

RODRIGO CLAUDINO DIOGO

**A APRENDIZAGEM DE ONDAS SONORAS SOB A
ÓTICA DE DESAFIOS EM UM AMBIENTE VIRTUAL
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
CAMPO GRANDE/MS
2008**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Coordenadoria de Biblioteca Central – UFMS, Campo Grande, MS, Brasil)

D591a Diogo, Rodrigo Claudino.
A aprendizagem de ondas sonoras sob a ótica de desafios em um ambiente virtual potencialmente significativo / Rodrigo Claudino Diogo. -- Campo Grande, MS, 2008.
297 f. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Shirley Takeco Gobara.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Centro de Ciências Humanas e Sociais.

1. Física – Estudo e ensino (Ensino Médio). 2. Ondas sonoras – Estudo e ensino (Ensino Médio). 3. Ensino auxiliado por computador. I. Gobara, Shirley Takeco. II. Título.

CDD (22) – 530.07

RODRIGO CLAUDINO DIOGO

**A APRENDIZAGEM DE ONDAS SONORAS SOB A
ÓTICA DE DESAFIOS EM UM AMBIENTE VIRTUAL
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO.**

Dissertação apresentada como exigência final
para obtenção do grau de Mestre em Educação à
Comissão Julgadora da Universidade Federal de
Mato Grosso do Sul sob a orientação da
Professora Dr. ^a Shirley Takeco Gobara.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
CAMPO GRANDE/MS
2008**

COMISSÃO JULGADORA:

Prof^a. Dr.^a Shirley Takeco Gobara

Prof. Dr. José André Peres Angotti

Prof. Dr. Luiz Carlos Pais

Prof. Dr. José Luiz Magalhães de Freitas

*Para a estrela que ilumina o meu viver...
Minha amada esposa
Raquel*

AGRADECIMENTOS

Agradecer a todos que contribuíram para a elaboração deste trabalho é uma missão impossível. Considero que todas as pessoas com quem convivi ou mantive contato durante os anos de 2006 e 2007 me ajudaram nesta caminhada e não seria recomendável – nem mesmo agradável, que a seção de agradecimentos possuísse um número de páginas maior do que o texto da dissertação.

Seja nas discussões em sala de aula, nas reuniões do grupo de pesquisa, nas conversas via Internet, na realização da pesquisa de campo e, até mesmo nos raros momentos de descontração, sempre houve quem incentivasse, trocasse idéias e fizesse críticas que, de alguma forma, se fazem aqui presentes. Existiram também, aqueles que ao invés de contribuições, manifestaram suas dúvidas e seu pessimismo quanto à concretização deste trabalho de pesquisa. A estes também manifesto o meu agradecimento, pois alimentaram ainda mais o meu desejo de superar todos os obstáculos e vencer este desafio que me propus a enfrentar.

Apesar da abrangência de minha gratidão, gostaria de registrar alguns agradecimentos específicos...

À Deus, por ser o princípio, o meio e o fim.

Aos meus pais, exemplo de família a ser seguido.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

À amiga Danise Regina que antes mesmo do curso de mestrado iniciar, já se mostrou disposta a ajudar, a discutir, a ouvir, a encorajar e apoiar. Sem sua ajuda a caminhada até aqui teria sido mais árdua e este trabalho não teria sido realizado.

À Jacqueline Mesquita pelo apoio, pela força, companheirismo, dicas e abraços. Hoje, mais do que a secretária do programa, a considero uma grande amiga.

Às amigas constituídas durante o curso de mestrado: Arilma Spindola e Pedro (família adotiva), Cláudia Natália (pelo suporte), Marcell D' Andréa (pela alegria contagiante), Maria Alice (por todas as seções tira-dúvidas), Simone Machado (por partilhar os momentos de agonia vividos durante o primeiro ano do curso) e Hídem Ferreira (por sua meiguice).

À direção e coordenação da escola em que a pesquisa de campo foi realizada, principalmente à Ernângela e à Maria do Carmo, que tanto confiaram e me apoiaram.

À minha amiga Loredana Salutari, que se dispôs a traduzir os resumos dos artigos confeccionados durante o mestrado e por suas intermináveis palavras de incentivo e apoio.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, pelos ensinamentos, questionamentos e pelas contribuições dadas à minha pesquisa e à minha formação.

E, principalmente à professora Shirley Takeco Gobara, pela orientação, parceria, confiança, apoio e amizade que se estabeleceu.

Muito obrigado!!!

RESUMO

Este trabalho buscou verificar se as tecnologias da informação e comunicação podem ser utilizadas como meios potencialmente significativos para se efetivar a aprendizagem significativa de conceitos introdutórios de Física sobre ondas sonoras. Para alcançar este objetivo foi elaborado um material educacional, sob a forma de um ambiente virtual, em que os conceitos físicos a serem aprendidos foram problematizados na forma de desafios. Estes desafios foram desenvolvidos tendo como base a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. A metodologia que orientou a realização desta pesquisa foi o delineamento experimental com grupo de controle e só pós-teste. A pesquisa foi realizada com alunos do ensino médio de uma escola pública estadual de Mato Grosso do Sul, localizada na cidade de Campo Grande. Os dados obtidos foram analisados segundo a teoria da aprendizagem significativa e a epistemologia de Bachelard. As análises revelaram a existência de obstáculos epistemológicos que prejudicaram a aprendizagem de alguns dos conceitos físicos problematizados nos desafios. Além dos aspectos cognitivos, observou-se que o ambiente virtual e a forma de utilização adotada favoreceram a motivação e a satisfação dos alunos para aprender Física e também atenderam às expectativas deles. A pesquisa permitiu verificar que as tecnologias da informação e comunicação são recursos educacionais que facilitam a aprendizagem significativa de conceitos introdutórios sobre ondas sonoras. A partir destes resultados não se pretende, entretanto, advogar a favor do computador como uma estratégia ou mesmo um recurso que possa substituir as aulas expositivas e presenciais. O que se pretende é: evidenciar que o computador - quando devidamente utilizado, pode favorecer a construção do conhecimento pelo aluno; e que, desta maneira deve ser considerado como mais um recurso a ser utilizado pelo professor para favorecer a aprendizagem de seus alunos.

Palavras-chave: Ensino de Física - Informática educativa – Desafios - Aprendizagem significativa

ABSTRACT

This work tried to verify if the information and communication technologies can be used like potential and significant ways to accomplish learning physics basic concepts about sound waves. To get to this objective, I had developed an educational material on form of a virtual environment, in which physics concepts to be learnt were showed like gages. These gages were developed using Ausubel's significant learning theory. The methodology which oriented the realization of this research was the experimental delineation, with control group and post test. This research was realized with medium-level students from a public school of Campo Grande, in the State of Mato Grosso do Sul, Brazil. The data that has been got were analised according as the significant learning theory and Bachelard's epistemology. The analysis showed the existence of epistemology obstacles, which damaged the learning of some physics concepts showed in the gages. Beyond the cognition aspects, the motivation and satisfaction were analysed, and the results sugested that the virtual environment and the way of use adopted helped the student's motivation and answered their expectatives. This research showed that information and communication technologies are educational resources which help people to learn basic concepts of sound waves. Although the good results, nobody pretends to defend the computer as a strategy or a resource that can substitute the expository and presential lessons. The objective is to evidence that the computer - when correctly used, can help the knowledge construction by the student; and in this way it has to be considered as an one more resource to be used by teachers to help the learning of their students.

Keywords: Teaching Physics; Educational computering; Challenges; Significant learning

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	20
CAPÍTULO I - O CONTEXTO DA PESQUISA.....	27
1.1. O OBJETO DE PESQUISA	27
1.2. OBJETIVOS	30
1.2.1. <i>Objetivo geral</i>	30
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	31
1.3. HIPÓTESES	31
1.4. METODOLOGIA	31
1.5. A ÁREA DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA E AS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO.....	34
1.5.1. <i>Delimitação e procedimentos</i>	35
1.5.2. <i>Resultados</i>	36
1.5.3. <i>Algumas considerações</i>	46
CAPÍTULO II - REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	49
2.1. FUNDAMENTOS DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	49
2.1.1. <i>Aprendizagens significativa, mecânica, por recepção e por descoberta</i>	49
2.1.2. <i>Princípios programáticos facilitadores para uma aprendizagem significativa</i>	53
2.1.3. <i>Assimilação e assimilação obliteradora: a interação entre a nova informação e o conhecimento prévio</i>	55
2.1.4. <i>A aquisição de conceitos</i>	56
2.2. A EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD	57
2.2.1. <i>Os obstáculos epistemológicos</i>	58
CAPÍTULO III - OS MISTÉRIOS DO SOM: UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM	63
3.1. UM POUCO DE HISTÓRIA	63
3.2. A PRIMEIRA VERSÃO DO MATERIAL EDUCACIONAL	65
3.3. O NÚCLEO DO MATERIAL EDUCACIONAL: OS DESAFIOS	69
3.4. A VERSÃO FINAL DO MATERIAL EDUCACIONAL	74
3.4.1. <i>A página principal do material educacional</i>	75
3.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE O MATERIAL EDUCACIONAL	80
CAPÍTULO IV - A PESQUISA DE CAMPO	82
4.1. O AMBIENTE DA PESQUISA DE CAMPO	82
4.2. OS ALUNOS, OS COMPUTADORES E A INTERNET	83
4.2.1. <i>Algumas considerações</i>	88
4.3. A SALA DE TECNOLOGIA	88
4.4. A ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO	90
4.5. OS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	92
4.6. AS TURBULÊNCIAS	93
CAPÍTULO V - RESULTADOS E ANÁLISES: OS DESAFIOS.....	96
5.1. EXPLICANDO A ANÁLISE DOS DADOS: OS DESAFIOS.....	96

5.2. O JOGO DO ERRO	98
5.2.1. <i>Análise do grupo experimental no desafio O Jogo do Erro</i>	102
5.2.2. <i>Análise dos grupos experimental e de controle no pós-teste</i>	104
5.2.3. <i>O Jogo do Erro: algumas considerações</i>	109
5.3. O PERNILONGO E OS SONS	110
5.3.1. <i>Análise do grupo experimental no desafio O pernilongo e os sons</i>	118
5.3.2. <i>Análise dos grupos experimental e de controle no pós-teste</i>	131
5.3.3. <i>O Pernilongo e os sons: algumas considerações</i>	139
5.4. ABAIXE O VOLUME.....	140
5.4.1. <i>Análise do grupo experimental no desafio Abaixo o volume</i>	148
5.4.2. <i>Análise dos grupos experimental e de controle no pós-teste</i>	161
5.4.3. <i>Abaixo o volume: algumas considerações</i>	166
5.5. COMO UMA ONDA NO MAR... ..	167
5.5.1. <i>Análise do grupo experimental no desafio Como uma onda no mar</i>	173
5.5.2. <i>Análise dos grupos experimental e de controle no pós-teste</i>	180
5.5.3. <i>Como uma onda no mar...: algumas considerações</i>	187
CAPÍTULO VI - RESULTADOS E ANÁLISES: O ORGANIZADOR PRÉVIO..	189
6.1. É IMPORTANTE SABER!!!	189
6.1.1. <i>Análise do grupo experimental na atividade É importante saber !!!</i>	194
6.1.2. <i>O organizador prévio e os desafios</i>	200
6.1.3. <i>É importante saber!!!: algumas considerações</i>	203
CAPÍTULO VII - ANÁLISES DOS MAPAS CONCEITUAIS	206
7.1. UMA BREVE REVISÃO SOBRE MAPAS CONCEITUAIS	206
7.1.1. <i>O que é um mapa conceitual?</i>	206
7.1.2. <i>Mapas conceituais como instrumento de avaliação</i>	210
7.2. A ATIVIDADE DE ELABORAÇÃO DO MAPA CONCEITUAL: <i>FAZENDO UM MAPA</i>	211
7.3. A REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE <i>FAZENDO UM MAPA</i>	216
7.4. ANÁLISE QUALITATIVA	220
7.4.1. <i>Os mapas conceituais e o conteúdo dos desafios</i>	225
7.4.2. <i>Os mapas, os desafios, os tipos de aprendizagem e os subsunçores</i>	229
7.4.3. <i>Os mapas conceituais e as análises dos desafios</i>	234
7.5. MAPAS CONCEITUAIS: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES.....	236
CAPÍTULO VIII - CARTAZES, OPINIÕES, MOTIVAÇÃO E SATISFAÇÃO ...	238
8.1. OS “CARTAZES”	238
8.2. O OPINÁRIO.....	244
8.3. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	251
CAPÍTULO IX - CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROSSEGUIMENTOS	253
9.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	253
9.2. PROSSEGUIMENTOS	256
9.2.1. <i>Alterações no ambiente virtual</i>	256
9.2.2. <i>Propostas de trabalhos futuros</i>	256
REFERÊNCIAS.....	258
ANEXOS.....	268

