela foi confirmada em duas expedições, uma em Sobral, estado de Ceará, e a outra na Costa da África Ocidental, isso apesar das dificuldades encontradas durante algumas expedições, principalmente devido ao fato de que em 1915 ocorria a Primeira Guerra Mundial. Mesmo assim, a Teoria veio a ser confirmada em 1919.

Ela foi confirmada de modo espetacular em 1919, por expedições britânicas a Sobral, no nordeste do Brasil e a África Ocidental. Observou-se uma ligeira deflexão da luz de uma estrela passando perto do sol durante um eclipse. Era uma evidência direta de que o espaço e tempo são deformados, e isso acarretou a maior mudança na percepção do universo onde vivemos desde que Euclides escreveu seus *Elementos de Geometria* por volta de 300 a. C. (HAWKING, p. 21, 2009).

Na sequência abaixo, tem-se um esquema representando a deflexão da luz e um dos registros feitos na expedição em Sobral, em 1919.



TOE”: Raio de luz oriundo de uma estrela distante que sofre deflexão devido ao Campo Gravitacional do Sol.

TOE: Direção aparente da estrela vista do planeta Terra.

Esquema fora de escala, com deflexão exagerada para melhor visualização.

Esquema 2: Representação da deflexão da luz durante um eclipse

Fonte: Adaptado de ZYLBERSZTAJN, 1989.

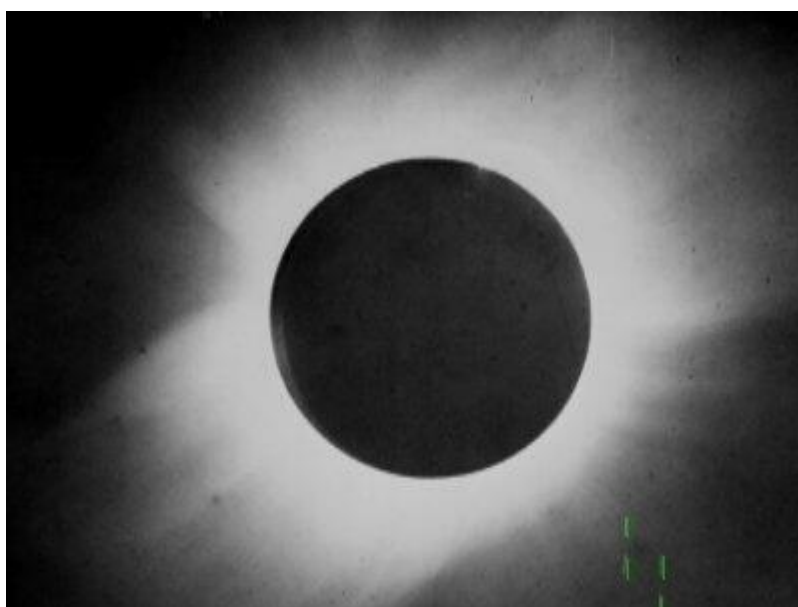


Figura 7 - Eclipse da expedição em Sobral, 1919.

Fonte: <http://www.observatorio.ufmg.br/pas16.htm> (acesso em 13 de novembro de 2014).

1.4 MODO ESTÉTICO

Nessa vertente, a imagem, segundo Aumont (1995), é destinada a agradar seu espectador e a oferecer-lhe sensações específicas. Quem já não contemplou alguma pintura, por exemplo, e não ficou deslumbrado com os traços, cores e formas? O mesmo autor salienta que essa função *estética* é praticamente indissociável da imagem, ou seja, mesmo que uma imagem não seja voltada para as “artes”, ela carrega consigo um poder que parece mágico, capaz de mexer com o sentimento humano.

A própria natureza oferece aos seres humanos todos os dias as mais belas imagens. Um exemplo bem típico que envolve essa vertente estética pode ser vista nas auroras boreais ou austrais.



Figura 8 - Aurora Boreal - Alasca (EUA), 2103.

Fonte:

<http://veja.abril.com.br/blog/ricardo-setti/files/2014/02/aurora-boreal-antiga.jpg> (acesso em 14 de novembro de 2014).

As auroras boreais ou austrais são basicamente produzidas devido à colisão de partículas energéticas provenientes dos ventos solares que colidem com o campo magnético da Terra, dirigindo-se aos pólos do planeta por meio das *correntes de Birkeland*⁵. Esse fenômeno normalmente é observado durante a noite, ocorrendo na ionosfera⁶, onde as partículas oriundas dos ventos solares colidem com íons de gases, como o nitrogênio e oxigênio, transferindo para estes energia. Ao voltar para suas camadas de origem, os elétrons dos átomos desses gases liberam energia por meio da irradiação de luz que, por sua vez, produz a aurora, enquanto as cores dependem da irradiação dos diferentes íons. Eis um belo espetáculo estético oferecido pela natureza.

Ve-se, portanto, que as imagens podem “carregar” muitos significados, transmitindo as mais variadas informações, uma vez que cada uma é capaz de trazer consigo valores simbólicos, epistêmicos e estéticos, parecendo, ao mesmo tempo, tão simples e complexas. Nessa perspectiva, Neiva Junior (1986) cita dez propriedades que tornam o

⁵ Ver: <http://mtc-m17.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/06.25.13.29/doc/publicacao.pdf>

⁶ A ionosfera é a camada da atmosfera terrestre onde estão contidas cargas elétricas (íons e elétrons). Ela está localizada aproximadamente entre 60 km e 1000 km de altitude.

mundo visual tão complexo, são elas: extensão na distância, modelação em profundidade, verticalidade, estabilidade, ilimitabilidade, cor, sombra, textura, integração por superfície, bordas, formas e interespaços e pluralidade de coisas que possuem significado. Todos esses elementos remetem a algo complexo, embora se tenha a impressão de que o que se vê é tão simples. Muito disso depende da percepção de mundo, das informações que são captadas pelos olhos e processadas pelo cérebro, questões essas fundamentais para entender como os indivíduos são capazes de ver, perceber e, principalmente, buscar entender este belo mundo à sua volta.

Neste capítulo, buscou-se tecer algumas considerações a respeito das imagens. Por certo, a exposição foi bem simples e limitada, todavia, acredita-se que a mesma poderá oferecer o suporte básico para debater e discutir alguns dos principais aspectos desta pesquisa que serão apresentados no capítulo IV. Nesse sentido, relacionando ao ensino, as imagens se configuram como recursos potencializadores quando se leva em consideração a “memória”, elemento este muito importante para a Teoria da Dupla Codificação de Allan Paivio, que será discutida no capítulo seguinte.

CAPÍTULO II

2. TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO

O objetivo deste trabalho é verificar as contribuições das imagens para o ensino de física. E, para entender melhor como as mesmas são processadas pelo cérebro, este capítulo apresentará alguns conceitos importantes discutidos por Allan Paivio, em sua Teoria da Dupla Codificação (TDC), que aborda e discute justamente como as pessoas codificam uma imagem. Seus princípios são apresentados e discutidos em obras, como: *Minds and Evolution: a Dual Coding Theoretical Approach* (2014) e *Imagery and text: A dual coding theory of reading and writing* (2001).

Estas e outras obras do referido autor estão disponíveis apenas em língua inglesa, o que evidentemente aumenta a responsabilidade quanto à apresentação e discussão de termos essenciais ao entendimento e explicação da TDC. Além disso, até o momento (2016), são escassos os trabalhos em língua portuguesa que discutem de forma sistemática a respectiva teoria.

Antes de discutir a TDC propriamente dita, Paivio (2014) faz algumas considerações a respeito do que seria conhecimento, argumentando que quando se aborda o respectivo termo, as hipóteses mais gerais defendem que o mesmo é derivado das experiências perceptivas, comportamentais e afetivas com o mundo. Essas experiências, por sua vez, são internalizadas, de forma que representações e processos cognitivos estão dispostos em modalidades específicas, apresentando vários aspectos.

Ele afirma, também, que as mentes contêm os denominados *isomorfos de memória*, que funcionam como entidades envolvidas com diversos eventos relacionados ao olhar, ao som, ao tato, entre outras. Por outro lado, as habilidades cognitivas refletem as habilidades comportamentais, tais como, aquelas que permitem que o indivíduo aprenda e interaja com as pessoas e os objetos. Outra questão destacada pelo autor, e que ele julga importante, é que o conhecimento, a linguagem e sua forma de se relacionar com o mundo também são organizados em modalidades específicas.

O cérebro funcional é um resultado da evolução biológica, sendo de maneira restrita o modo como ele acumula e faz uso da informação ambiental. Meyer (2002) afirma que o

cérebro exerce as mais nobres funções, tais como, a consciência, o pensamento, a emoção e a percepção. Os bilhões de neurônios que constituem o cérebro humano funcionam com modificações materiais perceptíveis. A ativação de uma célula nervosa se dá por uma pequena corrente elétrica, e esta espécie de comunicação interneuronal é subsidiada por substâncias químicas numerosas que podem ser observadas nas terminações nervosas. Determinados neurônios encarregados de uma função específica são definidos por uma morfologia particular e um grupo de neurotransmissores. Nesse sentido, a execução de alguns movimentos, por exemplo, aumenta o fluxo sanguíneo da zona motora do cérebro e uma iluminação intensa do olho ativa o cérebro visual occipital. Essas regiões são conhecidas como regiões do córtex que, por sua vez, desempenham uma capacidade funcional particular, geneticamente transmitida, evidenciada por uma estimulação do meio ou pela aprendizagem (MEYER, 2002, p.15).

Sabe-se, também, que inúmeros aspectos relacionados à natureza humana resultam da interação dos genes com o ambiente, o que é aplicado a alguns atributos básicos da mente, tais como, a inteligência e mecanismos de aprendizagem que determinam o conteúdo adquirido. Os processos de aprendizagem e memória são responsáveis pelo crescimento cumulativo do conhecimento. Eles se configuram como processos de *inicialização*, uma vez que o conhecimento é constituído de memórias e aprendizagem que ascendem a novos níveis à medida que crescem. Essa *inicialização* recebe vários nomes: estímulo e resposta; aprender a aprender; elaboração da memória a partir das experiências de aprendizagem, e por fim, a metamorfose de tudo, denominado pelos psicólogos como *metamemória* e *metacognição* (PAIVIO, 2014).

Tal questão pode estar diretamente relacionada com a teoria dos estilos de aprendizagem discutidos por Alonso, Gallego e Honey (2012), que de modo geral, aborda como alguns aspectos cognitivos, fisiológicos e, até afetivos, podem se configurar como indicadores relativamente confiáveis de como os sujeitos (alunos) interagem e, conseqüentemente, respondem a seus ambientes de aprendizagem, apresentando deste modo quatro estilos: ativo, reflexivo, teórico e pragmático⁷.

Quanto a metamemória, Yassuda *et. al* (2005) salientam que este termo originalmente foi usado para se referir ao conhecimento objetivo de um sujeito sobre os processos de memória, como, as dificuldades ou facilidades encontradas para realizar determinada

⁷ Para mais informações ver: Barros (2008), disponível em:
<http://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/2999/3/70-228-1-PB%202.pdf>

tarefa e as estratégias que podem ser adotadas para realizá-la. Entretanto, segundo os autores, atualmente esse termo envolve diversos aspectos, tais como: conhecimento sobre os processos e monitoramento de memória, influência dos sentimentos sobre a memória e grau de convicção que um sujeito possui sobre sua capacidade de realizar uma tarefa fazendo uso da memória.

Já com relação ao segundo termo, além de discutir como a *metacognição* pode contribuir para processos de aprendizagem, Ribeiro (2003) a define como a faculdade de conhecer o próprio ato de conhecer, ou seja, de consciencializar, analisar e avaliar como se conhece. Situações que envolvem a aprendizagem e que levam ao crescimento do conhecimento vêm sendo estudadas ao longo de várias décadas. As principais maneiras de aprendizagem incluem o clássico condicionamento operante, o estímulo-estímulo (sensorial) condicionado e o aprendizado observacional ou perceptual (incluindo a imitação). O condicionamento clássico remete aos experimentos de Pavlov's, em que um cão passava a salivar ao ouvir o som de um sino que havia sido previamente associado a alimentos. Nesse tipo de experimento, um animal, no caso, o cão, aprende respostas que foram seguidas por recompensa. Por outro lado, no condicionado sensorial e aprendizado perceptual, o conhecimento é adquirido por meio da observação dos objetos, eventos e relações entre elas.

Por exemplo, se uma criança olha e observa objetos durante algum tempo, após algumas apresentações repetidas, a criança se habitua ou "*se acostuma com*" o estímulo e gasta menos tempo olhando para ele. Isso ocorre porque um olhar é suficiente para ativar uma imagem do objeto. A mudança comportamental que implica em uma representação mental do estímulo foi formada de modo que seja reconhecida, tornando-se familiarizada. Os bebês, por exemplo, conseguem distinguir e diferenciar estímulos uns dos outros. As alterações precoces de desenvolvimento em ativos cerebrais também são consistentes com a visão de que a mera exposição de objetos pode iniciar o crescimento de representações mentais necessárias para o conhecimento. Esses objetos podem incluir outras pessoas e suas ações, os quais a criança aprende a imitar e responder àqueles que são socialmente relevantes.

No âmbito escolar, tradicionalmente falando, os conteúdos são, na maioria das vezes, baseados no livro didático e apostilas, o que caracteriza uma cultura centrada nos livros, em sua leitura e interpretação, o que, de certa forma, contribui para a valorização da escrita em relação a outras formas de codificação, como é o caso de imagens (ILLERA,

2010). Ao longo do tempo, devido à expansão de algumas tecnologias, outras formas de representar conteúdos foram tomando espaço, entre elas estão aquelas que fazem uso de imagens, como desenhos, filmes, simuladores, etc.

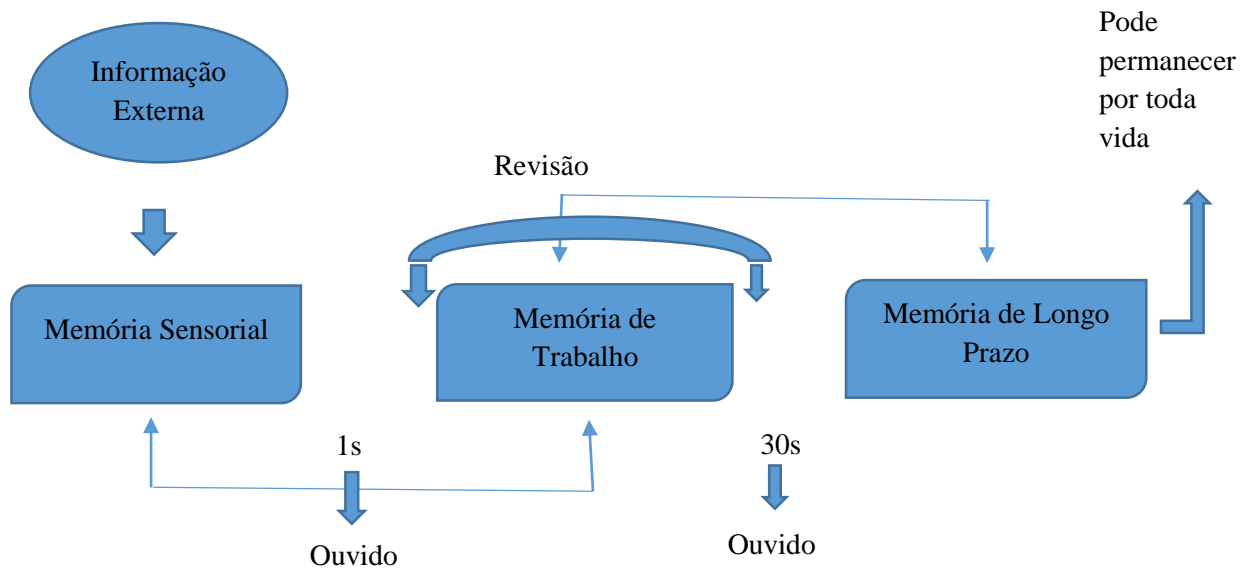
Paivio (2014) afirma que uma parte dos conhecimentos adquiridos é experimentada como imagens. Nesse contexto, as imagens como um produto da aprendizagem passaram a serem vistas como um recurso capaz de contribuir em processos ligados a aprendizagem, questão esta, discutida no primeiro capítulo.

2.1 MEMÓRIA É CONHECIMENTO

Paivio (2014) indaga que foi dito à memória para ser a “mãe” da sabedoria. Para se considerar essa afirmação, é necessário pensar naquelas pessoas portadoras de problemas que as levam à irracionalidade, tais como, pacientes de Alzheimer em estado avançado, ou pessoas que possuem algum tipo de lesão séria em determinadas áreas do cérebro que são relacionadas com a memória. Um exemplo ocorreu em setembro de 2002, com a vocalista da banda pop sueca Roxette. Marie Fredriksson sofreu um ataque epilético enquanto se preparava para o banho. Socorrida por familiares, a artista despertou no outro dia, com uma trágica notícia, estava com um tumor maligno no cérebro. O mesmo estava localizado na parte inferior do hemisfério esquerdo do cérebro. Após o trágico diagnóstico e cirurgia para retirada do tumor, a cantora passou a realizar tratamentos, como quimioterapia e radioterapia, entretanto, a retirada do tumor lhe deixou sequelas permanentes, como perda de boa parte da visão direita e parcialmente a audição da orelha direita. Mas não parou por aí, ela simplesmente perdeu a capacidade de ler, escrever e até mesmo de falar. Depois de anos de tratamento e impulsionada por sua vontade de cantar, Marie, que é de origem sueca, não só reaprendeu a falar seu idioma, como também o inglês, e voltou aos palcos depois de 8 anos. Embora represente uma grande vitória, ela ocasionalmente esquece algumas partes das letras de algumas das músicas que interpreta.

Dado o papel essencial da memória na cognição, ela também desempenha o papel como um elemento crucial na evolução da mente. Uma das primeiras distinções a serem discutidas foi justamente entre a memória de curto prazo e a de longo prazo, que

geralmente se refere a acontecimentos vivenciados em um prazo de pouco tempo (minutos), comparando-se com experiências anteriores, vividas há muito tempo (Paivio, 2014). Entender como o cérebro funciona é um dos principais desafios para se compreender e melhorar a aprendizagem. Lotero (2012) salienta que a arquitetura cognitiva é a forma como as estruturas e funções cognitivas humanas são organizadas. O autor salienta ainda que, de acordo com a Teoria da Carga Cognitiva de Sweller⁸, a informação que entra no cérebro é processada em três estruturas: *memória sensorial*, *memória de trabalho* e *memória de longo prazo*, conforme descrito no esquema abaixo e apresentadas logo na sequência.



Esquema 3 – Estrutura da Arquitetura Cognitiva Humana
 Fonte: Adaptado de Lotero, 2012

2.1.1 Memória Sensorial: É um sistema de memória que, utilizando-se da percepção da realidade por meio de canais sensoriais, como o visual e o auditivo, constitui uma espécie de chave da capacidade que os indivíduos têm de localizar os estímulos ao redor. Ela recebe o estímulo dos sentidos em um período de tempo muito curto, que varia entre 1 a 3 segundos. Basicamente, sua função é converter o som e estímulos à vista em informação auditiva e visual, entretanto, não lhes atribui significado. Ela basicamente é responsável pelo processamento inicial da informação sensorial.

2.1.2 Memória de Trabalho: Essa modalidade de memória também pode ser conhecida como memória de curto prazo, atuando no momento em que a informação está sendo

⁸ Para mais detalhes, ver: Santos e Tarouco (2007).

adquirida. A memória de trabalho pode armazenar e manipular informações por curtos períodos, variando entre 15 a 30 segundos. De acordo com Lotero (2012), o processamento de informações nesse tipo de memória está relacionado às atividades que se está a fazer de forma consciente. Ele salienta ainda que uma das características da memória de trabalho é a capacidade limitada de processamento. Para (Miller, 1956 *apud* Lotero, 2012, p. 77), essa modalidade de memória “apenas puede manejar siete ítems a la vez”. A abrangência mencionada pode variar de acordo com a familiaridade do indivíduo com a informação.

2.1.3 Memória de Longo Prazo: Diferentemente da memória de curto prazo, a memória de longo prazo é ilimitada. Ela é responsável por armazenar informações diversificadas, relacionadas a fatos, conceitos, imagens, recordações, procedimentos, entre outros. Esse tipo de memória organiza e armazena informações em “*esquemas*” ou construtos cognitivos que incorporam múltiplas unidades de informações dentro de um nível singular de unidade superior. Os esquemas são construídos na memória de trabalho de modo a permitir o processamento de maior quantidade de informações, criando “pedaços” maiores de informações (ou *chunks*)⁹. No entanto, para que essas informações retornem aos esquemas, é necessária uma organização hierárquica. Nesses esquemas, as informações são categorizadas para facilitar sua posterior recuperação, assim como sua aplicação em tarefas particulares. Em teoria, os esquemas não consomem recursos cognitivos quando são automatizados após uma prática extensiva (LOTERO, 2012).

Referindo-se também à memória de longo prazo, Sweller (2002 *apud* Lotero, 2012) afirma que a automação como formas de construção complementar se refere ao processo pelo qual as informações armazenadas são processadas de forma automática e inconsciente. Nesse sentido, o desenvolvimento de competências por meio da prática contribui para garantir a execução espontânea e fácil de determinada tarefa, uma vez que a memória de trabalho não está sobrecarregada com muita informação a ser processada simultaneamente. Em outras palavras, a memória de longo prazo contém informações que estão disponíveis de maneira quase que permanente. Biologicamente falando, a diferença entre a memória de curto e longo prazo, segundo Meyer (2002, p.

⁹ Um *chunk* seria qualquer unidade significativa. Um *chunk* pode se referir a dígitos, palavras, rosto de pessoas, uma posição de xadrez.

22), deve-se a uma diferença dos processos de transporte de fósforo no interior de certas células, o que poderia ilustrar a tese que considera o curto e o longo prazos eventos de essência diferentes. Daí, percebe-se a importância dos alunos terem supridas suas condições mínimas de alimentação para justamente permitir este processo (transporte de fósforo), uma vez que o mesmo contribui para processos ligados a memória.

Paivio (2014) também faz referência a Tulving (1983) para estabelecer a distinção entre as memórias episódica, semântica e processual. A memória episódica refere-se àquelas lembranças de acontecimentos vivenciados pelo sujeito em certo tempo e em lugares específicos. Por exemplo, o leitor poderá se lembrar como foi sua primeira aula na faculdade, ou ainda, como foi a sensação sentida durante a primeira viagem de avião, etc. Relacionado a esse tipo de memória, Paivio também cita o conceito de memória autobiográfica, discutido por Thompson *et al.* (1998), na qual é incluído o critério de que a memória vem com a sensação de se reviver certos eventos.

Nesse contexto, a memória semântica se refere ao conhecimento factual de longo prazo relacionado à linguagem e ao mundo, ou seja, derivados das experiências pessoais, relacionando ao conhecimento que o sujeito adquiriu por meio da aprendizagem, no entanto, sem a necessidade de lembrar do tempo ou lugar.

Considerando esses apontamentos, qual seria a contribuição da memória para a aprendizagem? Respondendo à questão, Lieury (2001) afirma que, em inúmeras ocasiões, a memória foi desvalorizada, justamente por associá-la à repetição, uma vez que não é difícil ouvir estudantes dizerem que aprenderam na forma da "decoreba". Entretanto, trabalhos como os de Ross Quillian e Allan Collins, realizados no final da década de 60, proporcionaram uma nova maneira de se conceber memória. O autor salienta, também, que a teoria dos referidos autores se baseia em três princípios: separação léxica/memória semântica; princípio de hierarquia categorial e o princípio da economia cognitiva (LIEURY, 2001, p. 42).

Respectivamente, de acordo com o primeiro princípio, para uma palavra, por exemplo, admite-se que a memória semântica é apenas conceitual, ou seja, só o significado é armazenado (sentido das palavras). Por outro lado, a morfologia é armazenada em outra espécie de memória, a lexical. Em vários casos, o mesmo conceito pode estar relacionado a diferentes traduções lexicais. Para exemplificar, considere-se uma situação descrita por Lieury, relacionada ao conceito de disco. Uma criança pode

atribuir um único sentido para disco, relacionando-o ao objeto que lhe possibilita ouvir música. Com o passar do tempo, novos sentidos podem vir a ser acrescentados: disco no atletismo (objeto lançado pelo atleta); disco na biologia (ligações entre vértebras); já, de acordo com a história, pode relacionar-se ao disco solar, que representa uma estrela que mantém o equilíbrio do sistema planetário; ou ainda, na matemática, tem-se o disco pleno. Entende-se, portanto, que para uma unidade lexical pode haver várias significações, o que permite uma distinção entre memória lexical e semântica e, essas significações poderão variar de acordo com as experiências vivenciadas por cada indivíduo.

Já com relação ao segundo princípio, Lieury (2001, p. 42) faz o seguinte questionamento: *O que é então sentido, se ele não é palavra?* Ele responde a essa questão baseando-se no princípio da categorização, em que os conceitos são classificados na memória semântica de maneira hierárquica, de forma que as categorias seriam organizadas em categorias mais gerais na forma de uma árvore invertida, em que cada nó representa um conceito, de onde partem os galhos.

Referindo-se a essa questão, Paivio, salienta que:

[...] o *nó conceito* “coisas” pode-se dividir em seres vivos e não-vivos, seres vivos (animais e plantas), em que alguns deles podem ser classificados em subcategorias gerais, outros em categorias mais específicas, propriedades, cores, etc. Os conceitos específicos são ativados por meio de palavras e a ativação automática se espalha sobre as regiões da rede (Tradução nossa)¹⁰.

Segundo Lieury (2001), essa concepção é atualmente muito utilizada na informática, em que se fala de arborescência. Na sequência, tem-se a representação de uma árvore conceitual.

¹⁰ For example, the concept node “things” divides into living and nonliving things, living things into plants and animals, each unpacking into general subcategories, and more specific ones grouped by such properties as color. Specific concepts are activated by words, and the activity spreads automatically over regions of the network (PAIVIO, 2014, p. 31).

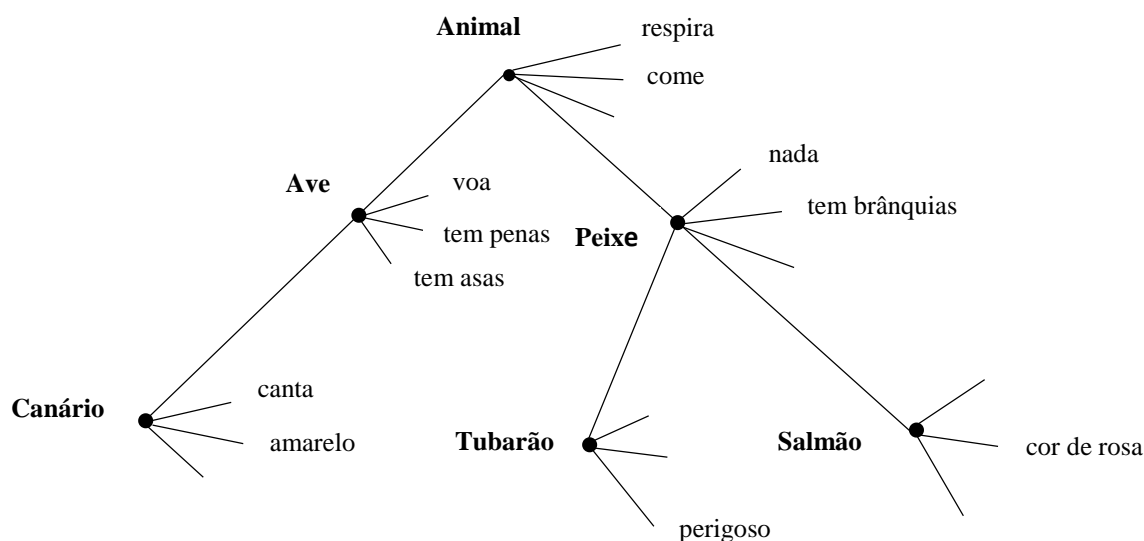


Figura 9 - Exemplo de uma árvore conceitual

Fonte: Adaptado de Lieury, 2001

Já com relação ao último princípio, Lieury (2001, p. 43) salienta que “os autores propõem que a cada nó, ou conceito, sejam ligadas propriedades específicas chamadas de traços semânticos.” Nessa perspectiva, segundo o princípio da economia semântica, somente as propriedades específicas (traços semânticos) são classificadas como conceito. Por exemplo, um canário da terra é amarelo, mas nem todas as aves são amarelas, desse modo, a característica amarelo é classificada com o conceito de “canário da terra”, todavia, outras propriedades mais gerais, tais como, penas, asas, bicos, dentre outras, são classificadas com o conceito “ave”. Nessa mesma perspectiva, elementos mais gerais seriam classificados com o conceito superior de “animal”, tais como: alimenta-se, respira, entre outros.

Os estudos de Collins e Quillian (1969) mostraram que o tempo de apreciação semântica varia de acordo com a “distância” entre os conceitos ou propriedades, ou seja, o tempo é menor quando se tem, por exemplo, o termo *baleia é um animal*, do que *baleia é um mamífero*. Nesse sentido, “como as propriedades estão classificadas com as categorias, o acesso às categorias precede o acesso às propriedades, é preciso galgar mais um nó. [...] Portanto, a compreensão não é propriedade instantânea de um espírito imaterial, mas um tempo de acesso ou de busca numa rede de informações armazenadas na memória” (LIEURY, 2001, p.46-47).

Paivio (2014) salienta, ainda, que um exemplo muito comum é de que os indivíduos não são capazes de recordar quando e onde aprenderam a maioria das palavras que conhecem. Se, porventura, conseguissem fazê-lo, poder-se-ia classificar, nesse caso, como memória episódica, assim como proposto por Tulving. Já a memória de procedimentos está relacionada à memória de habilidades, como, a maneira de amarrar cadarços, que funcionam como a memória semântica, em que alguns elementos inerentes a essa aprendizagem geralmente são esquecidos.

Um dos elementos que caracterizam a memória episódica, por definição, é que a mesma é oriunda de experiências individuais, ao passo que as habilidades motoras e do conhecimento semântico melhoram com a repetição. Por exemplo, na maioria das vezes, não se aprende a andar de bicicleta com uma única tentativa, bem como, não se aprende o significado e usos de várias palavras sem ouvi-las e usá-las em alguns contextos.

De acordo com Tulving (1983 *apud*, Paivio, 2014), embora os dois sistemas de memória – semântica e episódica – tenham propriedades comuns, tem-se que a memória episódica pode se configurar como uma extensão da memória semântica. A esse respeito, houve algumas controvérsias, que mudaram depois que Tulving começou a associar a memória episódica ao conceito de *consciência autoética*, uma consciência de ter vivenciado um evento em um tempo e lugar particular.

A esse respeito, Gauer e Gomes (2006) explicam que a expressão *consciência autoética* pode ser entendida como a capacidade de representar mentalmente e ficar ciente de se ter experiências no presente, passado e futuro, bem como, de discernir entre umas e outras. Em outras palavras, traduz-se na capacidade humana de analisar as ações vivenciadas no passado, de modo que as mesmas se tornam uma espécie de “fragmento” do meu “eu”, e a capacidade de refletir sobre essas ações influencia o comportamento presente.

Paivio (2014) cita que outras distinções de memórias também são importantes, tais como, as memórias explícita e implícita. Para esclarecer essas diferenças, Bartz (2003, p.9) salienta que a memória explícita, também denominada declarativa (que pode ser dividida em episódica e semântica), refere-se ao acesso consciente ao conteúdo da informação, ou seja, envolve a lembrança consciente de nomes, lugares, acontecimentos, etc. Nessa memória, armazenam-se e evocam informações de dados e

fatos transportados ao conhecimento por meio dos sentidos e de processos cerebrais, como, a associação de dados e informações, a criação de ideias e processos de dedução.

Por outro lado, a memória implícita, ou não-declarativa, é responsável pelo armazenamento de uma série de habilidades inconscientes, “sendo revelada quando a experiência prévia facilita o desempenho numa tarefa que não requer a evocação consciente daquela experiência”. Em outros termos, essa capacidade de execução de tarefa não depende da consciência, uma vez que em muitas ocasiões as pessoas são capazes de realizar tarefas enquanto o seu pensamento permanece voltado para algo completamente distinto.

2.2 ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

As discussões apresentadas no tópico anterior permitem compreender que o conhecimento é algo organizado. Para Paivio (2014), é justamente a natureza dessa organização que tem sido um dos principais obstáculos para análises de memória e pensamento. Algumas teorias que tratam da estrutura da memória semântica geralmente lidam com a organização de conceitos em vez da organização do conhecimento dentro do sujeito, embora esses elementos possam ser combinados.

Referindo-se a teorias que de certa forma são estruturados por meio de esquemas, Paivio (2014) argumenta que o conceito mais influente relativo à esquema foi proposto por Piaget, mencionando a estrutura cognitiva sensório-motora adquirida por meio da interação com as pessoas e objetos. Esses esquemas de desenvolvimento proporcionam uma interação cada vez mais eficaz, promovendo a assimilação de novas informações que, por sua vez, alteram a estrutura esquemática. Assim, a mudança é considerada acomodatória quando ocorre um melhor ajuste para novas demandas comportamentais à medida em que a criança amadurece.

Esse conceito de esquema proposto por Piaget faz parte de sua teoria do desenvolvimento elaborado. Por outro lado, outras teorias estão relacionadas aos elementos específicos, tais como, a memória, a compreensão e os padrões comportamentais. Desse modo, de acordo com Paivio (2014) uma teoria que poderia ser considerada uma precedente mais adequada para a TDC seria aquela que foi proposta

pelo psicólogo que viveu no século IX, Johan Friedrich Herbart. Ele apresentou uma teoria associativa de estrutura do conhecimento sob a *massa aperceptiva*. Essa massa aperceptiva se refere às experiências passadas que os indivíduos assimilam e que usam quando percebem algo novo.

Nas palavras de Nascimento (2003, p. 45), Herbart contemplava a mente como uma espécie de palco, onde a realidade se apresentava e se constituía por meio de ideias no interior do sistema mental do indivíduo, que seria justamente a massa aperceptiva. Desse modo, essas apresentações da realidade constituem as ideias, que nada mais são do que os pensamentos sobre a realidade e, ainda, articulam-se na mente do sujeito de modo a “gerar um desenho psicológico pessoal que exprimem aquela parte da realidade percebida”.

O autor ainda esclarece que:

[...] para Herbart, as ideias não são estáticas na mente do indivíduo, elas ficam em diferentes modos psicológicos de ação, conforme o grau de atenção dispensada. Em sua teoria, as apresentações da realidade podem estar ou não presentes na consciência num dado momento. Podem desaparecer temporariamente tornando-se inconscientes, ou seja, fluindo para baixo do limiar consciência-inconsciência. A regência desses deslocamentos de ideias se daria por forças psicológicas oriundas da vontade do indivíduo (NASCIMENTO, 2003, p.45).

Isso posto, constata-se que, quanto maior a quantidade de “experiência” acumulada e organizada na mente, mais fácil será aprender e assimilar uma nova ideia. Nas palavras de Meyer (2002, p. 104), a “experiência adquirida sob forma de memória e de aprendizagem traduz-se pela utilização de mapas mentais de referência.” Um enófilo que irá avaliar um novo vinho, por exemplo, devido a sua experiência em provar uma grande variedade de sabores diferentes, possui “um reservatório mental” que lhe permite descrever semelhanças e diferenças com outros vinhos.

Paivio explica que esse conceito foi criticado por alguns teóricos, porém, foi capaz de influenciar metas e práticas educativas durante o século XX, uma vez que sugeria, de forma direta, que o ensino de um novo material (recurso didático) deve estar

relacionado à idade dos alunos. Foi ele também que antecipou ideias que permanecem influentes até os dias atuais, como é o caso do conceito de esquema, proposto por Piaget, com sua ênfase específica em assimilar novas informações em um esquema em que sua organização funcional é modificada.

Na perspectiva da TDC, a ideia de massa aperceptiva pode ser vista como dividida em regiões ou domínios que podem variar de acordo com a riqueza, natureza e variedade das experiências anteriores. Uma diferença fundamental centra-se no fato de que a TDC interpreta os domínios especificamente em termos de representações verbais e não verbais interligados, que podem ser acessados, comparados e utilizados para qualquer fim, desde que seja relevante para determinada situação.

Paivio e Steeves (1967) revelaram, também, que estruturas relacionadas a valores incluem imagens. Em outras palavras, significa que a força das conexões entre palavras e imagens é determinada pela sua relevância para os interesses e valores pessoais. Outro ponto que merece destaque está relacionado à ideia de que a associação de palavras e dados de imagens fornecem evidências para regiões diferenciadas dentro dos domínios de representação (aperceptivos), que consistem em misturas de associativo verbal e estruturas de imagens e processos, todos derivados da frequência da experiência com palavras e de valores relacionados às coisas. Esses domínios contêm informações da memória de longo prazo, que lhes permitem ser ativados por meio de palavras e outros sinais de recuperação.