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do delineamento com grupo de controle e só pós-teste.....	32
Figura 2 - Dimensões receptiva-descoberta e mecânica-significativa de aprendizagem.....	52
Figura 3 - Esquema do processo de assimilação.....	55
Figura 4 - Esquema do processo de assimilação seguido pela assimilação obliteradora.....	56
Figura 5 - Ligações entre as páginas da primeira versão do material educacional....	68
Figura 6 - Página principal do material educacional.	76
Figura 7 - Elementos constituintes da página principal do material educacional.....	77
Figura 8 - Seção <i>Desafios</i> após as primeiras interações do aluno.	78
Figura 9 - Situação final da seção <i>Desafios</i>	79
Figura 10 - Seção <i>Trabalho em equipe</i>	79
Figura 11 - Seção <i>Biblioteca</i>	80
Figura 12 - Trilha do desafio <i>O Jogo do Erro</i>	99
Figura 13 - Legenda para os recursos utilizados pelas trilhas dos desafios.....	99
Figura 14 - Apresentação do desafio <i>O Jogo do Erro</i>	100
Figura 15 - Roteiro da página <i>Algumas pistas (O Jogo do Erro)</i>	101
Figura 16 - Passos adicionais do roteiro da página <i>Outras pistas</i>	101
Figura 17 - Trilha do desafio <i>O pernilongo e os sons</i>	112
Figura 18 - Página inicial do desafio <i>O Pernilongo e os sons</i>	113
Figura 19 - Detalhes do desafio <i>O Pernilongo e os sons</i>	113
Figura 20 - Roteiro da página <i>O som e as fontes sonoras (O pernilongo e os sons)</i>	114
Figura 21 - Roteiro da página <i>O som e as fontes sonoras (2)</i>	115
Figura 22 - Roteiro da página <i>A freqüência da fonte sonora e o som</i>	116
Figura 23 - Roteiro da página <i>Variando a freqüência</i>	116
Figura 24 - Fonte sonora disponível para uso no desafio <i>O pernilongo e os sons</i> . .	118
Figura 25 - Questão 01 do pós-teste.	131
Figura 26 - Questão 05 do pós-teste.	131
Figura 27 - Questão 06 do pós-teste.	132
Figura 28 - Trilha do desafio <i>Abaixe o volume</i>	142
Figura 29 - Situação que deve ser analisada no desafio <i>Abaixe o volume</i>	143
Figura 30 - Situação da página <i>A televisão sem som</i>	143
Figura 31 - Situação da página <i>A televisão desregulada</i>	144
Figura 32 - Cilindros ordenados de acordo com a amplitude de movimento que provocam na mola 1.	145
Figura 33 - Roteiro da página <i>As fontes sonoras e a amplitude de vibração</i>	146
Figura 34 - Roteiro da página <i>A amplitude de vibração da fonte sonora e o som - parte 1</i>	146
Figura 35 - Coleções de sons com amplitude variável (desafio <i>Abaixe o volume</i>).	147

Figura 36 - Questão 02 do pós-teste.	161
Figura 37 - Trilha do desafio <i>Como uma onda no mar...</i>	169
Figura 38 - Página “Seja bem-vindo” do desafio <i>Como uma onda no mar...</i>	170
Figura 39 - Imagem da página <i>O que acontece com a água?</i>	171
Figura 40 - Desafio proposto aos alunos na atividade <i>Como uma onda no mar...</i> ..	172
Figura 41 - Questão 04 do pós-teste.	180
Figura 42 - Questão 07 do pós-teste.	181
Figura 43 - Trilha da atividade <i>É importante saber!!!</i>	191
Figura 44 – Questões propostas ao aluno. Página: <i>Quantas vezes se repete ou, qual é a frequência?</i>	193
Figura 45 – Pergunta final da atividade <i>É importante saber !!!</i>	194
Figura 46 - Mapa conceitual em sua forma mais simples. Autor: Rodrigo Claudino Diogo.	207
Figura 47 - Mapa conceitual sobre "computadores". Autor: Rodrigo C. Diogo.....	208
Figura 48 - Primeira configuração do mapa conceitual.	209
Figura 49 - Segunda configuração do mapa conceitual.	209
Figura 50 - Mapa conceitual do tipo estrela. Autor: Rodrigo C. Diogo.	210
Figura 51 - Texto inicial da página principal da atividade <i>Fazendo um mapa</i>	212
Figura 52 - Texto final da página principal da atividade <i>Fazendo um mapa</i>	212
Figura 53 - Exemplo de mapa conceitual para a atividade <i>Fazendo um mapa</i> ... (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1987, p. 30)	213
Figura 54 - Exemplo (2) de mapa conceitual (atividade <i>Fazendo um mapa</i> ...). Autor: Rodrigo C. Diogo.	213
Figura 55 - Orientações para confecção de um mapa conceitual.	214
Figura 56 - Exemplo (3) de mapa conceitual (atividade <i>Fazendo um mapa</i> ...). Autor: Rodrigo C. Diogo.	215
Figura 57 - Janela de edição do CmapTools.....	216
Figura 58 - Mapa conceitual elaborado pelo aluno E14.	221
Figura 59 - Mapa conceitual do tipo seqüencial (MC-E20).	222
Figura 60 - Mapa conceitual do tipo proposicional (MC-E18).	223
Figura 61 - Exemplo de frase válida formada por proposições válidas e inválidas.	224
Figura 62 - Mapa conceitual de referência.	226
Figura 63 - Simulador de ondas sonoras (desafio <i>O pernilongo e os sons</i>).....	229
Figura 64 - Simulador de ondas sonoras (desafio <i>O jogo do erro</i>).....	231
Figura 65 - Ferramenta para envio de arquivos.	238
Figura 66 - Imagem do material confeccionado pelo aluno E12.	240
Figura 67 - Imagem do material confeccionado pelo aluno E13.....	240
Figura 68 - Lâmina 5 do material elaborado pelo aluno E01.	241
Figura 69 - Material confeccionado pelo aluno E10.....	242
Figura 70 - Lâmina 6 do material elaborado pelo aluno E02.	242

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição de frequência da natureza dos trabalhos.	36
Tabela 2 - Formas de utilização dos computadores.	39
Tabela 3 - Procedimentos de pesquisa utilizados nas pesquisas aplicadas.	41
Tabela 4 - Locais de acesso a Internet utilizados pelos alunos.	83
Tabela 5 - Atividades realizadas pelos alunos quando estão acessando a Internet.	86
Tabela 6 - Uso da Internet para estudar, fazer pesquisas e trabalhos escolares.	87
Tabela 7 - Desempenho do grupo experimental no desafio <i>O Jogo do Erro</i>	102
Tabela 8 - Desempenho dos grupos experimental e de controle na questão 03 do pós-teste.	105
Tabela 9 - Distribuição dos pares de respostas entre <i>O Jogo do Erro</i> e o pós-teste, para o grupo experimental.	106
Tabela 10 - Extrapolação na distribuição dos pares de respostas entre <i>O Jogo do Erro</i> e o pós-teste.	107
Tabela 11 - Rendimento provável do grupo experimental na questão 03 do pós-teste (em relação aos conceitos do desafio <i>O Jogo do Erro</i>).	107
Tabela 12: Testes de significância para análise da hipótese nula. Desafio <i>O Jogo do Erro</i>	108
Tabela 13 - Distribuição das respostas à pergunta “Qual é a causa da diferença entre esses sons?”	119
Tabela 14 - Distribuição das respostas à pergunta “O movimento do alto-falante é periódico?”.	121
Tabela 15 - Distribuição das respostas à pergunta “Quando você varia o controle de frequência, o que acontece com a vibração do alto-falante?”.	121
Tabela 16 - Distribuição das respostas à pergunta “Como o pernilongo consegue produzir som?”	122
Tabela 17 - Distribuição das respostas à pergunta “Qual frequência corresponde ao som mais grave?”	123
Tabela 18 - Distribuição das respostas discursivas à pergunta “O que acontece com o som à medida que a frequência aumenta?”	123
Tabela 19 - Distribuição das respostas à pergunta “Compare estes sons. Com relação às suas frequências:	124
Tabela 20 - Distribuição das respostas à pergunta “Compare o som produzido pelo pernilongo e o som produzido pelo besouro: 1. Qual é o som mais agudo? 2. Porquê?”	125
Tabela 21 - Distribuição das respostas ao longo da trilha do grupo 03 (<i>O pernilongo e os sons</i>)	125
Tabela 22 - Distribuição das propostas de aparelhos, desafio <i>O pernilongo e os sons</i>	127
Tabela 23 - Correspondência entre as categorias de respostas e valores numéricos.	129
Tabela 24 - Conversão entre a escala numérica e a escala de categorias.	129
Tabela 25 - Aproveitamento médio dos alunos no desafio <i>O pernilongo e os sons</i>	130

Tabela 26 - Distribuição de frequências para as respostas da questão 01 do pós-teste.	132
Tabela 27 - Distribuição de frequências para as respostas do item 5.b do pós-teste.	133
Tabela 28 - Distribuição de frequências para as respostas do item 5.c do pós-teste.	133
Tabela 29 - Distribuição de frequências para as respostas da questão 06 do pós-teste.	134
Tabela 30 - Aproveitamento médio nas questões 5.b, 5.c e 6 do pós-teste.	135
Tabela 31 - Distribuição dos pares de aproveitamento entre <i>O pernilongo e os sons</i> e o pós-teste, para o grupo experimental.	136
Tabela 32 - Extrapolação na distribuição nos pares de rendimento entre <i>O pernilongo e os sons</i> e o pós-teste.	137
Tabela 33 - Rendimento provável do grupo experimental no pós-teste (em relação aos conceitos do desafio <i>O pernilongo e os sons</i>).	137
Tabela 34 - Testes de significância para análise da hipótese nula. Desafio <i>O Pernilongo e os sons</i>	138
Tabela 35 - Teste de significância para análise da hipótese nula (grupo experimental expandido). Desafio <i>O Pernilongo e os sons</i>	139
Tabela 36 - Distribuição das respostas à pergunta “O que provoca a diferença entre esses dois sons?” (desafio <i>Abaixe o volume</i>).	149
Tabela 37 - Distribuição das respostas à pergunta “Qual movimento possui a maior amplitude?”	150
Tabela 38 - Distribuição das respostas à pergunta “Com qual dos cilindros a mola 1 se movimenta com a menor amplitude?”.	151
Tabela 39 - Distribuição das respostas à pergunta “Qual das posições provoca a maior vibração do alto-falante?”	151
Tabela 40 - Distribuição das respostas às perguntas “Qual das posições provoca a maior amplitude de vibração na fonte sonora?”	152
Tabela 41 - Distribuição das respostas às perguntas “Qual das posições produz o som de maior intensidade?”	152
Tabela 42 - Distribuição das respostas à pergunta “O que acontece com a intensidade do som que você escuta quando você aumenta a amplitude da vibração da fonte sonora?”	153
Tabela 43 - Distribuição das respostas à pergunta “O que provoca a diferença de intensidade entre esses dois sons?” (desafio <i>Abaixe o volume</i>)	154
Tabela 44 - Mapeamento entre a primeira e segunda respostas.	154
Tabela 45 - Distribuição das respostas à pergunta proposta pelo desafio <i>Abaixe o volume</i>	156
Tabela 46 - Utilização das dicas fornecidas na última etapa do desafio <i>Abaixe o volume</i>	158
Tabela 47 - Aproveitamento médio dos alunos no desafio <i>Abaixe o volume</i>	160
Tabela 48 - Distribuição de frequências para as respostas da questão 02 do pós-teste.	161

Tabela 49 - Mapeamento entre o aproveitamento obtido no <i>Abaixe o volume</i> e na questão 02 do pós-teste.....	163
Tabela 50 - Testes de significância para análise da hipótese nula. Desafio <i>Abaixe o volume</i>	165
Tabela 51 - Distribuição das respostas à pergunta da página <i>E os surfistas?</i>	174
Tabela 52 - Distribuição das respostas à pergunta proposta pelo desafio <i>Como uma onda no mar</i>	177
Tabela 53 - Aproveitamento médio dos alunos no desafio <i>Como uma onda no mar</i>	179
Tabela 54 - Performance dos grupos experimental e de controle na questão 04 do pós-teste.....	181
Tabela 55 - Performance dos grupos experimental e de controle na questão 07 do pós-teste.....	182
Tabela 56 - Aproveitamento médio nas questões 4 e 7 do pós-teste.....	182
Tabela 57 - Mapeamento entre o aproveitamento obtido no <i>Como uma onda no mar</i> ... e no pós-teste.....	183
Tabela 58 - Extrapolação na distribuição nos pares de rendimento entre <i>Como uma onda no mar</i> ... e o pós-teste.....	184
Tabela 59 - Rendimento provável do grupo experimental no pós-teste (em relação aos conceitos do desafio <i>Como uma onda no mar</i>)	184
Tabela 60 - Testes de significância para análise da hipótese nula. Desafio <i>Como uma onda no mar</i>	185
Tabela 61 - Teste de significância para análise da hipótese nula (grupo experimental expandido). Desafio <i>Como uma onda no mar</i>	186
Tabela 62 – Distribuição de respostas às perguntas da página <i>De quanto em quanto tempo?</i>	196
Tabela 63 – Distribuição de respostas às perguntas sobre o período de translação e de rotação da Terra. Página <i>Quantas vezes se repete ou, qual é a frequência?</i> 198	
Tabela 64 – Distribuição de respostas às perguntas sobre a frequência de rotação da Terra. Página <i>Quantas vezes se repete ou, qual é a frequência?</i>	198
Tabela 65 - Distribuição das respostas à pergunta final da atividade <i>É importante saber!!!</i>	199
Tabela 66 – Mapeamento entre itens do gráfico 5, desafio correspondente e aproveitamento no desafio e no pós-teste.....	234
Tabela 67 – Distribuição de respostas à quinta questão do opinário.....	245
Tabela 68 – Preferência dos alunos em relação aos desafios propostos.....	246
Tabela 69 – Desafio considerado como o mais difícil.....	247

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Alguns sítios brasileiros que utilizam o <i>Moodle</i>	64
Quadro 2 - Páginas web da primeira versão do material educacional.	66
Quadro 3 - Categorias para análise das respostas discursivas.	97
Quadro 4 – Páginas que compõem a trilha do desafio <i>O pernilongo e os sons</i> e suas ligações.	110
Quadro 5 – Páginas que compõem a trilha do desafio <i>Abaixe o volume</i> e suas ligações.	140
Quadro 6 – Páginas que compõem a trilha do desafio <i>Como uma onda no mar</i> e suas ligações.	168
Quadro 7 - Exemplos de concepções sobre propagação de ondas e transporte de matéria.	178
Quadro 8 – Páginas que compõem a trilha da atividade <i>É importante saber!!!</i> e suas ligações.	190
Quadro 9 – Mapeamento entre as performances alcançadas na atividade <i>É importante saber!!!</i> e nos desafios.	201
Quadro 10 - Conhecimento, desafio e tipo de aprendizagem associada.	232
Quadro 11 – Presença dos critérios de análise nos materiais elaborados pelos alunos.	244
Quadro 12 - Mapeamento entre a indicação do desafio como o preferido ou o mais difícil e o desempenho médio do aluno.	248
Quadro 13 – Sugestões de melhoria dadas pelos alunos.	250

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Frequência de acesso à Internet.	84
Gráfico 2 - Aproveitamento médio no desafio <i>O pernilongo e os sons</i>	130
Gráfico 3 - Aproveitamento médio no desafio <i>Abaixe o volume</i>	160
Gráfico 4 - Aproveitamento médio no desafio <i>Como uma onda no mar...</i>	180
Gráfico 5 - Presença dos itens de conteúdo nos mapas conceituais.	228

LISTA DE FOTOS

Foto 1 – Visão da sala de tecnologia (01).....	89
Foto 2 - Visão da sala de tecnologia (02).	89
Foto 3 - Visão da sala de tecnologia (03).	90
Foto 4 - Alternância entre janelas para confecção dos mapas.	217
Foto 5 - Simultaneidade das janelas de edição dos mapas e do ambiente.	218

LISTA DE ANEXOS

Anexo A - Modelo do questionário para avaliação do perfil tecnológico e das necessidades cognitivas e curiosidades dos alunos sobre o som.	269
Anexo B - Modelo do questionário respondido pelo coordenador da sala de tecnologia.	271
Anexo C - Modelo do questionário respondido pelo coordenador da sala de tecnologia.	273
Anexo D - Termo de consentimento livre e esclarecido.	274
Anexo E - Ficha de inscrição no curso.	275
Anexo F - Horários do curso.	276
Anexo G - Crachá.	277
Anexo H - Modelo do pós-teste.	278
Anexo I - Mapas conceituais confeccionados pelos alunos.	280
Anexo J - Ficha para análise qualitativa dos conhecimentos presentes nos mapas conceituais.	296

INTRODUÇÃO

Em trabalhos científicos, a introdução normalmente se destina a fazer uma breve contextualização, apresentando a delimitação do assunto tratado e outros elementos necessários para situar o tema do trabalho. Nesta introdução faço algo um pouco diferente e apresento um pouco de minha história, com o objetivo de evidenciar como ela está intimamente ligada à realização deste trabalho de pesquisa. Após esta introdução ao elemento humano sem o qual este trabalho não teria sido realizado, faço uma breve apresentação deste trabalho.

Desde criança tenho o sonho de ser professor. Este sonho talvez seja decorrente de alguma influência de minha mãe, que foi professora primária. Ainda me lembro de como gostava de ajudá-la a corrigir os cadernos de seus alunos e a colar “estrelinhas” douradas e prateadas. Apesar de ter, primeiramente, cursado Ciências da Computação (bacharelado), sempre me via como um professor de Matemática ou de Física – matérias pelas quais sempre fui apaixonado.

Após concluir o curso de Ciência da Computação (1998), me inseri – com relativo sucesso, no mercado de trabalho e, após dois anos de atividades, comecei a sentir falta de sentido nas atividades que desenvolvia. Após alguns meses de reflexão, percebi que não estava feliz e que precisava trabalhar em algo que, acima de tudo, me realizasse. Foi então que tomei coragem (alguns diriam que foi um acesso de loucura) e pedi demissão do meu emprego, participei do vestibular para Física e fui aprovado no processo seletivo do ano de 2001, da Universidade Federal de Goiás (UFG) – mesma instituição em que me formei como Cientista da Computação.

Logo no primeiro ano do curso de Física me apaixonei pelas disciplinas da área e estudei com uma dedicação maior do que a que havia dispendido durante o curso de Ciências da Computação. Foi também, neste primeiro ano do curso, que consegui emprego como professor no departamento de informática da Universidade Católica de Goiás (UCG) e ministrei algumas disciplinas para os cursos de Ciências da Computação, Engenharia da Computação e Secretariado Executivo Bilíngüe. Foi a primeira vez em que exerci o magistério, pois antes só havia trabalhado como professor particular.

Durante esta primeira incursão no universo da profissão docente, percebi que se tratava de uma profissão, ao mesmo tempo, gratificante e problemática.

Gratificante porque, ao perceber que determinado aluno entendia a matéria, participava das aulas e conseguia se desenvolver, me sentia um ótimo professor. Problemática porque, sempre existiam alunos que não entendiam a matéria.

Após o encerramento de meu contrato com a UCG, resolvi procurar por colégios de ensino médio, para lecionar Física. Em 2002 iniciei meu trabalho em uma escola pública da periferia da cidade de Goiânia - Estado de Goiás, onde lecionei Física e Matemática para turmas do ensino médio e, onde fiz uso do tradicional método exclusivamente expositivo para lecionar, valorizando a memorização e a precisão nos cálculos. Estava simplesmente repetindo o método com que havia estudado Física durante o ensino médio.

Com o passar do tempo acabei me conscientizando de que esta metodologia, a única que conhecia até então, não se mostrava tão interessante para os alunos quanto havia sido para mim. Outros tempos, outros alunos, enfim, outras exigências educacionais. Aos poucos comecei a compreender que um professor deve buscar usar todos os recursos disponíveis para tornar a aula mais interessante para os alunos - e não para si mesmo, tentando estimular e contribuir para a aprendizagem dos mesmos. Infelizmente, acabei me desligando desta escola no início do mês de julho de 2002, sem ter realizado nenhuma ação concreta para melhorar as minhas aulas.

Em agosto do mesmo ano comecei a trabalhar uma escola próxima à minha residência. Esta nova escola, assim como a escola anterior, não possuía muitos recursos materiais, mas tentei utilizar os recursos disponíveis na tentativa de melhorar a qualidade das aulas: fitas de vídeo e demonstrações de experimentos, além de usar estratégias de ensino diferentes do tradicional, tais como debates e leituras de revistas científicas.

Em 2003 comecei a trabalhar em outra escola pública. Esta, ao contrário das duas escolas nas quais havia trabalhado em 2002, possuía um laboratório de informática com acesso à Internet. Após o primeiro mês de aulas, passei a levar, de 15 em 15 dias, os alunos do segundo ano do ensino médio ao laboratório de informática para que pudessem interagir com alguns sítios que continham simulações e modelos interativos sobre ótica geométrica. Apesar das dificuldades iniciais (como a falta de habilidade para usar o computador), as aulas de laboratório se tornaram um sucesso. Os alunos, além de demonstrarem um maior interesse pela matéria, passaram a participar mais das aulas e conseqüentemente apresentaram um melhor entendimento do conteúdo e o rendimento nas avaliações que foram aplicadas

aumentou. Percebi, então, o potencial modificador que o uso do computador poderia ter como um recurso educacional.

Durante o ano de 2004 não lecionei. Devido a problemas financeiros, tive que abandonar a sala de aula e retornar à carreira de programador e analista de sistemas. Essa reviravolta me obrigou a abandonar algumas disciplinas do curso de licenciatura e cursei apenas as que eram oferecidas no período noturno: Educação Brasileira, Psicologia da Educação e Estrutura do Ensino de 1º e 2º graus. Essas disciplinas, principalmente com a disciplina de Psicologia da Educação, me fizeram perceber que conhecer algumas teorias educacionais e epistemológicas poderia me ajudar no planejamento e na melhoria das atividades desenvolvidas em sala de aula. No entanto, não consegui me aprofundar o quanto gostaria nessas teorias e assim nasceu o desejo de estudar mais a fundo essas teorias.

No ano de 2005, continuei a trabalhar como analista de sistemas. Entretanto, consegui liberação para assistir as aulas das disciplinas que faltavam à minha integralização curricular. Além das disciplinas, o último ano do curso de licenciatura em Física exigia a confecção de um trabalho final de curso e escolhi realizar uma pesquisa utilizando o software *Modellus* (<http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>), como recurso didático para o ensino e a aprendizagem de movimentos ondulatórios e som. Esse trabalho ia de encontro ao meu interesse de aprofundar os estudos sobre o uso de novas tecnologias no ensino de Física, principalmente sobre as possíveis contribuições que o uso dessas tecnologias poderia ter no ensino e na aprendizagem de Física.

Infelizmente não pude realizar a minha pesquisa. Apesar de vários diretores e professores de Física, de diversas escolas públicas, terem se mostrados interessados e dispostos a contribuir e participar da pesquisa, acabei enfrentando um obstáculo que se mostrou insuperável: a burocracia da Secretaria Estadual de Educação. Mesmo possuindo boas salas de informática, os professores das escolas não estavam autorizados a instalar nenhum tipo de software, incluindo o *Modellus*. A instalação de aplicativos dependia da autorização da Secretaria Estadual de Educação e da empresa terceirizada efetuava a manutenção das salas de informática das escolas públicas do Estado de Goiás. Depois de meses encaminhando ofícios e pedidos de autorização, e não obter nenhuma resposta, desisti de realizar a tão sonhada pesquisa envolvendo informática e ensino de Física.

O fim do ano letivo já se aproximava e resolvi mudar completamente o foco do meu trabalho de conclusão de curso. A urgência em realizar este trabalho e a exigência de uma maior dedicação ao curso de licenciatura, novamente me afastaram da área de informática. Pedi demissão novamente - mais um surto de loucura, diriam alguns. Acabei realizando uma pesquisa sobre os conhecimentos em termodinâmica que os alunos de oitava série do ensino fundamental e alunos do ensino médio possuíam.

Felizmente, o desejo de me aprofundar na pesquisa sobre os enlaces entre a informática e o ensino de Física, e conhecer mais sobre teorias que pudessem contribuir para a melhoria das minhas aulas ainda se mostrava intenso. Na tentativa de satisfazer a este desejo passei a procurar por cursos de mestrados que oferecessem linhas de pesquisa na área de ensino de Física e possibilitassem a realização de pesquisas envolvendo a informática educativa e o ensino de Física. Após uma breve pesquisa, decidi participar dos processos seletivos dos programas de pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Entrei em contato com a professora Shirley Takeco Gobara, da UFMS, que prontamente respondeu aos meus e-mails e me ajudou na confecção de meu anteprojeto de pesquisa para o mestrado, que envolvia a informática educativa e o ensino de ondas sonoras. Enviei este anteprojeto para os processos seletivos da UFMS e da UFSC e, felizmente, após todas as etapas dos processos fui selecionado em ambos. Acabei decidindo por fazer o curso de mestrado em Campo Grande-MS. Foram pontos decisivos para essa escolha: a) o compromisso implícito assumido junto à professora Shirley; b) as possibilidades de obter uma bolsa e c) os gastos decorrentes da mudança de cidade.

Em fevereiro de 2006 eu e minha esposa mudamos para Campo Grande e em março do mesmo ano, iniciei a jornada que permitiu a realização deste trabalho. Durante esta caminhada consegui manter-me firme com relação aos meus desejos de fazer uma pesquisa envolvendo a informática educativa e o ensino de Física, que utilizasse recursos gratuitos disponibilizados via Internet e que abrangesse mais de um conceito científico sobre ondas sonoras. Felizmente tive como orientadora a professora Shirley que me apoiou e me orientou de maneira que eu consegui alcançar os meus objetivos.

Para finalizar esta contextualização humana, um breve desabafo. Alguns podem considerar um exagero elaborar, no contexto de uma pesquisa de mestrado, um material que objetive a aprendizagem de diversos conceitos – digo isso porque ouvi diversos comentários semelhantes a este: “*Não precisa fazer isso tudo não. Basta um conceito, uma atividade.*”. Entretanto, meu objetivo não se resumia a obter o título de mestre. Eu gostaria de fazer algo que os professores de Física e de Ciências pudessem utilizar por período mais longo do que o de uma ou duas aulas, e espero que este trabalho e outros decorrentes contribuam para alcançar este objetivo.

A minha trajetória é, dessa maneira, marcada por alguns elementos que estão relacionados à pesquisa de mestrado, entre os quais: o desejo de utilizar a informática como recurso educacional, a superação de obstáculos e os desafios para alcançar os objetivos traçados. Dentre os obstáculos superados durante a realização da pesquisa, dois merecem destaque: a) a minha própria formação, que foi extremamente formal e voltada à resolução de problemas computacionais e numéricos - que dificultou a elaboração de um material educacional diferenciado e b) a tendência em me ater às características que mais chamam a atenção em um fenômeno e que dificultou o a análise e a interpretação dos dados. Finalizo o contexto no qual este trabalho se originou e passo a relatar o contexto em que ele foi desenvolvido, testado e concluído.

A pesquisa que será descrita nesta dissertação teve como área de investigação o uso das tecnologias da informação e comunicação como recursos didáticos para o ensino e aprendizagem de conceitos físicos sobre ondas sonoras. Trata-se, portanto, de uma pesquisa sobre a informática educativa e o ensino-aprendizagem de Física.

Organizei esta dissertação em nove capítulos. Apesar da subjetividade inerente a esta divisão busquei fazer com que cada capítulo apresentasse certa unidade e coerência interna, agrupando os elementos mais semelhantes. O primeiro capítulo, intitulado *O Contexto da Pesquisa*, apresenta o objeto, os objetivos e as hipóteses do trabalho, além de uma revisão da literatura sobre trabalhos envolvendo a pesquisa em ensino de Física e o uso da informática educativa, com uma atenção especial para os trabalhos relacionados à Física do som. O segundo capítulo - *Referenciais teóricos*, faz uma breve exposição dos fundamentos da teoria da aprendizagem significativa e dos obstáculos epistemológicos, buscando realizar uma contraposição entre a epistemologia de Bachelard e a teoria da aprendizagem

significativa de Ausubel. O terceiro capítulo - *Os Mistérios do Som: Um Ambiente Virtual de Aprendizagem*, descreve a concepção, a modelagem e o desenvolvimento do material educacional utilizado na pesquisa, e como este processo levou em consideração o referencial teórico da teoria da aprendizagem significativa. Apresenta também os elementos teóricos que nortearam a elaboração do material educacional e a forma com que o material educacional foi organizado, suas atividades e recursos.

O capítulo intitulado *A Pesquisa de Campo*, que é o quarto capítulo, apresenta o contexto da pesquisa de campo, como ocorreu o desenvolvimento da pesquisa, as escolhas metodológicas, as condições da sala de tecnologia, a organização do curso que foi oferecido aos alunos e os instrumentos de coleta de dados. Além disso, descreve alguns episódios turbulentos ocorridos durante a realização da pesquisa de campo.