2.3 PRINCÍPIOS BÁSICOS DA TDC – TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO

A TDC difere em alguns aspectos de algumas teorias antigas e de outras mais atuais (principalmente daquelas relacionadas à memória semântica), especialmente pelo fato de que essas outras teorias assumem que estruturas e processos de conhecimentos são abstratos (PAIVIO, 2014). Além disso, outra distinção mais expressiva reside no fato de que, de acordo com a TDC, todo o conhecimento faz parte de determinadas modalidades específicas. Paivio (2014) salienta que algumas teorias que tratam da memória semântica, por exemplo, concordam que o conhecimento está organizado em modalidades específicas, contendo informações verbais e não verbais, porém, essas teorias não conseguem resolver diferenças na forma como as informações podem ser

organizadas nos dois sistemas e, ainda, como elas cooperam em tarefas específicas. Além disso, a TDC assume explicitamente que o conhecimento é constituído por diferentes tipos de memórias.

De acordo com Paivio (2014), todo conhecimento é derivado de percepções de episódios específicos, tanto verbais como não verbais, bem como, dos comportamentos relacionados a eles. Nesse sentido, o conhecimento consiste em memórias episódicas e processuais.

Alguns encontros com determinadas palavras específicas podem se tornar obscuros, uma vez que o sujeito fica com a impressão de que simplesmente as conhece, assim como seu significado. Por outro lado, parte do conhecimento “permanece episódico”, por exemplo, quando há uma questão relacionada a carros, em que primeiramente se recorreria aos mais diferentes episódios que envolvam o carro que está sendo vislumbrado no momento, ou até mesmo, aqueles adquiridos no passado.

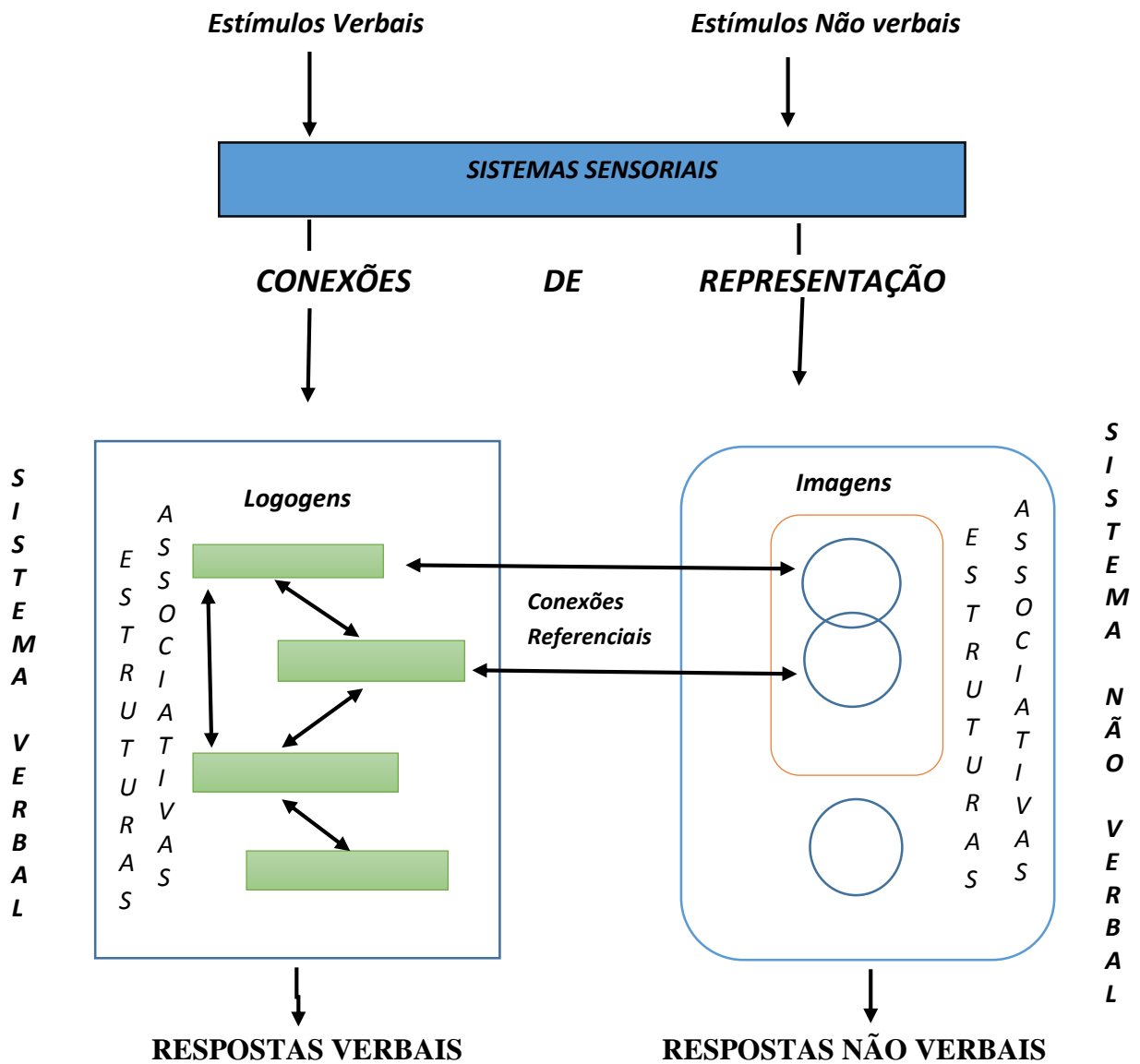
Embora essa questão não tenha sido estudada de forma sistemática, todos os indivíduos têm a capacidade de se lembrar de uma gama gigantesca de eventos que envolvem pessoas, ações e objetos específicos. Assim, de forma contínua, a memória vai mudando e se expandindo a fim de assimilar tais episódios em uma espécie de estrutura organizacional que fica cada vez mais diferenciada. Grande parte do conteúdo geral torna-se livre de episódios, como, em memórias semânticas, implícitos, processuais e esquemáticos, no entanto, permanecem ligadas a eventos de que as pessoas se lembram de forma explícita.

2.4 TDC – TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO

De acordo com a Teoria da Dupla Codificação, a cognição envolve a atividade cooperativa de dois sistemas que funcionam de forma independente, mas mantêm ligações, sendo um sistema não verbal especializado em lidar com objetos e eventos não-linguísticos e outro, o sistema verbal, cuja especialidade é lidar de forma direta com a linguagem. No esquema apresentado a seguir, destacam-se alguns elementos centrais sobre a TDC:

- a) Sistemas simbólicos verbais e não verbais que atravessam os sistemas sensorio-motores;
- b) Unidades de representações de cada sistema;
- c) Conexões e os processos de ativação dentro e entre os sistemas;
- d) Organização e transformação dos processos;
- e) Processos conscientes X processos inconscientes;

O esquema abaixo representa o modelo de unidades estruturais e interconexões.



Esquema 4 – Unidades Estruturais da DCT, adaptado de Paivio (1986)

2.5 SISTEMAS SIMBÓLICOS E SENSORIO-MOTOR

Na TDC, a importância de se distinguirem os sistemas verbais e não verbais decorre principalmente das diferentes maneiras que os dois sistemas simbolizam a realidade. O sistema não verbal realiza esse processo de forma relativamente semelhante a um filme com som, representando parte dos dinâmicos aspectos visuais e auditivos de eventos realidade-mundo, uma vez que os meios audiovisuais não incluem outras modalidades pelas quais se conhece o mundo.

Os sistemas verbais, por sua vez, simbolizam a realidade de forma indireta, ou seja, usam símbolos que nomeiam aspectos estáticos e dinâmicos da realidade de acordo com as convenções e idiomas das pessoas. Para enfatizar essa questão, Paivio (2014, p.34) faz referência ao poeta grego Simonides, para quem “as palavras são as imagens das coisas”, realçando posteriormente que essa ideia é enganosa, exceto em um sentido metafórico. Para tanto, ele cita ainda a frase de Shakespeare “nossas palavras podem segurar o espelho da natureza”, salientando, então, que o próprio espelho simbólico é o sistema de representação não verbal.

De acordo com Paivio (2014), há também sistemas simbólicos ambíguos, como, a linguagem dos surdos e sistemas de escrita usados na China, Japão e Coreia (hieróglifos egípcios foram os precursores), que incluem símbolos icônicos ou de imagem, bem como, aqueles que representam apenas o soar da língua. Nesses casos, as representações não verbais estão incorporadas em um sistema de comunicação geral, embora não estejam tão intimamente misturadas com eles.

O aspecto sensorio-motor da TDC significa que representações simbólicas verbais e não verbais são compostas de componentes específicos, tanto sensoriais quanto motoras. O que evidencia o fato de que a relação entre as dimensões simbólicas e sensorio motoras é conceitualmente ortogonal, como mostram os estímulos e respostas apresentados no esquema nº 2, que correspondem a representações internas de modalidades específicas. Ora, quer dizer que tanto objetos quanto palavras podem ser de natureza visual, auditiva, tátil, ou padrões motores (envolvidos nos desenhos, escrita e assinatura).

Essa relação ortogonal pode ser considerada incompleta, quando se consideram, por exemplo, os gostos, cheiros e emoções que estão diretamente representados apenas no

lado não verbal, ou seja, não se tem a linguagem símbolo semelhante construída a partir dessas modalidades. Entretanto, há a necessidade de se estabelecer conexões entre representações internas de palavras, no caso, relacionadas à questão gustativa, olfativa e sistemas emocionais, de maneira que se possam citar gostos, cheiros e emoções. As representações da memória de experiências, como as citadas, são teoricamente incertas. No caso da emoção, por exemplo, considerando elementos apresentados no esquema nº 2, em vez de imagens de “emoções sentidas”, podem-se imaginar situações emocionais que de alguma forma são capazes de despertar sentimentos, tais como: raiva, medo, ternura, etc. Eles se constituem como sentimentos reais de intensidade variável, e não “imagens” de sentimentos (Paivio, 2014, p. 35).

A TDC sugere que o modelo ortogonal conduz a implicações psicológicas em que uma mudança na modalidade simbólica é capaz de afetar o comportamento quando a modalidade sensorial é mantida constante, e vice-versa. Paivio (2014, p.35) afirma que “as imagens são mais fáceis de lembrar que os nomes impressos”, o que, conseqüentemente, implica um “contraste funcional não verbal-verbal dentro da modalidade visual.” Em outras situações, em que se envolvem o sistema sensório motor, palavras auditivas são processadas de forma mais eficaz do que as palavras visuais, implicando, nesse caso, em um contraste sensorial dentro da modalidade simbólica verbal. Essas relações são apresentadas abaixo:

Tabela 2 - Relação Ortogonal entre Sistemas Simbólico e Sensório-Motor Sistema da TDC com Exemplos de Modalidades Específicas

<i>Sistema Sensório Motor</i>	<i>Sistemas Simbólicos</i>	
	<i>Verbal</i>	<i>Não verbal</i>
<i>Visual</i>	<i>Linguagem Visual</i>	<i>Objetos Visuais</i>
<i>Auditivo</i>	<i>Linguagem Auditiva</i>	<i>Sons do Ambiente</i>
<i>Tátil</i>	<i>Braile, caligrafia</i>	<i>“Sentir” os objetos</i>
<i>Paladar</i>	-	<i>Lembranças de Gostos</i>
<i>Olfato</i>	-	<i>Lembranças de Cheiros</i>
<i>Emoções</i>	-	<i>Sentimentos</i>

Fonte: Adaptado de Paivio, 2014

Sobre essa questão, Meyer (2002, p.17) enfatiza que, devido à capacidade nata do cérebro humano para categorizar sensações e receber bilhões de estímulos caóticos (que são distintos de indivíduo para indivíduo) e que muitas vezes não são capazes de ser identificáveis, “garante a criação de um mundo perceptual e semântico próprio de cada indivíduo, de onde emergem o pensamento e a linguagem”.

2.6 A FAMÍLIA LOGOGEN

Historicamente, o conceito *logogen* foi introduzido pelo psicólogo John Morton, em 1969. O vocábulo *logogen* origina-se do latim e, em termos gregos, traduz-se em “gerador da palavra” que, de acordo com a teoria de Morton, refere-se a uma representação ligada ao *reconhecimento de palavras quando ativado*. De acordo com Paivio (2014), Morton, em primeiro momento, classificou o *logogen*¹¹ como uma entidade abstrata, no entanto, devido às evidências empíricas, ele se obrigou a postulá-la em modalidades específicas, tais como, auditivas e visuais, sendo de entrada e saída. De acordo com a TDC, *logogens* também está relacionada aos elementos auditivos, visuais, motores e modalidades táteis, sendo usados/ativados em praticamente todos os fenômenos da linguagem, que incluem o reconhecimento, a memória, a produção e aspectos verbais do pensamento em geral. O *logogen* pode ser contemplado como uma variante do conceito utilizado de representação lexical (PAIVIO, 2014, p. 37).

Na TDC, o *logogen* representa uma espécie de organização interna, de tamanho e unidades linguísticas variáveis, como a percebida e a produzida. Analiticamente falando, elas se configuram como estruturas hierárquicas sequenciais, em que as unidades maiores diferem das menores em combinações distintas. Pode-se dizer que pessoas alfabetizadas que tenham uma considerável experiência em leitura, presumivelmente possuem um considerável estoque de *logogens* em nível de sílabas como unidades separadas, como se fosse uma espécie de léxico sílaba. Diferentemente de palavras e unidades maiores, as sílabas não ficam sozinhas como unidades funcionais, apresentando significados apenas em um sentido intraverbal ou gramatical,

¹¹ Para maiores esclarecimentos, ver:

constituindo-se como partes de *logogens* em nível de palavra, embora haja algumas palavras curtas que são constituídas por uma única sílaba, como é o caso da palavra *rã*.

De acordo com Paivio (2014), o termo *logogen* levanta a questão do sentido. Convém destacar que algumas teorias linguísticas assumem que as representações lexicais são semanticamente significativas, mas de acordo com a TDC, *logogens* não o são. “Elas retiram o seu significado de suas conexões com outras representações verbais e não verbais”. O significado é contextual. Pode-se dizer que os *logogens* são significativos em si mesmos, apenas à medida em que têm algum grau de disponibilidade para uso em contextos apropriados. Os contextos são ativados mentalmente por meio de diferentes tipos de conexões (PAIVIO, 2014, p. 38).

2.7 A FAMÍLIA *IMAGEN*

O termo *Imagen*¹² foi cunhado pela primeira vez em 1978, por Paivio, quando se referia a unidades de representação que dão origem ao consciente (reportável) de imagens quando ativadas. Esse termo também é utilizado no reconhecimento perceptual, da memória, de desenhos e em outras modalidades de processamento cognitivo de objetos não verbais. Apresentam-se em modos diferentes, como aquele das *imagens* visuais, das *imagens* auditivas (que representam sons ambientais), das *imagens* táteis (que permitem identificar objetos) e, por fim, das *imagens* motoras (gestos, comportamentos e comportamentos não verbais organizadas). Todas as modalidades, mesmo que distintas, envolvem necessariamente a atividade motora (movimento dos olhos, por exemplo, acompanham a imagem visual do objeto). Sendo assim, as *imagens* podem ser consideradas uma espécie de família de representações sensório-motoras.

Sob o ponto de vista funcional, as imagens visuais e táteis estão organizadas em hierarquias síncronas, de modo que todas as partes estão disponíveis simultaneamente para o processamento, embora nem todas possam estar acessíveis de uma só vez. Já as unidades linguísticas são organizadas de forma sequencial, ou seja, linearmente, em

¹² Os termos *imagen/imagens* serão utilizados em itálico para diferenciá-los do termo em português imagem ou imagens.

unidades maiores, tais como, sílabas em palavras e, ainda, o processamento verbal é limitado pela estruturação na escuta, leitura e conversação. Paivio (2014) esclarece que há discussões sugerindo que as imagens possuem propriedades analógicas, enquanto as representações linguísticas não. No entanto, segundo ele, para a TDC, as imagens estabelecem uma relação não arbitrária de objetos de percepção e cenas, ao passo que a relação é arbitrária no caso das unidades linguísticas.

A melhor distinção é que as imagens (daí *imagens*) variam de maneira contínua, em forma, tamanho e outras propriedades. Porém, as unidades linguísticas estão estruturadas de forma discreta em qualquer nível, diferindo de outras unidades em etapas distintas. Dessa maneira, os *logogens* e as *imagens* na TDC funcionam como estruturas internas de modalidades específicas que lidam com atributos sensório-motores de objetos e palavras (PAIVIO, 2014, p.40).

Questões, como, número, tamanho e variedade surgem tanto para as *imagens* como para *logogens*. Por exemplo, há vários rostos (*imagens*) que correspondem àquelas faces que são conhecidas e que se pode imaginar ou reconhecer a partir de mais de uma perspectiva. Além dessas, presume-se que haja um subconjunto de *imagens* mais abstratas, resultantes de experiências com desenhos, caricaturas, entre outras.

Então, ao se fazer as contas e multiplicar os diferentes tipos de coisas e objetos que são vivenciados em inúmeras situações, conclui-se que o conjunto das *imagens* reside na casa dos milhões. Paivio (2014) sugere que essa questão se torna verdadeira quando se toma como exemplo algumas teorias de representação cognitiva, razão pela qual alguns teóricos têm tentado resolver determinados problemas de uma aparente “sobrecarga” cognitiva, em termos de um conjunto limitado de características abstratas que são combinadas e recombinadas a fim de gerar diferenças em padrões de objetos. Variantes desse princípio têm sido utilizadas em modelos de análise por síntese de reconhecimento de padrões, modelos de montagem de célula neural e de gramáticas generativas, em que todas elas fazem uso da lógica computacional. O autor salienta, ainda, que tais modelos computacionais não exercem nenhuma vantagem relacionada aos modelos exemplares. Ele esclarece a questão, ao afirmar que durante o reconhecimento de um rosto, por exemplo, o *software* computacional necessita de uma lista de itens e valores relacionados e necessários a esse reconhecimento, tais como, as formas, tamanhos, cores dos olhos, cabelo, nariz, entre outros, juntamente com regras de

construção que especificam como tais recursos são estruturados em cada rosto que se conhece. Diante da necessidade desses elementos combinatórios, imagine quão grande seria o número de elementos necessários para se reconhecer um conjunto imenso e contínuo de cenas contendo diversos objetos que podem contribuir para o reconhecimento de um objeto?

Para justificar essa questão, mais uma vez, o autor faz a distinção utilizando-se de um exemplo. Quando se visualiza, uma casa, por exemplo, a partir da perspectiva da porta da sala, podem-se imediatamente ver o jardim, objetos, muros, paredes, entre diversas outras coisas, além, é claro, de uma cena em expansão que pode ser construída/digitalizada em qualquer direção. A qualidade de tais experiências implica que a estrutura *imagen* é funcionalmente contínua, como uma espécie de quebra-cabeças teórico, sendo muito difícil de conceituar em termos de regras e características combinatórias. Em outras palavras, dificilmente poderão ser reproduzidas (de forma artificial) as complexas funções que a incrível máquina (o cérebro) é capaz de executar, por exemplo, os objetos e imagens mentais que as pessoas são capazes de imaginar/gerar e visualizar.

2.8 A ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA VERBAL

Os *logogens*, teoricamente descritos anteriormente, são organizados por meio de estruturas hierárquicas, sequenciais, à medida em que os *logogens* de unidades linguísticas menores podem ser sintetizados em unidades linguísticas maiores ou, até mesmo, unidades maiores, que podem ser analisadas em unidades menores. Os *logogens* são, teoricamente dizendo, entidades unitárias, de modo que uma palavra pode ser reconhecida como um “todo”, no entanto, sem que seja necessário analisar cada fonema. Da mesma forma, frases familiares, como, *era uma vez*, *batatas fritas*, possuem unidades frasais que podem ser reconhecidas de forma holística. Embora essas unidades possam ser sintetizadas mentalmente, ou ainda, ser analisadas de forma separada, *logogens* em todos os níveis de hierarquia retêm algum grau de “unidade discreta”. Tais unidades discretas são importantes no sistema verbal, dada a sua necessidade para atender à grande variedade de associações com outras unidades do sistema que são necessárias para a alfabetização. Por exemplo, o ditongo “ei” está associado a vários

fonemas, tais como: baleia, besteira, peneira, coceira, dentre outros, ao passo que o dígrafo “ch” está associado a diversos grafemas, tais como, chefe, cachorro, chute, chinelo, assim por diante (SADOSKI; PAIVIO, 2001).

Sadoski e Paivio (2001) salientam ainda que o conhecimento de uma palavra ou frase não significa que sua família de derivações é necessariamente conhecida ou associada. Um sujeito demanda de considerável sofisticação linguística para perceber que a *saúde* deriva de *curar* ou que *viciado* deriva do *vício*, por exemplo. Os sujeitos podem ter associações linguisticamente incorretas como quando pronunciam incorretamente uma palavra, escrevem uma pronúncia de forma incorreta ou confundem o significado de uma palavra ou frase. *Logogens* e suas associações derivam de todos os tipos de experiência formal e informal com a linguagem, e enquanto permitem erro, eles também permitem a flexibilidade e criatividade. *Logogens* estão associados uns aos outros, em grande parte como consequência de quantas vezes eles são experimentados ou utilizados em conjunto e, em certa medida, de forma independente, em razão de sua semelhança uns com os outros. Exemplos relevantes para a leitura incluem combinações familiares grafema-fonema do tipo rima (gato, pato, chato, nato), associações familiares de morfemas lexical e gramatical (seguro, inseguro, segurança, insegurança), sinônimos e antônimos (acima, abaixo, gordo, magro), entre outras formas de associação verbal. Essas associações verbais vão muito além da aprendizagem e generalizações de grafema-fonema. Associações verbais são probabilísticas e formam a base da linguística. A redundância em linguagem envolve associações probabilísticas construídas a partir da experiência; a ocorrência de uma letra ou combinação de letras pode mais tarde subsidiar o conjunto provável de possibilidades que possam ser requeridas por meio da experiência de leitura e escrita, bem como, na ocorrência de uma palavra ou frase que pode alterar a probabilidade de palavras ou frases a serem buscadas.

2.9 A ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA NÃO VERBAL

Sadoski e Paivio (2001) afirmam que as experiências “não verbais” com o mundo são retidas por meio da organização de *imagens* no sistema de imagens. Essas *imagens* tendem a ser aninhadas em outras *imagens* em um arranjo hierárquico de associações,

destacados na estrutura associativa do esquema nº 2. O ser humano tende a gerar imagens mentais como parte de um ambiente hierárquico ou contextual. Pode-se imaginar um copo como parte de “ajuste” de algum ambiente, ou seja, como parte de um conjunto de mesa para uma refeição, como parte de uma sala de jantar, e assim por diante. No entanto, *imagens* também podem se apresentar de forma descontínua e discreta. Pode-se passar de uma cena para outra completamente diferente de forma imediata, por exemplo: a partir da escola para casa; a partir do supermercado para a praia, etc. E mais, algumas imagens tendem a permanecer estáticas, especialmente se as experiências com elas vêm de imagens estáticas. Para enfatizar essa questão, Sadoski e Paivio (2001, p. 56) se utilizam de um exemplo:

[...] aqueles que nunca viram o *Taj Mahal*, tendem a ter uma imagem estática, geralmente frontal do monumento, provavelmente derivado de fotografias. Seria difícil se ter uma imagem detalhada da parte superior, dos lados, ou ainda, da parte traseira, neste caso. Por outro lado, as cenas mais familiares produzem mais prontamente imagens de diferentes perspectivas. Quando se questiona, por exemplo, o número de janelas em suas casas, as pessoas frequentemente relatam tendo turnê mental (tradução do autor desta tese¹³).

Outra questão importante apontada pelos autores reside também nas experiências anteriores. O exemplo, reservado aqui por eles, enfatiza que aqueles que nunca viram a Grande Pirâmide de Gizé possuem a capacidade de ajustar mentalmente perspectivas para qualquer lado ou acima, devido a suas experiências com outras formas de pirâmide e familiaridade com sua simetria. Quanto mais perspectivas o indivíduo tiver para uma figura ou cena, mais facilmente poderá inferir ou interpolar aqueles que não têm. No âmbito cerebral, isso se processa por um determinado grupo de neurônios, como explica Meyer (2001):

Nosso meio ambiente é rico, às vezes exuberante, complexo, com associações imprevisíveis de formas geométricas e de composições indeterminadas. Os pontos, linhas, a intensidade luminosa são eminentemente

¹³ [...] those who have never seen the Taj Mahal in person tend to have a static, frontal image of it, probably derived from photographs. It is difficult to image detailed views of it from above, the sides, or the rear in this case. But more familiar scenes yield more readily to imagery from different perspectives. When asked the number of windows in their home, people often report taking mental tour (SADOSKI; PAIVIO, 2001, p.56).

reprodutíveis, estereotipados de maneira a interessar um grupo dado de neurônios, sempre os mesmos. Saber que tal neurônio é sensível à orientação e tal outro ao movimento dá uma ideia da base da construção da sensação, mas não é de modo algum um indicador do dado perceptual final, na natureza do que é percebido (MEYER, 2001, p.92).

As experiências com imagens assumem uma espécie de forma sequencial, em que se pode imaginar uma sequência dinâmica de eventos, como, sair de casa, pegar o carro, deslocar-se por meio do trânsito até chegar ao trabalho. Esse exemplo ilustra uma diferença considerável entre sequências verbais e imaginárias (imagens), que reside justamente no fato de que as sequências verbais são mais restritas. É relativamente fácil imaginar sair do trabalho, pegar o carro, deslocar-se no trânsito e chegar em casa, com a sequência inversa. Todavia é muito mais difícil dizer um provérbio familiar ao contrário, uma vez que não é fácil trabalhar a contramão da língua (SADOSKI; PAIVIO, 2001, p.57).

Os autores esclarecem também que é possível associar *imagens* a outras modalidades além do visual. Por exemplo, imaginar o som das ondas quebrando na praia; das buzinas durante um dia de trânsito caótico, ou até mesmo a reação de alguns alunos diante de determinada atividade. Da mesma maneira, pode-se imaginar o sabor de um chocolate, o toque em uma superfície áspera em contraste com o toque na seda, bem como, o cheiro de um perfume. No entanto, para a maioria das pessoas, essas imagens são tipicamente menos claras e vívidas do que imagens visuais. Outra questão importante levantada por Sadoski e Paivio (2001, p.57-58) é que a organização flexível e associativa de *imagens* no sistema não verbal permite uma grande “força de criatividade”, uma vez que o ser humano dispõe da possibilidade de imaginar o que nunca experimentou antes, seja de forma real, seja indireta. Por exemplo, imaginar a possibilidade de se caminhar sobre a superfície do sol, ou ainda, pegar carona na calda de um cometa.

2.10 CONEXÃO – PERCURSOS E PROCESSOS DE ATIVAÇÃO

Segundo Paivio (2014), as unidades responsáveis pela representação estão dormentes até serem ativadas. A ativação ocorre por meio de vias que ligam as unidades de

representação ao mundo externo. As conexões são estruturais e a atividade se configura como um fluxo de energia modelado. Conjuntamente, as unidades de representação, as interconexões e os padrões de ativação constituem um sistema de dupla codificação funcional como um todo, baseados em estruturas neurais. E, com base em reações verbais e imagéticas para palavras e objetos, o autor propõe três níveis de significado: *representacionais*, *referenciais* e *associativos*.

O significado *representacional* implica que uma *imagen* ou *logogen* que corresponde a um estímulo verbal, ou até mesmo, a um objeto que está disponível para um processamento adicional. Nesse processo, a disponibilidade é indexada pela familiaridade ou reconhecimento de respostas ao estímulo. Já o significado *referencial* deriva das relações entre as palavras e os seus referentes, internalizados como associações entre *logogens* e *imagens*. Por último, o significado *associativo* refere-se às associações entre *logogens* e *imagens* que se operam dentro do sistema. O significado associativo verbal pode ser aproveitado por meio de medidas tradicionais de associações verbais (PAIVIO, 2014, p. 41).

O significado representacional é conceituado como a ativação relativamente direta de *imagens* por objetos e de *logogens* por palavras. O significado referencial está definido como uma ativação indireta de representações internas, que se operam por meio de ligações entre as *imagens* e *logogens*. O significado associativo envolve a ativação indireta entre *logogens* e *imagens* no sistema de conexões.

O modelo estrutural geral (conforme pode ser verificado no esquema nº 2) mostra as conexões diretas de sistemas sensoriais para os sistemas de representação verbal e não verbal, conexões indiretas entre e dentro dos dois sistemas, bem como, as conexões com os sistemas de resposta. As ligações se estabelecem entre *imagens* e *logogens* específicos, bem como, entre o sistema não verbal emocional e outros que não são representados diretamente como *imagens*. O esquema também esquematiza a estrutura jogo-conjunto hierárquico de *imagens* e uma estrutura associativa sequencial de *logogens*. Um modelo ampliado também mostra que todas as ligações são da ordem de uma-para-muitas, de modo que as vias de determinado estímulo sensorial (por exemplo, um objeto ou palavra) podem ser diferentes para determinados “candidatos de representação”, bem como, os caminhos de uma representação interna para outros (candidatos) no mesmo ou em outro sistema. Entende-se, portanto, que a ativação de

qualquer conexão particular e representação do terminal é probabilística, em vez de automático. A representação-alvo que pode ser ativada em uma dada ocasião depende de uma série de fatores que serão discutidas na sequência.

2.11 ATIVAÇÃO PERCEPTUAL DIRETA

Paivio salienta que esse nível corresponde ao que ele denomina de percepção significativa. Ele ressalta ainda que questões implícitas sobre o que poderia se constituir como percepção “sem sentido” foi abordado historicamente em termos da distinção entre sensação e percepção, a preocupação da psicologia da *Gestalt* com a percepção de forma primitiva, ou, mais recentemente, denominada de percepção precoce. Por conseguinte, as informações que estão disponíveis em estímulos apenas detectáveis, antes da transformação “de ordem superior” podem afetar o desempenho. Em outros estudos, Paivio (1971) conclui que o significado do estímulo não afeta a percepção quando a resposta depende apenas do que está diretamente disponível a partir do estímulo e não da memória. Por exemplo, a simples classificação de estímulos tais como, “parecido” ou “diferente”, não é afetado ainda que pela familiaridade quando ambos os estímulos estão simultaneamente em vista (PAIVIO, 2014, p.42-43)

A ativação de representação da memória se inicia diretamente por estímulos verbais ou não verbais, movendo-se ao longo de caminhos diretos, chamados por Paivio (2014) de “via de estações intermediárias de processamento sensorial”, responsáveis por direcionar *logogens* e *imagens*. Em outras palavras, essa ativação se refere ao reconhecimento perceptual. Ele salienta ainda que a familiaridade é o melhor indicador de quão facilmente um estímulo pode ser reconhecido quando se apresenta de forma breve ou vagamente. Já o reconhecimento é algo probabilístico, uma vez que depende de um “jogo” de similaridade entre o estímulo e uma representação interna “selecionada” de múltiplos candidatos, como o padrão sensorial “em casa” no *imagen* ou *logogen* mais similar.

Tal análise, segundo Paivio (2014, p.43), suscita questões clássicas sobre a definição de similaridade e seu papel na generalização do estímulo e da discriminação. Na literatura, a generalização é medida por alterações na amplitude ou na probabilidade de

resposta quando o estímulo varia em alguma dimensão, assim como se altera o volume de um som, por exemplo. Todavia, o intervalo de variação efetiva pode ser aumentado por meio de processos de formação, de modo que se tenha diferentes estímulos funcionalmente equivalentes. Significa, portanto que, sob condições naturais de aprendizagem, a gama de generalização e discriminação dependerá da história de aprendizagem de cada indivíduo.

Para melhor esclarecer essas questões, apresenta-se abaixo uma imagem usada por Paivio, imagem esta que a maioria dos observadores pode interpretar como uma embarcação/navio à vela, o que comprova a tese de que o reconhecimento de “uma imagem fragmentada” é a evidência da ativação de uma *imagen*.

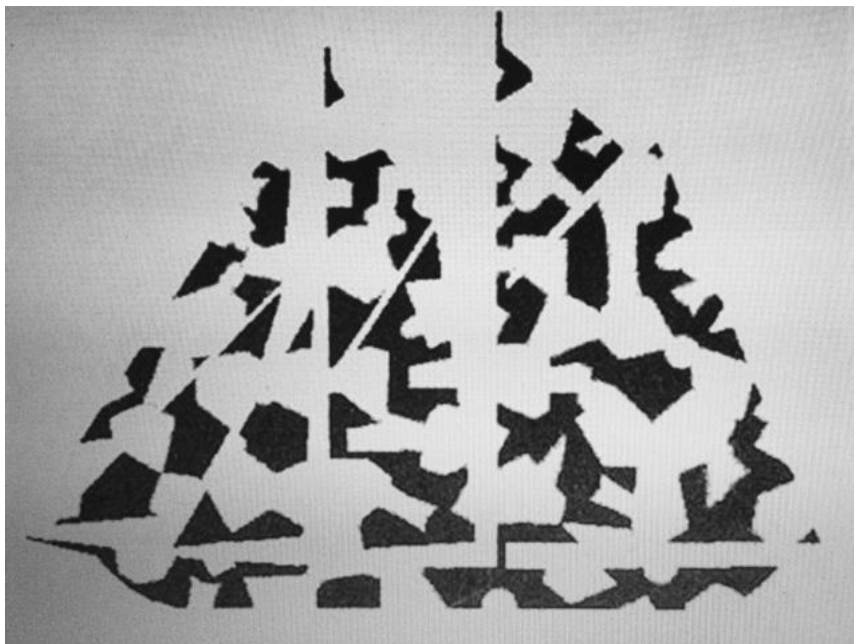


Figura 10 - Fragmentos de imagens

Fonte: Paivio, 2014, p.44

A posição em que estão dispostos os fragmentos de imagens contribui para que se visualize uma espécie de embarcação, que poderá ser mais rica ou intensa, dependendo das experiências passadas do indivíduo.

2.12 INTER-SISTEMAS CONEXÕES E PROCESSOS

Conforme pode ser verificado no esquema nº 2, existem interconexões que permitem tanto que o sistema verbal quanto o não verbal ativem um ao outro, funcionando

separada ou cooperativamente em todas as tarefas cognitivas. Essa ativação do sistema de cruzamento ocorre sempre que se nomeia um objeto ou uma imagem. Além disso, a ativação é indireta, uma vez que o objeto ou nome deve ser identificado primeiramente, o que implica uma ativação direta de uma *imagen* ou um *logogen* que, por sua vez, ativa uma representação em outro sistema. Nessa perspectiva, o sistema motor seria ativado em atos explícitos de referência, como, falar ou escrever (por exemplo, uma palavra está relacionada à representação verbal, já o ato de desenhar – uma imagem - à não verbal).

Paivio (2014) esclarece ainda que por mais frugal que pareça, a ativação indireta (denominada por ele de referencial) é um processo que envolve múltiplas vias de ligação que trabalham em ambas as direções. A conexão em cada direção varia em número, força individual, entre outras propriedades capazes de determinar a probabilidade de que uma via particular seja ativada para determinada situação. Em síntese, o *cross-over* referencial é probabilístico e opcional, em vez de automático e obrigatório. Por exemplo, de um lado, fora do *logogen* agem vias capazes de relacionar a palavra navio a *imagens* que representam diferentes tipos de navios. Por outro, uma particular *imagen* de navio conecta a *logogens* para a geração de nomes alternativos que podem variar de acordo com certas especificidades de jaez de navios, tais como, petroleiro, navio cruzeiro, *Titanic*, entre outros. No exemplo acima, o caminho ativado no que diz respeito ao termo navio depende obviamente de experiências recentes ou de longo prazo vivenciadas pelo indivíduo, bem como, de estímulos contextuais vivenciados por ele.

Para melhor exemplificar essa questão, Paivio (2014) sugere, por exemplo, que é provável que, para um oficial da Marinha, a palavra navio suscite um navio de guerra, uma vez que o mesmo faz parte de um domínio especial de seu conhecimento a respeito de tal elemento. Essas variáveis, por sua vez, são capazes de afetar o desempenho do “referencial” de maneiras diferentes, dependendo de diferenças individuais das pessoas. Tais interligações são resultados diretos de experiências com objetos concretos e seus nomes.

Anglien (1977, *apud* Paivio, 2014) salienta que as primeiras palavras aprendidas pelas crianças são relacionadas a objetos. Elas aprendem, primeiramente, a olhar e observar objetos nomeados por outras pessoas e, na sequência, aprendem a nomeá-los, auxiliadas

por sua capacidade de imitar a fala. Esse fato que demonstra que uma criança procura e encontra objetos nomeados também mostra que as representações mentais de nome e objeto estão disponíveis, podendo ser ativados por meio do nome e outras pistas envolvidas em cada situação.

Uma pesquisa realizada por Paivio, Clark, Digdon e Bons (1989) demonstra a natureza da capacidade de nomeação recíproca da imagem. Eles basicamente mediram o tempo gasto por estudantes de nível universitário para nomear figuras de objetos/coisas familiares, bem como, para formar imagens para seus nomes impressos. Os pesquisadores estavam interessados nas correlações entre o tempo de nomeação da imagem e os estímulos relacionados, bem como, de correlações com a complexidade, a familiaridade, a idade de aquisição e outras questões e propriedades relevantes a respeito das imagens e nomes. Entre outras questões, os resultados mostraram que o tempo está fortemente correlacionado ao número de “nomes alternativos” fornecidos pelo grupo para imagens (quanto maior o número, mais lento o tempo de nomeação para a imagem), o que corrobora a ideia de que há múltiplas vias de ativação de *imagens* para nomes mentais alternativos.