Os capítulos de cinco a oito, apresentam os resultados e análises dos dados obtidos durante a pesquisa de campo. Estes capítulos poderiam ser reunidos para formar um capítulo gigante, mas devido ao desejo de agrupar os elementos semelhantes optei por mantê-los separados. Os referenciais teóricos apresentados no segundo capítulo conduziram as análises feitas.

O quinto capítulo - *Resultados e Análises: Os Desafios*, está voltado aos dados coletados que estão relacionados às atividades que compõem o núcleo do material educacional. A análise é feita em duas etapas: em primeiro lugar são analisados os dados do grupo experimental em cada um dos desafios e depois são analisados os dados dos grupos experimental e de controle no teste de conhecimento que foi aplicado ao final da pesquisa de campo. Além das análises qualitativas é feita uma análise estatística que busca confirmar os resultados obtidos qualitativamente.

No sexto capítulo - *Resultados e Análises: O Organizador Prévio*, são analisados os dados do organizador prévio que faz parte do ambiente virtual. Inicialmente é feita uma análise a partir das respostas dos alunos do grupo experimental na própria atividade e, em seguida é feita uma análise que leva em consideração os desempenhos dos alunos nos desafios.

Os mapas conceituais são analisados no sétimo capítulo. Inicialmente é feita uma apresentação dos mapas conceituais, visando apontar sua origem, funções e características principais. São apresentados diversos exemplos de mapas conceituais, como foi feita a apresentação dos mapas aos alunos do grupo experimental e a

realização da atividade pelos alunos. A análise privilegia os aspectos qualitativos em busca de indícios de aprendizagem significativa e faz uma aproximação entre os resultados obtidos a partir dos mapas conceituais e dos resultados das análises dos desafios.

No oitavo capítulo - *Cartazes, Opiniões, Motivação e Satisfação*, os cartazes confeccionados pelos alunos e as respostas dadas ao opinário são analisadas em busca de indícios que revelem a motivação dos alunos durante o curso e a satisfação dos mesmos. Também são elencadas as opiniões e sugestões de melhoria do ambiente virtual que foram indicadas pelos alunos ao opinário.

O nono e último capítulo desta apresenta as considerações finais e alguns prosseguimentos e perspectivas.

CAPÍTULO I

O CONTEXTO DA PESQUISA

Este capítulo explicita o contexto da pesquisa, que compreende os seguintes aspectos: o objeto da pesquisa, os objetivos, as hipóteses a serem verificadas e as escolhas para o procedimento metodológico. Além disso, levando em consideração o objeto delimitado para esta pesquisa, apresenta uma revisão de literatura sobre as pesquisas que envolvem o uso das tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física.

1.1. O objeto de pesquisa

A sociedade contemporânea vive um momento único na história da humanidade, iniciado por uma revolução que teve como base a microeletrônica, os transistores e os circuitos integrados. Sobre este momento histórico, Hasse (1999, p. 125) afirma:

[...] é uma época sem precedentes. Jamais alguém vivenciou a descoberta de uma tecnologia que tivesse aplicabilidade em todas as áreas da atividade humana e, ainda, que fosse capaz de provocar alterações em todas. [...] Além dos seus extraordinários avanços na criação de sofisticados aparelhos, na riqueza das artes e das simulações, na rapidez dos cálculos, a informática trouxe a velocidade na produção de novos conhecimentos e, principalmente, a facilidade da comunicação. É por isso que a literatura aponta como sendo esta a “Era da Informação” [...].

As tecnologias da informação e comunicação (TIC), em particular o computador e a internet, também se fazem cada vez mais presente no ambiente escolar, pois a educação, como parte desta sociedade em transformação, “[...] sofre e se adequa às concepções paradigmáticas que vive a sociedade. Portanto, ela passa pelas mesmas transformações que outros segmentos da sociedade passam.” (VALENTE, 2002, p.35).

Porém, não é suficiente que o computador chegue até as escolas, mas é necessário que o computador se torne integrado ao cotidiano escolar e que seja um recurso útil aos professores e, principalmente, aos alunos. Mas, nas escolas, qual deve ser o papel a ser desempenhado pelo computador?

Masetto (2000) aponta a destinação que deve ser dada ao computador na escola:

[...] é impossível dialogarmos sobre tecnologia e educação, inclusive educação escolar, sem abordarmos a questão do processo de aprendizagem. Com efeito, **a tecnologia apresenta-se como meio, como instrumento para colaborar no desenvolvimento do processo de aprendizagem.** (MASETTO, 2000, p. 139, grifo nosso).

O computador, ou melhor, as tecnologias da informação e comunicação devem colaborar para a melhoria da aprendizagem dos alunos. Uma das maneiras de colaborar com esta melhoria é através do ensino. Além deste fator de caráter cognitivo, deve ser salientado que a utilização das tecnologias de informação e comunicação no ambiente escolar é “[...] mais que uma necessidade, é um direito social.” (BRASIL, 2000a, p.13).

Com relação ao ensino de Física, Medeiros A. e Medeiros C. (2002, p. 78-79) fazem um apanhado das principais dificuldades enfrentadas por professores ao ensinar Física por meio dos recursos tradicionais: ilustrações para representar movimentos e processos dinâmicos, desenhos no quadro-negro e uso de gestos para tentar “animar” os desenhos e ilustrações. Além disso, alertam para as dificuldades decorrentes da natureza dos fenômenos estudados pela Física, que exigem uma grande capacidade de abstração e que geralmente não podem ser percebidos pelos sentidos humanos (Ibid., p. 78).

Uma forma de tornar menos distantes essas situações seria com o uso de simulações e animações computacionais, além de outros recursos relacionados às novas tecnologias, que tornariam essas situações perceptíveis, mesmo que indiretamente, aos nossos sentidos. Em síntese, os recursos das novas tecnologias (softwares, simulações, sítios da Internet etc..) podem auxiliar os alunos a visualizarem um mundo invisível. Mas, para que essas tecnologias consigam, efetivamente, ajudar no processo de ensino e aprendizagem, devem ser inseridas em um contexto metodológico e usadas corretamente dentro desse contexto (GOBARA et al., 2002).

A ondulatória, em particular a Física do som, é uma das áreas da Física que ao ter os seus fenômenos representados em livros textos e no quadro-negro fica privado de sua dinamicidade. Além deste problema representacional, a forma tradicional com que o conteúdo de ondas sonoras é apresentado aos alunos exige um grande poder de abstração, pois se fala em sons graves e agudos, efeitos da amplitude da onda sonora, interferência, batimentos, entre outros fenômenos e características sem que os mesmos sejam percebidos pelo sistema auditivo dos alunos.

O computador também pode contribuir para que os alunos tenham contato com outras formas de representação destes fenômenos como, por exemplo: simulações, animações e vídeos. Estas representações são possuidoras de diversos graus de iconicidade (MOLES, 1990) e ampliam as possibilidades para que os alunos façam associações pertinentes dos conceitos em sua estrutura cognitiva (MACHADO; NARDI, 2006). Além disso, os periféricos do computador - em particular a placa de som e o kit multimídia, podem ser utilizados para possibilitar aos alunos a percepção dos fenômenos sonoros audíveis. Mas, este potencial é capaz de transformar-se em benefícios para o ensino e a aprendizagem de conceitos e conteúdos relacionados às ondas sonoras?

O estudo do conteúdo de ondas sonoras não deve, como tradicionalmente tem ocorrido com o ensino de Física no ensino médio, estar predominantemente voltado à preparação para os exames vestibulares (DIOGO; GOBARA, 2007; PIETROCOLA, 2002). Trata-se de um tema muito presente no dia-a-dia dos alunos oferecendo a possibilidade de trabalhá-lo sob diferentes contextos e permitindo efetivar um

[...] aprendizado útil à vida e ao trabalho, no qual as informações, o conhecimento, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos sejam instrumentos reais de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de aprendizado permanente, evitando tópicos cujos sentidos só possam ser compreendidos em outra etapa de escolaridade. (BRASIL, 2000b, p. 4).

A aprendizagem desse assunto, entretanto, apresenta algumas dificuldades do ponto de vista conceitual, como indicam algumas pesquisas realizadas no exterior: *American Institute of Physics* (1998), *Department of Physics* (2005), *Hrepic, Zollman e Rebello* (2002), *Linder* (1993) e *Linder e Erikson* (1989). Algumas dessas dificuldades, evidenciadas nestes trabalhos, são: i) o som é um tipo de material que possui massa; ii) o som é considerado uma substância que se propaga como uma corrente de ar; iii) associação entre a sensação fisiológica da intensidade sonora e a frequência da onda e iv) não discernimento entre as sensações fisiológicas da intensidade e da frequência sonora.

Outra dificuldade conceitual se refere à compreensão da natureza ondulatória do som - não provocar o transporte de matéria. Esta compreensão não é trivial e se apresenta como uma das dificuldades apresentadas pelos estudantes em

diferentes níveis de escolaridade (AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, 1998; DEPARTMENT OF PHYSICS, 2005; GOBARA et al., 2007). Entretanto, a partir desta compreensão abrem-se as possibilidades para um melhor entendimento das ondas em geral, pois se trata de uma propriedade intrínseca das ondas. Além disso, como sugere o PCN+ - *Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, no estudo do som é importante identificar:

[...] suas características físicas, relacionando-as a fontes, “volume”, timbre ou escalas musicais, os meios que aprimoram sua transmissão, amplificam ou reduzem sua intensidade e sua interação com a matéria, como a produção do “eco”. (BRASIL, 2002, p. 74).

Soma-se a estes fatos a necessidade de “[...] conhecer o funcionamento da audição humana para monitorar limites de conforto, deficiências auditivas ou poluição sonora.” (Ibid., p. 75).

Com este contexto em foco, o objeto de pesquisa deste trabalho é: **a influência do uso de tecnologias da informação na aprendizagem de conceitos relacionados às ondas sonoras, em alunos da segunda e terceira séries do ensino médio.**

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Esta pesquisa buscou verificar se as tecnologias da informação e comunicação podem ser utilizadas como meios potencialmente significativos para se efetivar a aprendizagem significativa de conceitos introdutórios de Física sobre ondas sonoras.

Para alcançar este objetivo, foi realizada uma pesquisa de campo em uma escola pública do município de Campo Grande - MS, na qual os alunos utilizaram como material educacional um ambiente virtual especialmente construído para a pesquisa.

1.2.2. Objetivos específicos

- Desenvolver um material educacional sob a forma de um ambiente virtual que faça uso de diversos recursos tecnológicos: animações, simulações, fóruns, vídeos e hipertexto;
- Utilizar no desenvolvimento do material educacional, softwares e recursos gratuitos e disponíveis através da Internet;
- Disponibilizar o material educacional desenvolvido na Internet;
- Investigar o perfil da produção científica sobre o uso das tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física, em particular no conteúdo de ondas sonoras;
- Investigar e analisar os dados coletados para verificar a ocorrência de aprendizagem significativa dos alunos;
- Investigar e analisar os dados coletados para verificar a existência de eventuais obstáculos epistemológicos;
- Identificar os obstáculos epistemológicos apresentados pelos alunos durante a tarefa de aprendizagem.

1.3. Hipóteses

- As tecnologias da informação e comunicação são recursos educacionais que facilitam a aprendizagem significativa;
- A problematização de conceitos físicos na forma de desafios, implementada em um ambiente virtual de aprendizagem se constitui em um material potencialmente significativo para a aprendizagem desses conceitos.

1.4. Metodologia

O procedimento metodológico que orientou a realização desta pesquisa foi o delineamento experimental com grupo de controle e só pós-teste (CAMPBELL; STANLEY, 1979, p. 46-48). Embora este procedimento esteja associado às pesquisas de caráter quantitativo, neste trabalho esta metodologia foi associada a uma abordagem qualitativa. Os detalhes desta associação serão esclarecidos logo mais. A figura 1 mostra o esquema do delineamento adotado:



Figura 1 - Esquema do delineamento com grupo de controle e só pós-teste.

A utilização desta metodologia levou em conta o desejo de verificar se as tecnologias da informação e comunicação podem ser utilizadas para a construção de materiais potencialmente significativos (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p. 34-38) para a aprendizagem de ondas sonoras. Essa verificação implica, direta ou indiretamente, na realização de uma medida da aprendizagem dos alunos que utilizaram esses recursos como materiais de aprendizagem, ou seja, o grupo experimental.

A presença de um grupo de controle possibilita estimar se existem vantagens, ou não, na utilização de materiais desenvolvidos com o auxílio das TIC em relação a aulas tradicionais que utilizam como principal recurso didático o giz e quadro-negro. Deve ser ressaltado que essa comparação não tem como objetivo verificar se a aprendizagem pelo uso dos recursos tecnológico-comunicativos em laboratórios de informática é melhor que a aprendizagem em sala de aula tradicional, nem tão pouco advogar a substituição do professor pelo computador ou por qualquer outro recurso, tais como televisão, rádio etc.. O objetivo é verificar se o uso das TIC como recurso didático é uma opção viável e se o material produzido para efetivar a aprendizagem pelo aluno por meio desses recursos é potencialmente significativo ou não. É importante ressaltar que do ponto de vista didático-metodológico há uma mudança significativa no foco do processo de aprendizagem nesta proposta que ora está sendo sugerida e testada: a aprendizagem está centrada no aluno, diferentemente do que se faz na didática tradicional em que o foco é, em geral, centrado no professor.

Além disso, submeter dois grupos que estudaram o mesmo conteúdo de duas maneiras distintas e submetê-los à mesma avaliação pode revelar dificuldades de aprendizagem não dependentes da estratégia didática utilizada e que podem indicar a existência daquilo que Bachelard (1996) denominou de obstáculos epistemológicos.

Outro ponto que deve ser destacado é que o delineamento adotado não estipula que os alunos do grupo de controle sejam submetidos ao material de

aprendizagem. Nesta pesquisa, entretanto, estes alunos também utilizaram o material de aprendizagem desenvolvido, logo após serem submetidos ao pós-teste.

Grande parte da pesquisa educacional que utiliza um delineamento experimental faz uso de um pré-teste para garantir a equivalência entre os grupos experimental e de controle (CAMPBELL; STANLEY, 1979). Mas, a ausência de um pré-teste, como mecanismo de garantir a equivalência entre os grupos, não é comprometedora, principalmente quando o material instrucional se refere a conteúdos que são inéditos para os alunos (Ibid., p. 46). O opinário que foi aplicado aos alunos do grupo experimental e de controle revelou que os conhecimentos em questão eram inéditos para a grande maioria dos participantes (87,5%).

De maneira semelhante à pesquisa realizada por Antônio Tarciso Borges e Bruno Augusto Rodrigues (BORGES; RODRIGUES, 2005), foi oferecido um curso aos alunos, em um turno distinto do turno em que o aluno está em sala de aula. Além disso, o curso foi oferecido em diversos horários, de maneira que os alunos pudessem participar no horário que lhe fosse mais conveniente. A única exigência feita para que os alunos pudessem participar do curso foi a de que os alunos deveriam estar matriculados na segunda ou terceira série do ensino médio. Com esse arranjo a aleatoriedade do delineamento foi garantida. Um dos horários foi escolhido, ao acaso, para constituir o grupo de controle, enquanto os demais formaram o grupo experimental. O leitor que desejar saber mais sobre a formação dos grupos deve consultar as páginas 91 e 92.

Retornando à questão da opção metodológica é importante que se faça uma breve revisão do histórico da pesquisa educacional no Brasil, que revela alguns períodos de “dominação” metodológica (ANDRE, 2001; GATTI, 2001):

- Décadas de 60 e 70: predomínio das pesquisas de caráter quantitativo; situações controladas de experimentação; operacionalização de variáveis e sua mensuração; tratamentos estatísticos elaborados; o papel do pesquisador é o de um observador externo;
- Décadas de 80 e 90: propagação de pesquisas do tipo pesquisa-ação; surgimento dos debates e contrapontos acerca do conflito metodológico entre quantitativo e qualitativo; o foco das investigações abandona o caráter laboratorial e centra-se nas situações vivenciadas na escola e na

sala; o pesquisador passa a ver o fenômeno a partir do interior do fenômeno pesquisado;

Não há a intenção, ou pretensão, de discutir se o conflito entre as tendências metodológicas, quantitativa e qualitativa, é falso (LUNA, 1988) ou se é verdadeiro (FRANCO, 1988). Neste trabalho é adotada uma tendência unificadora, pois:

É preciso considerar que os conceitos de quantidade e qualidade não são totalmente dissociados, na medida em que de um lado a quantidade é uma interpretação, uma tradução, um significado que é atribuído à grandeza com que um fenômeno se manifesta (portanto é uma qualificação dessa grandeza) e, de outro, ela precisa ser interpretada qualitativamente, pois sem relação a algum referencial não tem significação em si. (GATTI, 2001, p. 74).

Assumindo que cada uma das metodologias possui seus pontos positivos e negativos buscou-se uma postura dialética entre essas tendências, a partir do contínuo processo de tese, antítese e síntese (CHAUÍ, 2005, p. 80-81). Essa dialética também leva em consideração a tese da integração entre as metodologias, conforme descrita por Filho (2000, p. 48-51):

1. A pesquisa social está repleta de julgamentos de valor e não é possível a distinção entre fato e valor;
2. A distinção dogmática entre quantidade e qualidade deve ser rejeitada;
3. A evidência quantitativa não pode ser interpretada independentemente das considerações qualitativas;
4. Os métodos quantitativo e qualitativo podem ser usados pelos pesquisadores sem caírem na contradição epistemológica.

Assim, neste trabalho o quantitativo e o qualitativo são utilizados com o intuito de desvelar com a maior profundidade possível o fenômeno em estudo.

1.5. A área de pesquisa em ensino de Física e as tecnologias da informação e comunicação

Tendo em perspectiva o objeto delimitado para este trabalho, foi feita uma revisão de literatura sobre os trabalhos envolvendo o ensino de Física e o uso das

tecnologias da informação e comunicação. As revisões da literatura se configuram como pesquisas que objetivam mapear e

[...] discutir uma certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento, tentando responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares [...]. (FERREIRA, 2002, p. 258).

Estas pesquisas podem contribuir de maneira importante para com aqueles que desejam obter uma visão geral, ou até detalhada, acerca de determinada área de pesquisa, mesmo que essa visão se apresente limitada, seja em decorrência da velocidade atual de produção dos conhecimentos científicos ou das considerações feitas por Ferreira (Ibid., p. 266-270), como a qualidade duvidosa das fontes de dados. Estes trabalhos auxiliam os pesquisadores a conhecer as tendências e características das pesquisas de sua área, permitindo um maior conhecimento e esclarecimento sobre a temática de sua pesquisa. Para esta revisão da literatura, buscou-se encontrar pesquisas que tratassem do uso do computador, e de seus recursos, no ensino e aprendizagem de Física.

1.5.1. Delimitação e procedimentos

A revisão da literatura que será aqui apresentada foi realizada a partir das seguintes fontes: a) *IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física* (2004); b) *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (2005); c) *A Física na Escola* (2000 a 2006); d) *Banco de Teses - CAPES* (1987-2004); e) *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*¹ (1996 a 2006); f) *Ciência e Educação* (1999 a 2005); g) *Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências* (1999 a 2006); h) *Investigações em Ensino de Ciências* (1996 a 2006); i) *Revista Brasileira de Ensino de Física* (1979 a 2006) e j) *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* (2002 a 2006). A partir destas fontes, foram investigadas e analisadas as produções relacionadas ao uso de computadores, e seus inúmeros recursos, no ensino de Física. Nesta investigação, uma atenção especial foi conferida aos trabalhos que tratam do ensino de ondas sonoras, por estarem diretamente relacionado ao objeto de pesquisa.

A análise dos artigos, dissertações e teses foi realizada de acordo com os seguintes critérios: a) natureza do trabalho; b) usos e potencialidades de inclusão dos

¹ Denominado como Caderno Catarinense de Ensino de Física até o ano de 2001.

computadores no ensino; c) áreas da Física; d) referenciais teóricos; e e) procedimentos de pesquisa. Para uma análise preliminar, de acordo com esta categorização, foram lidos e analisados os resumos e caso fosse necessário se procedia à leitura do trabalho completo.

1.5.2. Resultados

Um total de 87 trabalhos foi selecionado para a análise. A primeira análise realizada foi quanto à natureza do trabalho, na qual foram utilizadas três categorias:

- **Revisões de literatura:** trabalhos que fizeram um levantamento sobre a produção do conhecimento relacionado ao o uso das tecnologias da informação e comunicação e o ensino de Física;
- **Pesquisas aplicadas:** pesquisas nas quais alunos (aprendizes) participaram efetivamente;
- **Pesquisas não-aplicadas:** pesquisas nas quais os alunos não participaram. Englobam o desenvolvimento de softwares ou objetos de aprendizagem, as análises de softwares e recursos tecnológicos, e o desenvolvimento de artefatos experimentais a partir de recursos e periféricos computacionais.

A distribuição dos trabalhos, de acordo com essas categorias, se encontra na tabela 1:

Tabela 1 - Distribuição de freqüência da natureza dos trabalhos.

Natureza do trabalho	Freqüência	Percentual
Revisões de literatura	7	8,0%
Pesquisas aplicadas	34	39,1%
Pesquisas não-aplicadas	46	52,9%
Total	87	100,00%

É pertinente destacar o número de trabalhos (46) que não se preocuparam em avaliar o uso do computador junto àquele que deve ser o principal beneficiado pela inclusão das novas tecnologias na educação e no ensino: o aluno. Ao não contemplarem o aluno estes trabalhos ignoram que “[...] é essencial saber *como* este

instrumento [o computador e suas tecnologias] pode ser utilizado de forma adequada e produtiva no processo de ensino e aprendizagem.” (HASSE, 1999, p. 124, grifo do autor). Dentre estes trabalhos de pesquisa não-aplicada encontra-se um grande número de trabalhos voltados unicamente ao desenvolvimento de material educacional, dezesseis ao todo. Este dado demonstra a confusão entre pesquisa e desenvolvimento de materiais instrucionais que existe na área de ensino de Física e já identificada por Araújo e Veit (2004), e que pode levar a um “grande desperdício de esforços e entusiasmo” (Ibid., p. 12).

As próximas análises se concentram nos trabalhos de pesquisa aplicada e não-aplicada. Os trabalhos categorizados como revisões de literatura serão analisados em separado.

1.5.2.1. Usos e potencialidades de inclusão dos computadores no ensino de Física

Para a análise do uso, ou da proposta de inclusão, dos computadores no ensino de Física foi utilizada uma síntese das categorizações descritas por Rosa (1995) e por Fiolhais e Trindade (2003), a saber:

- **Coleta e análise de dados por computador:** o computador é utilizado como um instrumento auxiliar em uma experiência laboratorial de Física, sendo responsável pela coleta de dados do experimento e, eventualmente, por uma primeira análise dos dados, por meio de construção de tabelas e gráficos. Ao aluno cabe o papel de analisar e compreender o fenômeno sendo estudado;
- **Modelagem e/ou simulação de fenômenos:** um fenômeno natural é apresentado por meio de um modelo ou simulação, que tenta ser o mais fiel possível a uma ocorrência real do fenômeno ou ao modelo que descreve o fenômeno. O modelo/simulação pode ser apresentado como uma “caixa-preta” ao aluno, respondendo a alguma ação do aluno (situação de simulação estática), ou pode ser modelado e simulado pelo aluno (situação de simulação dinâmica);
- **Instrução assistida por computador:** o computador atua como um tutor, dirigindo o estudo do aluno, respeitando o tempo de aprendizagem do aluno;

- **Estudo de processos cognitivos:** o aluno opera o computador e suas habilidades cognitivas são estudadas por meio de sua interação com o mesmo;
- **Hipermídia/multimídia:** esta modalidade de utilização tem como fundamento o conceito de hipertexto ou, de forma mais abrangente, hipermídia, onde vários elementos, como textos, imagens, vídeos e animações, estão conectados entre si, permitindo que o aluno “navegue” de uma forma pré-determinada ou de uma forma livre;
- **Realidade virtual:** tipo especial de modelagem/simulação, onde o aluno interage visualmente ou por meio de outro sentido com um ambiente tridimensional (3-D) artificial. Neste trabalho uma experiência é classificada como realidade virtual quando há o uso de equipamentos que simulem a realidade, tais como óculos 3-D, permitindo que o usuário (aluno) perceba a simulação como uma realidade;
- **Courseware:** conjunto de programas educacionais que têm por função ministrar o ensino sob dada circunstância;
- **Internet:** tem como base o uso de recursos disponibilizados via rede mundial de computadores (Internet). Esses recursos são os mais variados, incluindo-se a exploração de: bibliotecas, sites de busca, portais de informações, museus, simulações, hipermídia/multimídia, realidade virtual, fóruns, salas de bate-papo etc.

Apesar da grande abrangência das categorias acima, as particularidades de alguns trabalhos, como os de Eichler, Junges e Pino (2006) e Guimarães, Tonidande e Cerqueira (2005) demandaram a inclusão de outras categorias:

- **Jogos educacionais:** um software ou um conjunto de softwares cria um ambiente onde o aluno participa de um jogo. Este jogo tem o propósito de permitir o contato com o conteúdo a ser aprendido de uma maneira lúdica;
- **Ferramentas de autoria:** os alunos usam diversas ferramentas disponibilizadas por meio do computador para a criação de material (textos, desenhos, apresentações etc.) sobre um determinado conteúdo.

Além destas categorias foi necessária a criação de outra denominada por “**não identificado**”, em que foram situados os trabalhos nos quais o resumo não possibilitou determinar a forma de uso do computador e não se obteve acesso à versão completa do trabalho.

O enquadramento de um trabalho em uma das categorias descritas acima foi feito levando-se em conta a característica principal do uso descrito no trabalho. A tabela 2 mostra a distribuição das formas de utilização dos computadores nos trabalhos analisados:

Tabela 2 - Formas de utilização dos computadores.

Forma de utilização	Nº. de trabalhos	Percentual
Modelagem e/ou simulação de fenômenos	38	47,50%
Coleta e análise de dados por computador	18	22,50%
Internet	8	10,00%
Hipermídia/multimídia	6	7,50%
Instrução assistida por computador	4	5,00%
Ferramentas de autoria	1	1,30%
Estudos de processos cognitivos	1	1,30%
Courseware	1	1,30%
Jogos educacionais	1	1,30%
Não identificado	2	2,50%
Total	80	100,00%

A modelagem e/ou simulação de fenômenos físicos, com 38 trabalhos, é a modalidade mais utilizada quando se trata da inclusão do computador no ensino de Física. Essa predominância sugere que os pesquisadores da área têm uma grande confiança de que a modelagem e/ou simulação de fenômenos é fundamental para a melhoria do ensino de Física. No entanto, conforme relatam A. Medeiros e C. Medeiros (2002) alguns pontos devem ser observados ao se fazer uso de modelagens/simulações: a) elas não podem ser utilizadas indiscriminadamente ou acriticamente; b) os modelos que descrevem os fenômenos contêm simplificações e aproximações da realidade e os alunos e professores devem estar cientes de tal fato; c) existe uma significativa diferença entre realizar um experimento e utilizar uma modelagem/simulação; d) pode haver discrepâncias entre o modelo/simulação e a

realidade; e e) os modelos/simulações podem estar em desacordo com as teorias correspondentes.

1.5.2.2. Áreas da Física

A Física possui um amplo espectro de domínios ou áreas de conhecimento. Apesar das possibilidades de pesquisa decorrentes desta diversificação, a análise dos trabalhos revelou que as pesquisas se concentram em três áreas: a Mecânica com 38 trabalhos, o Eletromagnetismo com 11 trabalhos e a Física Moderna com 10 trabalhos. Também são numerosos os trabalhos que não apresentam nenhuma relação direta com alguma área da Física ou que podem ser utilizados em várias áreas de Física, um total de 15 trabalhos. Dentre os trabalhos da área de Mecânica, apenas 7 (sete) envolvem a Física do som.