O tempo de reação também se correlacionou às características das palavras e imagens individuais. Desse modo, quanto mais familiar os nomes e quanto mais cedo eles forem aprendidos, mais rápido se dão as respostas às imagens referentes. Em contrapartida, quanto mais complexos os objetos retratados, mais lentamente os mesmos foram nomeados. Com efeito, os pesquisadores concluíram que os processos de percepção e resposta estão diretamente associados a conexões independentes entre *logogens* e *imagens*. Paivio (2014) explica ainda que tais experimentos apenas descrevem objetos fotografados. Entretanto, diferentes tipos, modalidades e atributos de objetos também possuem nomes, como ocorrem com as emoções, gostos e cheiros (não verbais).

Do lado verbal, palavras abstratas, como, verdade, amor e democracia não possuem nenhuma relação direta, mas evocam imagens. Pode haver também palavras que pertencem à classe dos adjetivos, dos verbos, entre outras. Tais variáveis implicam vários graus e modalidades de processamento associativo (Paivio, 2014, p. 46). Então, teoricamente, palavras concretas refletem diretamente uma conexão de um *logogen* para *imagens* relacionadas. Dessa maneira, as conexões são mais diretas para rótulos/nomes de objetos (por exemplo, casa) e menos direta para palavras altamente abstratas (como a

palavra verdade). Exemplificando, Paivio argumenta que o termo religião pode suscitar, primeiramente, uma associação verbal de igreja e, posteriormente, a imagem de uma igreja.

2.13 PERCEPÇÃO E COMPARAÇÃO DE IMAGENS

Paivio (2014) sugere que tanto a percepção quanto a imaginação envolvem representações e sistemas de processamento semelhantes. Ele esclarece que a principal diferença é que no caso da percepção a ativação de representações é direta, enquanto no caso das imagens é indireta, informa ainda que essa interpretação foi proposta por vários teóricos ao longo de anos. Fortes evidências apontam que a percepção e as imagens podem interferir-se entre si. Não é difícil prestar atenção ao que se vê enquanto se está “sonhando acordado”, mas, inversamente, não se pode “sonhar” enquanto se participa de uma tarefa visual. De acordo com Segal e Fuzela (1979 *apud* Paivio, 2014), evidências experimentais confirmam que a interferência é de modalidade específica, de modo que a detecção do sinal visual é mais prejudicada por uma imagem visual do que por uma imagem auditiva e que a percepção auditiva é mais dificultada pelo auditivo do que por imagens visuais. Apesar dessa sobreposição, no entanto, é difícil afirmar com precisão se as mesmas representações são ativadas tanto na percepção quanto nas imagens, pois as vias de processamento são diferentes. Nos dois casos, pode-se dizer que se “tiram” subconjuntos diferentes de *imagens* e *logogens*, podendo usar rótulos diferentes, tais como, *iconogen* e *pictogen*, que foram introduzidos especificamente para processar o reconhecimento perceptual. Para exemplificar a questão, Paivio (2014) salienta que ao avistar um navio à distância, um conjunto relativamente pequeno de imagens de navios semelhantes e uma *imagen* específica são ativados quando o navio se aproxima de forma suficiente para ser identificado. Ou ainda, quando se pede para imaginar um navio, tem-se à disposição uma *piscina imagen*, o que conseqüentemente requer mais tempo, antes que uma *imagen* específica seja ativada, e assim se pode relatar uma imagem consciente. São as experiências e conhecimentos sobre navios que determinam o tamanho, a largura e a profundidade dessa *piscina* (PAIVIO, 2014, p. 49).

2.14 SISTEMA INTERNO DE CONEXÕES E PROCESSOS

Por um lado, ao se considerar o esquema nº 2 dentro do lado não verbal, encontram-se as associações síncronas “apertadas” que permitem a ligação de peças a objetos integrados (por exemplo, nariz, olhos, boca em uma face); objetos em cenas percebidas ou imaginadas (árvores, pessoas, lago em um parque), e associações entre as distintas modalidades sensoriais de tais objetos. Por outro, processos motores desempenham um papel na formação e transformação de algumas associações (por exemplo, cenas devem ser verificadas porque elas não podem ser vistas ou fotografadas por meio de um olhar), o que não é necessário em outras situações, por exemplo, as associações entre a aparência, o som e o tato de um telefone são formados simplesmente porque estão sendo experimentados de forma conjunta. Teoricamente, em ambos os casos, verificam-se associações entre *imagens*. Já no lado verbal, tem-se o exemplo clássico de associações entre palavra-palavra de distintos níveis de complexidade, expressa abertamente por meio da fala ou escrita, ou até mesmo internamente, como discurso silencioso.

Essa análise sugere que a integração das partes para o todo é um caso especial de associação. Paivio (2014) salienta que, no entanto, teóricos da *Gestalt* têm mantido a ideia de que os conceitos são distintos, uma vez que a forma integrada é mais do que a soma das partes. Para clarear essa questão, o autor sugere que um quadrado formado por linhas de “x” é percebido como uma nova entidade, e não simplesmente como um conjunto de “x”. A percepção é imediata, não dependendo do aprendizado. A visão alternativa é que a experiência associativa pode inteirar partes separadas em unidades de percepção ou de memória de ordem superior (Paivio, 2014, p. 50).

2.15 ASSOCIAÇÕES INTERMODAL

As associações que atravessam diferentes modalidades sensório-motoras estão familiarizadas com a experiência cotidiana. Por um lado, os sujeitos traduzem padrões visuais em padrões motores auditivos quando leem em voz alta e podem sentir a voz interior, mesmo quando leem em silêncio. Por outro, podem ouvir uma história e, simultaneamente, acompanhar o texto impresso. A TDC, assim como outras teorias, assume que todas as recodificações estão entre aquelas de representação de modalidades específicas, cuja ativação conjunta se torna crescentemente automática devido à repetição de experiências associativas, em que o termo “*automática*” está associado à

ideia de “altamente provável”, e não como definitivamente certo, pois mesmo leitores experientes, às vezes, comentem erros ao ler algum texto em voz alta.

A recodificação intermodal não verbal é igualmente familiar. Quando se ouve, por exemplo, uma sirene, um toque de celular, um latido, ou o cantar de um pássaro, visualiza-se, respectivamente, um carro de bombeiros ou uma ambulância, um telefone, um cachorro e um pássaro. Essa recodificação é tão provável que geralmente é tida como certa, mas ela não tem de acontecer, e quando isso ocorre, a imagem visual associada varia de tempo em tempo. Paivio (2014) esclarece que há uma distinção conceitual importante relacionada às imagens espaciais. Segundo ele, informações sobre as imagens espaciais estão simultaneamente disponíveis, mas não podem ser acessadas para processamento de forma simultânea. Por exemplo, pode-se facilmente descrever a sala de estar em qualquer ordem na forma de uma imagem. As imagens estão disponíveis de uma só vez para um processamento sequencial, mas não podem ser acessadas simultaneamente, devido a limitações no sistema visual (perceptual, assim como de imagens) e no sistema de produção motora. Até mesmo um polvo inteligente não poderia “apontar” para mais de oito objetos de uma só vez (PAIVIO, 2014).

Cada sistema verbal e não verbal baseia-se tanto em processamento sincrônico quanto sequencial. Atividades não verbais, tais como, caminhada, dança, ginástica, entre outras diversas atividades que as pessoas desenvolvem cotidianamente, como digitar este texto, exigem a coordenação da sequência de movimentos que acontecem ao mesmo tempo em diferentes partes do corpo.

Do mesmo modo, a produção de fonemas, as unidades mínimas de discurso, implica em uma atividade síncrona da laringe, língua, lábios, e assim por diante. Por isso é que o fonema às vezes é descrito como uma espécie de feixe de características distintivas (articulatórios). A audição e a produção de sons/linguagem também envolvem eventos prosódicos que ocorrem de forma simultânea em determinados pontos da sequência verbal. Para a produção da fala, por exemplo, músculos articulatórios controlam uma sequência de eventos a partir do peito até chegar nos lábios, onde uma grande quantidade de atividades ocorrem ao mesmo tempo em lugares distintos.

2.16 PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO

As transformações não verbais operam em propriedades espaciais e sensoriais de objetos e eventos. Essas transformações espaciais incluem rotações mentais em qualquer plano e mudanças no tamanho, forma e posição relativa dos objetos. Paivio (2014) esclarece também que todos esses movimentos são de diferentes *tipos cinemáticos* – imagens de objetos que se movem e mudam de forma, tais como, animais, nuvens, automóveis, etc., ou também, de movimentos *impostos* por um “agente” interior, como quando o indivíduo se imagina jogando xadrez. De acordo com o autor, a classe mais frequentemente estudada é justamente a das rotações mentais, que inicialmente fez parte de testes psicométricos, que visavam a esclarecer questões inerentes a diferenças individuais relativas à habilidade espacial e estudada também, de forma experimental, por Roger Shepard, um dos primeiros a fornecer informações quantitativas a respeito de como imagens mentais pode ser giradas.

Para esclarecer melhor a questão, Paivio cita uma passagem de sua vida pessoal, narrando que quando sua filha mais nova tinha cerca de 7 anos de idade, ele pediu para que a mesma imaginasse uma letra “N” bem grande. Ao dizer que havia imaginado, o pai pediu à mesma para que “inclinasse” a letra para o lado esquerdo, depois, perguntou-lhe novamente o que via, e a filha respondeu que via a letra “Z”, o que significa que a mesma tenha feito a rotação da letra em aproximadamente 90°. Roger Shepard inventou métodos experimentais para determinar a velocidade das rotações desse tipo de experiência mental. Shepard e Metzler (1971) fizeram um experimento em que um grupo de participantes tinha de comparar visualmente diagramas de blocos. Esses diagramas diferiam um do outro sistematicamente a partir do alvo, considerando como eles ficariam se fossem rodados com base em diferentes graus. A descoberta relevante para esses propósitos foi que o tempo para se tomar uma “mesma” decisão aumentou quando se aumentava o estímulo rotacional, como se os participantes girassem mentalmente o alvo para a mesma direção da figura que estavam avaliando. Segundo Paivio (2014), questões inerentes a esse tema são interessantes, uma vez que envolvem a dupla codificação verbal-imagem.

2.17 A NOVIDADE DE UMA TRANSFORMAÇÃO

Uma característica marcante de transformações mentais está associada à novidade e à criatividade, que ocorrem de forma espontânea e inesperadamente em sonhos estranhos, nos pensamentos imaginativos e em conversas cotidianas. A imaginação pode ser definida como a capacidade de criar coisas ou ideias novas, bem como, de combinar velhas formas com novas. Gramáticas transformacionais e gerativas¹⁴ são todas voltadas à novidade e à criatividade da linguagem ordinária. Ainda não se sabe exatamente como esses processos ocorrem ou são alcançados, mas, de acordo com Paivio (2014, p. 54), “a experiência e a familiaridade com elementos, propriedades dinâmicas e usos de objetos é algo essencial para o pensamento criativo e de comportamento em todos os domínios.”

2.18 O PROCESSAMENTO CONSCIENTE E INCONSCIENTE

A ativação das representações e suas transformações é frequentemente experimentada em um nível consciente. No entanto, ao longo de mais de um século de estudos, tornou-se cada vez mais evidente que muito trabalho cognitivo continua em um nível inconsciente, psicologicamente inacessível à introspecção e à descrição verbal. É por esse motivo, segundo Paivio (2014), que ele próprio confiou em outros indicadores e procedimentos operacionais para tocar em processos verbais e não verbais quando iniciou sua pesquisa sobre a TDC.

O autor reitera que geralmente não se conhece de forma aprofundada a atividade mental interna, que pode ser melhor apreciada nas explicações neuropsicológicas de cognição:

[...] nós simplesmente não podemos ver o que acontece internamente em nosso cérebro quando, por exemplo, estamos tentando lembrar de algo ou ainda, resolver um problema mental. Podemos descrever alguns produtos conscientes da atividade, mas muitas vezes elas simplesmente acontecem de forma automática, como andar e falar (PAIVIO, 2014, p.55).¹⁵

¹⁴ Para saber mais sobre este tema, ver: Azevedo (2007).

¹⁵ Tradução do autor dessa pesquisa: We simply cannot see what is going on in our brains when we are trying to remember something or solve a problem mentally. We can describe some of the conscious products of the activity but often they just happen, as automatically as walking and talking.

Entre tantos apontamentos apresentados aqui, uma afirmação é certa: o cérebro é uma máquina extremamente complexa, ainda não compreendida, mas que tem uma capacidade extraordinária de realizar as mais distintas tarefas, que permite avaliar e compreender o mundo, bem como, fornecer indícios de avaliar como as imagens, por exemplo, podem contribuir para processos que envolvem o ensino e aprendizagem, assim como apresentado na TDC.

Assim, ao longo desse capítulo, foram apresentados alguns elementos essenciais que permitem explicar a TDC, procurando evidenciar como alguns deles podem estar relacionados à ativação da memória quando se visualizam imagens, questão esta que está diretamente ligada a esse estudo. No próximo capítulo, serão apresentados os procedimentos metodológicos adotados durante esta pesquisa.

CAPÍTULO III

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Como professor de física, em inúmeras situações inerentes à prática pedagógicas foram utilizados recursos de natureza visual, tais como, esquemas, figuras, fotografias, vídeos, histórias em quadrinhos, entre outros do gênero, para discutir e/ou apresentar aos alunos conceitos, conhecimentos e informações relacionadas ao mundo físico.

Diante desse fato, uma questão incomodava: quais recursos poderiam tornar as imagens, em muitas ocasiões, mais “eficazes” do que as palavras para apresentar, demonstrar ou discutir um certo conceito físico?

Para tentar responder à questão, durante o período de realização e desenvolvimento desta pesquisa, buscou-se justamente analisar as contribuições que as imagens podem fornecer aos processos que envolvem o ensino e a aprendizagem de conceitos de ondulatória e estudo da luz relacionados à disciplina de física.

Para a realização da mesma, o projeto de pesquisa foi submetido à apreciação do COPEP – Comitê permanente de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, sendo o mesmo aprovado sob nº 32207914.1.0000.0104.

As ações pedagógicas visando à coleta de dados para esta pesquisa se estruturaram durante 19 horas-aula (1 bimestre¹⁶), quando basicamente foram (desenvolvidos os conteúdos de ondulatória¹⁷ e estudo da luz). Durante esse período, na condição de professor pesquisador,¹⁸ além dos encaminhamentos didáticos e metodológicos voltados ao ensino e aprendizagem de tais temáticas, procurou registrar, da melhor forma possível, todos os eventos relacionados a esta pesquisa, por meio de gravações de áudio

¹⁶ Geralmente, na rede estadual paranaense são lecionadas 2 aulas de física semanalmente no Ensino Médio, perfazendo uma média de 20 aulas durante 1 bimestre escolar;

¹⁷ O respectivo conteúdo foi escolhido por fazer parte do currículo dos alunos do segundo ano do Ensino Médio e, também, por permitir uma relação disciplinar com a disciplina de biologia quando se refere à audição e visão humana.

¹⁸ Como este professor não estava atuando no Ensino Médio, em virtude de um afastamento concedido pela SEED – Secretaria do Estado da Educação, para cursar o doutorado, a turma de alunos que fez parte desta pesquisa foi cedida por outro professor de física durante o período de implementação da sequência didática.

e vídeo, registros de observações, entrevistas e de questionários (APÊNDICES - A, B, C, D, E e F).

Por envolver questões relacionadas à aprendizagem e ao ensino, julgou-se necessário retratar, nesse momento, de forma mais precisa, os possíveis elementos que carregam consigo a capacidade de influenciar e contribuir direta ou indiretamente em tais processos, como é o caso da própria instituição escolar, os sujeitos envolvidos, os recursos utilizados, entre outros.

Sendo assim, nas seções a seguir serão apresentadas algumas informações julgadas necessárias para esclarecer e situar o percurso metodológico adotado ao longo desta pesquisa.

3.1 BUSCANDO CARACTERIZAR A PESQUISA

Acredita-se que boa parte dos pesquisadores ligados à área de ensino em algum momento já devem ter-se questionado acerca do tipo de pesquisa que está realizando. A distinção entre qualitativa e quantitativa parece óbvia, mas caracterizar uma pesquisa como participativa, estudo de caso, etnográfica, entre outras, requer algumas observações. Embora todas compartilhem algumas semelhanças, são, de acordo com Moreira (2011), comumente denominadas como qualitativas.

Nesse tipo de pesquisa, “o interesse central da pesquisa está na questão dos significados que as pessoas atribuem a eventos e objetos, em suas ações e interações dentro de um contexto social e na elucidação e exposição desses significados pelo pesquisador” (MOREIRA, 2011, p.47). Sendo assim, acredita-se que um termo adequado para caracterizar essa pesquisa seria, segundo Erickson (1986 *apud* Moreira, 2011), o de *pesquisa interpretativa*. Esta modalidade de pesquisa busca analisar de forma crítica cada significado em cada contexto. Nela, o pesquisador se questiona de maneira contínua que significado tem as ações e eventos de ensino, aprendizagem, avaliação e currículo para os participantes que deles fazem parte. Indaga-se sobre o que está acontecendo e, principalmente, como isso pode ser comparado com o que está acontecendo em outros contextos. Sendo assim, o pesquisador interpretativo é aquele que registra eventos, obtém dados, transforma-os em asserções, observando

participativamente de dentro do ambiente pesquisado, registrando cautelosamente os acontecimentos, não focado em dados e amostras no sentido quantitativo, mas em grupos e sujeitos em particular, procurando analisar determinadas instâncias, o que há de único nelas e o que pode ser generalizado em situações similares (MOREIRA, 2011, p. 49-50).

Embora este trabalho se qualifique como uma pesquisa qualitativa, também faz uso de ferramentas comumente utilizadas em pesquisas quantitativas, tais como, quadros, tabelas, gráficos, números e percentuais que contribuem para explicitação de dados e informações.

Baseando-se em uma análise interpretativa e numa organização por temáticas, no próximo capítulo, serão apresentados os resultados e discussões que buscam fazer apontamentos quanto à contribuição das imagens para o ensino de conceitos de física

3.2 DA INSTITUIÇÃO ESCOLAR

A escola na qual foi realizada a referida pesquisa é denominada Colégio Estadual Olavo Bilac – EFM - e localiza-se na região central do município de Sarandi, estado do Paraná, pertencente ao NRE – Núcleo Regional de Educação do município de Maringá – PR.

Oferecendo duas modalidades de ensino – Ensino Fundamental e Médio - a escola conta com aproximadamente 1800 alunos, distribuído em três turnos, conforme quadro abaixo:

Quadro 1 – Modalidades de Ensino

<i>Turno</i>	<i>Ensino Oferecido (s)</i>
Matutino	Ensino Fundamental ^{*19} e Médio
Vespertino	Ensino Fundamental
Noturno	Ensino Médio

Fonte: Organização de turnos e modalidades de ensino, ano 2014.

*No ano de 2014, no período matutino, na modalidade Ensino fundamental ,foi oferecido apenas o 9º ano.

O corpo docente é constituído, em média, por 110 professores, distribuídos nas disciplinas e áreas de conhecimento da matriz disciplinar nacional da base comum, e também, de línguas estrangeiras: inglês e espanhol. O estabelecimento de ensino conta também com 10 vagas (com carga horária de 20 horas semanais) para pedagogos, já a equipe diretiva é composta por 3 docentes: diretor e vice-diretor, os quais exercem os cargos com carga horária de 40 horas semanais, e um segundo vice-diretor, com 20 horas semanais.

Outros 20 profissionais integram o quadro de funcionários da escola, exercendo funções de agentes educacionais I e II (serviços gerais, limpeza, secretaria, biblioteca e alimentação).

3.3 DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

Os participantes²⁰ que fizeram parte deste estudo são alunos do 2º ano do Ensino Médio do período matutino, matriculados no 2º ano, turma “B”, que conta com 27 alunos, sendo 13 meninos e 14 meninas. Por já ter sido professor da grande maioria dos alunos que constituem essa turma no ano anterior, este professor tem propriedade para afirmar que, de modo geral, a turma apresenta certa homogeneidade quanto à participação nas atividades, sendo que os alunos, na sua maioria, participam dos encaminhamentos e atividades propostas.

Como o objetivo desta pesquisa foi justamente analisar a contribuição das imagens para o ensino de física, foram utilizados alguns recursos tecnológicos disponíveis na escola, tais como, TV *pendrive*, *data show*, computador, internet, *softwares*, celular, lousa digital, entre outros. Nesse sentido, julgou-se necessário fazer inicialmente um breve levantamento sobre alguns aspectos que relacionam tecnologias, imagens e os sujeitos, estruturados por meio do questionário I.

A partir de tais informações, foi possível traçar parâmetros essenciais que podem nortear o desenho de um perfil geral para a turma de estudantes participantes da pesquisa. A primeira informação refere-se à idade dos sujeitos, conforme apresentado no gráfico.

²⁰ Para preservar suas identidades, os sujeitos serão identificados pela sigla “SJ” + “Inicial do nome”.



Gráfico 1 - Idade dos sujeitos

Outra informação relevante para este estudo foi verificar há quanto tempo os sujeitos envolvidos têm contato com o computador, apresentada no quadro abaixo:

Quadro 2 - Há quanto tempo utilizam o computador

Usa computador		
<i>Mais de 6 anos</i>	<i>De 4 a 6 anos</i>	<i>De 2 a 4 anos</i>
63%	26%	11%

Os dados mostram que a maioria dos sujeitos já lidam com o computador há mais de 6 anos. Essa informação se faz necessária, uma vez que durante a pesquisa, o computador foi um dos recursos utilizados, sendo relevante, portanto, dimensionar o tempo médio que os sujeitos já lidam com essa tecnologia. Outra tecnologia muito difundida e utilizada nos últimos anos são os telefones celulares e *smartphones*. Por meio do levantamento, verificou-se que 100% dos mesmos possuem um celular, e que 81% já os têm há mais de 4 anos.

Ainda considerando tecnologias, questionados sobre “quando leem um texto”, a preferência de 77% é ler material impresso, enquanto 23% preferem ler na tela do computador, *tablet*, celular ou *online*.

Voltando-se para as imagens, duas questões foram propostas aos mesmos. Na primeira, os sujeitos foram questionados sobre a “presença” de imagens em textos: 45% afirmaram que preferem ler textos bem ilustrados por imagens; 33% com um número médio de ilustrações; 11% com poucas e 11% preferem ler textos sem imagem. Já o

segundo questionamento versou sobre o hábito de assistir a documentários pela televisão: 37% afirmaram que assistem a documentários mais de 5 vezes ao mês; 33% de 2 a 5 vezes por mês; 19% pelo menos 1 vez ao mês e, 11% afirmaram não assistir a documentários pela TV.

Na tentativa de traçar características gerais da turma, pode-se dizer que a mesma é composta por alunos que já têm contato com tecnologias há um período de tempo razoável, preferem ler textos na forma impressa e com ilustrações e, com alguma frequência, assistem a documentários pela televisão. O levantamento desses quesitos se faz necessário para melhor situar os sujeitos no contexto da pesquisa, uma vez que esses quesitos estão diretamente ligados a uma parcela de elementos, nos quais as imagens poderão estar relacionadas a informações, conhecimentos e aprendizagem.

3.4 DOS RECURSOS DIDÁTICOS

Ao estudar a implementação desta pesquisa, uma das principais questões relacionadas aos recursos utilizados residiu justamente em usar aqueles que estão disponíveis na escola: TV *pendrive*, *data show*, computador (laboratório de informática), lousa digital, telefone celular, laboratório de física e histórias em quadrinhos.

Ao fazer essa opção, buscou-se retratar da forma mais fiel as possibilidades que a escola pública paranaense dispõe em seus estabelecimentos de ensino e, conseqüentemente, as possibilidades que podem ser exploradas por meio deles. Na condição de professor, em muitos momentos da prática pedagógica foram utilizados todos os recursos citados, com exceção da lousa digital.

Devido ao uso da lousa digital, uma vez por semana, durante meados dos meses de maio e junho de 2014, este professor foi auxiliado por um funcionário da escola que havia participado do treinamento²¹ para a utilização da lousa digital, oferecido pelo NRE. O treinamento que totalizou em média 8 horas consistiu na realização de testes, tais como: executar vídeos, imagens e textos; capturar imagens de vídeos, inserir comentários sob as imagens, vídeos e textos. Durante essas execuções, a lousa travou em alguns momentos, assim como a caneta não funcionou em determinadas execuções, e alguns

²¹ Foram destinadas duas vagas para cada escola, sendo uma para agente educacional II e outra para professor.

formatos de vídeos e imagens não foram reproduzidos, porém essas adversidades foram superadas facilmente, servindo também de alerta e encaminhamentos a serem observados.

3.5 DO CONTEÚDO E DO PREPARO

O conteúdo abordado durante a pesquisa foi o de ondulatória: propriedades das ondas, tipos de ondas, espectro eletromagnético, propriedades físicas da audição, propriedades físicas da fala; e da luz: características físicas da luz; dualidade da luz, propriedades físicas da visão e sensação de cores.

Aliada à proposta de se trabalhar com imagens, buscou-se uma intermediação contextualizada de forma a relacionar física e biologia. O preparo da sequência didática, coleta de materiais, elaboração de experimentos de laboratório e aprofundamento teórico acerca da temática foram ações iniciadas no final do mês de abril de 2014 e se estenderam até o final da implementação da sequência didática que, por sua vez, iniciou-se em 15 de julho de 2014 e finalizou em 17 de setembro de 2014. Vale ressaltar que devido à dinâmica do tempo e dos recursos utilizados, as aulas foram realizadas no laboratório de Ciências.



Figura 11 - Laboratório de Ciências – visão diagonal

Fonte: Arquivo pessoal do autor



Figura 12 - Laboratório de Ciências – visão geral
Fonte: Arquivo pessoal do autor

Para melhor dimensionar as atividades desenvolvidas durante esse período, o quadro abaixo apresenta um resumo dos procedimentos, ações e recursos planejados em cada uma das 19 aulas que constituíram a sequência didática.

Quadro 3 - Atividades a serem desenvolvidas

<i>Data</i>	<i>Aula</i>	<i>Principal Abordagem</i>	<i>Recursos Utilizados</i>	<i>Observações</i>
25/06/2014	_____	Entrega do Termo de Consentimento para os sujeitos da Pesquisa	_____	_____
15/07/2014	1 ^a	Introdução aos Fenômenos ondulatórios; som;	- Apresentação Oral; - Computador; - <i>Datashow</i> ; - Vídeo; - Imagens;	- Início das primeiras discussões sobre como é gerado o “som”, abordando questões sobre variações de pressão em função do tempo; - Exibição do vídeo 1: mostrando uma tempestade; vídeo 2: onda de choque; - Exibição de imagens 1,2, 3 e 4: instrumentos que emitem som; 5: lâmina vibrando;
16/07/2014	2 ^a	Classificação das ondas quanto à vibração	- Apresentação Oral; - Computador; - <i>Datashow</i> ; - Imagens; - vídeos - Experimento: fabrica de ondas; - Kit Ondulatória e Óptica;	Temas discutidos: - Ondas de choque e seus impactos; - Caracterização de uma onda; - Classificação das ondas quanto à sua propagação: longitudinal, transversal e mista; - Oscilação aparente simulada no experimento da fábrica de ondas (transversais) e das (longitudinais) simuladas no kit ondas; - Exibição das imagens 6, 7 e 8: propagação de ondas transversais, longitudinais e mistas
22/07/2014	3 ^a	Propriedades e Características das Ondas	- Apresentação Oral; - Computador; - <i>Datashow</i> ;	- Exibição do vídeo 3: propagação das ondas na lousa digital; - Exibição da imagem 9: características de uma onda mecânica; - Abordagem de conceitos, como: amplitude, frequência, comprimento, crista, vale e período de uma onda;

			- Imagens; - Lousa Digital;	
23/07/2014	4 ^a	Classificação das ondas quanto à sua natureza: Ondas Eletromagnéticas e Mecânicas	- Apresentação Oral; - Computador; - <i>Datashow</i> ; - Lousa Digital; - Imagens; - HQs;	- Exibição das Imagens, 10, 11 e 12: manifestações de ondas; - Exibição das HQs 1 e 2: características das ondas e sua classificação; - Discussão sobre as principais características das ondas mecânicas e eletromagnéticas e sua aplicação tecnológica e na medicina, tais como: Raio X, ressonância magnética, ondas de rádio e TV; - Velocidade das ondas eletromagnéticas; - Oscilação das cargas elétricas e as radiações eletromagnéticas; - Exibição de imagens 13, 14, 15, 16 e 17: ondas eletromagnéticas; - Exibição de imagens 18, 19 e 20: dimensões das ondas;
30/07/2015	5 ^a	Relação de Ondas e Audição	- Apresentação Oral; - Computador; - <i>Datashow</i> ; - Imagens; - vídeo; - Lousa digital;	- Exibição do vídeo 4: audição; - Exibição de imagens 21, 22 e 23: aparelho auditivo/ouvido humano; - Discussões sobre audição humana;
05/08/2015	6 ^a	Infrassons e Ultrassons	- Apresentação Oral; - Computador; - <i>Datashow</i> ; - Imagens; - Vídeos; - Experimento telefone sem fio;	- Discussões sobre comunicação de alguns animais, como, elefantes (infrassons) e golfinhos (ultrassons). - Abordagem de animais que “usam” o efeito <i>doppler</i> (ecolocalização), como exemplo, os morcegos. - Discussão sobre sonares utilizados por navios; - Relação física com a medicina (utilização dos ultrassons); - Exibição da imagem 24: morcego e o ultrassom; - Exibição de imagem 25: efeito do infrassom; - Exibição do vídeo 5: estudo sobre a comunicação dos elefantes (infrassom); - Exibição do vídeo 6: como funciona um sonar; - Exibição de vídeo 7: Sonar; - Exibição de vídeos 8, 9 e 10: como funcionam os detectores de tsunamis;

				<ul style="list-style-type: none"> - Discussão sobre possíveis influências nos infrassons em nossa vida, como por exemplo, o “passar mal” no banco traseiro de um carro; - Realização de experimento telefone sem fio;
06/08/2015	7 ^a	Propagação de Ondas	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação Oral; - Computador; - Internet; - Software de Simulação; 	<ul style="list-style-type: none"> - Acesso do blog de física da escola para uma atividade interativa relacionada com zumbidos no ouvido; - Acesso ao simulador* de ondas: variando amplitude, frequência, amortecimento, tensão (da corda), dentre outras. <p>*http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/links/uploads/21/122732waveonastring.swf</p>
12/08/2014	8 ^a	Qualidades fisiológicas do som e Efeito Doppler	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação Oral; - Computador; - <i>Datashow</i>; - Lousa digital; - Vídeo; 	<ul style="list-style-type: none"> - Discussão sobre os principais aspectos fisiológicos do som: intensidade, altura, frequência, timbres. - Medida da intensidade sonora – Decibel e as influências da intensidade sonora para perda da audição; - Exibição de imagens 26, 27 e 28: intensidade, frequência e timbre de um som; - Exibição do vídeo 11: funcionamento do ouvido humano (resumo); - Exibição dos vídeos 12 e 13: Efeito Doppler; - Durante a exibição do vídeo (Efeito Doppler) e explicação do fenômeno, muitos indagaram ter percebido o efeito em ocasiões do cotidiano, mas não sabiam o porquê do mesmo.
13/08/2014	9 ^a	Produção da voz humana e Introdução ao estudo da luz	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação Oral; - Computador; - <i>Datashow</i>; - Vídeos; - Imagens; 	<ul style="list-style-type: none"> - Abordagem do sistema fonador: faringe, nasofaringe, orofaringe, laringofaringe; laringe; - Exibição do vídeo 14: fontes de ar - pulmões; - Exibição do vídeo 15: oscilador – pregas vocais; - Exibição de imagem 29: caixa de ressonância – vias aéreas inferiores e superiores; - Exibição de imagem 30: constituição da faringe; - Exibição de imagem 31: anatomia da boca; - Exibição de imagem 32: nasofaringe, orofaringe e hipofaringe; - Exibição de imagem 33: epiglote, laringe e traquéia; - Exibição de imagem 34: esquema das áreas de vibração da voz; - Exibição de imagem 35: espectro eletromagnético; - Exibição de vídeo 16: inalação de gás hélio;

				<ul style="list-style-type: none"> - Exibição de vídeo 17: ronco; - Discussão: como a produção da voz é um processo completamente complexo, que depende de inúmeras variáveis; - Primeiras discussões à respeito da luz, um pouco do histórico, de instrumentos criados por Kepler e Galileu, como a percepção humana se fundamenta nas experiências visuais; - Apresentação do espectro eletromagnético e suas frequências; - Relação com câmeras especiais (infravermelho) capazes de captar imagens no escuro; - “Tarefa” para os alunos, acessarem o blog de física da escola e interagir com as temáticas: sons emitidos pelos ouvidos, física e audição e dualidade da luz;
19/08/2014	10 ^a	Fontes de Luz, fenômenos e meios ópticos e percepção da visão humana	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação Oral; - Computador; - <i>Datashow</i>; - Vídeos; - Imagens; 	<ul style="list-style-type: none"> - Discutiu-se inicialmente as atividades do blog e, na sequência. - Abordagem dos principais aspectos relacionados às fontes de luz (primárias, secundárias, puntiforme, extensas), assim como dos meios ópticos (transparentes, translúcidos e opacos) e de fenômenos ópticos (reflexão regular, reflexão difusa, refração regular, absorção). - Abordagem de questões que relacionam o olho, cérebro, sentidos e ilusões, buscando fazer a relação interdisciplinar entre física e biologia; - Realizar experimento, usando as câmeras dos celulares para observar os raios infravermelhos emitidos pelo controle remoto; - Exibição de imagens 36 e 37: raio e feixe de luz; - Exibição de imagens 38 a 41: fontes de luz primárias (promoveu-se um diálogo com a disciplina de química, ao comentar a bioluminescência dos vagalumes - efeito da emissão de fótons em reações químicas mediadas por proteínas denominadas luciferinas); - Exibição de imagens 42 a 44: fontes de luz secundárias; - Exibição de imagens 45 e 46: fontes pontuais e extensas de luz; - Exibição de imagens 47 a 49: meios ópticos: opaco, translúcido e transparente; - Exibição de imagens 50 a 53: fenômenos ópticos: (reflexão regular, reflexão difusa, refração regular, absorção); - Exibição de imagens 54 a 56: noções de perspectiva; - Exibição dos vídeos 18 e 19: questões de perspectiva;
20/08/2014	11 ^a e 12 ^a	Luz, cores e visão	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação Oral; 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação e discussão os principais elementos que compõem o olho humano: íris, pupila, córnea, humor aquoso, corpo vítreo, músculos ciliares, nervo óptico, retina, esclera, coriódio,

			<ul style="list-style-type: none"> - Computador; - <i>Datashow</i>; - Vídeos; - Lousa digital; - Imagens; - Experimento; 	<p>cristalino e eixo óptico;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Discussão de questões sobre ponto próximo e remoto, além de discutir fisicamente, quimicamente e biologicamente o processo de detecção de cores pelo olho humano, destacando a função dos cones e bastonetes, questões relacionadas a pigmentos e luz; sobre problemas relacionadas às cores, tais como o daltonismo; - Discussão e abordar também, os principais problemas que podem afetar nossa visão, tais como: miopia, hipermetropia e astigmatismo; - Apresentação dos tipos de lentes que podem ser usadas para correções dos principais problemas de visão, como as lentes convergentes e divergentes; - Discussão de algumas curiosidades sobre a cor do céu durante o dia e ao entardecer, sobre a cor das nuvens, dentre outras; - Discussão envolvendo a química (fotorreceptores), cones e bastonetes e comprimentos de ondas da luz visível dentro do espectro eletromagnético e questões relacionadas com a absorção e reflexão da luz, conceituando um corpo negro e corpo branco; - Exibição da imagem 57: composição básica do olho humano; - Exibição de imagens 58 a 60: miopia, hipermetropia e astigmatismo; - Exibição de imagens 61 e 62: campo de visão e formação de imagem na retina; - Exibição de imagens 63 a 66: Isaac Newton, prisma e reflexão difusa, luz monocromática. - Exibição de imagens 67 e 68: cones e bastonetes; - Exibição de imagens 69 a 72: ilusões de ótica; - Exibição do vídeo 20: como funciona a visão humana; - Realizar também dois experimentos: o primeiro com disco de Newton para discutir questões relacionadas com a cor, e o segundo, por meio da utilização de câmera fotográfica para verificar a “dilatação” das pupilas, quando foram enfatizadas questões relacionadas a luz e a visão;
26/08/2014	13 ^a	Ondulatória: Abordagem Matemática	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação Oral; - Quadro e giz; - TV <i>Pendrive</i>; 	<ul style="list-style-type: none"> - Durante essa aula, iniciar a abordagem matemática do estudo de ondulatória, relação disciplinar entre a física e a matemática, visando a estabelecer a compreensão para obtenção de valores de amplitude, frequência, velocidade, dentre outros fatores. - Utilizar a TV <i>pendrive</i> para exibição de exercícios e gráficos sobre a temática; os alunos participaram ativamente na leitura, discussão e resolução dos exercícios propostos;

27/08/2014	14 ^a	Ondulatória: Abordagem Matemática	- Apresentação Oral; - Quadro e giz; - TV <i>Pendrive</i> ;	- Durante essa aula, resolver alguns problemas envolvendo ondulatória. Mais uma vez, a TV <i>pendrive</i> foi utilizada para exibição de questões e gráficos;
02/09/2014	15 ^a	Ondulatória: Abordagem Matemática	- Apresentação Oral; - Quadro e giz; - TV <i>Pendrive</i> ; - HQ;	- Nesse encontro, dar sequência à resolução de problemas e questões envolvendo ondulatória; - Utilização de uma HQ para se discutir o fenômeno de refração da luz; - Exibição do HQ 3: refração da luz;
03/09/2014	16 ^a	Luz: revisão dos principais aspectos	- Apresentação Oral; - Quadro e giz; - TV <i>Pendrive</i> ; - HQs;	- Resolução de questões e revisão de conceitos e conhecimentos relacionados aos estudos da luz; - Utilização de duas HQs, voltadas a discussão de conceitos relacionados com a natureza da luz, o que causou uma participação efetiva da turma; - Exibição das HQs 4 e 5: natureza da luz;
10/09/2014	17 ^a	Avaliação	- Prova impressa;	- Aplicação da avaliação a respeito dos temas abordados durante a intervenção didática, contando, inclusive, com a utilização de imagens;
16/09/2014	18 ^a	Comentários sobre os resultados da avaliação	- Prova impressa aplicada;	- Entrega das avaliações com os respectivos conceitos alcançados por cada aluno;
17/09/2014	19 ^a	Aplicação da prova de recuperação, entrevista e despedida	- Prova de recuperação impressa;	- Aplicação da avaliação de recuperação; - Entrevista com alguns alunos; - Encerramento da sequência didática;

Fonte: Elaborado pelo autor

3.6 DOS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Para a coleta de dados e informações essenciais para esta pesquisa, foram utilizados os seguintes instrumentos: questionários, entrevista, diário de campo, observação, documentos (gravação de vídeo com áudio).

3.6.1 Questionários

Na pesquisa científica, o questionário é um instrumento que visa a coletar dados, a partir de um montante de questões preelaboradas, estruturadas com uma determinada sequência, com o intuito de garantir informações importantes e relevantes sobre o tema proposto pela pesquisa. Desse modo, assim como salientam Struss e Corbin (2008), é extremamente importante e fundamental para qualquer investigação elaborar perguntas com o intuito de obter respostas, sendo uma boa pergunta aquela que leva o pesquisador a respostas que corroboram o desenvolvimento de formulação teórica. O questionário pode apresentar questões fechadas, em que a resposta está limitada aos itens preestabelecidos, ou abertas, diante de um esquema de perguntas em que o interlocutor formula suas respostas, ou ainda, apresentar questões abertas e fechadas (CHIZZOTTI, 2001).

Sendo assim, os questionários (APÊNDICES – A, B, C, D, E e F) que foram utilizados nesta pesquisa continham tanto questões abertas, quanto fechadas (com respostas estruturadas e semiestruturadas), de forma clara e objetiva, as quais serviram de parâmetros para colher informações relevantes sobre o objeto de estudo, garantindo, desse modo, a uniformidade do entendimento dos investigados.

No decorrer das atividades inerentes a esta investigação, foram aplicados seis questionários (aplicados de forma intercalada, durante a implementação da sequência didática): I - Perfil dos sujeitos, contendo sete questões semiestruturadas (contendo sete questões estruturadas); II – Relações disciplinares e influência da filmagem no comportamento dos sujeitos, contendo quatro questões, sendo duas abertas e duas semiestruturadas; III – Objetivando coletar conhecimentos construídos sobre

ondulatória, contribuição das imagens e de experimentos, contendo cinco questões abertas e uma semiestruturada; IV – Contribuição de vídeos e imagens, relação disciplinar e utilização do *software* de simulação (contendo quatro questões abertas); V – Contribuições da lousa digital, imagens e HQs, contendo quatro questões, sendo uma semiestrutura e três abertas; VI – Relação disciplinar e avaliação da sequência didática, contendo duas questões abertas.

3.6.2 Entrevistas

Outro instrumento utilizado para fins desta pesquisa foi a entrevista. Devido a seu caráter interativo, a entrevista permite tratar de temas que dificilmente poderiam ser investigados adequadamente apenas por meio de questionários. Assim, conforme afirmam Mazzotti e Gewandsznajder (1998), a entrevista pode ser a principal técnica de coleta de dados ou pode, ainda, ser parte integrante das ações do participante. De modo geral, as entrevistas qualitativas são pouco estruturadas, não dispõem de um fraseamento e uma ordem rigidamente estabelecidos para perguntas, assemelhando-se a uma conversa.

A entrevista é especialmente adequada para obter informações sobre o que as pessoas ou um grupo de indivíduos sabem, acreditam, esperam, sentem e desejam fazer, fazem ou fizeram, bem como, suas justificativas ou representações a respeito desses temas. Assim, ela é fundamental para investigar em profundidade o comportamento e a subjetividade humana, sendo um recurso flexível e que possibilita esclarecimentos em tema-chave. Entre as entrevistas, tem-se a focalizada, que apesar de ser livre, gira sempre em torno de um tema específico. Assim, o entrevistador retoma sempre o tema central quando o entrevistado foge do assunto (VASCONCELOS, 2002, p. 220).

Nesta pesquisa, foram utilizadas entrevistas²² focalizadas com questões específicas sobre o objeto de estudo. Ela ocorreu após as 19 aulas (dois meses) em que foi aplicada a sequência didática. Baseou-se em quatro questões que, além de verificar as possíveis

²² Foram escolhidos aleatoriamente 8 alunos para serem entrevistados.

contribuições das imagens para a aprendizagem de conhecimentos e conceitos relacionados à luz e ondulatória (objetivo central deste estudo), buscou verificar também, a contribuição de alguns recursos tecnológicos para a exibição de tais imagens e ainda, de abordar a relação disciplinar.

3.6.3 Observação

De acordo com Vasconcelos (2002, p. 218), a observação constitui um recurso sempre utilizado na coleta de dados, pois mesmo que de maneira informal e assistemática, pode ser planejada de forma sistemática. Uma das suas principais vantagens é a de que os fenômenos são percebidos diretamente, sem intermediários

A observação visa ver e registrar, sistemática e fielmente, fatos e circunstâncias em situações concretas, definidas de antemão e que estejam ligadas ao problema em estudo. Usa-se, às vezes, uma relação de dados e comportamentos que devem ser adotados quanto à sua frequência e às circunstâncias em que acontece. Entre as modalidades de observação, tem-se a participante, em que o pesquisador participa como membro ativo dos fatos, aprendendo o significado que as pessoas atribuem a seus atos (CHIZZOTTI, 2001, p.44).

Nesta pesquisa, como professor pesquisador, buscou-se observar justamente os significados atribuídos pelos participantes aos recursos (didáticos e midiáticos), bem como, as maneiras que tais recursos foram empregados para se discutir conceitos de luz e ondulatória.

3.6.4 Documentos

De acordo com Mazzotti e Gewandsznajder (1998), considera-se documento qualquer registro que possa ser usado como fonte de informação.

Dessa maneira, foram utilizados como documentos registros de áudio e vídeo, que podem registrar aspectos não observáveis, sendo instrumentos muito importantes, uma vez que se pode ver e ouvir quantas vezes forem necessárias. Todas as 19 aulas foram registradas em áudio e vídeo, servindo como um valioso recurso para a análise das ações desenvolvidas ao longo da sequência didática.

Além do registro de vídeo e áudio, foram registradas informações em um diário de campo, que funcionou como um importante instrumento de registro, uma vez que permite ao pesquisador registrar tudo aquilo que julgar necessário para seu objeto de estudo.

3.6.5 Organização e Descrição da Coleta de dados

Para Mazzotti e Gewandszajder (1998), pesquisas qualitativas geram um enorme volume de dados que necessitam ser organizados e compreendidos, o que se faz por meio de um processo continuado em que se procuram identificar dimensões, categorias, tendências, padrões, relações, desvendando-lhes o significado. Esse é um processo complexo, não linear, que implica um trabalho de redução, organização e interpretação de dados que se inicia já na fase exploratória e acompanha toda a investigação.

Os questionários (I, II, III, IV, V e VI) foram aplicados durante as aulas da sequência didática, já a entrevista foi realizada após as dezenove aulas. Concomitantemente com os registros de vídeo e áudio, ocorreram as observações e os registros no diário de campo, fatos que, conseqüentemente, geraram os dados da pesquisa.

De acordo com Lakatos e Marconi (2003, p. 168), após a coleta de dados, os mesmos devem ser classificados de forma sistemática. Antes da análise e interpretação, os dados devem seguir os passos: seleção, codificação, tabulação.

Seleção: é a etapa em que ocorre o exame minucioso dos dados. De posse dos dados coletados, o pesquisador deve submetê-los a uma verificação crítica, a fim de detectar falhas e erros, evitando informações confusas, distorcidas, incompletas, que podem prejudicar o resultado da pesquisa.

Codificação: é a técnica operacional usada para categorizar os dados que se relacionam. Mediante a codificação, os dados podem ser transformados em símbolos, podendo ser tabelados e contados. Ela se divide em duas partes: a primeira se refere à classificação dos dados, quando os mesmos são agrupados sob forma de determinadas categorias; já a segunda diz respeito à atribuição de um código, número ou letra, tendo cada um deles um significado. Codificar quer dizer transformar o que é qualitativo em quantitativo, para facilitar não só a tabulação dos dados, mas também, sua comunicação. Essa etapa não é automática, pois exige a adoção de certos critérios ou normas por parte do codificador, que pode ser ou não o próprio pesquisador.

Tabulação: é a parte em que se dispõem os dados em tabelas, gráficos ou diagramas, possibilitando maior facilidade na verificação das inter-relações entre eles. É uma etapa de característica estatística, que permite sintetizar os dados coletados, conseguidos pelas diferentes categorias e representá-los graficamente. Dessa forma, poderão ser melhor compreendidos e interpretados mais rapidamente.

Nesse sentido, os dados provenientes dos questionários foram organizados e discutidos de acordo com determinadas categorias, que versaram principalmente sobre:

- I - A utilização das imagens para o ensino de física;
- II - A contribuição das TIC para os processos de ensino e aprendizagem;
- III - Relação disciplinar da física com outras disciplinas, como a biologia;

Após essa classificação, os dados passaram por uma codificação e foram organizados segundo alguns critérios, iniciando-se, posteriormente, a fase da análise e interpretação.

De acordo com Lakatos e Marconi (2003), durante a interpretação de dados, devem ser levados em consideração alguns aspectos importantes, como:

- I – a construção de tipos, modelos e esquemas pelo uso dos conceitos teóricos, da relação com as variáveis quantificadas e da realização de comparações pertinentes;
- II – a ligação com a teoria, que pressupõe a definição metodológica e teórica do pesquisador em termos de seleção entre as alternativas disponíveis da interpretação da realidade;

3.6.6 Da Análise dos Dados

Durante a análise dos dados, além da constatação do pesquisador, foram considerados apontamentos, ideias e teorias apresentadas por autores citados ao longo dos capítulos teóricos e, principalmente, do capítulo de discussões, momento em que se permite criar um *corpus* de preposições que contribuem para elaboração de possíveis respostas à questão inicial dessa pesquisa: *As imagens são capazes de potencializar os processos que envolvem o ensino e aprendizagem de conhecimentos da disciplina de física? Por quê?*

Isso posto, a análise foi realizada de modo a interpretar e relacionar os dados obtidos com as respectivas teorias que fundamentam este estudo, principalmente considerando:

- a) A Teoria da Dupla Codificação defendida por Paivio (2014);
- b) Aspectos relacionados à memória e aprendizagem apontadas, principalmente, por Lieury (2001);
- c) Processos cognitivos discutidos por Fonseca (2013), entre outros;
- d) Influência das imagens em contextos escolares, considerando aspectos descritos por Aumont (1995) e outros, assim como aqueles que apresentam e discutem as imagens no contexto da educação em ciências;

Além disso, extraiu-se sete artigos desta pesquisa, os quais foram submetidos a periódicos (com *Qualis* Capes A e B). Todos os trabalhos foram aceitos e a maioria já foi publicado (ver *links* nos anexos) e, para tal, os mesmos evidentemente passaram pela avaliação dos revisores, o que refletiu na construção final do *corpus* de discussões e resultados que serão apresentados na sequência.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante as atividades que integraram esta pesquisa que objetivou analisar as contribuições das imagens para o ensino de conceitos de física, foram utilizados questionários, entrevistas, observação e diário de campo para o registro de informações consideradas relevantes para a estruturação e apontamentos da mesma. E, para melhor apresentar os resultados e realizar as consequentes discussões, optou-se por discutir os resultados, apresentando-os em três seções: a primeira, com os resultados dos questionários (APÊNDICES – A, B, C, D E e F); a segunda, discutindo as entrevistas e, a terceira, contemplando apontamentos oriundos das observações e diário de campo.

A sequência didática implementada voltou-se à abordagem de conceitos de ondulatória e estudo da luz. A mesma iniciou-se por meio da discussão de conceitos essenciais, como, onda (o que seria) e, posteriormente, foi abordada a classificação das ondas quanto à propagação (transversal, longitudinal ou mista) e quanto à natureza (mecânica ou eletromagnética); aplicação das ondas no cotidiano; contexto de ondas envolvendo outras disciplinas, como a biologia, discutindo a produção da voz, qualidades fisiológicas do som, fazendo a distinção entre sons graves (baixa frequência) e agudos (alta frequência), timbres, intensidade e altura; discutiram-se os possíveis problemas que podem ser causados pela exposição a sons de alta intensidade; foi abordada a composição básica do sistema auditivo e sua estruturação (ouvido externo, médio e interno e os principais órgãos que os constituem); produção da voz e sistema fonador; aplicações tecnológicas de fenômenos ondulatórios (cotidiano, medicina, telecomunicações, comunicação entre animais, detecção de tsunamis e terremotos, dentre outras); abordagem matemática de ondas periódicas (amplitude, intensidade, frequência, comprimento e velocidade de ondas). Já, na abordagem de estudos da luz, além de se discutir conceitos iniciais de óptica geométrica, foram exploradas, também, questões históricas que marcaram o estudo da luz (dualidade onda-partícula); questões biológicas relacionadas ao funcionamento da visão humana (funcionamento, captação e processamentos de estímulos) e estruturas essenciais que compõem o olho humano (cristalino, íris, humor aquoso, pupila, córnea, músculo ciliar, humor vítreo, esclera,

retina, fóvea e nervo óptico); tipos de lentes (com bordas grossas e delgadas, tais como, biconvexas, plano-convexas, côncavo-convexas, bicôncavas, plano-côncavas, convexo-côncava); lentes convergentes e divergentes utilizadas para sanar ou minimizar problemas mais comuns que podem acometer a visão (como miopia, hipermetropia, presbiopia), astigmatismo, daltonismo, estrabismo e catarata; percepção e sensação das cores; relações entre comprimento e cor observada; luz policromática e monocromática; espectro eletromagnético; relações entre comprimento de onda e energia.

Para melhor dimensionar as discussões envolvendo a abordagem dos conteúdos e dos recursos utilizados, os apontamentos foram discutidos com base nos dados obtidos por meio de alguns instrumentos de coleta: questionários, observações e entrevista, etapa que se iniciou com aqueles coletados por meio dos questionários. E, devido ao fato de todas as aulas terem sido registradas em vídeo e áudio e, considerando que a presença da câmera poderia influenciar inicialmente no comportamento dos sujeitos (SILVA; ARANHA, 2005), um dos primeiros questionamentos se pautou justamente nesta questão: se o fato de estarem sendo filmados durante todas as aulas poderia afetar-lhes os comportamentos ou incomodá-los.

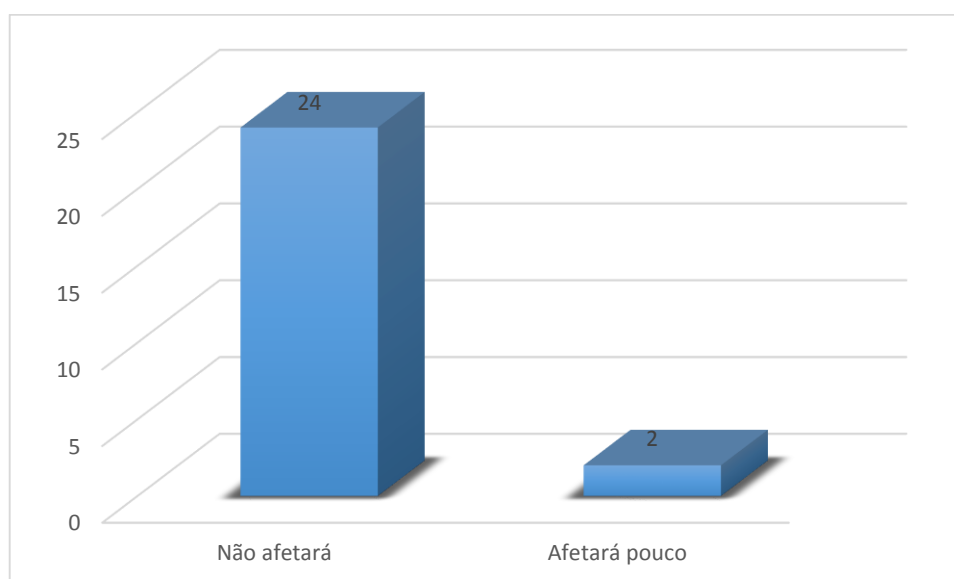


Gráfico 2 - Influência da filmagem no comportamento

Como se pode observar no Gráfico acima, os dados evidenciam que o ato de fazer o registro em vídeo e áudio, segundo a maioria dos próprios alunos, não lhes afeta os comportamentos, fato este que permite dimensionar melhor os resultados, sem a preocupação de que os recursos utilizados para o registro (filmagem) poderiam alterar de algum modo o resultado dos dados registrados.

Em síntese, as questões apresentadas nos questionários (APÊNDICES – A, B, C, D, E e F) pautaram-se em três seções temáticas²³.

- a) Contribuições das imagens para aprendizagem de conceitos e conhecimentos físicos;
- b) Contribuições das TIC, como a lousa digital e computador, para o ensino de física;
- c) Relação disciplinar (principalmente entre física e biologia);

4.1 CONTRIBUIÇÕES DA IMAGENS PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS FÍSICOS

Durante a abordagem dos termos iniciais sobre ondulatória, foram utilizados recursos de imagens, tais como, imagens estáticas (fotografias, ilustrações, esquemas, desenhos, histórias em quadrinhos) e vídeos que ilustravam situações envolvendo fenômenos ondulatórios, tais como: cenas de um vendaval (enfatizando as diferenças de pressão variáveis no tempo), bem como, de uma onda de choque causada por uma explosão, entre outras imagens estáticas (caracterizando diferenças entre as ondas quanto a sua propagação). Desse modo, os alunos foram questionados sobre a relação e o papel das mesmas com os conhecimentos discutidos: “*Durante a exposição de conceitos foram utilizadas imagens. Com relação a isso, indique a resposta que melhor representa sua opinião*”. Todos os 27 sujeitos, sem exceção, afirmaram que as mesmas contribuíram para a compreensão dos fenômenos estudados.

A utilização de recurso didático com imagens pode parecer, a princípio, uma *ferramenta* que, devido a sua composição gráfica de cores, movimentos, traços, composição, com áudio (ou não), seus atributos estéticos, entre outros aspectos, pode contribuir para processos que envolvem o ensino e a aprendizagem. Entretanto, ultrapassando uma visão mais superficial, a imagem, como aponta Aumont (1995), carrega necessariamente consigo três aspectos importantes, quais sejam: o estético (como as cores), o simbólico (à medida em que representa algo) e o epistêmico (vinculando-se ao

²³ As questões apresentadas nos questionários foram agrupadas em seções temáticas para facilitar o processo de discussão das mesmas, uma vez que a mesma temática poderia estar inserida em mais de um questionário.

conhecimento). Nesse sentido, a imagem extrapola a fronteira da simples representação, uma vez que seu processamento está diretamente ligado às funções cognitivas.

Dessas funções cognitivas, a memória é uma das que se destacam, de tal modo que o conhecimento está estreitamente interligado às suas funções. Fonseca (2013) esclarece que a cognição envolve processos e produções mentais superiores, tais como: conhecimento, inteligência, pensamento, imaginação, criatividade simbolização, etc., os quais constituem um sistema complexo de componentes que permitem perceber, conceber e transformar o envolvimento diante das mais variadas situações.

E o cérebro, como órgão da cognição, possui uma capacidade extraordinária que é a de armazenar ou captar uma quantidade praticamente infinita de informações e, de maneira muito rápida, manipulá-las, não só em termos do passado, mas também, adequá-las a situações inéditas e imprevisíveis em termos de futuro. Mas qual é a relação entre essas questões e as imagens utilizadas para ensinar conceitos de física?

A aprendizagem passa necessariamente pela memória e, em qualquer um de seus níveis, a informação pode se perder, afetando, desse modo, a aprendizagem. Sendo assim, quanto mais significativa e importante a informação for para o sujeito, mais proveitosamente ela poderá ser reutilizada, pois durante o processo de retenção da informação a “profundidade da atividade cognitiva e do processamento posto em prática” pode conseqüentemente influenciar em sua capacidade de recuperação e mobilização (FONSECA, 2013, p.68).

Isso permite constatar que ao se tornar a *informação* suficientemente significativa, codificando-a semanticamente (como no caso das imagens), ela poderá ser recuperada de forma mais eficaz. Paivio (2014) mostra justamente que as imagens podem possuir certa superioridade quanto às palavras, uma vez que aquelas estão codificadas, em um só tempo, sob as formas verbal e não verbal (ilustrada). Por exemplo, uma pessoa pode facilmente ler o grafismo *raio x*, uma vez que essas unidades gráficas estão codificadas na memória lexical, permitindo que as mesmas possam ser vocalizadas. Porém, para denominar uma imagem, como a ilustrada abaixo, o sujeito necessariamente deve buscar (na memória semântica) elementos para interpretá-la, de modo a encontrar os termos adequados para nomeá-la.



Figura 13 - Radiografia panorâmica

Fonte: <http://www.tudoueraba.com.br/saude/clinicas-radiologia>, acessado em 24 de julho de 2015.

Esse fato explica por que, como defende Leury (2001), muitos alunos e pessoas de um modo geral podem ler perfeitamente em voz alta, sem necessariamente, compreender o sentido do que está sendo lido, mostrando nitidamente o alcance das memórias lexical e semântica. Desse modo, o fato de se utilizarem imagens para representar ou demonstrar conceitos, conhecimentos ou fenômenos físicos, envolve cognitivamente, segundo Paivio (2014), os dois sistemas: o verbal, especializado em lidar com a linguagem, e o não verbal, especializado em objetos não linguísticos, como é o caso das imagens.

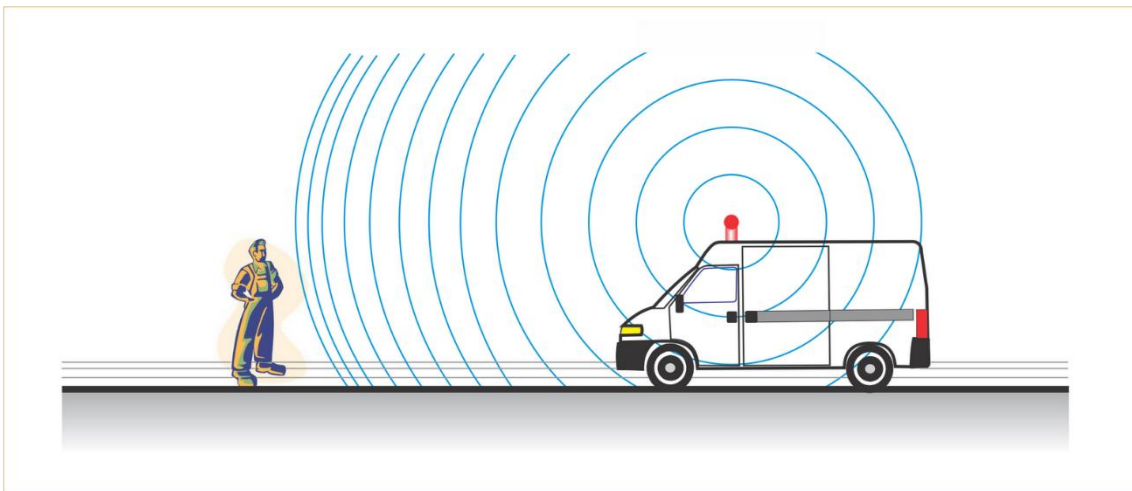


Figura 14 - Representação do Efeito Doppler

Fonte: Efeito doppler, disponível em: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2011/05/especial-de-sabado_28.html, acessado em 24 de julho de 2015.

Durante a sequência didática, ao se referir ao *efeito doppler*, por exemplo, além de se discutirem verbalmente questões relacionadas a sua natureza e suas características, estrategicamente foram utilizadas imagens, fazendo desse modo, com que tais informações perpassem por ambos os sistemas (verbal e não verbal), a fim de serem codificadas pelos mesmos, o que possibilita que essas informações sejam resgatadas da memória com mais facilidade. As ondas sonoras representadas por círculos azuis estrategicamente enfatizam que, devido à aproximação entre a fonte sonora e o observador, a frequência ouvida é maior do que a emitida, uma vez que ele recebe um número maior de frentes de ondas por unidade de tempo. Sendo assim, os sujeitos poderão relacionar tal fenômeno ao ler o termo *efeito doppler* ou ao visualizar uma fotografia/vídeo de uma ambulância em movimento, ou, ainda, criar uma imagem mental para representar tal fenômeno quando se depararem com esse conceito, e vice versa. Essa questão se deve ao que Paivio (2014) denomina como associação intermodal.

Outros questionamentos foram feitos, objetivando investigar as possíveis contribuições das imagens utilizadas, tais como: “*Durante as discussões de ondulatória, vimos alguns vídeos. Escreva quais as possíveis contribuições dos mesmos para a compreensão dos conceitos discutidos*”. Todos os sujeitos citaram possíveis contribuições das mesmas, as quais podem ser agrupadas em duas categorias: I – Contribui para compreensão do conceito/conhecimento/fenômeno e II – Contribui para relação da Teoria com a Prática. Basicamente, 60% dos alunos argumentaram que as imagens contribuíram principalmente para a compreensão dos conceitos, conhecimentos e fenômenos discutidos, uma vez que “oferecem” mais elementos para a compreensão dos mesmos.

Entre tais apontamentos inscritos na categoria I, podem-se citar:

“Os vídeos demonstram o jeito correto e é mais interessante. Se fosse só falado, talvez imaginariamos errado.” (SJA).

“Os vídeos surtem um efeito visual correlacionado as imagens integrando certo “movimento” a visualização. Qualquer recurso que possa

enriquecer a abordagem é benéfico e contribui para uma aproximação com os conceitos” (SLR).

“Aulas sem vídeos não fariam o mesmo efeito, seria difícil de entender, os vídeos facilitaram a compreensão do assunto estudado” (SMA).

Já os demais 40% mencionaram que uma das principais contribuições dos recursos que envolvem imagens utilizados residem justamente na qualidade de relacionar a teoria discutida à prática, ou seja, mostrar como os fenômenos discutidos em sala de aula podem estar relacionados direta ou indiretamente ao mundo que os cerca:

“É muito mais fácil você ver algo acontecendo do que ouvir alguém falando sobre o mesmo. Isso acontece com os vídeos, ou seja, os vídeos fazem com que nós compreendemos os fenômenos na prática” (SGU).

“Os vídeos nos mostram de uma forma real os conceitos e a interpretar melhor o conteúdo, vendo a situação real nós compreendemos melhor” (SAB).

“Ajuda na compreensão das teorias no meio em que vivemos” (SJR).

Em ambas as categorias, os dados produzidos convergem para a constatação de que as imagens oferecem *“um elemento a mais”*, contribuindo assim para a compreensão de determinado conceito. Sadoski e Pavio (2001) citam uma série de estudos (Preslley (1976), Gambrell (1982), Kulhavy (1972), Kulhavy e Swenson (1975), Steingart e Glock (1979), Gambrell e Bales (1986), Giesen e Peeck (1984), entre outros) em que as imagens foram utilizadas como protagonistas em processos que buscavam a compreensão de textos em que as mesmas funcionaram como meio de promoção de vários aspectos relacionados à compreensão. De acordo com Sadoski e Pavio (2001), ao aliar imagens e texto, por exemplo, aumenta-se de forma significativa a compreensão de

termos e significados, o que se deve ao fato de que, de acordo com a Teoria da Dupla Codificação, os dois sistemas verbal e não verbal estão interconectados, colaborando mutuamente um com o outro para estabelecer ligações de referência entre os *logogens* e as *imagens*, unidades estas responsáveis pela geração de palavras e imagens, respectivamente.

Com o avançar das atividades, outros questionamentos foram apresentados aos sujeitos: *“Ao abordar conceitos usamos palavras (definições e explicações) seguidas, muitas vezes, por imagens (fotografias, animações, vídeos). O que você diria a respeito desta forma de abordar os conceitos?”* e *“Você acredita que uma imagem pode trazer informações mesmo sem trazer caracteres textuais? Tente justificar sua resposta.”*

Com relação ao primeiro questionamento, mais uma vez, todos os sujeitos mencionaram que essa maneira de propor a discussão de conceitos e conhecimentos físicos contribuiu para a compreensão mais eficiente dos mesmos. Eis alguns comentários:

“Melhor compreensão, memorização, menos cansativa, enfim, melhor do que só falas”(SLA).

“É mais simples e fica mais na cabeça”(SLU).

“Fica bem melhor para entendermos os termos abordados, porque só uma explicação teórica não nos mostra muito bem como aquilo que acontece então imagens e vídeos nos ajudam a entendermos”(SLY).

“Com o desenho ficou mais fácil e com o vídeo ajudou bastante a entender, só a escrita, lembraríamos na prova, mas não ia ter a ideia de como é”(SFR).

E, respectivamente, com relação ao segundo questionamento, pode-se destacar:

“Sim, por exemplo, em uma imagem do efeito doppler que mesmo sem caracteres textuais é possível entender” (SNA).

“Sim, pois a partir de que a gente já sabe o conteúdo, apenas mostrar uma imagem já nos faz lembrar do que foi lembrado” (SAL).

“Sim, pois quando você vê determinada imagem na hora você assimila ela com alguma coisa que você já conhece como um desenho mostrado em sala na hora que vemos a imagem já sabíamos do que se tratava” (SRO).

“Sim, se você já tivesse “aprendido” sobre o conteúdo, e você vê uma imagem não textual você saberia as informações, mas, caso contrário não” (SMA).

De modo geral, os depoimentos apontados pelos sujeitos indicam que as imagens são meios que ajudam a se “lembrar” dos conteúdos que foram estudados. Fisiologicamente falando, as imagens são elementos capazes de provocar sensações diferentes daquelas que se vivenciam apenas quando se visualiza, lê ou ouve uma palavra. Nessa perspectiva, Meyer (2002) explica que o cérebro visual funciona como uma espécie de organização de atividade cognitiva superior, com determinadas configurações neurais, denominadas de *patterns*²⁴.

Diante de uma sensação elementar (pouco estímulo visual), apenas neurônios da região cerebral visual são suficientes, todavia, diante de uma sensação mais elaborada, a construção de uma imagem visual necessita da cooperação de outras capacidades cerebrais, tais como, a memória e a emoção. *A priori*, essa organização cerebral visual sugere uma natureza dual – relativamente estável e uniforme, à medida em que esse desempenho cerebral é inato da espécie e, por outro lado, subjetividade e versatilidade individuais naturais dos humanos e, também, das influências ligadas ao meio e à aprendizagem. Assim, “as estimulações sensoriais forjam uma rede de neurônios interconectados, na qual a força motora do sistema está representada pela intensidade do estímulo” (MEYER, 2002, p. 102).

²⁴ Conjunto de neurônios encarregados de uma dada atividade cerebral e que se organizam a fim de otimizar a atividade funcional Meyer (2002).

Essa afirmação corrobora a tese de que ao serem utilizadas adequadamente em contextos educacionais, as imagens podem exercer um “peso” maior, uma vez que se encontram duplamente codificadas. Essas constatações remetem à ideia de que é preciso estimular o meio/contexto durante as aulas, por meio de atividades, tais como, complementar falas e discussões com imagens/vídeos capazes de realçar e exemplificar os conceitos e fenômenos de maneira mais sólida e contextual. Os próprios exames de *Pet – Pósitron Emission Tomography* (Tomografia por Emissão de Pósitrons)²⁵ têm apontado para um aumento considerável de atividade (fluxo de sangue) na região cerebral referente a uma percepção, uma sensação, ou mesmo um movimento. A TDC sugere justamente que os elementos verbais e não verbais estão interligados, uma vez que as conexões entre tais sistemas possibilitam que os sujeitos desenvolvam a habilidade de criar imagens quando veem ou ouvem palavras, bem como, de gerar nomes, conceitos ou descrições quando se visualizam figuras ou imagens.

Paivio (2014) esclarece que a captação das informações e sua respectiva codificação ocorre de maneira mais efetiva quando são usados os canais visual e verbal/auditivo, ou seja, determinado conceito pode ser concebido em diferentes ângulos por meio de variadas nuances que determinam suas características. Com efeito, elementos verbais podem ser mais eficazes para transmitir certas informações, enquanto elementos não verbais podem ser mais eficientes em outras situações.

Nessas circunstâncias, quando o professor usa imagens além das palavras (escritas ou faladas) para discutir, ensinar ou mostrar certos conceitos e fenômenos, por exemplo, está ampliando os caminhos para sua compreensão, uma vez que potencializa seu processamento e, conseqüentemente, aumenta suas chances de recuperação (na memória). A esse respeito, Fonseca (2013, p. 68) afirma que a forma como a informação for processada pelo sujeito e como ela for cognitivamente e emocionalmente ativada, mediatizada, controlada e regulada, poderá determinar qualitativamente as funções da memória, daí, a importância da “treinabilidade e educabilidade de estratégias *mnemônicas*”, tais como, as de visualizar, imaginar, categorizar, verbalizar, entre outras.

²⁵ Para maiores informações, ver Robilotta (2006), disponível em <http://www.scielo.org/pdf/rpvp/v20n2-3/10.pdf>

Em consonância com essas constatações, ao abordar cognitivamente a aprendizagem por parte do ser humano, o autor ainda salienta que qualquer aprendizagem, simbólica ou não, envolve complexos processos e subcomponentes cognitivos, à medida em que constitui uma organização articulada de processos de integração e retenção, de processamentos sequenciais e simultâneos de dados multimodais e de procedimentos de planificação e expressão da informação (FONSECA, 2013, p. 62). Tal ideia vem ao encontro dos apontamentos aqui apresentados, uma vez que destaca a relevância dos processamentos de *dados multimodais* e da *expressão da informação*, ou seja, sugere a utilização de recursos que vão além da abordagem oral, como é o caso das imagens/vídeos, que contribuem para a estimulação de funções cerebrais e cognitivas.

Ainda a esse respeito, Nunes (2014, p.147) afirma que o ato de manter o cérebro em processo de aprendizagem requer novas formas de ensinar, bem como, de estimulações inovadoras, baseadas na formulação de melhores estratégias. Isso posto, o desafio maior da escola é justamente ir em busca de medidas que visem a potencializar a inteligência dos alunos, “tendo como objetivo o sucesso na conquista da aprendizagem”. Além disso, o autor salienta que várias pesquisas têm mostrado a necessária estimulação das variadas áreas do cérebro, uma vez que a própria aprendizagem humana e a educação têm uma estreita ligação com o órgão e o mesmo, por sua vez, em diversas ocasiões, é moldado pelos estímulos do ambiente.

4.1.1 Contribuições das tecnologias de informação e comunicação para o ensino de física

Durante o período de execução da sequência didática, alguns recursos tecnológicos foram utilizados, tais como, a *TV pendrive*, computador, *data show*, *software* de simulação, internet e a lousa digital. E como professor da instituição escolar, este pesquisador já observou, em algumas ocasiões, a utilização de alguma dessas mídias, no entanto, até o momento, foi o primeiro (e único) a utilizar a lousa digital.

Nesse sentido, foram feitas duas questões relacionadas à utilização dos recursos (lousa digital e *software* de simulação) para os alunos. Sobre a lousa: “*Na sua opinião, quais as principais contribuições da lousa digital para compreensão dos fenômenos abordados?*”.

De forma unânime, os alunos afirmaram que a utilização da lousa digital ajudou a compreender questões inerentes ao estudo de ondulatória. Eis algumas das respostas:

“É bem diferente e inovador, bem interessante, deveria ser utilizado por todos os professores porque facilita tanto a aprendizagem quanto ao ensinado” (SLU).

“Na lousa digital podemos ver vídeos e animações sobre o conteúdo que facilita no entendimento e para gravar melhor o conteúdo” (SKA).

“A lousa digital ajuda muito na compreensão dos fenômenos, porque, pela lousa podemos visualizar vídeos, imagens, etc...ou seja, a aula fica mais prática” (SGU).