1.5.2.3. Referenciais teóricos

Os referenciais teóricos desempenham um papel fundamental no processo de construção de um conhecimento científico, sendo indispensáveis na condução de uma pesquisa. Neste trabalho, entretanto, não se pretende investigar se os trabalhos e pesquisas que não explicitam os referenciais teóricos realmente foram realizados sem um referencial teórico. Verifica-se em alguns casos que o referencial teórico simplesmente não consta do texto que foi analisado para a revisão de literatura. Com o intuito de determinar os referenciais mais presentes em pesquisas envolvendo o uso do computador e o ensino de Física, um levantamento foi realizado apenas nos trabalhos em que os referenciais teóricos se encontram explicitamente citados.

Considerando os trabalhos de pesquisa não-aplicada (46 ao todo), isto é, trabalhos sem a participação dos alunos, o referencial teórico foi identificado em apenas 8 trabalhos: *Barlette e Guadagnini (2005)*: teoria dos campos conceituais; *Castro, Silveira e Araújo (2005)*: Vygotsky; *Ferreira (2001)*: aprendizagem colaborativa/cooperativa; *Nogueira et al. (2000)* e *Machado e Nardi (2005)*: teoria da aprendizagem significativa; *Santos, Santos S. e Fraga (2002)*: Piaget; *Santos, Otero e Fanaro (2000)*: teoria da aprendizagem significativa e teoria dos modelos mentais; e *Silva e Filho (2004)*: Mario Bunge.

Os trabalhos de pesquisa aplicada revelam números melhores do que os encontrados nos trabalho de pesquisa não-aplicada, entretanto, ainda é um resultado

relativamente baixo. Dentre os 34 trabalhos, o referencial teórico foi identificado em 11: Almeida (2004), Alves (2000) e Dorneles, Veit e Moreira (2005): *teoria da aprendizagem significativa*; Heckler (2004): *abordagem construtivista*; Souza (2004): *Bachelard*; Kroetz e Serrano (2005): *perfil conceitual (Mortimer)*; Machado e Santos (2004): *Piaget*; Araújo (2005): *teoria da aprendizagem significativa e modelagem esquemática (Halloun)*; Gobara et al. (2002): *teoria do conflito cognitivo*; Rezende (2001): *teoria do desenvolvimento conceitual (André diSessa)*; e Lima (2004): *Vygotsky*.

1.5.2.4. Procedimentos de pesquisa

Embora os trabalhos classificados, quanto à natureza, como revisões de literatura e pesquisas não-aplicadas possuam seus procedimentos de pesquisa, optou-se por analisar apenas os trabalhos que contaram com a participação dos alunos. Esta escolha foi feita em decorrência do tipo de pesquisa descrita neste trabalho de dissertação. A distribuição de frequência dos procedimentos utilizados nos trabalhos de pesquisa aplicada se encontra na tabela 3:

Tabela 3 - Procedimentos de pesquisa utilizados nas pesquisas aplicadas.

Procedimento de pesquisa	Frequência
Delineamento experimental, quase-experimental (CAMPBELL; STANLEY, 1979) ou alguma variante	9
Estudo de caso	9
Pesquisa e desenvolvimento de recurso computacional, uso por alunos, avaliação dos alunos e do recurso desenvolvido	9
Investigação-ação	1
Não identificado	6
Total	34

Duas categorias da tabela 3 devem ser esclarecidas: 1) pesquisa e desenvolvimento de recurso computacional, uso por alunos, avaliação dos alunos e do recurso desenvolvido e 2) não identificado. A primeira categoria refere-se a trabalhos que além do desenvolvimento do recurso computacional, investigaram o seu uso com os alunos. Entretanto a análise dos trabalhos não permitiu avaliar a metodologia adotada. A segunda categoria se refere aos trabalhos nos quais o resumo

não permitiu identificar a abordagem metodológica que foi utilizada, e não foi possível o acesso ao trabalho completo.

1.5.2.5. Os trabalhos de revisão da literatura

Os trabalhos que realizaram uma revisão da literatura se constituem em uma importante referência para aqueles que pretendem realizar pesquisas sobre a informática educativa e o ensino de Física. Ao todo sete trabalhos foram encontrados, nas fontes e períodos definidos, e analisados: *Rosa (1995)*, *Rezende (2000)*; *A. Medeiros e C. Medeiros (2002)*; *Fais (2002)*; *Fiolhais e Trindade (2003)*; *Benito, Gras-Marti e Soler-Selva (2005)* e *Elias et al. (2005)*.

Os trabalhos de Rosa (2005), de Fiolhais e Trindade (2003) e de Elias et al. (2005) apresentam o estado do conhecimento sobre as pesquisas envolvendo o computador como recurso didático. Além disso, estes trabalhos fazem uma categorização sobre as formas em que o computador pode ser utilizado como recurso didático.

O trabalho de Rezende (2000) faz uma revisão sobre a articulação entre as novas tecnologias, em especial o computador, as práticas pedagógicas e o construtivismo. A autora destaca o novo papel que deve ser assumido pelo professor e as novas formas de planejamento e avaliação, além de apresentar como a literatura nacional e internacional trata o assunto.

O trabalho de Benito, Gras-Marti e Soler-Selva (2005) relata as principais maneiras com que o ensino do fenômeno físico do pêndulo simples é realizado dando ênfase ao uso do computador sob dois aspectos: coleta e análise de dados e simulações/modelagens como instrumentos. Segundo os autores a utilização do computador pode ajudar a superar as dificuldades apresentadas pelas formas tradicionais de abordar o assunto.

Fais (2002) realiza uma revisão sobre o uso do computador sob a perspectiva de ensino à distância (EAD), ressaltando seu papel em uma formação tecno-científica mais crítica e humanizante. O já citado (página 39) trabalho, de A. Medeiros e C. Medeiros (2002) faz importantes reflexões acerca da forma mais disseminada de uso do computador como recurso didático: as simulações/modelagens.

1.5.2.6. Os trabalhos com foco na Física do Som

Os trabalhos que possuem como área de interesse a Física do som são: Barbeta e Marzulli (2000), Bleicher et al. (2002), Cavalcante e Tavolaro (2003; 2004), Silva et al. (2003; 2004) e Borges e Rodrigues (2005).

O trabalho de Barbeta e Marzulli (2000) apresenta um esquema experimental para a determinação da velocidade do som no ar. O esquema experimental proposto pelos autores faz uso de um gerador de ondas quadrada, um osciloscópio, um alto-falante, dois microfones e um computador. As instruções para a construção do aparato experimental são bem detalhadas contando, inclusive, com o esquema elétrico do gerador de ondas quadrada e do alto-falante. Além da proposta do aparato experimental, o artigo descreve o software que foi desenvolvido para efetuar a coleta automática dos dados. Em decorrência da complexidade do procedimento para o cálculo da velocidade do som no ar a partir dos dados coletados e dos equipamentos utilizados, a proposta desses autores aparenta estar limitada a cursos de graduação em instituições dotadas de um bom laboratório de Física. Após descrever a montagem do kit experimental e o uso do software, o artigo apresenta os resultados experimentais obtidos pelos autores. Em síntese, o artigo trata apenas da proposta de uma alternativa experimental para o cálculo da velocidade do som no ar, se caracterizando como um trabalho de desenvolvimento. Neste trabalho não há o relato da participação ou uso do material desenvolvido por alunos e o referencial teórico não está explícito no texto.

Bleicher et al. (2002) propõem a utilização de um software não-gratuito - o Mathematica², para permitir que os alunos construam modelos e simulações de efeitos sonoros comumente utilizados por músicos: *batimento* (interferência entre ondas de frequência próximas), *tremolo* (uma variação periódica de amplitude), *phaser* (soma-se à onda original uma onda de mesma frequência e amplitude máxima A , mas com uma variação temporal e linear de fase, o que resulta em uma série de interferências construtivas e destrutivas) e *auto-wah* (uma variação periódica entre frequências mais agudas e mais graves). A simulação descrita no artigo consiste na utilização de uma função do Mathematica (Play), que é capaz emitir uma onda sonora de acordo com os parâmetros passados a ela. Os autores ressaltam a possibilidade de aprendizagem sem a interferência ou ajuda do professor mesmo sem

² Para informações sobre o Mathematica, acesse: <http://www.wolfram.com/products/mathematica/index.html>.

realizar nenhuma verificação junto aos alunos. Trata-se de um trabalho de pesquisa não-aplicada (sem participação dos alunos) em que os autores propõem o uso de um software como recurso didático. O texto analisado não deixa claro o referencial teórico utilizado.

Cavalcante e Tavolaro (2003) esclarecem que seu trabalho é um artigo que “[...] propõe um experimento de baixo custo para medir com eficiência a velocidade do som.” (p. 1). A proposta do artigo está voltada para o ensino médio e faz uso de materiais de fácil obtenção e baixo custo: microfone, tubo de PVC e um software para coleta e análise automática dos dados. O texto não relata o uso do kit por alunos e não explicita nenhum referencial teórico.

O outro trabalho de Cavalcante e Tavolaro (2004) apresenta dois kits experimentais para o estudo de ondulatória e ondas sonoras que foram desenvolvidos para uso em um curso de graduação da PUC/SP, mas, que também foram utilizados em algumas escolas públicas de São Paulo. O primeiro kit foi desenvolvido para experimentos sobre os modos de vibração de uma corda e o segundo kit para experimentos sobre tubos sonoros, incluindo a determinação da velocidade do som. Após as instruções de montagem dos kits, o artigo relata alguns procedimentos experimentais que podem ser realizados com o apoio dos kits que foram desenvolvidos. Em alguns desses procedimentos são utilizados softwares para coleta e análise automática de dados. Os autores relatam que os kits foram utilizados e testados por professores universitários e que os experimentos “[...] permitem a visualização e melhor compreensão dos conceitos abordados [...]” (CAVALCANTE; TAVOLARO, 2004, p. 12-13). O artigo não deixa claro qual foi a participação dos alunos no trabalho, não detalha quais resultados levaram à conclusão de que a utilização dos kits contribuiu para uma melhor compreensão dos conceitos e além disso, não deixa explícito qual o referencial teórico utilizado.

Silva et al. (2003) propõem a utilização do computador e seus periféricos (no caso, as saídas de áudio ou o alto-falante interno do computador) para a realização de uma atividade experimental que permita aos alunos determinarem a velocidade do som no ar. Segundo os autores este experimento pode ser realizado até mesmo nas residências dos alunos. Para alcançarem seus objetivos, os autores desenvolveram um software (VSOM) que é capaz de gerar sons em diversas frequências, e que disponibiliza os roteiros experimentais - separados em dois níveis: ensino médio e superior, e uma sugestão para elaboração do relatório do

experimento. O trabalho exhibe o resultado obtido na determinação da velocidade do som em uma utilização da proposta feita pelos próprios autores. Além disso, é relatado que os autores solicitaram a vários alunos que realizassem o experimento em suas casas e que os resultados obtidos pelos alunos foram bem próximos do resultado obtido pelos autores. Os autores concluem que a proposta experimental para a determinação da velocidade do som é satisfatória. Apesar de o trabalho relatar que os alunos participaram da pesquisa, não foi feita nenhuma verificação dos possíveis benefícios da proposta para a aprendizagem dos alunos, apenas uma comparação entre os resultados obtidos para a velocidade do som e os esperados. A análise do texto não permitiu a identificação do referencial teórico.

No trabalho de 2004, Silva et al., iniciam com uma rápida análise de algumas opções para a simulação do fenômeno físico conhecido como batimento. Em seguida é apresentado o software desenvolvido pelos autores, denominado Batimento. O primeiro menu do software apresenta funções para a geração de uma interferência sonora do tipo batimento, uma “animação sobre batimento” que exhibe um gráfico com a variação da amplitude da onda resultante em função da distância e um experimento sobre movimento circular uniforme. O segundo menu do software disponibiliza um roteiro experimental sobre batimento para o ensino superior e outro para o ensino médio. Além destes roteiros, existe outro para um experimento envolvendo dois móveis em movimento circular uniforme. Após essa exposição do software, o artigo se concentra em comparar o software desenvolvido com as outras opções tecnológicas citadas anteriormente. Os autores concluem que o uso do software Batimento é vantajoso com relação às outras opções, que pode auxiliar os alunos a terem uma compreensão qualitativa e quantitativa do fenômeno e que “[...] os resultados experimentais obtidos são tão bons quanto os de caros equipamentos do passado.” (SILVA et al.; 2004, 109). O artigo não relata o uso do software por alunos, deixando transparecer que os benefícios citados pelos autores não foram verificados. O texto não faz referência a nenhum referencial teórico.

O trabalho de Borges e Rodrigues (2005) inicia com uma revisão da literatura sobre os modelos utilizados por crianças e jovens para explicar a produção e a propagação do som. Os autores ressaltam a importância do uso de problemas contextualizados no ensino de Física, numa busca por “[...] tornar mais científicos o conhecimento e o pensamento dos estudantes” (BORGES; RODRIGUES, 2005, p. 7). Neste trabalho os alunos utilizam um software para coleta automática de dados e

para visualizar o “resultado” desta coleta por meio de gráficos. Além deste software, o sistema utilizado fez uso de um sensor sonoro e um dispositivo de interfaceamento analógico-digital. A metodologia de pesquisa utilizada é uma modificação dos delineamentos experimentais com aplicação de pré e pós-teste (CAMPBELL; STANLEY, 1979), na qual os autores utilizaram várias técnicas para coleta de dados e fizeram uma análise qualitativa das situações vivenciadas pelos alunos durante a pesquisa. A pesquisa ocorreu sob a forma de um curso oferecido a alunos voluntários. Os autores relatam que os estudantes que mais se beneficiaram do curso os que não tinham um bom conhecimento conceitual sobre o tema estudado. O artigo não deixa claro o referencial teórico utilizado pelos autores.

1.5.3. Algumas considerações

A revisão da literatura revela que boa parte dos trabalhos envolvendo o uso do computador e o ensino de Física foi realizado sem a participação dos alunos e, entre estes há um número considerável de trabalhos que tratam do desenvolvimento de materiais educacionais. Mesmo que o desenvolvimento de materiais educacionais ou a proposição de um recurso tecnológico para ser utilizado em salas de aula possa contribuir para a inclusão das tecnologias da informação e comunicação no ambiente escolar, não se pode ficar apenas no campo do desenvolvimento. É necessário que sejam feitas verificações do uso destes recursos no ensino e aprendizagem, seja de Física, seja de outra disciplina. Somente a partir destas verificações é que se poderá constatar que estas tecnologias podem contribuir para melhorias no ensino e na aprendizagem.

A concentração dos trabalhos na Mecânica e no Eletromagnetismo revela que um extenso campo de pesquisa sobre a informática educativa e o ensino de Física ainda está à espera de pesquisadores dispostos a mudar o perfil tradicionalista do ensino médio, em que a maior parte do currículo se refere a estas duas áreas da Física.

O levantamento sobre os referenciais teóricos sugere que a teoria da aprendizagem significativa é um dos referenciais que tem influenciado as pesquisas que tratam da informática educativa no ensino de Física. Dentre os trabalhos que explicitam seus referenciais teóricos - 19 no total, a teoria da aprendizagem significativa é o referencial mais utilizado, estando presente em 7 trabalhos. Este

levantamento sobre os referenciais teóricos também revelou um grande número de trabalhos que não explicitam seu referencial teórico. Mesmo que estes trabalhos simplesmente não tenham citado qual o referencial teórico utilizado, é pertinente ter em vista a reflexão feita por Araújo e Veit (2004, p.12):

Usar tecnologias computacionais no Ensino de Física sem, pelo menos, um referencial teórico sobre aprendizagem, sem, no mínimo, uma concepção teórica sobre como o sujeito aprende, pode ser um erro igual ao já cometido com os equipamentos, livros, vídeos e outros recursos instrucionais.

Quanto aos procedimentos de pesquisa, a presença de 9 trabalhos que adotaram uma abordagem quantitativa como orientação para os procedimentos de pesquisa é um resultado interessante, principalmente após o debate metodológico ocorrido durante os anos 80 e a conseqüente expansão das abordagens qualitativas e um progressivo abandono das abordagens quantitativas nas pesquisas educacionais (GATTI, 2001, p. 69-73). Estes trabalhos sugerem que entre pesquisadores da área de ensino de Física alguns consideram as abordagens quantitativas suficientes e adequadas para responder às suas questões de pesquisa.

Foram encontrados e analisados 7 trabalhos relacionados à Física do Som. A análise revelou a predominância das propostas de kits experimentais voltados à determinação da velocidade do som: 4 trabalhos - *Barbeta e Marzulli (2000)*, *Cavalcante e Tavolaro (2003; 2004)* e *Silva et al. (2003)*. O uso da informática educativa, nestes trabalhos, se limitou à geração de sinais de áudio e à coleta e análise automática de dados. Outros dados que chamam a atenção se referem à participação de alunos nos trabalhos: em 4 deles - *Barbeta e Marzulli (2000)*, *Bleicher et al. (2002)*, *Cavalcante e Tavolaro (2004)* e *Silva et al. (2003)* os alunos estão ausentes e em apenas 1 (um) trabalho a participação dos alunos é detalhada - *Borges e Rodrigues (2005)*. O trabalho de Borges e Rodrigues (2005) foi o único, entre aqueles analisados, a mostrar evidências dos benefícios do uso de computadores como parte de um processo de ensino e aprendizagem.

Estes dados sugerem que ainda há muito a fazer e a pesquisar na perspectiva de se utilizar a informática educativa com o Ensino de Física e provocar um verdadeiro enlace entre essas áreas. Pois, como afirmam Araújo e Veit (2004, p. 12):

Não se melhora o ensino simplesmente produzindo novos e sofisticados recursos instrucionais. O desenvolvimento instrucional deve estar

acoplado à pesquisa em ensino ou, pelo menos, levar em conta o conhecimento produzido pela pesquisa em ensino e os enfoques teóricos sobre aprendizagem compartilhados pela comunidade de educadores e pesquisadores em Ensino de Física.

A escassez de trabalhos envolvendo computadores no ensino e aprendizagem da Física do Som (sete), a predominância de propostas sugerindo o desenvolvimento de kits para determinação da velocidade do som, e a existência de apenas um trabalho que se preocupou em verificar os efeitos do uso do computador na aprendizagem dos alunos, justificam e evidenciam a necessidade de se realizar pesquisas nesta área da Física. É fundamental, entretanto, que propostas que sugerem a utilização da informática e de ambientes virtuais para a aprendizagem de conceitos físicos, considerem o aluno como o “foco” destas pesquisas e que as mesmas apresentem uma coerência metodológica e teórica.

CAPÍTULO II

REFERENCIAIS TEÓRICOS

Este capítulo apresenta os dois referenciais teóricos adotados: a teoria da aprendizagem significativa e a epistemologia de Bachelard. Para cada um dos referenciais são discutidos os fundamentos e conceitos que estão mais relacionados a este trabalho de pesquisa. A seção que trata da teoria da aprendizagem significativa abordará: os principais tipos de aprendizagem, o que são os subsunçores, condições para uma aprendizagem significativa, processos de assimilação e assimilação obliteradora, princípios facilitadores para uma aprendizagem significativa e uma breve discussão sobre a aquisição de conceitos. No que se refere à epistemologia de Bachelard será abordada a noção de obstáculo epistemológico e alguns aspectos relacionados que foram utilizados para a análise das produções dos alunos. Além disso, será feita uma breve contraposição entre a epistemologia de Bachelard e a teoria da aprendizagem significativa.

2.1. Fundamentos da teoria da aprendizagem significativa

2.1.1. Aprendizagens significativa, mecânica, por recepção e por descoberta

A teoria da aprendizagem significativa (TAS) é uma teoria psicológica educacional. Mas, o que significa isto?

Enquanto ciência aplicada, a psicologia educacional não trata das linhas gerais da aprendizagem propriamente dita. Antes de tudo, volta-se para aquelas propriedades de aprendizagem que podem estar relacionadas a meios efetivos para tornar *deliberadamente* estáveis as mudanças cognitivas que têm valor social. [...] Poderíamos dizer que interessam ao psicólogo os aspectos *gerais* da aprendizagem, enquanto que a aprendizagem em *sala de aula*, ou aprendizagem deliberadamente orientada de uma disciplina num contexto social, é o campo especial da psicologia educacional. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 8-9, grifo do autor).

A TAS é, dessa maneira, uma teoria adequada às situações em que exista a intenção deliberada de ensinar alguma coisa a alguém. Na sociedade contemporânea existe um local privilegiado para a ocorrência dessas situações: a sala de aula.

Essa afinidade com a sala de aula, entretanto, não a caracteriza como uma teoria de ensino, mas, como uma teoria que pode contribuir para o ensino. Sobre essa

relação entre teoria de aprendizagem e teoria de ensino, Ausubel, Novak e Hanesian (Ibid., p. 14) ponderam:

[...] as teorias da aprendizagem e teorias de ensino são interdependentes, ao invés de mutuamente exclusivas. Ambas são necessárias para uma ciência completa da pedagogia e nenhuma delas é o substituto adequado da outra. As teorias de ensino devem tomar como base as teorias da aprendizagem e ter um enfoque mais aplicado [...].

Antes de esclarecer os princípios e orientações da TAS que podem ser seguidos para propiciar um ensino de melhor qualidade, é necessária uma apresentação dos fundamentos da TAS.

O foco da TAS é a aprendizagem significativa que é, essencialmente, o resultado de um processo pelo qual uma nova informação se relaciona aos conhecimentos que uma pessoa já possui, sendo estes conhecimentos prévios conhecidos como subsunçores (MOREIRA; MASINI; 1982, p. 7). Essa relação normalmente é descrita como “não arbitrária” e “substantiva” (ou “não literal”) (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 23).

Quando ocorre uma aprendizagem significativa, isto é, quando uma nova informação se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva com o conjunto de informações que o indivíduo já conhece, tanto a nova quanto a velha informação são modificadas, isto é, essa relação não é uma ligação simples (Ibid., p. 48). A relação que ocorre em uma aprendizagem significativa é uma forma de relação interacionista na qual o novo e o antigo interagem e dão origem a um conhecimento que não é simplesmente a soma dos conhecimentos anteriores à interação. Em verdade este novo conhecimento engloba os conhecimentos iniciais, mas tende a manter as características mais gerais e inclusivas presentes nestes conhecimentos (MOREIRA; MASINI; 1982, p. 7).

Quando a relação entre o que o indivíduo já sabe e a nova informação consiste em uma associação arbitrária, que não provoca mudanças nas componentes da associação, ou quando o indivíduo não possui o subsunçor necessário para tornar a relação significativa, ocorre outro tipo de aprendizagem: a aprendizagem automática (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 23) ou mecânica (MOREIRA; MASINI; 1982, p. 8-9). Vale ressaltar que a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica não são dicotômicas, mas se situam em um continuum (Ibid., p. 9).

Além das aprendizagens mecânica e significativa, a TAS estuda outras modalidades de aprendizagem, entre as quais, duas merecem destaque: a aprendizagem por recepção e a aprendizagem por descoberta. As principais diferenças entre estas formas de aprendizagem se situam em dois âmbitos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 19-22):

1. Do conteúdo a ser aprendido: na aprendizagem por recepção o conteúdo é explicitamente apresentado aos alunos. Na aprendizagem por descoberta, antes que possa ser aprendido, é necessário que o conteúdo seja descoberto para que possa, em seguida, ser aprendido;
2. Do papel desempenhado pelo aprendiz: na aprendizagem por recepção o aluno deve internalizar o conteúdo apresentado. Na aprendizagem por descoberta o aluno deve desvelar o conteúdo, antes de internalizá-lo.

É importante evitar uma relação de causa e efeito entre: a) aprendizagem por recepção e aprendizagem mecânica e b) aprendizagem por descoberta e aprendizagem significativa. Tanto a aprendizagem por recepção quanto por descoberta podem ocorrer de maneira significativa ou mecânica. A figura 2, adaptada de Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 21) exhibe as dimensões das aprendizagens por recepção-descoberta e significativa-mecânica:

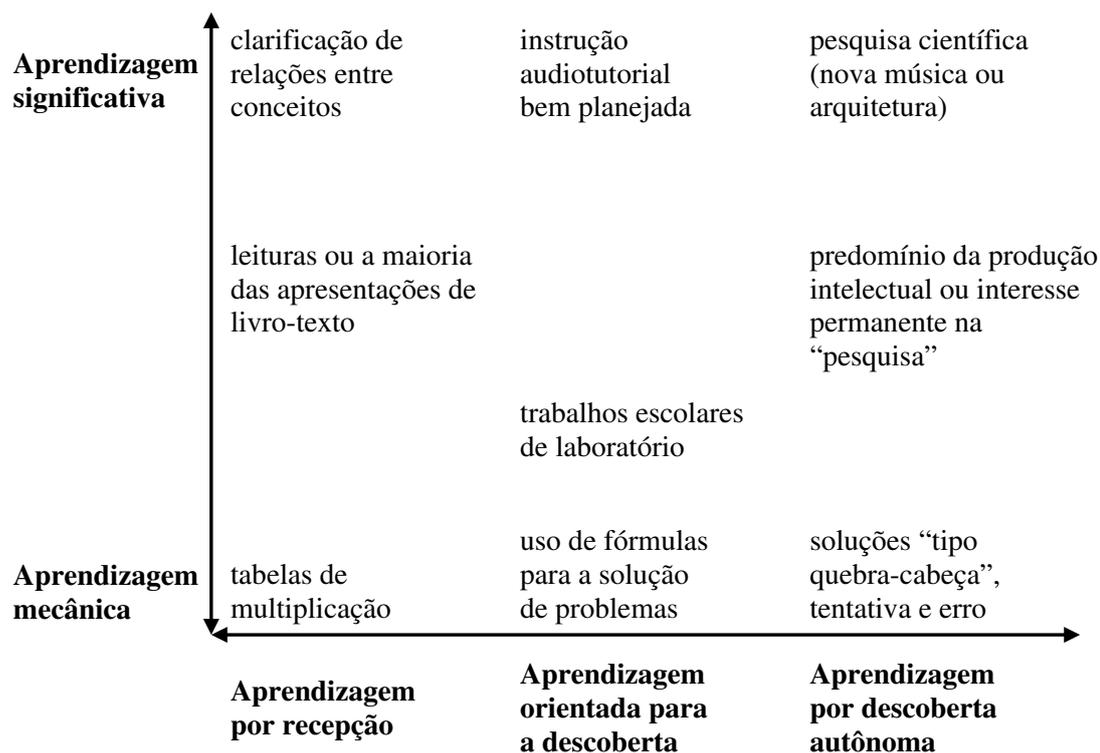


Figura 2 - Dimensões receptiva-descoberta e mecânica-significativa de aprendizagem.

Ao contrário do que a figura 2 possa sugerir, as aprendizagens mecânica e significativa não são completamente dicotomizadas, sendo que alguns tipos de aprendizagem apresentam características tanto da aprendizagem mecânica como da significativa, além de que em determinadas tarefas de aprendizagem ambos os tipos podem ocorrer concomitantemente (Ibid., p. 20).

Outro ponto que deve ser destacado é a aprendizagem por recepção não implica, necessariamente, que o aluno seja um receptor passivo. Para a TAS, o que determina se o aluno é um receptor passivo, ou não, é a ocorrência de uma aprendizagem significativa ou uma aprendizagem mecânica, não importando se a aprendizagem se dá por recepção ou por descoberta. Moreira (2005, p. 13) esclarece:

Na aprendizagem significativa, o aprendiz não é um receptor passivo. Longe disso. Ele deve fazer uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária.

Ainda sobre a aprendizagem por descoberta, deve ser entendido que ela não se restringe à pesquisa científica ou a um trabalho de criação artística mas, engloba

toda atividade em que algo deve ser descoberto antes que possa ser aprendido, como por exemplo “[...] qual das duas passagens do labirinto leva ao objetivo, a natureza precisa das relações entre duas variáveis, os atributos comuns de diferentes objetos, e assim por diante” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIA, 1980, p. 20).