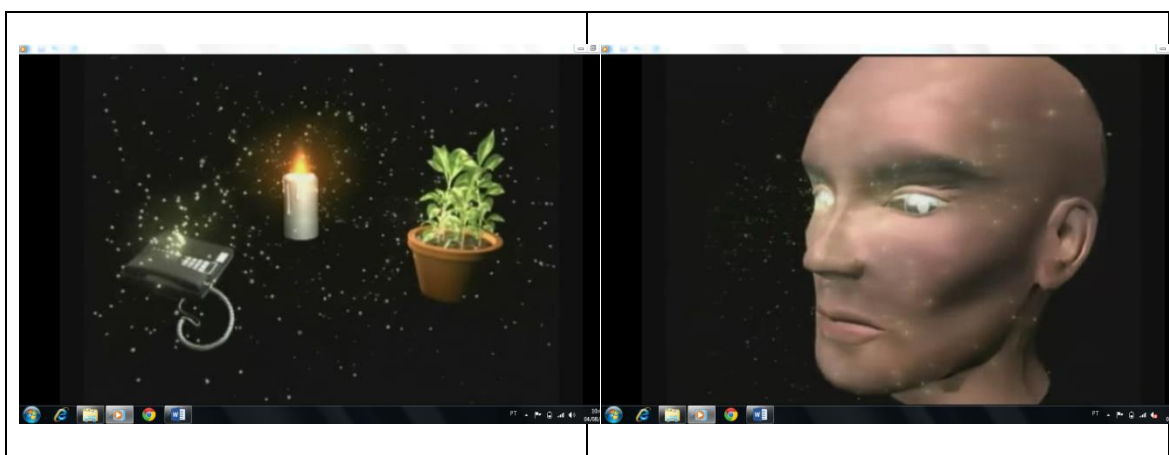
“Nos ajuda a compreender e memorizar melhor o conteúdo abordado; explicando-o com imagens, vídeos e até mesmo escrita” (SLA).

As tecnologias surgidas nos últimos anos têm representado um gigantesco avanço quando o assunto é recurso didático, principalmente, quando são citados, por exemplo, o computador e a internet. Entretanto, mesmo não sendo tão recentes, essas ferramentas não têm sido bem exploradas, como mostrado por Frederico e Gianotto (2012). Na verdade, em diversos casos, esses recursos têm sido usados exclusivamente para fins de pesquisas *online*. Em relação a essa questão, a justificativa, em algumas situações, pode estar associada a fatores relacionados à formação inicial e continuada de professores, à medida em que os mesmos não conseguiram, por alguns motivos, encarar tais ferramentas como recursos didáticos capazes de dinamizar potencialmente processos que envolvem o ensino e a aprendizagem, como discutido por Frederico e Gianotto (2013).

Coll e colaboradores (2010), na densa obra *psicologia da Educação Virtual – Aprender e Ensinar com as Tecnologias da Informação e da Comunicação*, apresentam uma série de questões que mostram como as TIC podem influenciar em processos psicopedagógicos que envolvem a aprendizagem. Coll, Mauri e Onrubia (2010) argumentam que as TIC podem se configurar como *instrumentos psicológicos* no sentido *vygotskiano*, uma vez que as mesmas possuem uma característica simbólica nata, principalmente, devido ao fato de que as tecnologias digitais oferecem possibilidades inéditas para procurar e acessar informações, bem como, representá-las, processá-las, transmiti-las e compartilhá-las.

A lousa digital, por exemplo, é um recurso que permite acessar e exibir informações audiovisuais (ou não) de diversas maneiras, uma vez que por meio dela é possível executar vídeos, imagens estáticas, textos, diferentes formatos de mídias (tais como *pdf* e arquivos de *ppt*), entre várias outras e, principalmente, possibilitar o acesso à rede mundial de computadores.

Um dos aspectos mais importantes reside justamente na interatividade²⁶, característica da lousa digital. Por exemplo, durante a exibição de um vídeo, é possível pausá-lo, capturar as imagens exibidas na tela (podendo exibi-las a qualquer momento), inserir anotações com a caneta específica, entre outras tarefas. No caso desta pesquisa, quando foram abordados alguns fundamentos relacionados à luz/visão, exibiram-se alguns vídeos na lousa digital, conforme mostrado nas imagens sequencias abaixo.



²⁶ Queremos com este termo explicitar como a lousa digital permite diferentes ações, tais como reprodução de imagens, pausa de vídeos, ampliação de imagens, inserção de anotações, captura de imagens em movimento, exibição de resumos, conexão com internet, dentre outras.

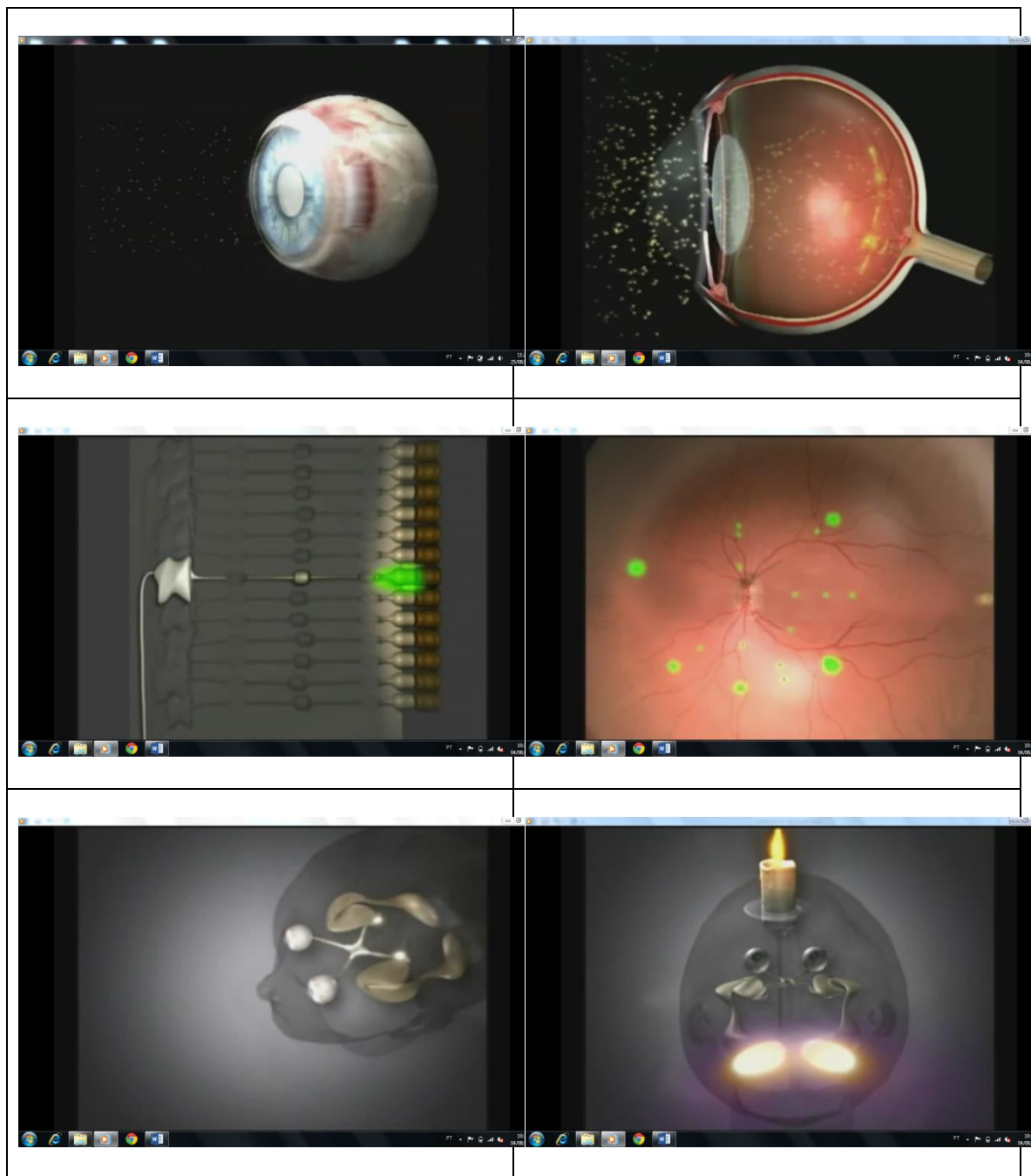


Figura 15 - Representação da visão humana

Fonte: Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=YaQ0-7m_AZo

O exemplo citado mostra algumas imagens capturadas durante a exibição do vídeo, em que foram abordados alguns aspectos relacionados à visão, representando: fontes de luz, captação de fótons, anatomia geral do olho, retina, fotorreceptores, impulsos nervosos, nervo óptico, cérebro occipital.

Além das questões relativas ao potencial representacional das imagens, como discutido no tópico anterior, a lousa digital, de acordo com Coll, Mauri e Onrubia (2010),

configura-se como *instrumento psicológico* (no sentido *vygotskiano*), uma vez que apresenta um potencial semiótico, destinado a planejar e regular a atividade e os processos psicológicos próprios e alheios, funcionando como instrumento psicológico que atua como mediador de processos *intra* e *intermentais* envolvidos no ensino e aprendizagem. Ela ainda possibilita a mediação de relações entre os participantes (principalmente os alunos), mas também entre os professores e *os conteúdos de aprendizagem*. Os autores ainda destacam que as TIC são capazes de mediar as interações das trocas comunicacionais entre os participantes do processo, como os alunos e professores.

Essa questão ficou evidente quando a lousa digital foi utilizada durante a sequência didática, pois além do vislumbre demonstrado pelos alunos quanto à forma de representação que possui tal tecnologia, eles trocaram informações entre si próprios e, principalmente, com o professor.

Já sobre o simulador, foi feita a seguinte questão: “*Durante um dos encontros, trabalhamos com um simulador (ondas mecânicas). Comente sobre as possíveis contribuições (ou não) do mesmo para compreensão de aspectos relacionados a ondulatória abordados por nós*”.

Sobre esse questionamento, podem-se acentuar algumas respostas:

“De certa forma podemos dizer que nós fizemos as ondas e através dos ícones para aumentar frequência e tal ficou mais fácil o que cada uma corresponde com ondas mecânicas” (SKA).

“Novamente, concordo que foram muitas compreensões, porque vemos, lendo somente, não é o bastante, porque muitas vezes não entendemos como que aquilo é realmente, e ficamos somente na teoria e não absorvemos máximo o conteúdo” (SWE).

“O simulador ajudou na compreensão do conceito. Se fosse só falado não teria o mesmo impacto como o mostrado e visto” (STH).

“Foi bem útil e interessante pois mostrou bem como acontece ao aumentar a amplitude, a frequência, a vibração e ajudou muito” (SEL).

Em contextos relacionados à educação, ao se falar em *conteúdos*, geralmente se simplifica o processo para que o mesmo seja entendido com mais facilidade. Entretanto, assim como comenta Illera (2010), os conteúdos ultrapassam as palavras do professor, uma vez que podem ser relacionados a todos os materiais que contêm informação e que podem ser colocados à disposição dos alunos, como referência, guia ou complementação de tais informações, todavia, são concebidos como aquilo que é necessário aprender. Normalmente, eles estão associados aos livros didáticos, bibliotecas escolares e, por último, em fotocópias e apostilas. Em todos os casos, o maior privilegiado é o código escrito, o que, de certa forma, valoriza a escrita em comparação a outras formas de codificação, como é o caso das imagens. Em ambientes convencionais, o professor, juntamente com sua *didática*, configura-se como um dos protagonistas em transpor didaticamente tal conteúdo, para que os mesmo se torne assimilável por parte dos alunos.

No entanto, em âmbitos tradicionais, os conteúdos praticamente não mudam de formato ou de codificação quando são transformados. Isso ocorre porque geralmente são as tecnologias que determinam os formatos. Nesse sentido, quando o rol de tecnologias se reduz apenas ao quadro negro, papel, livros e à fala do professor, as mudanças de formato se tornam mais difíceis de acontecer (ILLERA, 2010, p. 138). E mais, pois na sociedade da informação em que estão incluídos a maioria dos alunos, quando se considera a região geográfica em que vivem, percebe-se que tais métodos convencionais parecem não *atrair* a atenção dos alunos de forma suficiente, ou seja, diante do mundo tecnológico em que vivem, os métodos convencionais parecem estar obsoletos.

Illera (2010) salienta que os conteúdos surgem como conteúdos de percepção, ou seja, estão ligados ao sistema de percepção. É comum imaginar que cada modo sensorial tem

a sua própria maneira de dar significado e organizar o que é percebido, mas alguns deles, como o visual e auditivo, ocuparam um lugar de destaque, em virtude da linguagem falada e escrita, como forma de construção do conhecimento. No modo sensorial, podem estar conectadas várias formas de significação, sendo assim, uma imagem estática pode não representar o mesmo sentido que uma em movimento. Isso irá depender, como sugere Paivio (2014), do sistema de cruzamento de interconexões, tanto do sistema verbal quanto no não verbal, que poderão funcionar de forma separada ou cooperativamente, dependendo da situação, sendo uma forma de ativação indireta, uma vez que o objeto (imagem) ou o nome deve ser primeiramente identificado, o que, conseqüentemente, implica em uma ativação direta de uma *imagem* ou de um *logogen*, que, por sua vez, ativará uma representação em outro sistema.

Nessa mesma perspectiva, Illera (2010, p.140) afirma que a “multimodalidade é uma característica de forma pela qual os indivíduos recebem as mensagens, de maneira que são obrigados a compor uma significação unificada”, o que corresponde justamente com a TDC. Mas como essa ideia pode estar relacionada às informações exibidas no simulador e lousa digital, objetos desta discussão?

Esses recursos podem integrar a visualização de distintas mídias em uma única tela. Por um lado, a importância, tanto educacional, quanto psicológica, desse caráter metamidiático das telas é sua capacidade de unificar a experiência do usuário/estudante, ou seja, pode fazer com que coexistam diferentes mídias e diferentes modalidades de significação em um único espaço (ILLERA, 2010). Por outro lado, por exemplo, a oralidade, devido a sua linearidade de construção de mensagens no tempo e da linguagem escrita disposta em livros que fixam as mensagens em um local não atualizável, difere bruscamente de uma tela multimídia, uma vez que aquela permite uma organização bem mais complexa, que pode ser modificável, o que lhe garante trabalhar, simultaneamente, com mais recursos, acarretando uma gama maior de estímulos e, conseqüentemente, um aumento das possibilidades de resgatar tais informações nas diferentes modalidades de memória.

Nesse contexto, que diz respeito à estrutura de organização dos conteúdos multimídia, Azzato e Illera (2006) sintetizam alguns aspectos importantes sobre o estudo de Mayer (2001), que envolve cognição, instrução, tecnologia, com foco voltado à aprendizagem multimídia, tendo o computador como um dos objetos de suporte à aprendizagem:

- O princípio multimídia: revela que acrescentar imagens aos textos em uma sequência instrucional tem efeitos positivos nas aprendizagens significativas e promove a construção do conhecimento;
- O princípio de contiguidade espacial: os alunos aprendem melhor quando os recursos textuais e gráficos estão fisicamente integrados do que quando estes estão separados;
- O princípio de contiguidade temporal: os alunos aprendem melhor se os recursos textuais e gráficos forem apresentados em sequências sincronizadas temporalmente do que se estes são apresentados em tempos diferentes;
- O princípio da coerência: os alunos aprendem melhor se os recursos utilizados na apresentação tiverem uma implicação conceitual com o conteúdo apresentado do que são utilizados recursos de entretenimento fora de contexto;
- O princípio de modalidade de apresentação: os estudantes aprendem melhor por meio de narrativas do que de textos escritos;
- O princípio da redundância: os estudantes aprendem melhor por meio da animação e da narrativa do que da animação, da narrativa e do texto escrito, o que se deve ao fato de que, no segundo caso, o canal visual fica sobrecarregado de informação;
- O princípio das diferenças individuais: os efeitos no projeto são maiores para os estudantes de baixo rendimento do que para aqueles que têm um alto rendimento (AZZATO e ILLERA, 2006), *apud* Illera (2010, p.144-145).

Percebe-se, portanto, que tecnologias, como, a lousa digital e simuladores (como o utilizado²⁷), podem configurar-se como recursos capazes de aumentar as possibilidades de aprendizagem do estudante, potencializando os processos de integração das informações, pois se estruturam como sistemas de representação visual do conhecimento. Em uma pesquisa sobre uso de tecnologias educacionais, Frederico e Gianotto (2013) mostraram que a utilização de *softwares* para ensinar conceitos de astronomia se apresentaram como recursos didaticamente potenciais, principalmente, quando comparados apenas à explanação oral, à medida em que a ligação de vários

²⁷ Disponível em <http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/links/uploads/21/122732waveonastring.swf>

elementos (imagens, símbolos, sons, movimentos, etc.) contribuíram para tornar o ambiente potencialmente mais favorável à aprendizagem.

Comumente, o termo *representação* é usado para descrever a cognição das pessoas, podendo vir acompanhado dos adjetivos *mental* ou *interna*. Quanto é utilizado para remeter àqueles sistemas que podem ser observados diretamente, tais como, as imagens, mapas, diagramas, a escrita, a notação numérica, entre outras, o termo vem acompanhado pelo adjetivo *externa*. Enquanto as representações internas são pessoais, únicas de cada sujeito, as externas são produtos sociais que possuem características estáveis, à medida em que lhe permitem construir representações reproduzíveis e inteligíveis por outras pessoas. Independentemente das maneiras usadas para denominá-las (sistemas figurativos, gráficos, icônicos, etc.), são estruturas de representação caracterizadas por responder a uma forma de processamento preferencialmente visual.

Surgido inicialmente no campo da psicologia cognitiva, o sistema de representação visual centra-se na ideia de que imagens externas são capazes de afetar a representação interna de conhecimento. Assim, as distintas maneiras de conceber as relações entre as imagens externas e as representações internas têm moldado, tanto características peculiares das representações externas empregadas no ensino, quanto o uso didático e pedagógico que se faz dessas representações. Entre estudos voltados aos efeitos das representações visuais no raciocínio e na compreensão, destaca-se a teoria cognitiva da aprendizagem multimídia, proposta por Mayer (1997, 2001), e a própria TDC, de Paivio (COLL, ENGEL e BUSTOS, 2010, p. 228-229).

Paivio e Sadoski (2001) salientam que em seus estudos Mayer (2001) observou o papel poderoso da combinação de imagens e linguagem para a compreensão de materiais em ambientes educacionais. Tanto imagens induzidas, quanto espontâneas, têm consequências impressionantes na compreensão de textos, quando os mesmos são “lidos” isoladamente ou em conjunto com imagens e mídias.

Segundo Paivio (2014), a combinação de textos com imagens, como ocorre em animações e simulações, semelhantes àquelas desenvolvidas na lousa digital e simulador, podem melhorar a compreensão em processos educacionais. Estudos, como os de Gambrell e Jawitz (1993), citado por Paivio, mostraram que o ato de utilizar imagens associadas à leitura de textos, assim como a indução de se “criar imagens

mentais” sobre o que liam, contribuiu significativamente para o desempenho da compreensão por parte dos alunos, principalmente quando se comparou com aqueles que realizavam esses processos de forma separada. Os pesquisadores concluíram que a união destas duas estratégias - imagens mentais com as ilustrações associadas aos textos – produziram aumentos impressionantes na compreensão dos alunos quanto ao contexto das histórias, o que é condizente com a TDC.

Outro exemplo refere-se à pesquisa de Schwartz e Kulhavy (1987), que investigaram a eficácia de ilustrações, como os mapas, em contribuir para a memorização de determinados aspectos. Para determinado grupo de alunos, foi exibido um mapa contendo características e imagens sobre vias, edifícios, lagoas, pontos referenciais, entre outras características. Para o outro, no entanto, disponibilizou-se apenas a descrição verbal de tais aspectos relacionados ao mapa. Os resultados mostraram notadamente que aqueles que visualizaram o mapa se lembraram de uma quantidade superior de aspectos geográficos do que aqueles que apenas ouviram tais descrições. Paivio e Sadoski (2001) mencionam uma vasta gama de pesquisas que convergem para este mesmo ponto – de que a associação de imagens (com textos e outras mídias) pode potencializar o *recall* das informações e conhecimentos apresentados em ambientes educacionais. E, por certo, quando se fala de educação, compreensão e recordação se constituem como aspectos fundamentalmente essenciais.

4.1.2 Da relação disciplinar (física, biologia e outras)

Além da utilização de imagens para se ensinar conhecimentos relacionados à disciplina de física, outra aspiração deste estudo foi promover uma abordagem contextualizada de tais conteúdos, de forma a relacionar, em alguns momentos, as disciplinas de física, biologia, matemática e química.

Essa *relação* de disciplinas remete à questão da interdisciplinaridade. Geralmente, esse termo é utilizado para caracterizar a colaboração que existe entre as várias disciplinas, descrita por uma intensa reciprocidade nas trocas, o que, de certa forma, visa a um enriquecimento mútuo. Fazenda (2002) salienta que a interdisciplinaridade não é ciência, nem ciência das ciências, no entanto, é o ponto de encontro entre o movimento de renovação da atitude frente aos vários problemas de ensino e pesquisa. Ela aparece

como uma crítica a uma forma de educação, que muitas vezes contempla conceitos e conteúdos de forma fragmentada, sem considerar todo um conjunto de inter-relações necessárias para tornar o aprendizado significativo.

Convém destacar que não se sabe com precisão qual é a fronteira a partir de uma determinada prática, seja ela de ensino ou investigação, que pode ser denominada interdisciplinar, e não: multidisciplinar, pluridisciplinar ou transdisciplinar. Essa é a prova de que ainda não estão estabelecidas e fixadas as distinções e oposições conceituais necessárias para tornar claro e preciso o significado de cada um desses conceitos (POMBO, 2004). E, para melhor dimensionar tais distinções, eis algumas das possibilidades propostas pela autora:

- a) *Pluridisciplinaridade*: qualquer tipo de associação mínima entre duas ou mais disciplinas, associação esta que, não exigindo alterações na forma e organização da investigação e/ou ensino, supõe, contudo, algum esforço de coordenação entre os investigadores e/ou professores dessas disciplinas.
- b) *Transdisciplinaridade*: entende-se como nível máximo de integração disciplinar. Tratar-se-ia então de unificação de disciplinas, tendo por base a explicação de seus fundamentos comuns, a construção de uma linguagem comum, a identificação de estruturas e mecanismos comuns de compreensão do real, a formulação de uma visão unitária e sistemática de um setor mais ou menos alargado do saber.
- c) *Interdisciplinaridade*: entende-se como qualquer forma de combinação entre duas ou mais disciplinas com vistas à compreensão de um objeto a partir da confluência de pontos de vista diferentes, tendo como objeto final a elaboração de uma síntese relativamente ao objeto comum. A interdisciplinaridade implica, portanto, alguma reorganização dos processos de investigação e/ou ensino, supondo um trabalho continuado de cooperação dos investigadores e/ou professores envolvidos (POMBO, 2004, p. 37:39).

A questão da interdisciplinaridade transcende ao âmbito pedagógico, situando-se no âmbito epistemológico. São inúmeros os autores que tratam de tal temática, tais como: Fazenda (1998, 2002), Pombo (2004), Luck (1994), Berger (1972), Palmade (1979), Gusdorf (1990), Piaget (1972).

Todavia, neste objeto de estudo, não se ousa centrar os objetivos no papel e na execução de práticas interdisciplinares ou em outros termos que se assemelham. Historicamente, o desenvolvimento de ciências específicas parece ter acentuado algumas fronteiras entre as mesmas, o que, conseqüentemente, refletiu-se nos currículos escolares, em que grande parte dos professores não ousa extrapolar os limites de seu *território*, até mesmo por uma questão óbvia do próprio modo de formação docente. No entanto, nesta pesquisa, buscou-se abordar os conceitos físicos de forma contextualizada, a fim de torná-los mais significativos para os estudantes e, também, para o próprio professor pesquisador. Evidentemente, essa contextualização permitiu estabelecer a relação disciplinar da física com outras disciplinas, principalmente com a biologia. Nesse contexto, durante o primeiro encontro com os alunos, três questões lhes foram propostas com a finalidade de se construir um panorama geral a respeito da visão dos sujeitos quanto à abordagem da disciplina de física.

Uma das questões buscou verificar qual o principal aspecto (matemático, teórico, interdisciplinar, outros) que a disciplina de física remete aos sujeitos da pesquisa, sendo mostrado no gráfico abaixo:

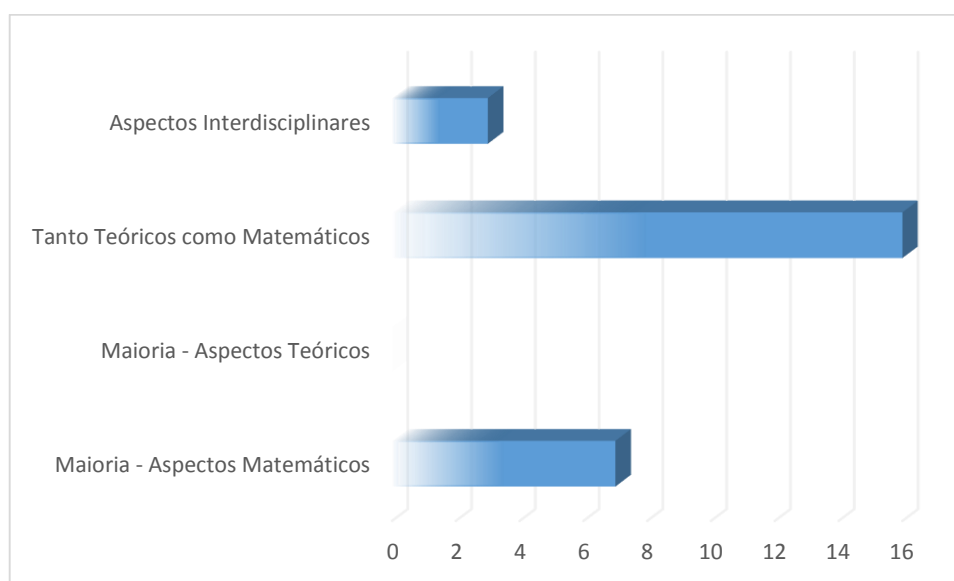


Gráfico 3 - Aspectos que remetem a disciplina de física

Os dados apontam que a maioria dos alunos reconhecem tanto aspectos teóricos quanto matemáticos na disciplina de física. Entretanto, uma parcela significativa (27%) aponta o aspecto matemático como aquele que remete à disciplina de física e, a minoria (11%) argumenta reconhecer aspectos de outras disciplinas.

Um segundo questionamento pautou-se em verificar se os sujeitos percebiam relações entre a física e a biologia: “*Você acha ser possível estabelecer relações de conhecimentos entre as disciplinas de biologia e física? Se sim, tente descrever tais conhecimentos.*” As respostas permitem construir o gráfico abaixo:

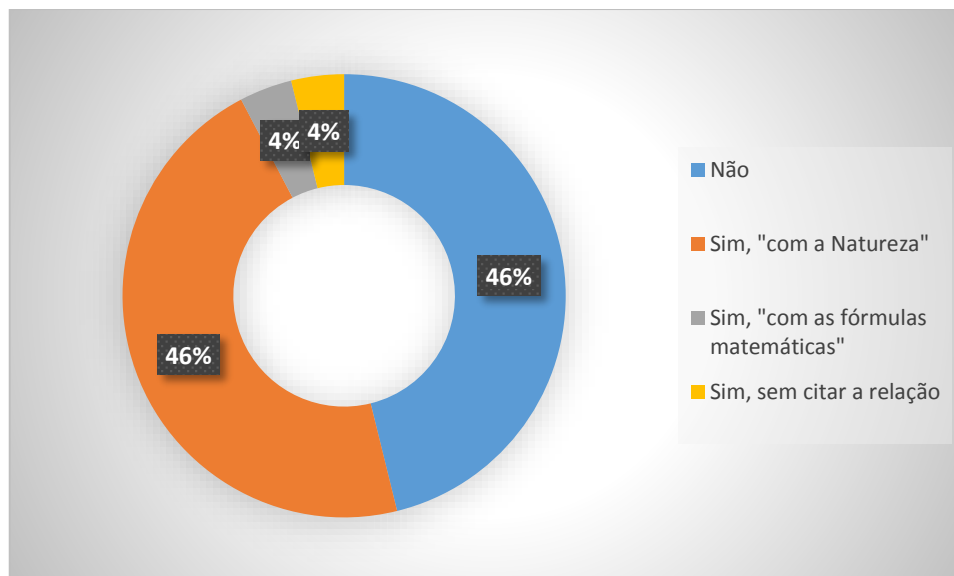


Gráfico 4 - Possíveis relações entre física e biologia

Os dados revelam que basicamente metade dos alunos (12) não acreditavam na possibilidade de que se estabelecerem relações de conhecimentos entre a física e a biologia e, na mesma proporção (12), aqueles que acreditavam ser possível esta relação, citaram como tal “a natureza”, fazendo referência, principalmente, ao meio ambiente. E, ainda, (1) apontou que uma relação comum entre tais disciplinas seria a utilização de fórmulas matemáticas e (1) não citou uma possível relação.

Um terceiro questionamento buscou, mais uma vez, verificar a relação entre a física e as outras áreas do conhecimento (disciplinas): “*A física resumidamente pode ser definida como a Ciência que estuda a natureza e seus fenômenos. Em sua opinião, qual (is) outra (s) disciplina (s) você acredita ser possível identificar/relacionar “alguns aspectos” que seja (m) comum (s) à disciplina de física? Justifique sua resposta:*”. A tabela abaixo sintetiza os apontamentos dos alunos:

Tabela 3 – Relação disciplinar

Disciplina (s) que pode (m) relacionar “alguns aspectos”	Quantidade	Percentual (%)	Principais “Aspectos” apontados
QUÍMICA	14	54%	Cálculos matemáticos, fórmulas e experimentos

QUÍMICA E MATEMÁTICA	6	23%	Cálculos Matemáticos
QUÍMICA E BIOLOGIA	4	15%	Natureza
QUÍMICA, MATEMÁTICA E BIOLOGIA	1	4%	Natureza, experimentos e cálculos matemáticos
BIOLOGIA	1	4%	Natureza

Ao se buscar traçar um aspecto comum, provavelmente se encontrariam os cálculos matemáticos como sendo a característica *comum* entre as disciplinas citadas pelos estudantes. Tradicionalmente, grande parte dos alunos relaciona a *física* ao ato de calcular. Em parte, essa concepção pode ser explicada em razão da escassez de docentes formados na área e, até mesmo, em razão da própria abordagem que é feita por parte de alguns educadores, que privilegiam a abordagem matemática dos fenômenos, em vez de contextualizá-los.

Diante dessa constatação, o professor pesquisador como educador, buscou, neste estudo, mostrar que a disciplina de física pode *dialogar* com outras áreas do conhecimento e, principalmente, procurou contextualizá-la, tornando-a mais “presente” nos diversos fenômenos que integram o cotidiano.

No Quadro 3, apresentado no capítulo dos procedimentos metodológicos, encontra-se uma síntese de algumas relações que se buscou integrar ao estudo de ondulatória e ao estudo introdutório da luz, principalmente ao relacionar com a audição, fala e visão humana.

Além de estabelecer esse *elo* entre a física e a biologia, buscou-se também, mostrar que muitos fenômenos físicos são comuns no cotidiano. Por certo, o que o fato de estabelecer tais relações pode torná-los “mais” significativos para a vida dos sujeitos envolvidos. Por exemplo, ao abordar os variados comprimentos de onda que compõem o espectro eletromagnético, foi possível estabelecer os diversos contextos em que os mesmos podem ser evidenciados no planeta (e até fora dele), bem como, as propriedades físicas que neles podem ser exploradas, tais como, frequência, amplitude, comprimento de onda, velocidade, energia, entre outras.

Além evidenciar a classificação de ondas quanto à propagação (transversais, longitudinais e mistas) e quanto à natureza (mecânicas e eletromagnéticas), buscou-se discutir suas relações com fenômenos ocorridos cotidianamente. O motivo pelo qual se

vê primeiramente a luz (relâmpago) e depois se ouve o som (trovão) foi usado para distinguir um dos principais aspectos relativos à natureza das ondas, que trata de suas velocidades de propagação, uma vez que as ondas eletromagnéticas se propagam a uma velocidade de $c = 3.000.000$ de m/s e não necessitam de meios materiais para se fazê-lo. Além disso, as ondas mecânicas possuem diferentes velocidade, variam de acordo com o meio de propagação, necessitando de meios materiais para se propagarem, como, um gás, um líquido ou um sólido.

Em se tratando da luz visível, por exemplo, além de explorar tais aspectos citados anteriormente e de algumas discussões que marcaram sua natureza ao longo da história, foram estabelecidas relações com componentes biológicos que integram o sistema visual, explorando partes e elementos essenciais que compõem os olhos, tais como: cristalino/lente, íris, humor aquoso, pupila, córnea, músculo ciliar, humor vítreo, esclera, retina, fóvea e nervo óptico, além e de questões relacionadas a seu funcionamento, captação e processamento dos estímulos, tipos de lentes (esféricas de bordas delgadas e grossas, como por exemplo, as biconvexas, plano-convexas, côncavo-convexa, bicôncava, plano-côncava e convexo-côncava, principalmente convergentes e divergentes aquelas, utilizadas para fazer a correção dos problemas mais comuns que podem afetar a visão, como, miopia, hipermetropia, presbiopia, astigmatismo. Outras, como daltonismo, estrabismo e catarata, também foram abordadas.

Além dessas questões, discutiram-se aspectos relacionados à percepção das cores, estabelecendo as relações entre os comprimentos de onda e a cor observada, luz monocromática, luz policromática, luz branca, decomposição da luz, formação do arco-íris, corpo branco, corpo negro, procurando evidenciar como a luz que incide em um objeto pode ser capaz de determinar uma sensação de cor. Enfatizou-se, também, a estruturação do espectro eletromagnético distribuída por comprimentos de onda e de energia: ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios x e raios gama.

Em se tratando de outros comprimentos de onda, como, os raios x, foram exploradas suas propriedades físicas, descoberta histórica, e principalmente, sua aplicação na medicina. Já com o infravermelho, discutiu-se acerca de sua utilização em instrumentos sensíveis a esse tipo de energia, como, câmeras utilizadas para captação de imagens durante a noite e sua relação com energia/calor e também de pesquisas do cosmo. Com as ondas de rádio, buscou-se mostrar algumas de suas aplicações na vida, fazendo a

diferenciação entre as ondas de amplitude modulada - AM e as de frequência modulada - FM. Discutiram-se também, aplicações das micro-ondas, como, no funcionamento dos telefones celulares e do próprio forno de micro-ondas, mostrando o porquê de o aquecimento dos alimentos e da frequência de vibração das moléculas de água.

Do mesmo modo, ao abordar ondulatória, foi discutido o funcionamento básico do sistema auditivo humano e os elementos que compõem sua estrutura básica, como: o ouvido externo, formado pelo pavilhão e canal auditivo; ouvido médio, constituído pelos ossos martelo, bigorna e estribo e do tímpano; ouvido interno, onde se encontram a cóclea e o nervo auditivo. Abordaram-se, ainda, os principais fatores que podem acometer seu funcionamento, trazendo para a discussão as qualidades fisiológicas do som, com a distinção entre sons graves (baixa frequência) e os agudos (alta frequência), timbres, intensidade e altura. Foi nesse momento em que se discutiram os possíveis problemas que podem ser causados pelo uso inadequado dos fones de ouvido, principalmente relacionados com a questão da sonoridade e da vibração do tímpano. De maneira análoga, a produção da voz também foi abordada, fazendo referência ao sistema fonador, basicamente formado por uma fonte de ar (pulmões), um oscilador (pregas vocais) e a uma caixa de ressonância (laringe, faringe, boca e cavidades nasais, palato duro e mole (trato vocal). De posse dessas informações, foi possível destacar o porquê da mudança da voz quando se inala gás hélio e, também, como o ronco pode ser produzido, fazendo com isso, a relação disciplinar com biologia.

E, na medida do possível, foram utilizadas imagens para evidenciar tais elementos. Por exemplo, ao abordar o conceito de ultrassom, buscou estabelecer relações com a realidade, tais como, em exames de ultrassonografia, na comunicação entre animas (como os golfinhos), na exploração de mares e oceanos (por submarinos, por exemplo), por detectores de desastres ambientais (como em tsunamis), etc. De modo geral, foram abordados também os principais fenômenos ondulatórios, como: a reflexão, enfatizando o eco e reverberação; a refração, relacionando-a com cenas cotidianas, como a distorção aparente causada em objetos imersos em recipientes com água; considerações sobre o “pisar” das estrelas, bem como, os fenômenos de difração, interferência e polarização, sempre buscando relacioná-los com eventos que ocorrem no dia a dia do ser humano.

Além dos exemplos resumidamente citados, buscou-se mostrar como os conhecimentos físicos podem estar relacionadas com outras áreas do conhecimento e, principalmente, em que contextos eles podem ser evidenciados.

Por esse motivo, não se ousa afirmar que a sequência didática tenha sido inter, multi ou transdisciplinar, todavia, buscou-se estabelecer algumas conexões que poderiam contribuir para a aprendizagem, tornando-a mais significativa para os alunos.

Após a sequência didática, os alunos foram convidados a responder a outros questionamentos a respeito dessa temática. Em um deles, buscou-se justamente refazer um dos questionamentos iniciais: *“A física resumidamente pode ser definida como a Ciência que estuda a natureza e seus fenômenos. Em sua opinião, qual (is) outra (s) disciplina (s) você acredita ser possível identificar/relacionar “alguns aspectos” que seja (m) comum (s) à disciplina de física? Justifique sua resposta:”*. Os resultados foram sintetizados no tabela abaixo.

Tabela 4 – Relação disciplinar pós sequência didática

Disciplina (s) que pode (m) relacionar “alguns aspectos”	Quantidade	Percentual (%)	Principais “Aspectos” apontados
BIOLOGIA, QUÍMICA E MATEMÁTICA	13	48 %	Corpo humano (visão e audição), partículas e cálculos matemáticos
BIOLOGIA E MATEMÁTICA	9	33 %	Corpo humano (visão e audição) e cálculos matemáticos
MATEMÁTICA	2	7 %	Cálculos matemáticos
BIOLOGIA, QUÍMICA, MATEMÁTICA E HISTÓRIA	1	4 %	Corpo humano (visão e audição), reações químicas no corpo humano, cálculos matemáticos, descobertas históricas
BIOLOGIA, QUÍMICA, MATEMÁTICA E FILOSOFIA	1	4 %	Teorias e conceito físicos
BIOLOGIA, MATEMÁTICA E HISTÓRIA	1	4 %	Fenômenos naturais, cálculos matemáticos e teóricos da física.

Os dados expressos na tabela acima permitem verificar que, além de um aumento considerável nos percentuais que relacionam a disciplina de física a outras disciplinas, percebe-se, inclusive, um aumento no número dessas disciplinas e, principalmente, dos aspectos comuns que as mesmas podem compartilhar. Até mesmo disciplinas como história e filosofia, que não estão diretamente relacionadas a disciplinas do campo das exatas, foram citadas, uma vez que, segundo os alunos pesquisados, as mesmas

relacionaram teóricos e teorias que contribuíram para a estruturação de conhecimentos abordados (ondulatória e luz) durante a sequência didática, o que contribuiu para uma aproximação entre as disciplinas.

Luck (1994) salienta que a complexidade que marca e realça as fronteiras entre diferentes áreas do conhecimento, bem como, a realidade a partir da qual foram produzidas, tendem a distanciá-las, por isso, há uma necessidade urgente de articulação entre as disciplinas para que se supere a fragmentação que impera entre as mesmas.

Além dessa articulação apontada pela autora, buscou-se, durante a pesquisa, promover essa interligação e, principalmente, evidenciar como os conteúdos abordados em sala de aula podem ser constatados no cotidiano. Sobre essa questão, Luck (1994, p. 21) afirma que no âmbito educacional a falta de contato entre o conhecimento e a realidade é algo evidente, uma vez que “os professores, no esforço de levar seus alunos a aprender, o fazem de maneira a dar importância ao conteúdo em si, e não à sua interligação com a situação da qual emerge, gerando a clássica dissociação entre teoria e prática”.

A articulação dos conteúdos com a realidade é algo fundamental para que os alunos percebam que tais conhecimentos fazem parte da dinâmica do planeta e, em muitos casos, do cotidiano. Tanto ao abordar conhecimentos relacionados à ondulatória, quanto ao estudo da luz, buscou-se, constantemente, a promoção da contextualização de tais conhecimentos. Tais ações contribuem para a desmistificação de que a disciplina de física é *muito difícil*, com *muitas contas*. Todavia, essa proposta requer dedicação, principalmente por parte do professor. É claro que seria incomum, principalmente da parte do professor pesquisador, dizer que tal procedimento tenha “sido fácil”, uma vez que transitar em outros territórios (como a biologia) requer estudo e muita leitura. Como sugere Fazenda (1998), exercitar uma forma interdisciplinar de teorizar e praticar a educação demanda o “exercício de uma atitude ambígua”, uma vez que os professores estão acostumados com rotinas comuns a sua área de formação e, ao se depararem com situações que envolvam outras disciplinas, são desafiados “a pensar com base na desordem ou em novas ordens que direcionem ordenações provisórias e novas” (FAZENDA, 1998, p.13). Essa ambiguidade, segundo a autora, é o que impele esses profissionais, ao mesmo tempo, a enfrentar o caos e a buscar uma matriz de ordem, de uma ideia básica de organização.

Percebe-se que, durante a sequência didática, as ações realizadas foram capazes de promover muitas discussões com os sujeitos pesquisados, uma vez que as mesmas puderam ser pautadas em *algo próximo a eles*, por exemplo: tipo de onda utilizada em um controle remoto, no celular, nos aparelhos de rádio e TV; luz visível; tipo de lentes para determinados problemas que acometem os olhos; sensação das cores; aplicações do *efeito doppler*; a utilização de ondas eletromagnéticas na saúde; a produção de sons e da voz, da audição, dos problemas que podem acometer o sistema auditivo, entre várias outras questões que foram discutidas durante a sequência didática. Sobre essa questão, Carvalho (2012) enfatiza que muitos eventos da vida cotidiana são facilmente explicados pela ciência e que, em muitas ocasiões, utiliza-se o resultado do pensamento científico mesmo de forma inconsciente. Borges (2014, p.11) salienta que há pouca informação sobre a ciência disponível aos alunos, além do fato de que as pessoas, especialmente em razão das mídias de massa, “dão pouca ênfase aos avanços da ciência e as diversas facetas do mundo científico inseridos no cotidiano”. Por isso, o autor realça a importância de se mostrar aos alunos o quanto o cotidiano é permeado pelas descobertas científicas.

Como mencionado anteriormente, embora não se tenha ousado implementar uma sequência totalmente interdisciplinar, uma vez que esse processo envolve muitas vertentes comuns a tal ação, buscou-se, na medida do possível, estabelecer relações entre outras disciplinas e, nas palavras de Fazenda (1998, p. 14), a “característica profissional que define o ser como professor alicerça-se preponderantemente em sua competência, interdisciplinarmente expressa na forma como exerce sua profissão”.

Outro aspecto que pode ser observado na Tabela 4 é justamente a relação com a disciplina de matemática, citada em todos os casos. Embora a sequência didática tenha pautado na contextualização dos conteúdos, a abordagem matemática se fez necessária, uma vez que a maioria significativa de exames, concursos, provas e vestibulares podem *contemplar* (por exemplo) aspectos matemáticos relacionados à ondulatória. Desse modo, foram abordadas questões envolvendo amplitude, frequência, velocidade e comprimento de onda, o que, conseqüentemente, requer uma abordagem matemática, fundamental para que se estabeleçam relações entre aspectos relacionados a uma onda. Na sequência, discutir-se-ão algumas questões levantadas durante as entrevistas.

4.2 CONTRIBUIÇÕES DAS IMAGENS PARA O ENSINO DE FÍSICA (ENTREVISTA)

A entrevista pautou-se basicamente em 4 questões, e uma delas, especificamente, que será discutida aqui, buscou verificar a opinião dos alunos a respeito do papel assumido pelas imagens nos processos que envolveram o ensino e a aprendizagem de conceitos de física: *“Durante nossos encontros, foram utilizadas imagens visando contribuir para o aprendizado de conceitos de física. Como você dimensiona o papel das imagens neste processo?”*

Resumidamente, tais apontamentos incidiram em torno de 3 principais aspectos, conforme descritos na tabela abaixo.

Tabela 5 – Papel das imagens para o aprendizado

Aspecto	Percentual
Contribuíram para compreensão dos conceitos	78%
Contribuíram para memorização dos conceitos	56%
Contribuíram para a relação Teoria x Prática	56%

Entre tais argumentações, podem-se destacar:

“Além de aprender na teoria, o uso das imagens e dos vídeos nos ajudaram a compreender melhor estes fenômenos no dia a dia (SJR).”

“Acho que ajudou muito, porque se fosse só na teórica, você grava, mas, muitas vezes você não entende exatamente o que está falando e, com as imagens você aprende melhor (SNH).”

“É uma forma de você assimilar mais, porque, conforme você vai lendo, aí você vai tendo uma imagem do que você está lendo, eu acredito que dá para você identificar mais fácil o que você está aprendendo, sendo uma forma mais fácil de você guardar aquilo que está sendo dado para você (SWW).”

“As imagens ajudaram, porque igual aqueles quadrinhos, explica de uma forma engraçada para a gente entender, fica legal e mais divertida a aula e, as outras imagens como aquelas no efeito doppler, se não fosse as imagens, acho que não daria para entender a parte da teoria. Acho que ajudou bastante (SAL).”

Os apontamentos acima destacam o papel assumido pelas imagens na compreensão de fenômenos científicos abordados. Referindo-se justamente a essa questão, Gouvêa, Oliveira e Sousa (2014, p. 58) salientam que “as imagens são de fundamental importância tanto na construção quanto na representação e comunicação de ideias e conceitos científicos”, enfatizando, inclusive, que as imagens “são inerentes ao próprio conhecimento científico”.

Tais afirmações remetem à importância das imagens, visto que as mesmas podem ser relacionadas ao ensino e aprendizado de questões científicas (como da física), entretanto, é o professor que deve buscar mediar o processo de ensino, contribuindo para que seus alunos possam relacionar tais imagens de forma efetiva. Em outras palavras, em muitas situações podem ser utilizadas ilustrações e imagens representativas, de caráter metafórico, por isso, cabe ao professor fazer as devidas observações sobre o “conteúdo representativo” de determinadas imagens.

Rego (2014) esclarece que, ao decodificar uma mensagem, como aquela representada por uma imagem ou texto, o sujeito produz sentido para a mesma e, conseqüentemente, tal sentido é influenciado “por nossos conhecimentos, experiências e leituras anteriores”, sendo, portanto a leitura, algo polissêmico. Na mesma perspectiva, Meyer (2001, p. 108) afirma que “a imagem é transformada em cada um de nós por uma alquimia única, oriunda das circunstâncias, de aprendizados e de tendências constitutivas inimitáveis.” Tais considerações realçam, mais uma vez, a importância de o professor conduzir processos de ensino por meio da utilização de imagens, de forma que o mesmo se coloque como um orientador e mediador, buscando justamente fornecer condições mínimas para que seus alunos possam interpretar tais imagens, relacionando-as aos fenômenos e conceitos discutidos.

Além disso, há que se destacar a importância das imagens para a memória. O próprio Lieury (2001, p.55) menciona a relevância de estudos experimentais, como os de

Michel Denis e Allan Paivio, para a memória, afirmando que “as ilustrações (desenhos e imagens mentais) são mais eficazes na memória que as palavras”, ressaltando ainda que “a memorização das imagens está longe de uma visualização em memória fotográfica, conforme muitos pensam, mas resulta de numerosos mecanismos, principalmente de interpretação da imagem e de correspondência com as palavras (LIEURY, 2001, p.62).

Nesse sentido, ao associar palavras a imagens, e com a devida mediação do professor, acredita-se que os conceitos discutidos e abordados ao longo deste trabalho podem ser melhor assimilados. Obviamente, não se pretende desconsiderar outras formas de abordagem, como, a explanação oral. Todavia, baseado nos resultados aqui obtidos e em estudos relevantes, como o proposto por Paivio (2014), verifica-se que esta metodologia (associar palavras a imagens) se revela como algo a ser considerado, principalmente como recurso didático, no ensino de física, em que estão presentes discussões de fenômenos científicos que frequentemente se constituem como complexos e de difícil representação.

4.3 O PAPEL ASSUMIDO PELA SEQUÊNCIA DIDÁTICA IMPLEMENTADA (OBSERVAÇÕES E REGISTROS)

Os apontamentos que serão mencionados nesta seção foram estruturados de acordo com as observações e registros realizados no diário de campo, durante a implementação e desenvolvimento da sequência didática.

Inicialmente, merece destaque o visível “entusiasmo” manifesto pelos alunos quanto ao local onde ocorreram a maioria das aulas, o Laboratório de Ciências e, também, os recursos utilizados (*data show*). Praticamente todos os alunos se mantiveram muito atentos às abordagens durante a primeira aula, principalmente quanto aos *slides*, imagens e vídeo apresentados, além disso, a participação efetiva da turma marcou as demais aulas.

Uma das questões marcantes na maioria dos encontros foi observada justamente durante a exibição de imagens e vídeos relacionados aos conteúdos. Os elementos gráficos, acentuados pelas cores, formas, movimentos e dinâmica das imagens, configuraram-se como recursos que literalmente contribuíram para despertar e manter a atenção dos alunos.

Nessas condições, percebe-se a necessidade de se implementarem e intensificar ações didáticas voltadas ao ensino que aliam palavras e imagens, buscando tirar proveito das contribuições oriundas dessa união, discutidos com a TDC, e de questões ligadas à memória, defendidas por Lieury (2001).

Fernandes (2014) reforça a necessidade da inserção de atividades que envolvam imagens. O autor salienta que atualmente nas escolas da educação básica, há uma nítida predominância da linguagem escrita, sendo desestimulada ou até mesmo reprimida, a representação por meio de desenhos, à medida em que se observa uma inclinação para que a criança aprenda a ler e a escrever, “sendo o desenho não mais tolerado como expressão a partir de certo desenvolvimento intelectual” (FERNANDES, 2014, p. 38).

Na mesma perspectiva, Souza (2014) salienta que a escola vem diminuindo a quantidade de estímulos voltados à produção de representações visuais, enquanto a verbal continua a ser valorizada. Ela ainda acrescenta que:

Tanto é assim que, ainda que estimulados a representar de diferentes modos sua visualidade nas primeiras séries do Ensino Fundamental através de desenhos e pinturas, por exemplo, apenas a capacidade de ler e produzir textos verbais dos alunos será avaliada (SOUZA, 2014, p. 114).

A minha própria experiência como professor do Ensino Fundamental e Médio me permite constatar que, mesmo na era da informação e comunicação que vivemos, a escola²⁸ ainda não incorporou adequadamente recursos tecnológicos disponíveis na mesma, tais como TV *pendrive*, computador/internet, *datashow*, lousa digital, dentre outros. O que, conseqüentemente, não a torna “atrativa” o suficiente para fazer com que os alunos se interessem pelas aulas. É claro que se deve considerar diversos outros fatores (tal como o social), porém, acredita-se que a forma de se abordar um conteúdo e os recursos utilizados, podem influenciar diretamente em sua assimilação por parte dos alunos.

As observações realizadas durante a implementação da sequência didática demonstram que os recursos que fazem uso das imagens podem contribuir para processos que

²⁸ Considerando nossa região – noroeste do Paraná;

envolvem o ensino, entretanto, como apontado pelos autores acima, a escola, ainda hoje, não lhes conferem valor de acordo com seu potencial.

Sendo assim, o baixo valor pedagógico que é atribuído às imagens elaboradas em atividades educacionais propostas aos alunos ignora o fato de que, fora do âmbito escolar, as imagens ocupam papel cada vez mais relevante em suas vidas (SOUZA, 2014).

Outra questão relevante foi observada durante a quarta aula da sequência didática. Uma vez que na data ocorreria um treinamento e uma simulação da patrulha escolar, a mesma foi adiada e, quando terminou o horário da aula de física, muitos alunos pediram para continuar no laboratório, realizando as atividades da aula. Essas reações, de certa forma, indicam certa predisposição da maioria dos sujeitos em continuar discutindo conceitos físicos.

A partir da quinta aula, iniciou-se uma abordagem que englobava outras disciplinas, principalmente biologia, ao contemplar, por exemplo, o aparelho auditivo. A mesma relação disciplinar (principalmente entre física e biologia) ocorreu também ao relacionar ondulatória ao aparelho fonador e os conceitos básicos de óptica à visão humana. Percebeu-se que quando conceitos científicos são discutidos de forma que se permita identificá-los no cotidiano, a participação dos alunos se torna mais efetiva, à medida em que os mesmos, em sua maioria, relataram, por exemplo, dúvidas e indagações a respeito de vários aspectos relacionados à temática em estudo, tais como: problemas de audição, visão; tipos de lentes; produção do ronco; influências fisiológicas na produção da voz (masculina e feminina); percepção e aplicação dos fenômenos ondulatórios na medicina, na tecnologia, na natureza e dia a dia; sensação das cores; influência do cérebro em questões de percepção, entre vários outros.

E, mais uma vez, destaca-se o papel fundamental das imagens neste processo. Por exemplo, para representar o processo de audição humana, foram utilizados vídeos e imagens que buscaram representar a maneira como as perturbações (som) podem ser captadas pelo sistema auditivo, e como as mesmas interagem com as orelhas externa, média e interna, bem como, o papel desempenhado por cada órgão até a emissão de sinais elétricos que são enviados ao cérebro, de modo que o mesmo possa traduzir tal perturbação por meio de fonemas e palavras. Em um dos vídeos, por exemplo, ao representar parte da orelha interna, exibiram-se imagens, como a seguinte:

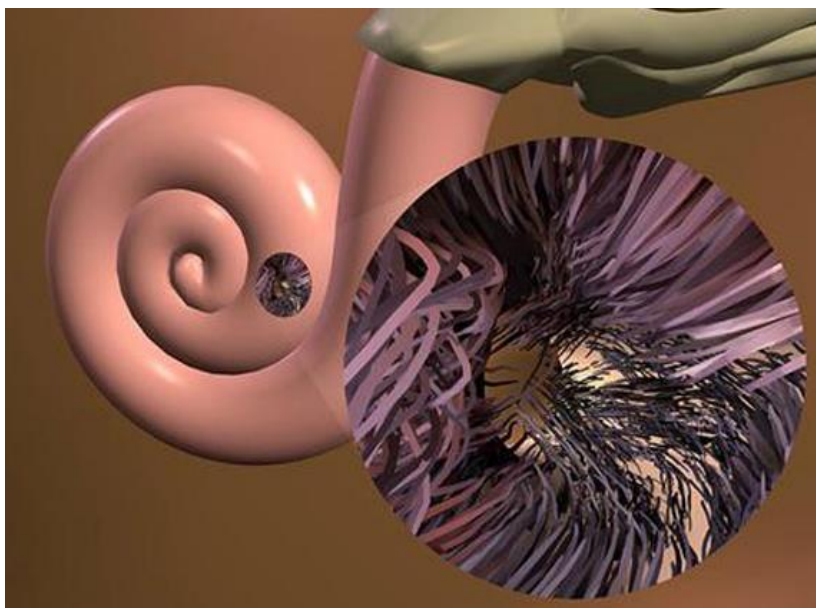


Figura 16 – Representação da cóclea e membrana basilar

Fonte: Cóclea, disponível em:

<http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=464&evento=3> (acessado em 18 de setembro de 2015).

A imagem representa parte da cóclea e da membrana basilar que as constituem, mostrando um dos últimos percursos da vibração (som) antes de ser enviado ao nervo óptico e posterior distinção do cérebro. É importante salientar que cabe ao professor realçar que imagens, tal como a exibida acima, configuram-se como uma espécie de metáfora, ou seja, assumem uma forma que busca representar algo, não sendo, portanto, representação fiel de tal órgão e estrutura.

Nessa perspectiva, Fonseca (2013, p.123) salienta que é o cérebro que determina a aprendizagem do homem, sendo que a aprendizagem contextualizada e mediatizada é determinada pela sua plasticidade funcional, em que “a cognição humana aprende-se e ensina-se por meio de mediatização”, ou seja, depende da ação do outro, nesse caso, da ação pedagógica do professor. Por esse motivo, é muito importante que o professor tenha a consciência de sua responsabilidade quanto à abordagem que será adotada.

Dentro da TDC, Paivio (2014) esclarece que ao usar imagens integradas com palavras, aumentam-se expressivamente as possibilidades de que a informação seja melhor “assimilada”, uma vez que (diferentes estruturas cerebrais são acionadas, como, os *logogens* e as *imagens*). Tais comportamentos se mantiveram ao longo dos demais encontros e, de forma resumida, pode-se dizer que praticamente todos os sujeitos envolvidos participaram satisfatoriamente das aulas e encaminhamentos didáticos e pedagógicos inerentes à sequência didática.

Além de se considerar o fato do ambiente diferenciado, uma vez que as aulas ocorreram no laboratório de ciências, os recursos utilizados (como *data show* e lousa digital) para a exibição dos conteúdos (incluindo imagens e vídeos) dinamizaram o processo de abordagem dos conceitos, algo que poderia ser verificado nas expressões entusiasmadas da grande maioria dos alunos.

Desse modo, a experiência como professor de física do ensino médio permite em afirmar que não é comum identificar em aulas “convencionais” tal dinâmica, uma vez que em sua maioria, apenas ocorre uma abordagem oral e resolução de exercícios matemáticos.

4.4 DA CAUTELA E PREPARO

Durante este capítulo, buscou-se demonstrar, entre outros fatores, como as imagens podem contribuir benéficamente para processos que envolvem o ensino e a aprendizagem de conhecimentos ligados principalmente à disciplina de física. Todavia, vale ressaltar que para um bom aproveitamento das mesmas, é necessário planejamento e, também, que o professor saiba *dosar* sua utilização.

Em outras palavras, não é indicado sobrecarregar seja qual for a atividade com muitos elementos gráficos ou imagéticos em um único *slide*, por exemplo. Lieury (2001) deixa claro que a memória está diretamente ligada à aprendizagem, por esse motivo, é importante tomar cuidado com a sobrecarga, para não comprometer o desempenho da mesma, uma vez que a sobrecarga pode prejudicar a memória e, conseqüentemente, a aprendizagem.

Para exemplificar, o autor cita a questão da utilização de mapas, salientando que é um erro pedagógico, portanto, editar mapas excessivamente ricos em informações. Nesse sentido, a elaboração de um programa deve ser estruturado de forma a considerar a capacidade média dos alunos. Ainda a respeito da questão dos mapas, o autor comenta que jornalistas e profissionais da escrita e da televisão entenderam o que muitos pedagogos ou elaboradores de programas não compreenderam: quando um acontecimento ocorre no mundo, os mesmos apresentam um mapa com muitos nomes e dados, semelhante a um atlas? A resposta, segundo ele, é “não”, uma vez que os

mesmos exibem um mapa simples, contendo um número limitado de palavras (LIEURY, 2001, p. 110-111)

Assim como o exemplo citado acima, quanto à associação de (muitas) palavras e dados com mapas, acredita-se que a utilização de imagens também deve ser planejada, a fim de apresentar, demonstrar e complementar informações que se julguem viáveis de ser representadas pelas mesmas, por meio de fotografias, vídeos, histórias em quadrinhos, pinturas, esquemas, gráficos, mapas, entre outros.

Sendo assim, são indiscutíveis as contribuições que as imagens podem ocasionar em processos que envolvem o ensino de física, daí a importância de que o professor busque constantemente se atualizar (formação continuada) quanto aos possíveis recursos que possam vir a ser utilizados, à medida em que possibilitem a potencialização, tanto dos processos de ensino, quanto os de aprendizagem, como é o caso das imagens.

Para tal tarefa, muitas vezes é necessária a habilidade de lidar com recursos tecnológicos, semelhantes àqueles que foram usados durante a implementação da sequência didática, como: lousa digital, *data show*, computador, softwares, internet, TV *pendrive*, *download* e edição de vídeos, entre outros. Entretanto, embora esse processo possa parecer um pouco trabalhoso e, em muitos casos, de fato o é, os resultados demonstram que tais procedimentos são capazes de potencializar e dinamizar a prática pedagógica do professor, o que, conseqüentemente, contribui para a aprendizagem dos alunos. Fernandes (2014), ao abordar a questão da utilização e codificação das imagens, deixa bem claro o papel do professor em prover a ressignificação das imagens utilizadas no Ensino de Ciências, questão esta que se configura como crucial, uma vez que o processo de decodificação realizado pelo professor incide diretamente nos processos de ensino e aprendizagem.

4.5 IMPLICAÇÕES PARA O APRENDIZADO DE CONCEITOS FÍSICOS

Ao planejar e implementar a sequência didática para ensinar conceitos e conhecimentos relacionados à ondulatória e estudos da luz, usou-se sempre que possível, imagens, vídeos e esquemas. Com isso, buscou-se promover um ambiente favorável a aprendizagem de tais conceitos/conhecimentos. E, ao fazer as abordagens destes conceitos/fenômenos usando imagens, estamos criando uma situação nas quais

contribuímos para a ampliação das possibilidades dos participantes (no caso os alunos) de memorizar e, conseqüentemente, internalizar tais conceitos de forma com que os mesmos possam ser relacionados em distintas situações e contextos.

Além disso, ao usar uma imagem/vídeo, os mesmos podem ser codificados em dois sistemas: o verbal e o não verbal, capazes de estabelecer relações e interconexões entre si, podendo acionar - *logogens* e *imagens* - capazes de gerar palavras e imagens.

Portanto, a abordagem de conceitos com utilização de imagens juntamente com palavras é capaz de influenciar em processos de aprendizagem, justamente por envolver elementos cognitivos, uma vez que em tal situação, diferentes regiões cerebrais são acionadas. Estes estímulos puderam ser percebidos pelas reações dos alunos uma vez que, como observado neste estudo, praticamente todos os participantes demonstraram entusiasmo e participaram efetivamente das discussões e atividades propostas, questão essa, não observada em aulas consideradas “tradicionais”, ou seja, feita apenas por meio da explanação oral.

Conseqüentemente, com maior envolvimento e participação, os mesmos realizaram a resolução dos problemas (com abordagem matemática envolvendo ondulatória), assimilando a maior parte dos conceitos nas discussões (inclusive com a utilização das imagens), o que foi possível observar nos resultados das avaliações aplicadas ao final da sequência didática.

Todos os participantes conseguiram apresentar resultados mínimos necessários em termos de “*nota*”, ou seja, 100% dos participantes obtiveram um conceito maior ou igual a 6,0 (seis).

A avaliação final aplicada (APÊNDICE - G) consistiu basicamente em verificar a aprendizagem dos conceitos abordados nas formas: teórica, com abordagem matemática e imagética, nas quais os resultados estão sintetizados na tabela abaixo.

Tabela 6 – Aproveitamento na avaliação

Quanto a abordagem <i>Teórica</i>	Quanto a abordagem <i>Matemática</i>	Quanto a abordagem <i>Imagética</i>
Percentual acima de 60% de aproveitamento	Percentual acima de 60% de aproveitamento	Percentual acima de 60% de aproveitamento
100%	100%	100%

Diante de tais dados, constata-se que a abordagem adotada (de se utilizar imagens) para discutir conceitos de ondulatória e de estudo da luz foi capaz de contribuir para os

processos que envolveram o ensino e a aprendizagem de física, uma vez que todos os participantes demonstraram na avaliação, um percentual de aproveitamento satisfatório. Na sequência, serão apresentadas as considerações finais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho, percebeu-se que as imagens são elementos presentes na vida humana desde seus primórdios, assumindo os mais variados papéis. Na própria ciência, algumas imagens configuraram-se como recursos essenciais para observação, descrição e análise de diversos fenômenos, o que conseqüentemente, contribui para compreensão dos mesmos.

Tal afirmação se ancora em aspectos discutidos na Teoria da Dupla Codificação, uma vez que uma imagem pode estar (ao mesmo tempo) codificada duplamente, ou seja, na forma ilustrada e também verbalmente. Deste modo, quando um fenômeno físico é abordado usando-se imagens, ampliamos as possibilidades dos alunos de fazerem o *recall* de tais informações, uma vez que as mesmas foram processadas tanto pelo sistema verbal (conceitos) quanto pelo não verbal (imagens/vídeos).

Além disso, a utilização de imagens para representação de conceitos/fenômenos físicos, se configuram como um recurso capaz de estimular entidades específicas, como os *logogens* e as *imagens*, que são, respectivamente, segundo a TDC, os geradores de palavras e imagens, o que possivelmente, pode contribuir para a memorização, assimilação e aprendizagem de tais conceitos/fenômenos.

Assim como na ciência, as imagens são amplamente utilizadas em âmbitos educacionais e ações pedagógicas que envolvem o ensino e aprendizagem de conceitos e conhecimentos relacionadas às mais variadas áreas do currículo, como no caso da disciplina de física. Essas questões puderam ser evidenciadas em grande parte das falas dos participantes, descritas neste trabalho, uma vez que os mesmos elucidaram que as imagens ajudam a “lembrar” do conteúdo escolar de física, como abordado na sequência didática que originou tal trabalho

Para este professor de física, a ação de utilizar imagens como recurso para contribuir com a aprendizagem de conceitos físicos, se configura como algo relevante para os processos de ensino e aprendizagem, uma vez que em diversas situações relativas a minha experiência no Ensino Fundamental e Médio, tive a impressão de que apenas meus argumentos orais não pareciam ser suficientes para explicitar o que gostaria de

mostrar, ou seja, apenas as palavras pareciam não ser totalmente suficientes para ilustrar os conceitos físicos.

Por esta razão, evidenciou-se a necessidade da utilização de imagens/esquemas (sejam estáticas ou em movimento) para abordar e discutir determinados fenômenos, ação esta, que se configurou como o objeto de estudo desta pesquisa, levando-me ao seguinte questionamento: quais as possíveis contribuições das imagens para o ensino de física?

Ao longo deste estudo, baseando-se, principalmente, na Teoria da Dupla Codificação de Paivio, que de certa forma, amplia as discussões sobre as formas de processamento de informações, buscou-se demonstrar que as palavras e imagens são tratadas separadamente em dois subsistemas dentro da memória: o verbal e o visual. Cada sistema é capaz de ativar o outro, assim como também de converter informações de um sistema para o outro. Por exemplo, uma imagem pode ser codificada tanto verbalmente quanto na forma de imagem e, da mesma forma, uma palavra pode ser codificada pelo sistema verbal e, se o sujeito possuir “conhecimentos prévios suficientes”, a mesma, pode também ser codificada na forma de imagem, uma vez que nossa memória é capaz de gerar imagens mentais para determinadas palavras, assim como também, de gerar palavras para denominar imagens.

Tal capacidade é algo que de certa forma, fortalece a memória e, com isso, percebe-se que as imagens são potencialmente eficazes, uma vez que as mesmas são capazes de fornecer um segundo código para memória, independente daquele verbal o que, conseqüentemente, contribui para a ampliação das possibilidades de resgate de informações dentro da memória, configurando-se como algo relevante para diversas situações, especialmente em ações pedagógicas envolvendo ensino e aprendizagem.

Verificou-se, portanto, que os estímulos proporcionados pelas imagens são mecanismos que ampliam as formas de processamento de informações, contribuindo favoravelmente para a memória e, conseqüentemente, para seu resgate futuro.

Percebeu-se também, que a contextualização no ensino de física, principalmente no caso abordado neste estudo (em que se abordou conceitos de ondulatória e estudo da luz) é algo que contribui significadamente para o aprendizado de conceitos de física, uma vez que tal ação amplia as discussões quanto à aplicabilidade de tais conceitos no cotidiano

do aluno, fazendo com que a teoria, tantas vezes tida como abstrata na escola, se relacione com a prática, tornando os conteúdos escolares significativos.

Para a exibição das imagens e execução dos vídeos utilizados nesta pesquisa, foi necessário a utilização de recursos tecnológicos disponíveis na escola pública paranaense, tais como computador/internet, TV *pendrive*, *datashow* e a lousa digital, o que requer a mínima capacitação do professor.

Em se tratando do estado do Paraná, tecnologias como computador/internet, *datashow* e TV *pendrive* são recursos disponíveis há mais de uma década na escola pública da rede estadual, porém, conforme mostrado por Frederico e Gianotto (2013) um considerável número de professores, ainda hoje, não incorporou em sua prática pedagógica a utilização dos recursos citados.

Considerando ainda o momento histórico no qual vivemos, repleto de meios de informações e comunicação, assim como também, em considerar a realidade de boa parte dos alunos (de nosso estado), percebe-se que a inserção de tais recursos na prática pedagógica é algo a ser considerado, uma vez que a forma com que muitas informações são captadas e vivenciadas pelos alunos, parece tornar sua rotina cotidiana mais “dinâmica” do que muitas abordagens pedagógicas do currículo escolar.

Sendo assim, espera-se que se ampliem as políticas voltadas à formação dos professores para o uso efetivo de recursos tecnológicos, tais como os citados e, principalmente, que os resultados deste estudo possam contribuir de alguma forma para àqueles que veem em tais recursos e, principalmente, na utilização das imagens, um caminho que pode levar a melhoria dos processos que envolvem o ensino e aprendizagem. Também, que outros professores e pesquisadores possam dar continuidade e apresentar novas discussões relacionadas a essa temática.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, Maria Cristina Batoni. **O discreto charme das partículas elementares**. São Paulo: Unesp, 2006.

ALONSO, Catalina; DOMINGOS, Gallego; HONEY, Peter. **Los Estilos de aprendizaje: procedimientos de diagnóstico y mejora**. 8 ed. Bilbao: Mensajero, 2012.

AUMONT, Jacques. **A imagem**. 2. ed. Campinas: Papirus, 1995.

AZEVEDO, Regina Maria. **A gramática Gerativo-Transformacional na origem da programação Neurolinguística (PNL)**. USP: Caligrama: Revista de Estudos e Pesquisas em Linguagem e Mídia, v.3, n.1, 2007.

BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide aparecida de Souza. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

BARTZ, Alessandra Steffens. **Memória implícita e explícita em portadores de deficiência mental por síndrome de down e outras etiologias**. 103 fls. Dissertação (Mestrado em Psicologia do Desenvolvimento), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

BORGES, Flávio. **Física do cotidiano**. Curitiba: Blanche, 2014.

BORGES, Maria Rabello Borges. **Em debate: cientificidade e educação em Ciências**. 2 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

CHIZZOTTI, Antonio. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. 5 ed. São Paulo: Cortez, 2001.

CARVALHO, Regina Pinto de Carvalho. **Física do dia a dia: 105 perguntas e respostas sobre física fora da sala de aula**. Volume 1. 3 ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2012.

COLL, César; MAURI, Teresa; ONRUBIA, Javier. A incorporação das tecnologias de informação e da comunicação na educação: do projeto técnico-pedagógico às práticas de uso IN: COLL, Cesar; MONEREO, Carles e cols. **Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação**. Porto Alegre: Artmed, 2010, cap.3, p.66-96.

COSTA, Cristina. **Educação, Imagem e Mídias**. São Paulo: Cortez, 2005.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Integração e Interdisciplinaridade no Ensino Brasileiro: Efetividade ou Ideologia**. São Paulo: Loyola, 2002.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. A aquisição de uma formação interdisciplinar de professores IN: FAZENDA, Ivani Catarina Arantes (org). **Didática e interdisciplinaridade**. Campinas: Papirus, 1998, cap. 1, 11-20.

FERNANDES, Hylio Laganá. Decodificação fotográfica e ensino de ciências IN: OLIVEIRA, Carmen Irene C. de; SOUZA, Lucia Helena Pralon de (orgs). **Imagens na educação em ciências**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2014.

FONSECA, Vitor da. **Cognição, neuropsicologia e aprendizagem: abordagem neuropsicológica e psicopedagógica**. 6 ed. Petrópolis: Vozes, 2013.

FREDERICO, Fernando Temporini. **Contribuições de recursos da informática nos processos de ensino e aprendizagem: utilização de *softwares* livres para potencializar e dinamizar o Ensino de Ciências**. 143 fls. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

FREDERICO, Fernando Temporini; GIANOTTO, Dulcinéia Ester Pagani. **Metodologia do Ensino de Ciências: contribuição da utilização de histórias em quadrinhos para ensinar física**. Nupem, v. 4, p. 199-215, 2012.

MEDEIROS, Alexandre e MEDEIROS, Cleide. **Questões epistemológicas nas iconicidades de representações visuais em livros didáticos de física**. Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências, v.1, n.1, 2001.

GAUER, Gustavo; GOMES, Willian B. **A experiência de recordar em estudos da memória autobiográfica: aspectos fenomenais e cognitivos**. Ribeirão Preto: USP, Memorandum, v. 11, 2006.

GUIMARÃES, Alberto Passos. **A pedra com alma: a fascinante história do magnetismo**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2011.

GOUVÊA, Guaracira; OLIVEIRA, Carmen Irene C.; SOUSA, Francisco G. de. Representações imagéticas da técnica e da tecnologia em livros didáticos de física. IN: OLIVEIRA, Carmen Irene C. de; SOUZA, Lucia Helena Pralon de (orgs). **Imagens na educação em ciências**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2014.

HAWKING, Stephen. **O universo numa casa de noz**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2009.

HAWKING, Stephen; MLODINOW, Leonard. **Uma nova história do tempo**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

ILLERA, José Luiz Rodríguez. Os conteúdos em ambientes virtuais: organização, códigos e formatos de representação IN: In: COLL, C., MONEREO, C. e colaboradores. **Psicologia da Educação Virtual – aprender e ensinar com as tecnologias da educação e da comunicação**. Porto Alegre: Artmed, 2010, cap. 6, p. 136-156.

JOLY, Martine. **Introdução a Análise de imagens**. Campinas: Papirus, 1996.

KHUN, Thomas Samuel. **A estrutura das revoluções científicas**. 2 ed. São Paulo: perspectiva, 1978.

LIEURY, Alain. **Memória e aproveitamento escolar**. São Paulo: Edições Loyola, 2001.

LAKATOS, Eva Maria.; MARCONI, Maria Andrade **Fundamentos da Metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LOTERO, Luiz Alejandro Andrade. **Teoría de la carga cognitiva, diseño multimídia y aprendizaje: um estado del arte**. Magis: Revista Internacional de Investigación em Educación, v.5, n.10, 2012.

LUCK, Heloisa. **Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos**. 12 ed. Petrópolis: Vozes, 1994.

MAZZOTTI, Alda. Judith Alves, GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O método nas ciências naturais e sociais – pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira, 1998.

MEYER, Philippe. **O olho e o cérebro**. São Paulo: Editora UNESP, 2002.

MOREIRA, Marco Antonio. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

NASCIMENTO, Ruben de Oliveira. **Comentários sobre as teorias da mente e psicologia de Herbart na história da psicologia da educação**. Vitória da Conquista: Aprender – Cadernos de Filosofia e Psicologia da Educação, v.1, n.1, 2003.

NEIVA JUNIOR, Eduardo. **A imagem**. São Paulo: Ática, 1986.

NUNES, Cláudia. Rede de energia IN: RELVAS, Marta Pires (org). **Que cérebro é esse que chegou à escola**. 2 ed. Rio de Janeiro: Wak editora, 2014, cap. 5, p.95-116.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. **Vygotsky – aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 1993.

PAIVIO, Allan. **Minds and Evolution: a Dual Coding Theoretical Approach**. New York: Psychology Press, 2014.

PAIVIO, Allan. **Imagery and verbal processes**. New York: Lawrence Erlbaum Associates, 1971.

PAIVIO, Allan et al. **Referential processing: correlates of naming pictures and imaging to words**. Memory and Cognition, n.17,v.2, 1989.

PAIVIO, Allan; STEEVES, R. **Relations between personal values and the imagery and meaningfulness of value words**. Perceptual and Motor Skills, n.24, 1967.

POMBO, Olga. **Interdisciplinaridade: ambições e limites**. Lisboa: Relógio D'Água, 2004.

REGO, Sheila Cristina Ribeiro. Leitura de imagens: resultados de uma oficina com licenciandos em física. IN: OLIVEIRA, Carmen Irene C. de; SOUZA, Lucia Helena Pralon de (orgs). **Imagens na educação em ciências**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2014.

RIBEIRO, Célia. Metacognição: Um apoio ao processo de aprendizagem. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, V. 16, n.1, p.109-116.

ROSSI, Maria Helena Wagner. **Imagens que falam: leitura da arte na escola**. 4 ed. Porto Alegre: Mediação, 2009.

SADOSKI, Mark; PAIVIO, Allan. **Imagery and text: A dual coding theory of reading and writing**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2001.

SANTAELLA, Lucia. **Leitura de Imagens**. São Paulo: Melhoramentos, 2012.

SANTOS, Leila Maria Araújo; TAROUÇO, Liane Margarida Rockenbach. **A importância do estudo da carga cognitiva em uma educação tecnológica**. UFRS: CINTED, v.5, n.1, 2007.

SHERPARD, Roger Newland.; METZLER, Jacqueline. **Mental rotations of three-dimensional objects**. *Science*, v.171, n.3972, 1971.

SILVA, Henrique Cesar da. **Lendo imagens no Ensino de Física: construção e realidade**. *Enseñanza de Las Ciencias*, n.extra, 2005.

SILVA, Simone Cerqueira da; ARANHA, Maria Salete Fábio. **Interação entre professora e alunos em sala de aulas com proposta pedagógica de educação inclusiva**. Marília: Ver. Bras. Ed.Inclusiva, v.11, n.3, p.373-394, 2005.

THOMPSON, Charles et al (1998). **Autobiographical memory: Theoretical and applied perspectives**. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1998.

TULVING, Endel. **Elements of episodic memory**. New York: Oxford University Press, 1983.

VASCONCELOS, Eduardo Mourão. **Complexidade e pesquisa interdisciplinar – epistemologia e metodologia operativa**. Petrópolis: Vozes, 2002.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

YASSUDA, Mônica Sanches; LASCA, Valéria Bellini and NERI, Anita Liberalesso. **Meta-memória e auto-eficácia: um estudo de validação de instrumentos de pesquisa sobre memória e envelhecimento**. *Psicol. Reflex. Crit.* 2005, vol.18, n.1, pp. 78-90.

APÊNDICES

Links dos artigos aceitos/publicados desta tese

Periódico:

REVISTA EDUCITEC – REVISTA DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE O ENSINO TECNOLÓGICO

Título:

Tecnologias educacionais, imagens e o Ensino de Ciências: Possibilidades, desafios e discussões

Link:

http://200.129.168.183/ojs_mestrado01/index.php/teste/article/view/59

Periódico:

REVISTA ARETÉ – REVISTA AMAZÔNICA DO ENSINO DE CIÊNCIAS

Título:

Contribuições da contextualização no Ensino de Ciências: uma abordagem de conceitos de ondulatória e estudo da luz no ensino médio

Link:

<http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/682>

Periódico:

REVISTA COLLOQUIUM HUMANARUM

Título:

Imagens e o Ensino de Ciências: A física e as histórias em quadrinhos

Link:

<http://www.unoeste.br/site/enepe/2015/suplementos/area/Humanarum/Educa%C3%A7%C3%A3o/IMAGENS%20E%20O%20ENSINO%20DE%20CI%C3%80NCIAS%20A%20F%C3%80SICA%20E%20AS%20HIST%C3%93RIAS%20EM%20QUADRINHOS.pdf>

Periódico:

**REVISTA ENSINO E PESQUISA – REVISTA MULTIDISCIPLINAR DE
LICENCIATURA E FORMAÇÃO DOCENTE**

Título:

**A contribuição da lousa digital e da simulação no Ensino de Ciências: uma abordagem
qualitativa**

Link:

<http://periodicos.unespar.edu.br/index.php/ensinoepesquisa/issue/view/81>

REEC – REVISTA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Título:

**Contribuições das imagens para o ensino de física numa perspectiva
da Teoria da Dupla Codificação: desafios, possibilidades e discussões**

Link:

http://reec.uvigo.es/REEC/portugues/REEC_index_po.htm

JSE – JOURNAL OF SCIENCE EDUCATION

Título:

**The role of imagery in Physics Teaching: A focus on Dual Coding Coding
Theory: A focus on Dual Coding Theory**

<http://www.accefyn.org.co/rec/portal/>



UEM – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PCM – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a
Matemática

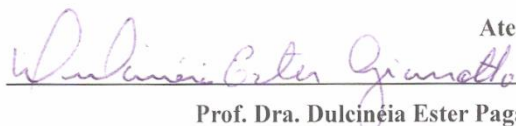
Pesquisadora Responsável: Dulcinéia Ester Pagani Gianotto

Título do projeto: A RELAÇÃO INTERDISCIPLINAR ENTRE CONTEÚDOS DA FÍSICA E BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO MEDIADA POR TECNOLOGIAS: DESAFIOS, DISCUSSÕES E POSSIBILIDADES

Ao Conselho de Ética

Em resposta ao pedido do COPEP, requerendo a autorização do local onde os dados do projeto “A RELAÇÃO INTERDISCIPLINAR ENTRE CONTEÚDOS DA FÍSICA E BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO MEDIADA POR TECNOLOGIAS: DESAFIOS, DISCUSSÕES E POSSIBILIDADES”, serão coletados (loais onde o projeto será desenvolvido), anexamos o termo de anuência do Colégio Estadual Olavo Bilac - EFM do Município de Sarandi - Pr, envolvido no projeto. Esperando ter atendido às exigências , nos colocamos à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente


Prof. Dra. Dulcinéia Ester Pagani Gianotto

TERMO DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins que estamos de acordo com a execução do projeto de pesquisa intitulado **“A RELAÇÃO INTERDISCIPLINAR ENTRE CONTEÚDOS DA FÍSICA E BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO MEDIADA POR TECNOLOGIAS: DESAFIOS, DISCUSSÕES E POSSIBILIDADES”**, sob a coordenação da Profa. Dulcinéia Ester Pagani Gianotto do Departamento de Biologia da UEM e do PCM – Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, que tem como objetivo investigar como algumas tecnologias e as imagens que as mesmas podem ilustrar podem contribuir para a construção de conhecimentos relacionados à física e à biologia de forma interdisciplinar, com aproximadamente 30 alunos de uma turma do segundo ano do ensino médio nesta instituição.

Sarandi, 26 de maio de 2014.


Celia Alves Pereira
RG: 8.857.859-1 RES. 6012/2011
D.O.E. DE 28/12/2011
DIRETORA AUXILIAR

Diretor do Colégio Estadual Olavo Bilac – EFM de Sarandi - Pr



UEM – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PCM – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a
Matemática

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA MENORES

Gostaríamos de solicitar sua autorização para a participação de seu filho (a) na pesquisa intitulada: **A RELAÇÃO INTERDISCIPLINAR ENTRE CONTEÚDOS DA FÍSICA E BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO MEDIADA POR TECNOLOGIAS: DESAFIOS, DISCUSSÕES E POSSIBILIDADES**, que faz parte do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática e é orientada pela professora Dr^a Dulcinéia Ester Pagani Gianotto da Universidade Estadual de Maringá. O objetivo da pesquisa é investigar como algumas tecnologias e as imagens que as mesmas podem ilustrar podem contribuir para a construção de conhecimentos relacionados à física e à biologia de forma interdisciplinar. Para isto a participação de seu filho (a) é muito importante, e ela se daria da seguinte forma: Irá juntamente com os outros alunos da classe assistir aulas com a utilização de recursos tecnológicos disponíveis na escola, tais como: *datashow*, *TV pendrive*, lousa digital, computadores, irá ainda, realizar simulações no computador com programas de informática, assim como experimentos no laboratório de física e, posteriormente será entrevistado e responderá a questionários.

Informamos que poderão ocorrer, o que poderá acarretar em RISCOS, como o do constrangimento. Esses riscos (CONSTRANGIMENTO) poderão acontecer em tais situações:

- I - Não saber manipular tecnologias que serão utilizadas no decorrer das ações, tais como: Computador, máquina fotográfica; internet;
- II - Não conseguir manusear materiais para confecção de simuladores experimentais;
- III – Não saber responder alguma (s) questão (ões) dos questionários;
- IV – Sentir-se envergonhado (a) caso seja entrevistado (a).

Gostaríamos de esclarecer que a participação de seu filho(a) é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a autorizar tal participação, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa ou à de seu filho(a). **Informamos ainda que os dados serão utilizados somente para os fins desta pesquisa, e serão tratados com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a identidade, sua e a de seu (sua) filho(a), sendo armazenados em local privado, que apenas o pesquisador terá acesso. Os mesmos serão descartados (incinerados) pelo pesquisador após o período de 5 (cinco) anos.**

Os benefícios esperados são difundir e promover uma maior utilização de Tecnologias disponíveis na escola e que podem ser utilizadas em favor do Ensino de Ciências.

Caso você tenha mais dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos, pode nos contatar nos endereços a seguir ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da UEM, cujo endereço consta deste documento.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida e assinada entregue a você.

Além da assinatura nos campos específicos pelo pesquisador e por você, solicitamos que sejam rubricadas todas as folhas deste documento. Isto deve ser feito por ambos (pelo pesquisador e por você, como indivíduo ou responsável pelo sujeito de pesquisa) de tal forma a garantir o acesso ao documento completo.

Eu _____ (NOME DO PAI OU RESPONSÁVE PELO MENOR) declaro que fui devidamente esclarecido e concordo que meu filho (a) poderá participar VOLUNTARIAMENTE da pesquisa coordenada pelo Professor Fernando Temporini Frederico.

_____ Data:
Assinatura ou impressão datiloscópica

Campo para assentimento do sujeito menor de pesquisa (para crianças escolares e adolescentes com capacidade de leitura e compreensão):

Eu, _____ (NOME DO ESTUDANTE QUE PARTICIPARÁ DAS PESQUISA) declaro que recebi todas as explicações sobre esta pesquisa e concordo em participar da mesma, desde que meu pai/mãe (responsável) concorde com esta participação.

_____ Data:
Assinatura ou impressão datiloscópica

Eu, FERNANDO TEMPORINI FREDERICO declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto de pesquisa supra-nominado.

_____ Data:
Assinatura do pesquisador

Qualquer dúvida com relação à pesquisa poderá ser esclarecida com o pesquisador, conforme o endereço abaixo:

Nome: Fernando Temporini Frederico

Endereço: Avenida Tuiuti, 2270

Apto 01 – Jardim Pinheiros - Maringá - Pr

(telefone/e-mail): (44) 9809-9626 – ftfrederico@gmail.com

Qualquer dúvida com relação aos aspectos éticos da pesquisa poderá ser esclarecida com o Comitê Permanente de Ética em Pesquisa (COPEP) envolvendo Seres Humanos da UEM, no endereço abaixo:

COPEP/UEM

Universidade Estadual de Maringá.

Av. Colombo, 5790. Campus Sede da UEM.

Bloco da Biblioteca Central (BCE) da UEM.

CEP 87020-900. Maringá-Pr. Tel: (44) 3261-4444

E-mail: copep@uem.br



UEM – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PCM – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a
Matemática

PESQUISADOR: FERNANDO TEMPORINI FREDERICO

QUESTIONÁRIO I

IDENTIFICAÇÃO: _____ DATA: _____

- 1) Qual é sua idade?
- 2) Há quantos anos você tem contato/usa um computador?
 Menos de 1 ano
 De 1 a 2 anos
 De 2 a 4 anos
 De 4 a 6 anos
 Mais de 6 anos
 Outra:
- 3) Você possui telefone celular?
 Sim. Há quanto tempo? _____
 Não
- 4) Você tem o hábito de jogar/utilizar jogos no computador ou celular?
 Não
 Sim, de 1 a 5 vezes por semana
 Sim, de 5 a 10 vezes por semana
 Sim, mais de 10 vezes por semana
 Outra:
- 5) Para realização de atividades escolares é comum a leitura de textos. Neste sentido você prefere:
 Textos sem imagens
 Textos com poucas imagens
 Textos com número médio de imagens
 Texto bem ilustrado
- 6) E, quando você lê algum texto, por exemplo, você prefere:
 Ler no celular
 Ler no *Tablet*
 Ler no computador
 Ler impresso
 Outro:
- 7) Você tem o hábito de assistir documentários pela TV?
 Não
 Sim, pelo menos 1 vez ao mês
 Sim, de 2 a 5 vezes no mês
 Sim, mais de 5 vezes ao mês
 Outra:



UEM – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PCM – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a
Matemática

PESQUISADOR: FERNANDO TEMPORINI FREDERICO
QUESTIONÁRIO II

IDENTIFICAÇÃO: _____ DATA: _____

- 1) A Física resumidamente pode ser definida como a Ciência que estuda a natureza. Em sua opinião, qual (is) outra (s) disciplina (s) você acredita ser possível identificar/relacionar “alguns aspectos” que seja (m) comum (s) à disciplina de Física? Justifique sua resposta:

- 2) Você acha ser possível estabelecer relações de conhecimentos entre as disciplinas de Biologia e Física ? Se sim, tente descrever tais conhecimentos:

- 3) Em sua opinião qual (s) o (s) principal (is) aspecto (s) que lhe remete a disciplina de Física:
 A maioria - aspectos Matemáticos
 A maioria – aspectos Teóricos
 Tanto Aspectos Teóricos quanto Matemáticos
 Aspectos Interdisciplinares – Com qual (is) disciplina (s):
 Outro: _____

- 4) Durante as aulas, você e seus colegas serão filmados. Quanto à essa questão, assinale a alternativa que mais lhe enquadra quanto ao seu “comportamento”:
 afetar muito meu comportamento
 afetar razoavelmente meu comportamento
 afetar pouco meu comportamento
 não afetar meu comportamento
 outro: _____

APÊNDICE B



UEM – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PCM – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a
Matemática

PESQUISADOR: FERNANDO TEMPORINI FREDERICO
QUESTIONÁRIO VI

IDENTIFICAÇÃO: _____ **DATA:** _____

- 1) Ao chegar no final da sequência didática, gostaria que você respondesse uma das perguntas iniciais apresentadas no início de nossos trabalhos: *“A Física resumidamente pode ser definida como a Ciência que estuda a natureza. Em sua opinião, qual (is) outra (s) disciplina (s) você acredita ser possível identificar/relacionar “alguns aspectos” que seja (m) comum (s) à disciplina de Física? Justifique sua resposta:”*

- 2) Usando suas palavras, descreva de forma resumida sua opinião à respeito da (sequência didática) abordando ondulatória e óptica da visão trabalhada por nós?

COLÉGIO ESTADUAL
AValiação de Ondulatória e Óptica I

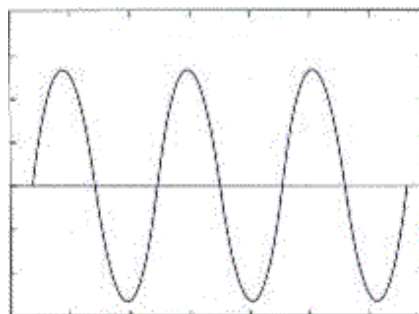
1) Considere as informações abaixo, colocando V se julgar verdadeira e F caso julgue Falsa.

- O som é uma onda eletromagnética.
- Uma onda sonora pode transportar energia e matéria.
- Ondas transportam energia e não matéria.
- Onda Longitudinal é aquela em que o sentido de vibração de partículas é perpendicular ao de propagação da onda.
- A unidade de medida de frequência no SI é Hertz.
- Onda Transversal é aquela em que o sentido de vibração de partículas é mesmo de propagação da onda.
- A distância entre uma crista ou um vale consecutivos pode ser considerado como comprimento de onda.
- O luz Solar é uma onda mecânica.
- Uma onda eletromagnética é capaz de se propagar no vácuo.
- A luz pode apresentar duas identidades dependendo de como interage com a matéria, fenômeno conhecido como dualidade da luz (onda partícula).
- O Tímpano é uma espécie de membrana que vibra ao receber perturbações sonoras.
- A cóclea, um dos órgão responsáveis pela nossa audição e está localizada na orelha externa.
- Martelo, estribo e machado são os três pequenos ossos localizados na orelha média.
- Nossa audição é um fenômeno complexo, que envolve a estimulação cerebral.
- Infrassons são ondas nas quais as frequências são superiores a 20.000 Hz
- Ultrassons são ondas nas quais as frequências são inferiores a 20 Hz.
- A audição humana, geralmente é capaz de detectar sons entre 20 a 20.000 Hz.
- Nossa fala esta associada, dentre outros fatores, a vibração de pregas vocais.
- No processo de constituição da fala, os pulmões funcionam como uma fonte de ar.
- Luz é uma fração do espectro eletromagnético que é sensível à visão humana.
- Cones e bastonetes são fotorreceptores responsáveis por enxergarmos colorido e definir formas.
- As cores que os objetos apresentam dependem das cores das luzes por eles refletem difusamente.
- Um corpo é denominado branco quando ao ser iluminado pela luz solar reflete difusamente todas as componentes.
- Um corpo que ao contrário, não reflete nenhuma componente e absorve todas, é um corpo negro.
- A luz emitida pelo sol é monocromática.
- Quanto mais agudo um som, menor é sua frequência sonora.
- Uma onda, ao passar de um meio para outro, pode alterar sua velocidade, mas, sua frequência não muda.
- Algumas espécies de morcego usam o Efeito Doppler para localização de presas e objetos.
- Para correção da Miopia, recomenda-se uma lente divergente e para hipermetropia, uma lente convergente.
- As cores mais evidentes quando ocorre a decomposição da Luz (num arco-íris, por exemplo) são: Vermelho, Alaranjado, Amarelo, Verde, Azul, Anil e Violeta.

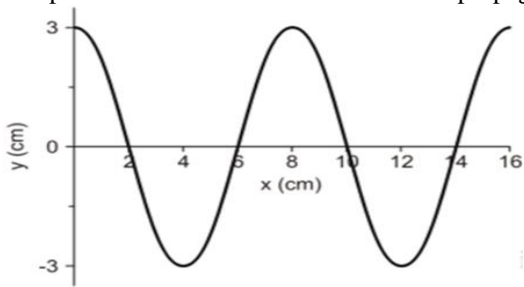
2) Imagine que você esteja em um barco ancorado, percebendo que a cada 4s passa 1 crista. Supondo que você tenha verificado que a distância entre s cristas consecutivas sejam de 8m. Qual é a velocidade de propagação dessas ondas?

3) Observe a figura que representa uma onda periódica:
Sabendo também, que neste modelo, ocorrem 200 oscilações (ciclo completo) a cada 5s. Observando os dados fornecidos pelo gráfico determine:

- a) A Amplitude
- b) O comprimento de Onda
- c) A frequência
- d) A velocidade de propagação

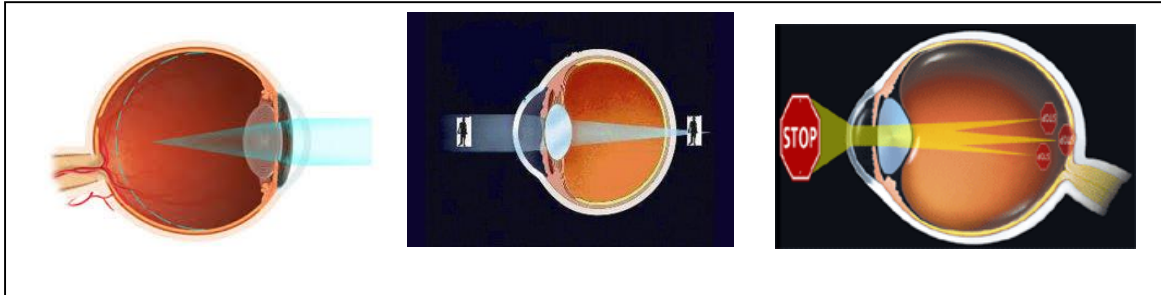


4) A figura mostra uma onda que se propaga ao longo de uma corda com frequência de 40Hz. Qual seu comprimento de onda e sua velocidade de propagação?

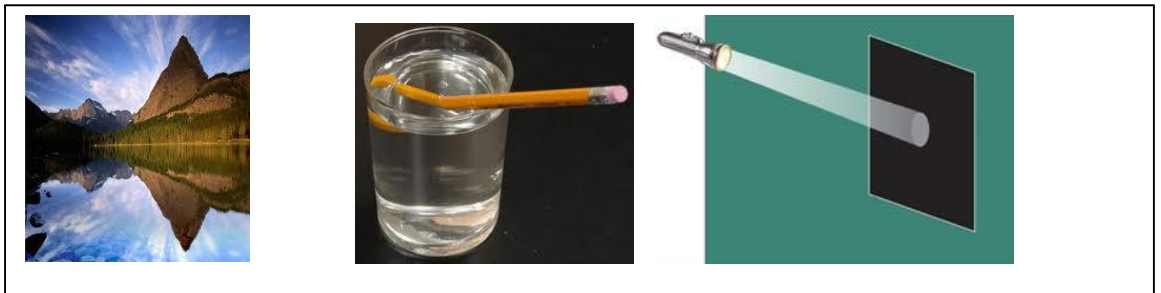


5) Nas sentenças abaixo, faça a correspondência das imagens com seus possíveis correspondentes conceitos/fenômenos, procurando justificá-los.

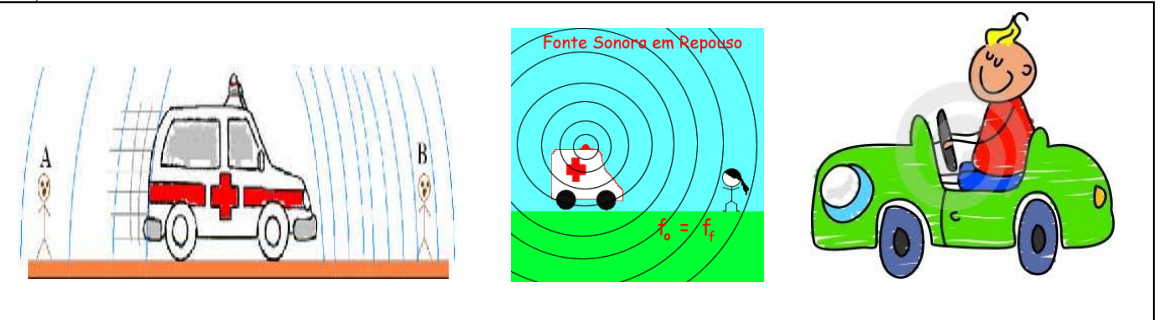
I) MIOPIA



II) REFRAÇÃO DA LUZ



III) EFEITO DOPPLER



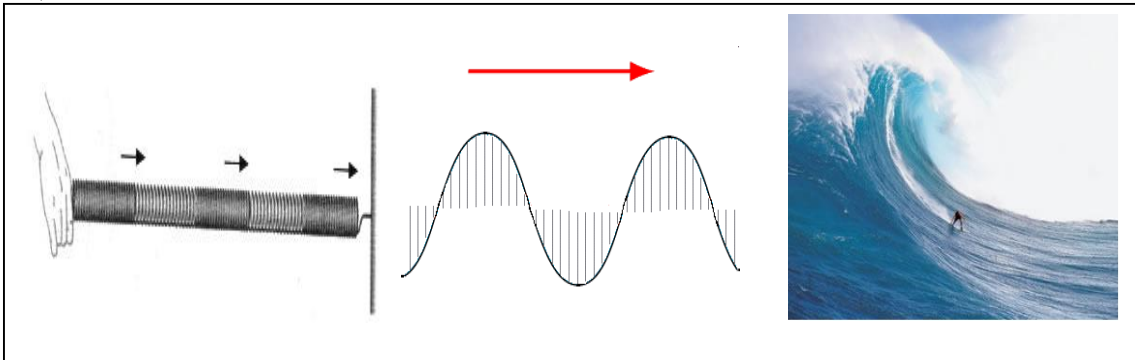
IV) DECOMPOSIÇÃO DA LUZ



V) ONDA ELETROMAGNÉTICA



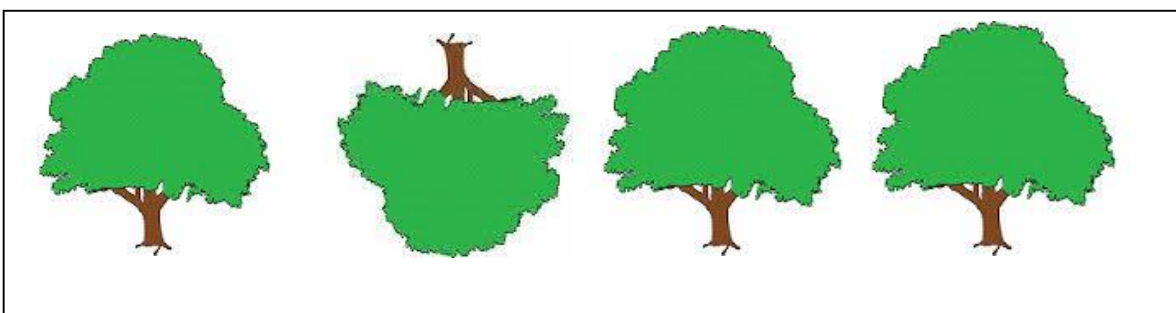
VI) ONDA TRANSVERSAL



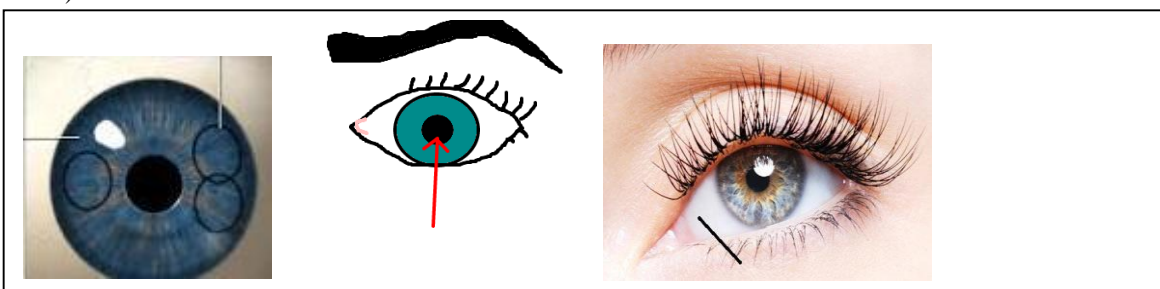
VII) FONTES PRIMÁRIAS DE LUZ



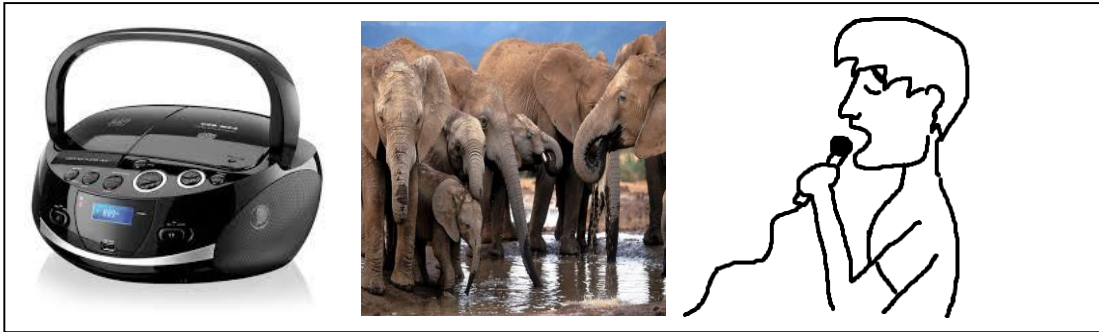
VIII) FORMAÇÃO DE IMAGEM NA RETINA



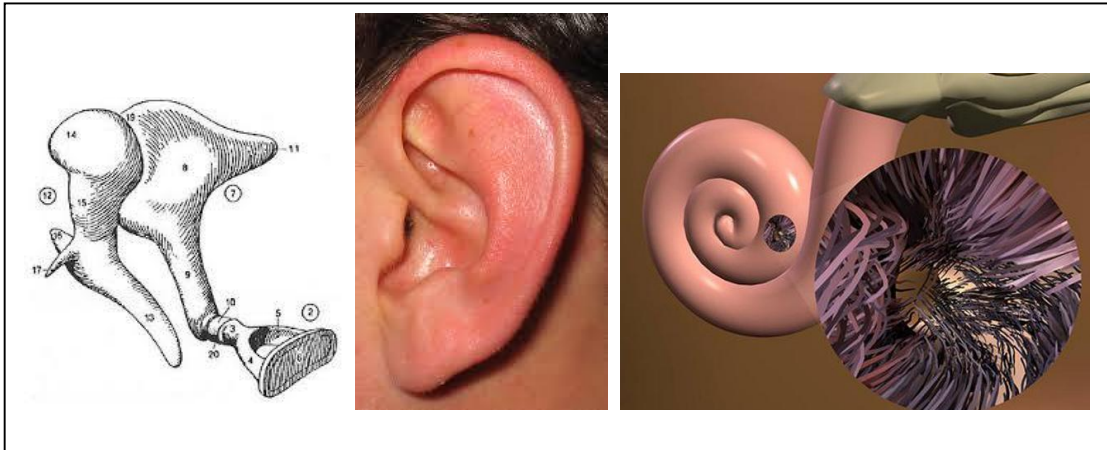
IX) REGULA ENTRADA DE LUZ NOS OLHOS



X) INFRASSON



XI) OUVIDO INTERNO



“O senhor é meu pastor, nada me faltará...”

APÊNDICE G

ANEXOS

IMAGENS UTILIZADAS



1



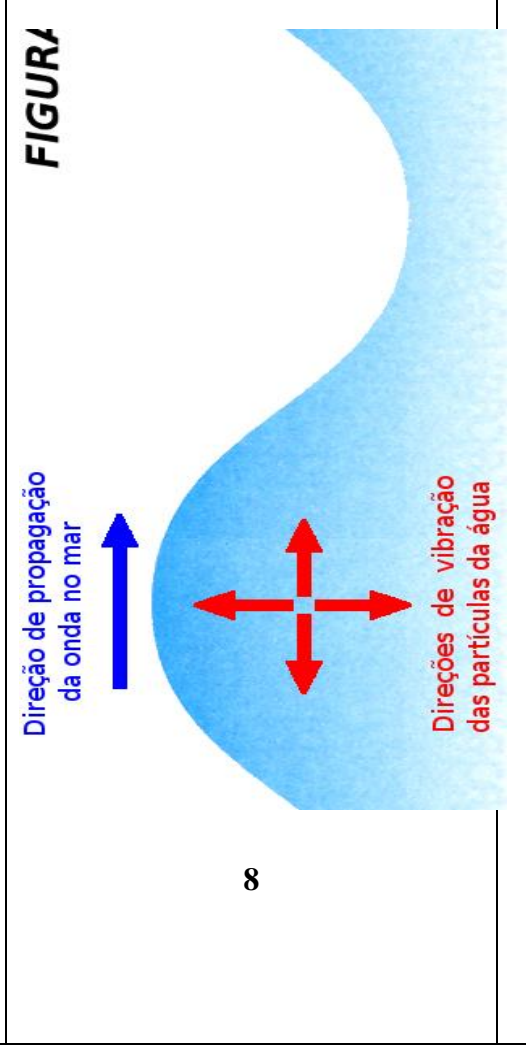
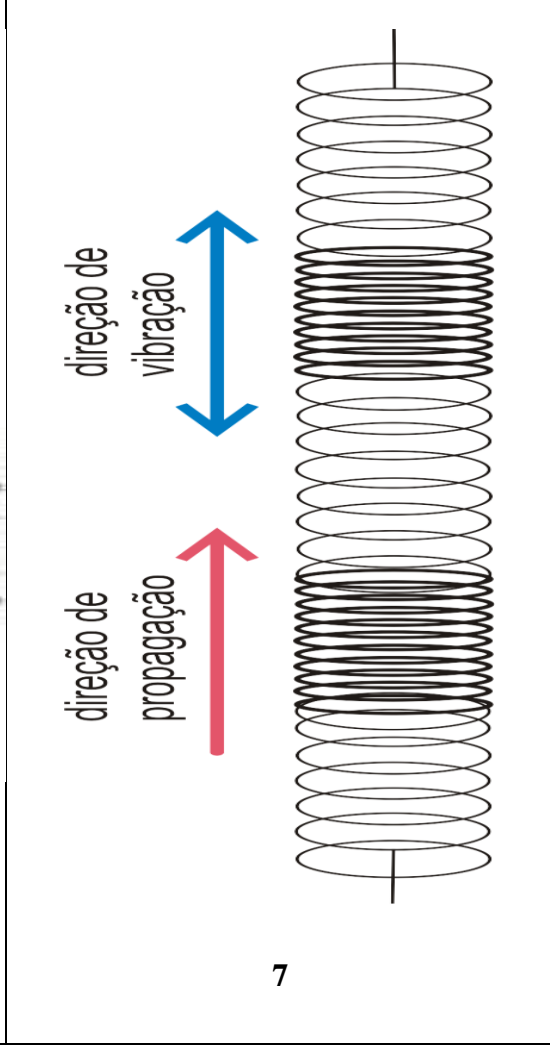
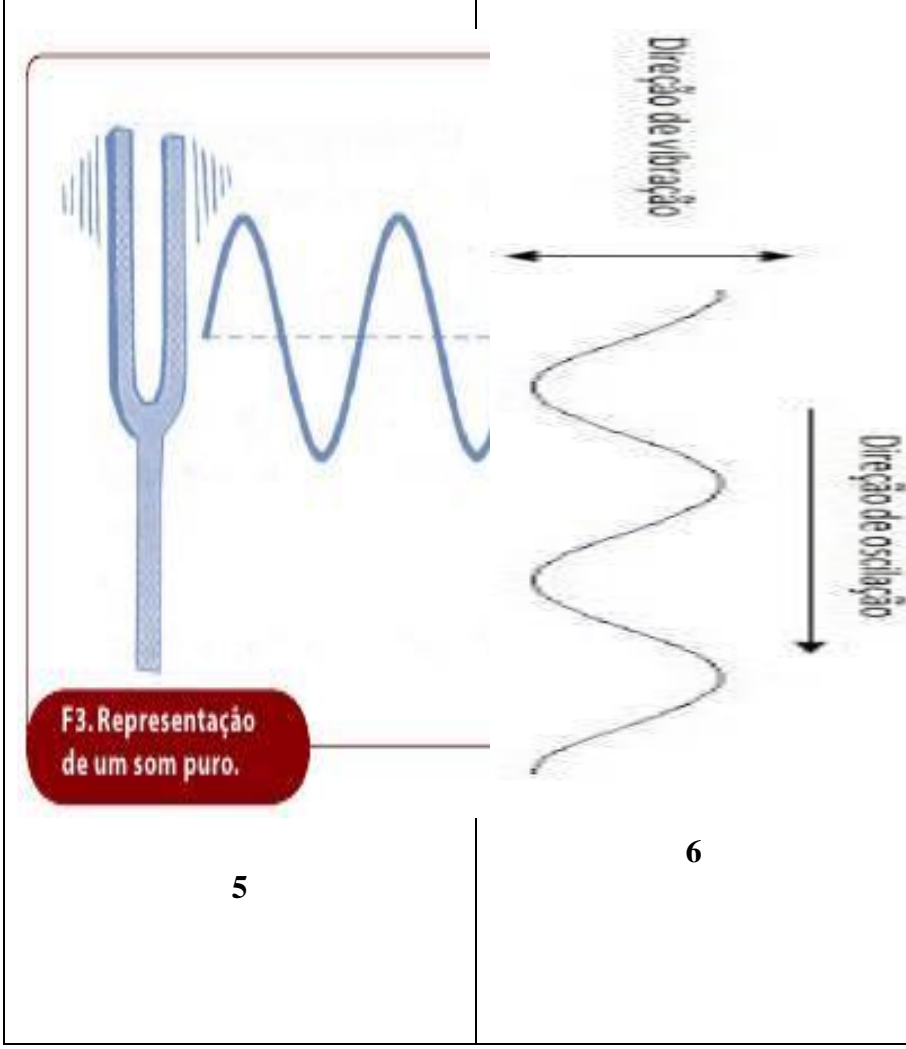
2

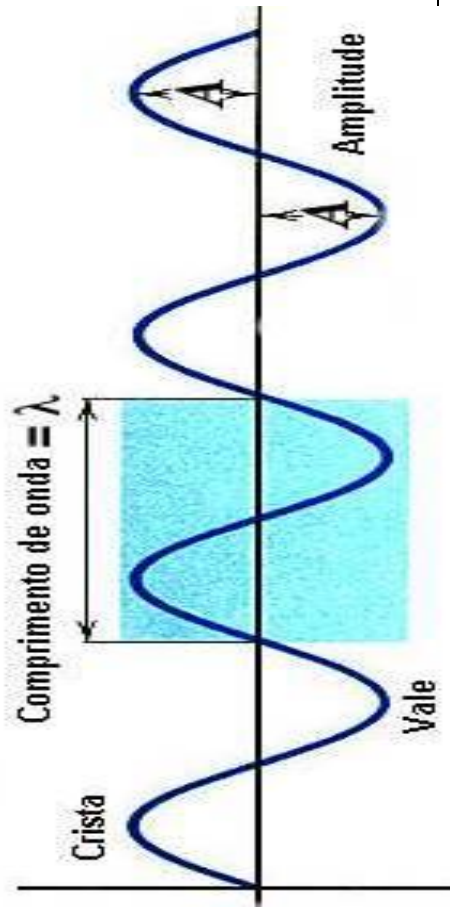


3



4





9



10



11



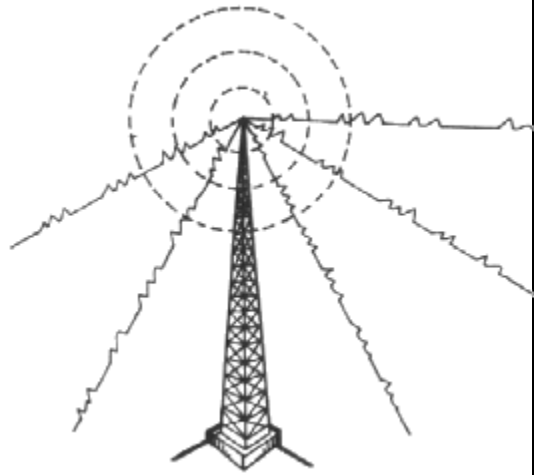
12



13



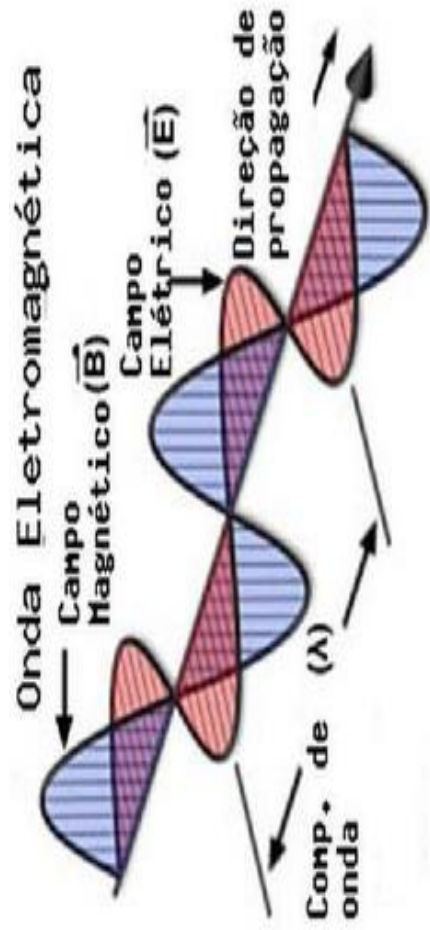
14



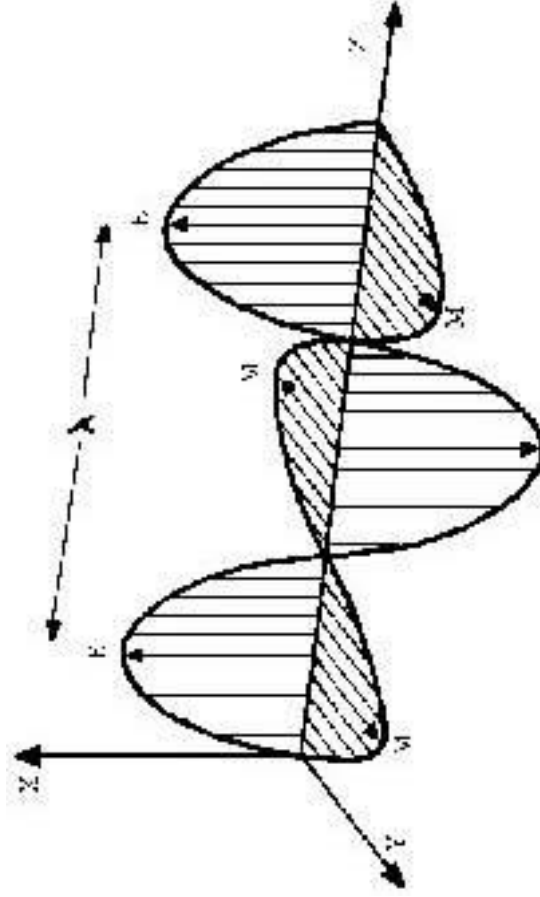
15



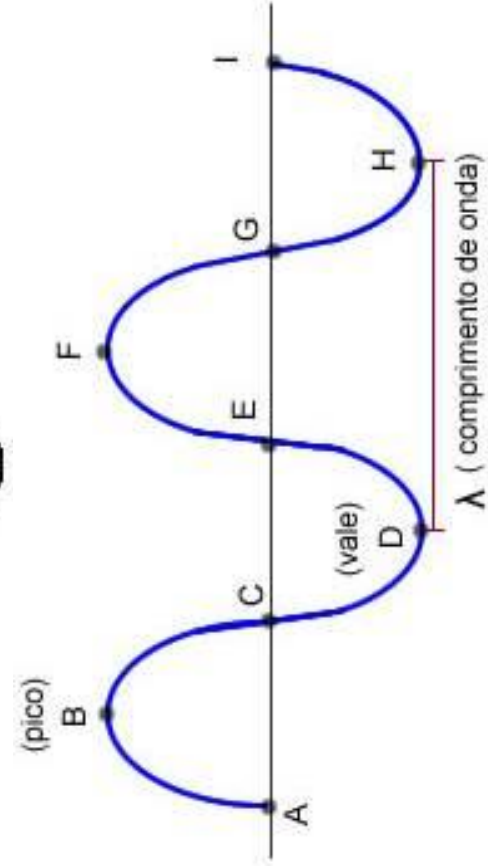
16



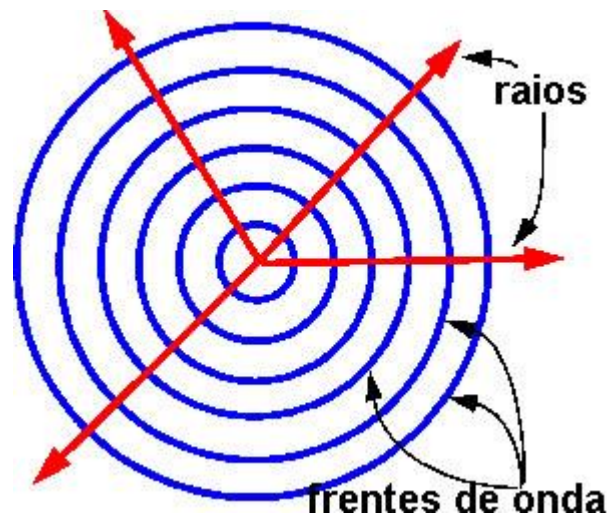
17



18



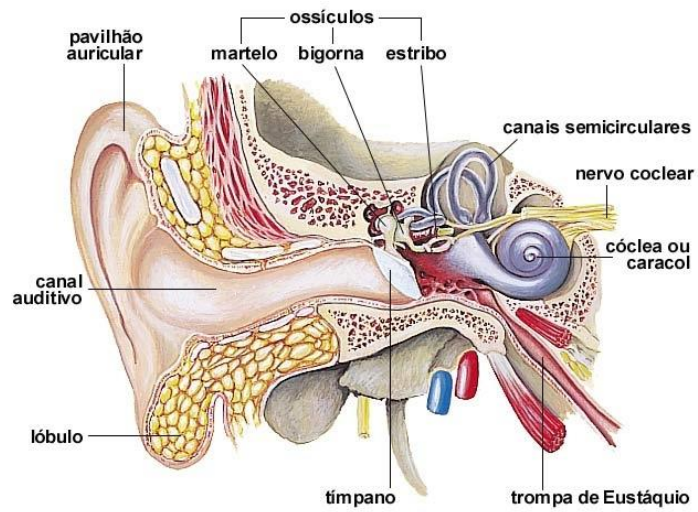
19



20

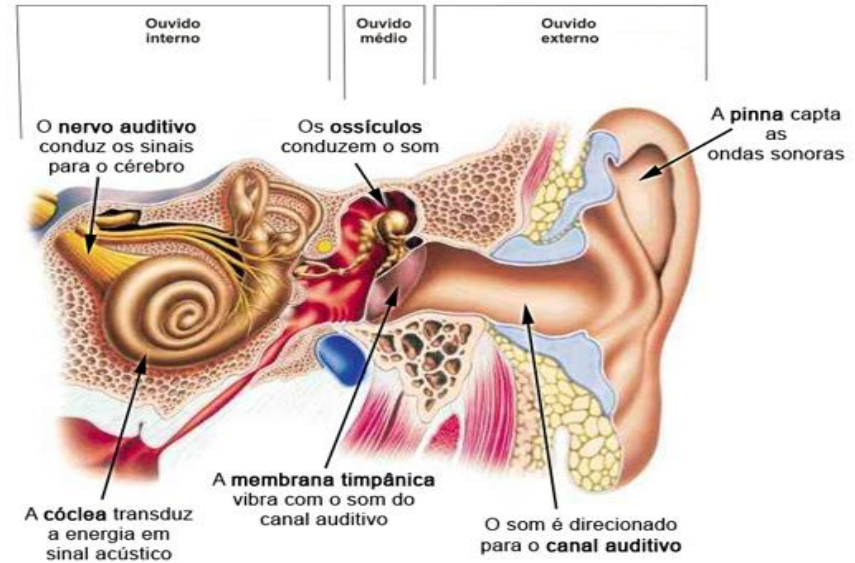


21



22

O ouvido humano



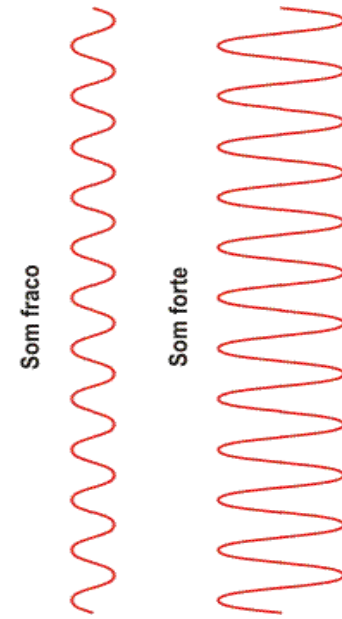
23



24

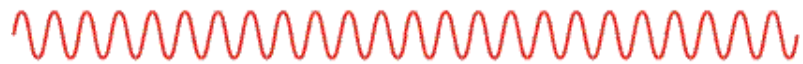


25



26

Som agudo de frequência f_1

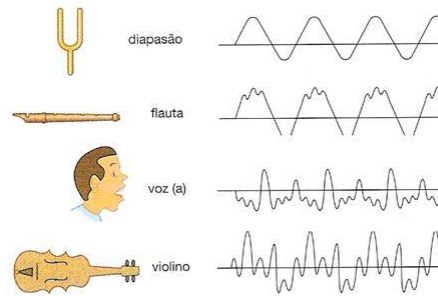


Som grave de frequência f_2



$$f_1 > f_2$$

27



28

Vias aéreas superiores

Cavidade nasal

Faringe

Laringe

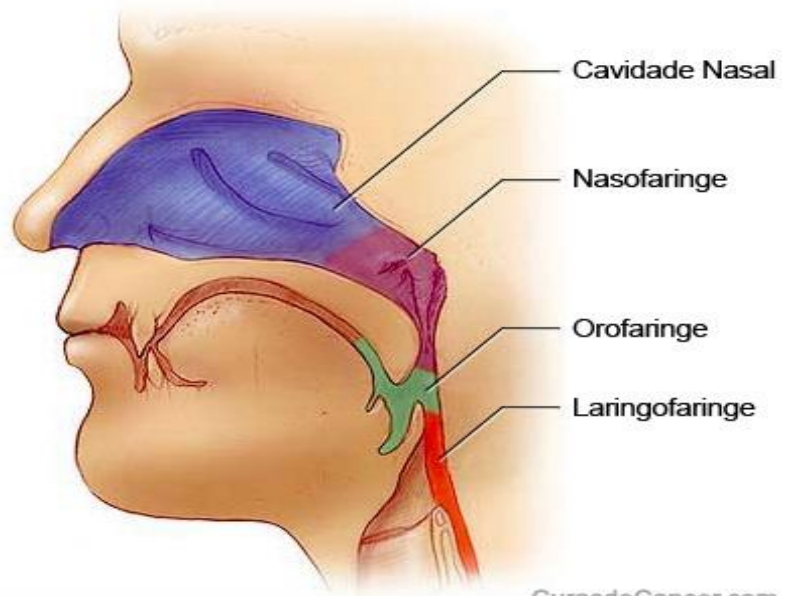
Vias aéreas inferiores

Traquéia

Brônquio principal

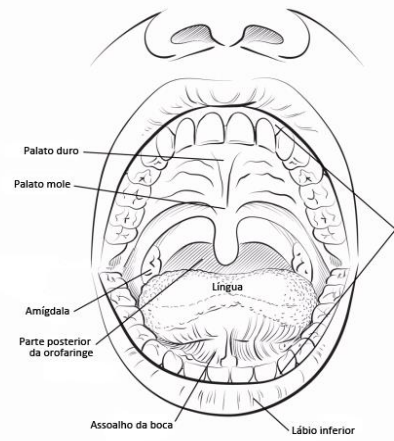
Pulmão

29



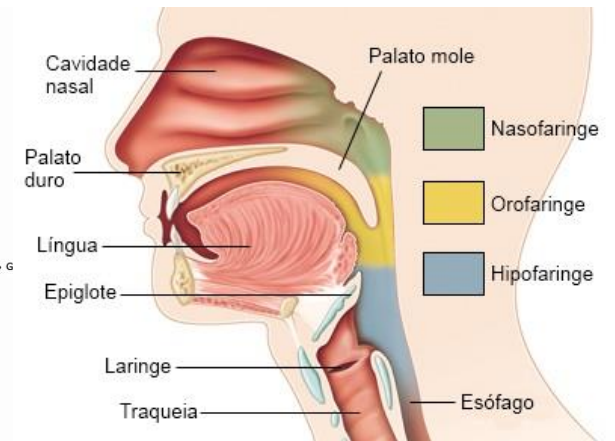
30

CurasdoCancer.com

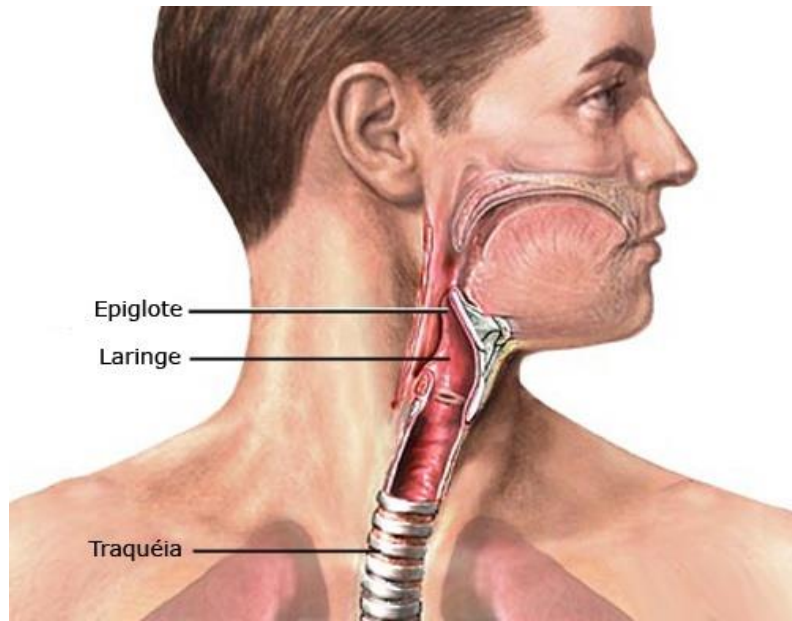


31

American Can



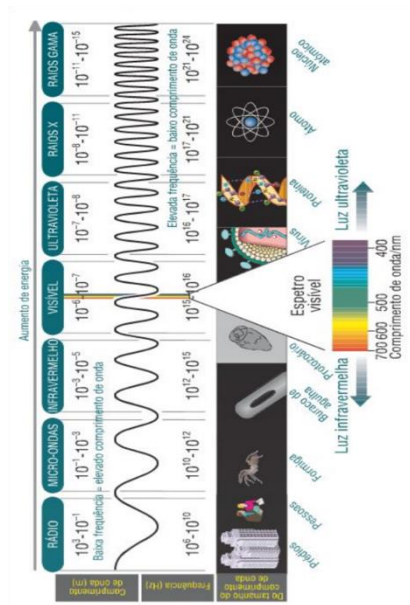
32



33



34



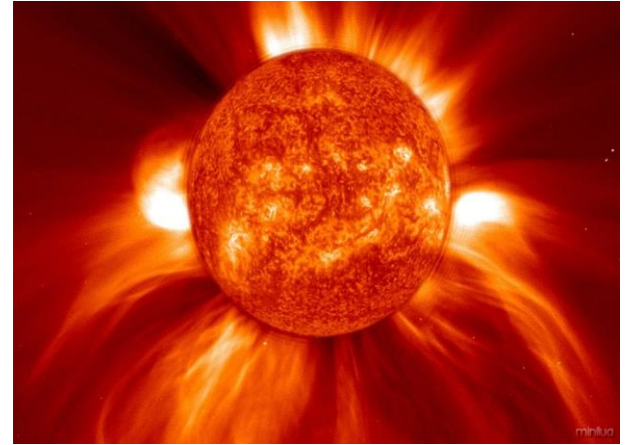
35



36



37



38



39



40



41



42



43



44



45



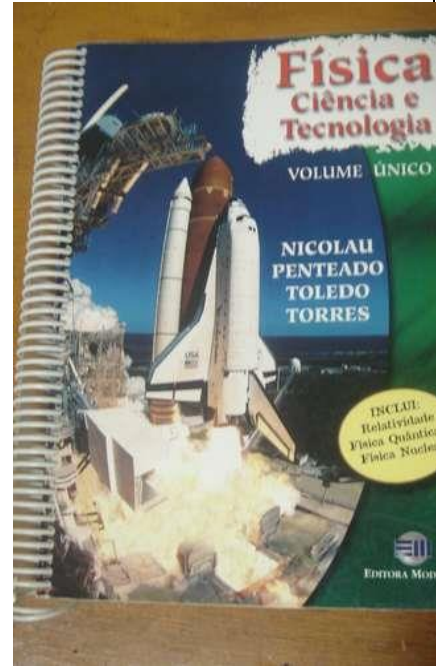
46



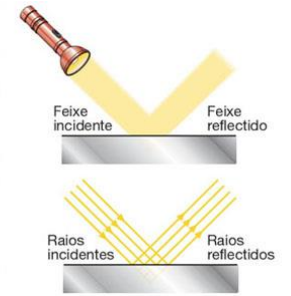
47



48

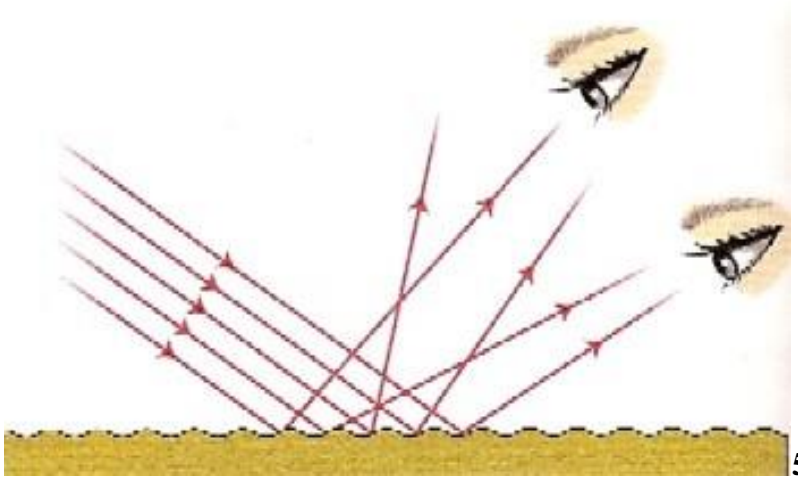


49

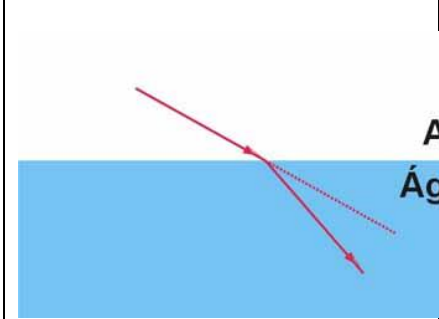


50

REFLEXÃO DIFUSA



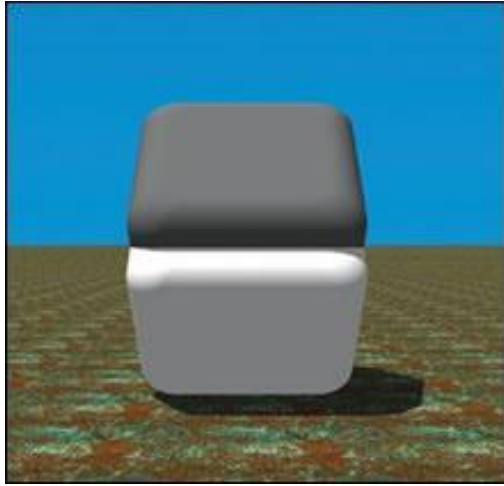
51



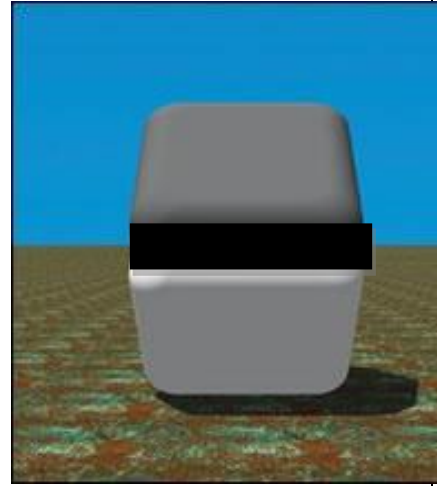
52



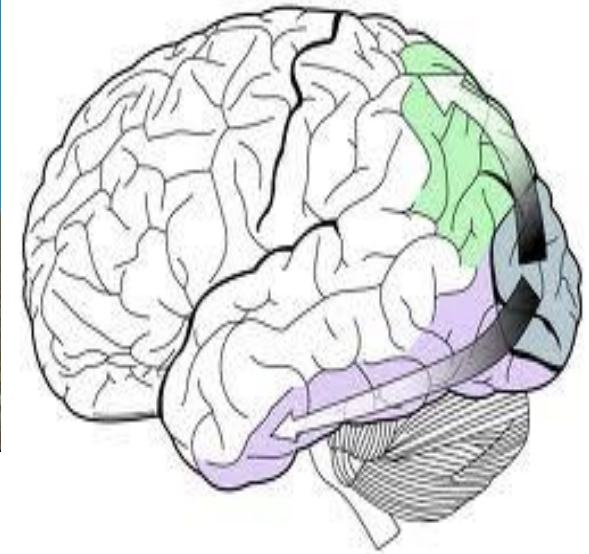
53



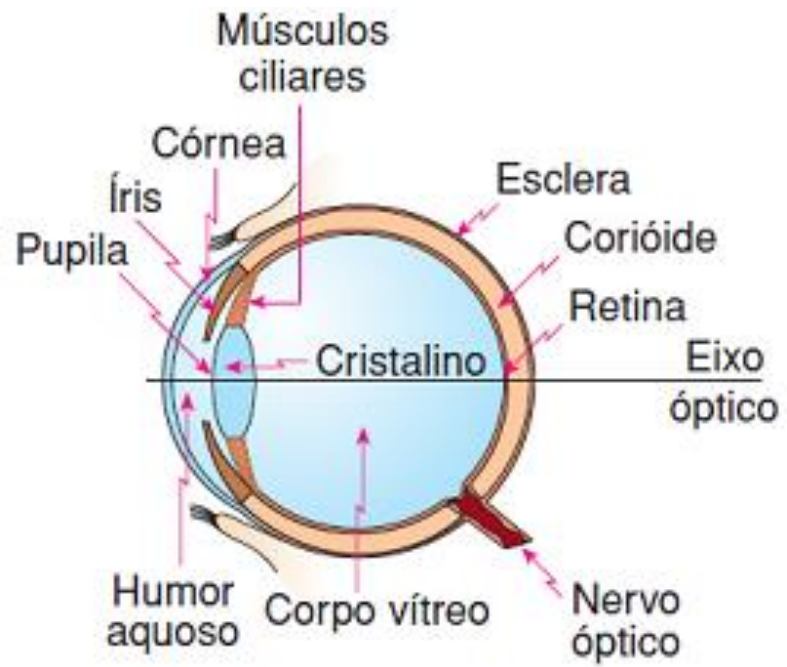
54



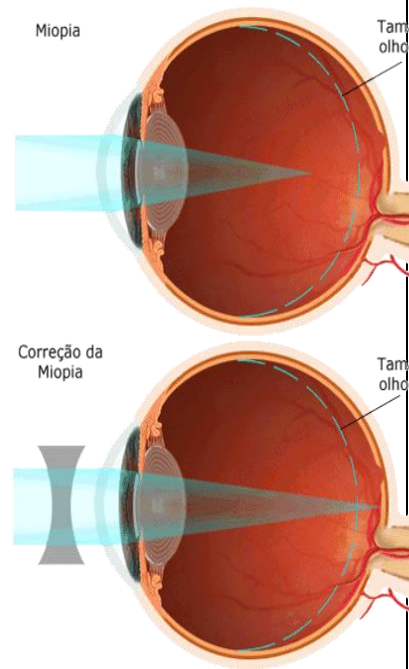
55



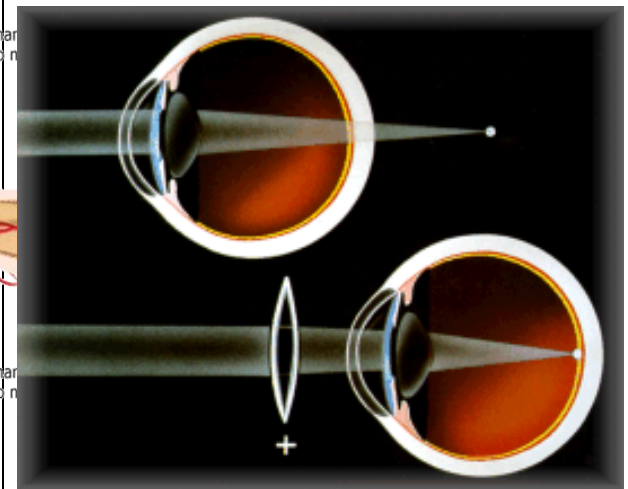
56



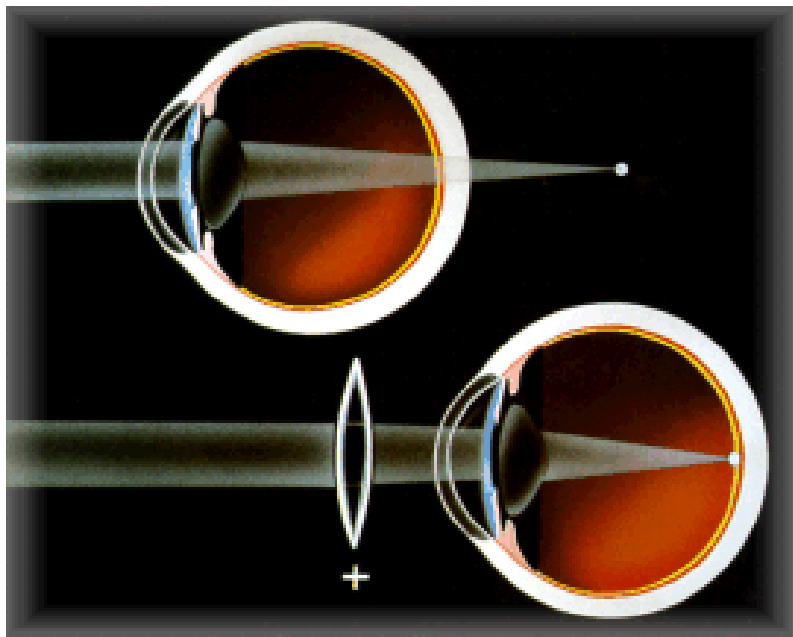
57



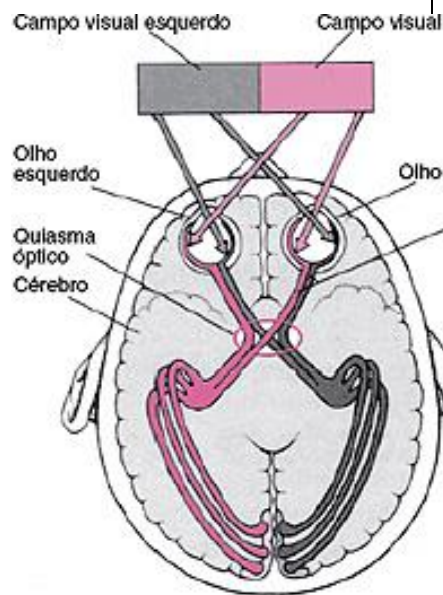
58



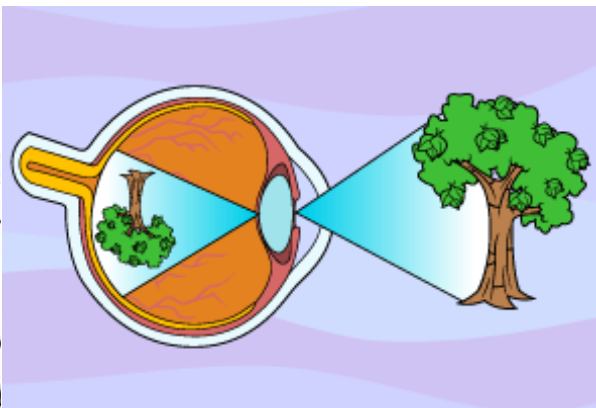
59



60



61



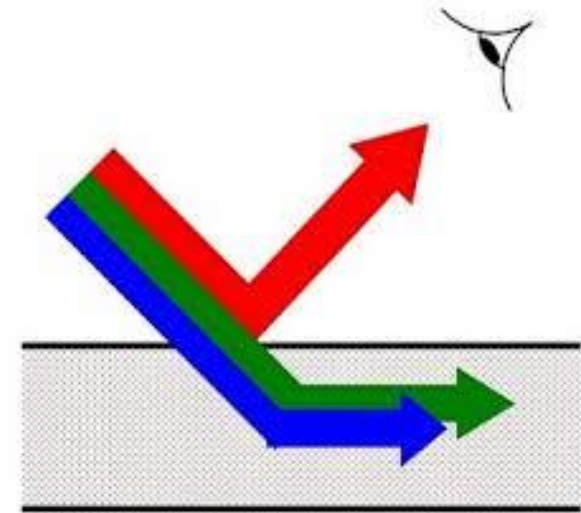
62



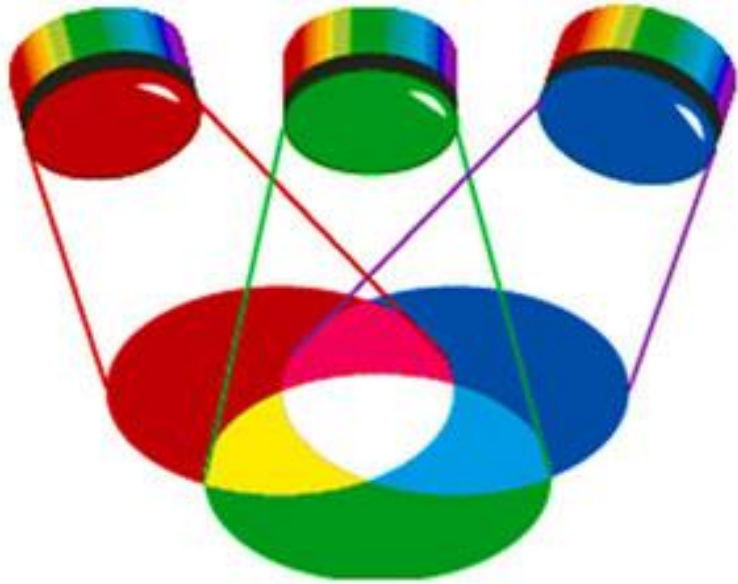
63



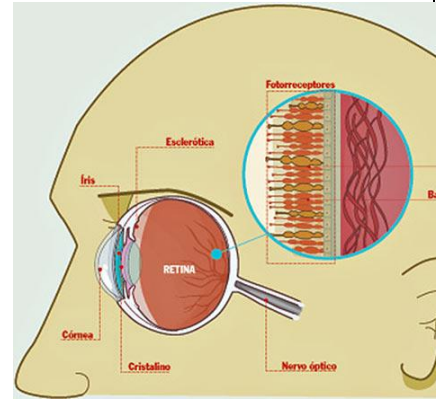
64



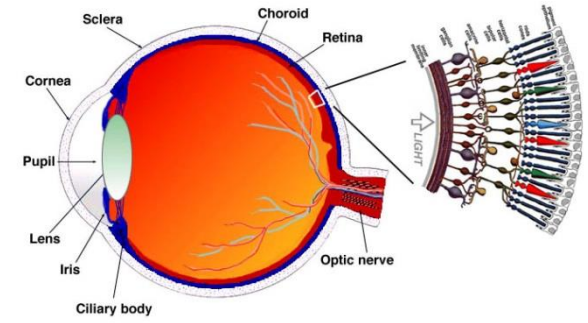
65



66



67



68

VÍDEOS UTILIZADOS

1: Vendaval em Londrina	<u>https://www.youtube.com/watch?v=opXHLxBOLLY</u>
2: Onda de choque	<u>https://www.youtube.com/watch?v=Qp6Ac_aIQ2A</u>
3: Noções de ondas mecânicas	<u>https://www.youtube.com/watch?v=f66q22Gbr9E</u>
4: Uma viagem dentro do ouvido humano	<u>https://www.youtube.com/watch?v=13qHCz4dAfU</u>
5: Infrassons	<u>https://www.youtube.com/watch?v=Ub6mjEXBwAc</u>
6: Como funciona um sonar	<u>https://www.youtube.com/watch?v=yx2fhX0v4j0</u>
7: Que é um sonar	<u>https://www.youtube.com/watch?v=xdxjRaf6Xhw</u>
8: Tsunami Indonésia 2004	<u>https://www.youtube.com/watch?v=fjdpIBmYmbo</u>
9: Tsunami Detection System	<u>https://www.youtube.com/watch?v=cW3I23_Uesw</u>
10: DART® Tsunami Detection Buoy	<u>https://www.youtube.com/watch?v=2mKbFORiDzg</u>
11: Audição Humana	<u>https://www.youtube.com/watch?v=7yQ4xiQusIE</u>
12: Efeito Doppler	<u>https://www.youtube.com/watch?v=p8j50LPaUUc</u>
13: Efeito Doppler Legendado	<u>https://www.youtube.com/watch?v=DVoVQWW6DWQ</u>
14: Aparato fonador, ressonador y diafragma humano	<u>https://www.youtube.com/watch?v=p8j50LPaUUc</u>
15: Pregas Vocais	<u>https://www.youtube.com/watch?v=JgBM78h80Hg</u>
16: Efeitos do gás hélio	<u>https://www.youtube.com/watch?v=CVNI6r1c0bg</u>
17: Ronco	<u>https://www.youtube.com/watch?v=z0RuVxnTdP0</u>
18: Perspectiva 1	<u>https://www.youtube.com/watch?v=9V7Alps4cXY</u>
19: Perspectiva 2	<u>https://www.youtube.com/watch?v=dqgsDOEjDqA</u>
20: A visão humana	<u>https://www.youtube.com/watch?v=YaQ0-7m_AZo</u>

HISTÓRIAS EM QUADRINHOS UTILIZADAS

HQ 1- Onda Mecânica



HQ 2 – Onda Sonora