Para que uma aprendizagem significativa possa ocorrer, são exigidas duas condições (Ibid., p. 34-37):

1. O aluno deve estar disposto a relacionar, de maneira não arbitrária e substantiva, o novo conteúdo com algum conhecimento prévio. Nesta relação deve existir uma real compreensão dos conceitos e das proposições envolvidas;
2. O conteúdo deve ser potencialmente significativo, isto é, deve ser passível de ser incorporada de maneira substantiva e não arbitrária aos conhecimentos que o aluno já possui.

Como as condições necessárias para a aprendizagem significativa devem ser consideradas para o desenvolvimento de materiais educacionais, este assunto será explorado mais detalhadamente no *CAPÍTULO III - Os Mistérios do Som: Um Ambiente Virtual de Aprendizagem*, mais especificamente na seção 3.3 - *O núcleo do material educacional: Os desafios*, página 69.

2.1.2. Princípios programáticos facilitadores para uma aprendizagem significativa

A TAS estipula que os conhecimentos de um indivíduo sobre uma determinada área ou assunto estão organizados sob a forma de uma estrutura cognitiva na qual as informações estão altamente organizadas, formando uma hierarquia conceitual (MOREIRA; MASINI; 1982, p. 7-8). Uma aprendizagem significativa ocorre, portanto, quando uma nova informação consegue se relacionar com um subsunçor presente nesta estrutura cognitiva.

Existem alguns princípios que podem ser utilizados para a preparação das aulas e dos materiais educacionais, de maneira a facilitar a aprendizagem significativa. Dois destes princípios levam em consideração a hierarquia conceitual entre os conceitos: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

A diferenciação progressiva é o princípio pelo qual as idéias mais gerais e mais inclusivas da disciplina devem ser apresentadas em primeiro lugar e só depois essas idéias devem ser continuamente detalhadas e especificadas (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 159). Segundo este princípio se deve caminhar do geral para o específico, pois, é mais fácil para o ser humano aprender quando os conceitos mais inclusivos já foram previamente aprendidos (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 21).

A reconciliação integradora ou integrativa é o princípio pelo qual o material deve explorar de maneira explícita as relações existentes entre as idéias e conceitos, dando destaque às diferenças e semelhanças (MOREIRA, 2005, p. 15). A aplicação deste princípio busca evitar a compartimentalização dos conteúdos e a segregação de idéias dentre um capítulo, tema ou, até mesmo, disciplina (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 161).

O terceiro princípio é o da organização seqüencial e consiste, basicamente, em conferir ao material uma ordem pela qual seja garantida a coerência entre os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integradora com as relações de dependência conceitual existentes no assunto a ser ensinado (MOREIRA, 2005, p. 15). Além disso, a organização seqüencial deve aumentar a disponibilidade de subsunçores para uso na aprendizagem significativa (MOREIRA; MASINI; 1982, p. 42).

O quarto princípio é o da consolidação. Este princípio refere-se à insistência no domínio que está sendo estudado antes que um novo conhecimento seja introduzido (MOREIRA, 2005, p. 15). Este princípio pode ser aplicado em conjunto ao princípio da organização seqüencial.

Existe outro facilitador para a aprendizagem significativa que não é considerado um princípio, mas uma estratégia (Ibid., p. 14). Trata-se dos organizadores prévios (Ibid., p. 16) ou antecipatórios (AUSUBEL; NOVAK; GOWIN, 1980, p. 142-149). A principal função dos organizadores prévios é fazer com que os aprendizes tenham disponíveis os subsunçores necessários para a subsequente aprendizagem significativa, preenchendo o vazio entre o que o aluno já sabe e aquilo que deve ser aprendido (Ibid., p. 143-144).

É importante destacar que embora estes princípios tenham sido elaborados em uma época em que as atividades de ensino e aprendizagem que utilizavam computadores ainda eram incipientes, estes princípios podem ser estendidos às

situações de ensino e aprendizagem que envolvam o uso das novas tecnologias. Por exemplo, o trabalho de Machado e Nardi (2006) fez uso dos princípios facilitadores da aprendizagem significativa para o desenvolvimento de um sistema hipermídia, obtendo bons resultados de aprendizagem durante a utilização do sistema, por alunos do ensino médio. A revisão de literatura, feita na seção 1.5. *A área de pesquisa em ensino de Física e as tecnologias da informação e comunicação* (páginas 34 a 48), indica outros trabalhos que também utilizam a TAS como referencial para suas pesquisas.

A aplicação dos princípios facilitadores, na elaboração do material educacional utilizado nesta pesquisa pode ser vista no *CAPÍTULO III - Os Mistérios do*

Som:

Um Ambiente Virtual de Aprendizagem.

2.1.3. Assimilação e assimilação obliteradora: a interação entre a nova informação e o conhecimento prévio

Já foi visto que a aprendizagem significativa implica em uma interação entre a nova informação e o conhecimento prévio, ou subsunçor, presente na estrutura cognitiva de um determinado indivíduo. Essa interação ocorre segundo a teoria da assimilação, que postula: “[...] a nova aprendizagem significativa modifica a natureza da nova informação incorporada na estrutura cognitiva, bem como os conceitos e proposições básicas existentes.” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 133).

Seja **A** o conhecimento prévio, ou anterior, e **B** a nova informação, que é potencialmente significativa. Se ocorrer uma aprendizagem significativa que relacione **A** e **B**, após a ocorrência da relação e assimilação de **B** por **A** eles formariam um produto interacional **A'B'**. Esquemáticamente, a assimilação é representada da seguinte maneira (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 16):

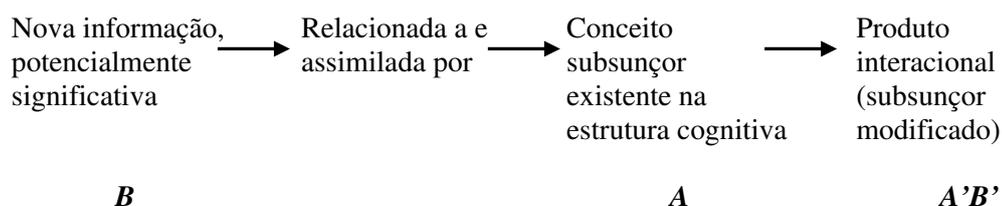


Figura 3 - Esquema do processo de assimilação.

O processo de assimilação, entretanto, não se encerra com o subsunçor modificado ($A'B'$). Segundo Moreira e Masini (Ibid., p. 16-19), após a assimilação (obtenção de $A'B'$) tem início um processo que permite, pelo menos temporariamente, que as informações recém assimiladas (A') permaneçam dissociáveis de seus subsunçores (B'). Este processo continua e após determinado intervalo de tempo essas informações não mais são dissociáveis, e o subsunçor modificado se reduz a B' . Este processo, que consiste em uma dissociabilidade de idéias que vai se reduzindo até que a nova idéia não seja mais dissociável do subsunçor é denominada assimilação obliteradora (MOREIRA; MASINI, loc. cit.). Uma representação da assimilação e da assimilação obliteradora pode ser vista na figura 4:

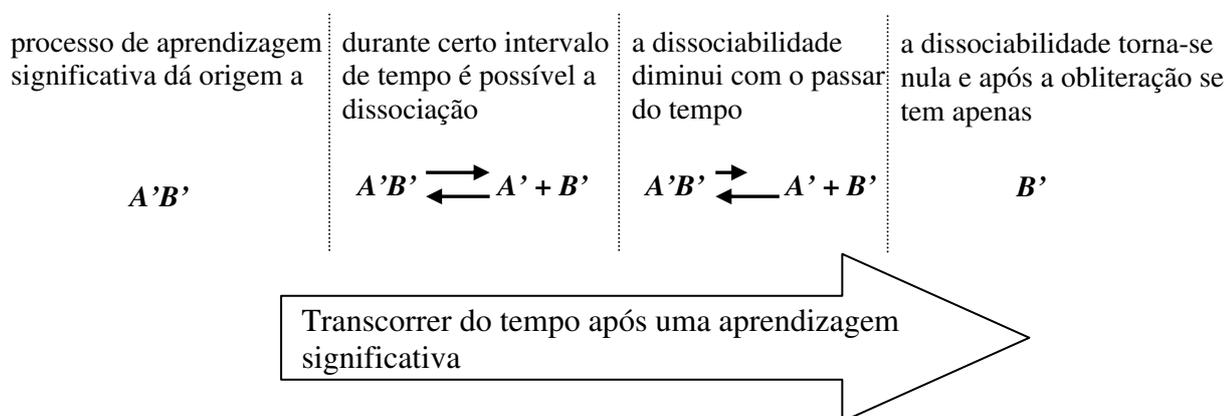


Figura 4 - Esquema do processo de assimilação seguido pela assimilação obliteradora.

2.1.4. A aquisição de conceitos

Os conceitos desempenham um papel importantíssimo na teoria da assimilação proposta pela TAS. Mas, como os seres humanos adquirem os conceitos?

Antes de responder a esta questão é necessário esclarecer o que são os conceitos. Segundo Novak e Gowin (1981) os conceitos referem-se às regularidades percebidas em objetos ou acontecimentos e que são designadas por determinado termo. Por exemplo, “carro” é o termo utilizado para designar um veículo que possui quatro rodas, portas, volante, motor e que serve para fazer o transporte de pessoas, animais e objetos.

A aquisição de conceitos pode ocorrer pela formação de conceitos e pela assimilação de conceitos (MOREIRA; MASINI; 1982, p. 10). A formação de conceitos ocorre predominantemente em crianças em idade pré-escolar e se

caracteriza pela aquisição de idéias genéricas a partir de experiências empíricas (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN; 1980, p. 77-78). Embora em menor escala, a formação de conceitos também pode ocorrer em outras faixas etárias, por exemplo quando é necessário aprender um conhecimento inteiramente novo (MOREIRA; MASINI; 1982, p. 10).

A assimilação de conceitos é o processo de aquisição de conceitos predominante a partir da adolescência e se caracteriza pela percepção dos atributos essenciais dos novos conceitos e pelo relacionamento destes atributos com as idéias relevantes já estabelecidas na estrutura cognitiva do indivíduo (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN; 1980, p. 77-78). Em uma aula expositiva os conhecimentos são, em sua maioria, apresentados aos alunos em sua forma final, cabendo aos alunos a aprendizagem destes conhecimentos por meio de uma assimilação de conceitos, que se apresenta, portanto, como uma forma de aprendizagem significativa receptiva.

A evolução na maneira como os conceitos são adquiridos pelas pessoas – da formação para a assimilação, sugere que a aprendizagem parte de um domínio empírico-concreto para um domínio racionalista, conforme o indivíduo progride cognitivamente, passando a dispor de um pensamento simbólico e não dependendo da experiência empírico-concreta para a aquisição de conceitos (Ibid., p. 89).

Além da TAS, um outro referencial teórico foi adotado para auxiliar a realização deste trabalho de pesquisa: a epistemologia de Gaston Bachelard. Antes de tratar da epistemologia de Bachelard é importante compreender o sentido geral da epistemologia que, segundo Japiassu (1998, p. 16) pode ser considerada “[...] o estudo metódico e reflexivo do saber, de sua organização, de sua formação, de seu desenvolvimento, de seu funcionamento e de seus produtos intelectuais.”. A epistemologia de Bachelard pode ser considerada uma epistemologia histórica, pois ela se tem como foco de análise a “[...] análise da história das ciências, de suas revoluções [...]” (Ibid., p. 65).

2.2. A epistemologia de Bachelard

A adoção do referencial epistemológico de Bachelard tem, neste trabalho, como objetivo principal auxiliar na interpretação dos erros apresentados pelos estudantes durante a realização da pesquisa. Esta forma de utilização de referenciais

epistemológicos é apontada por Martins (2004) como uma das maneiras de aplicação destes referenciais nas pesquisas em ensino de Ciências.

Apesar de se constituir em um tema vasto e importante, esta seção não tem a pretensão de esgotar a discussão sobre a epistemologia de Bachelard, mas de abordar a noção de obstáculo epistemológico e alguns aspectos relacionados que foram utilizados para a análise das produções dos alunos. Além disso, pretende-se sugerir pontos de aproximação e de complementação entre a epistemologia de Bachelard e a TAS.

2.2.1. Os obstáculos epistemológicos

A noção de obstáculo epistemológico foi proposta por Bachelard ao analisar o progresso da ciência e concluir que o problema do conhecimento científico deve ser considerado em termos de obstáculos inerentes ao próprio ato de conhecer, não se tratando de obstáculos decorrentes da complexidade ou fugacidade dos fenômenos (BACHELARD, 1996, p. 17).

Para Bachelard (1996), os obstáculos epistemológicos podem ser dos seguintes tipos: i) observação primeira; ii) conhecimento geral; iii) obstáculo verbal; iv) conhecimento unitário; v) conhecimento pragmático; vi) obstáculo substancialista; vii) obstáculo animista e viii) obstáculos ao conhecimento quantitativo. A descrição de cada um destes obstáculos será feita após algumas considerações gerais sobre a teoria dos obstáculos epistemológicos.

A epistemologia de Bachelard, a partir da noção de obstáculo epistemológico, pode ser caracterizada como uma epistemologia de rupturas, pois:

No fundo, o ato de conhecer dá-se *contra* um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização. (Ibid., p. 17, grifo do autor).

Esta ruptura com o conhecimento anterior, isto é, a superação dos obstáculos epistemológicos é que “[...] permite o avanço do conhecimento, tanto no nível do sujeito individual como no nível do sujeito coletivo da ciência.” (MARTINS, 2004, p. 21).

É importante destacar que, mesmo sendo fruto de um estudo epistemológico e histórico,

A noção de obstáculo epistemológico pode ser estudada no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação. Em ambos os casos, este estudo não é fácil. (BACHELARD, 1996, p. 21).

Essa aplicabilidade à educação permite estabelecer uma aproximação entre a TAS e a epistemologia de Bachelard. Para a TAS, o conhecimento prévio é decisivo para a aprendizagem significativa, pois, em poucas palavras, só se aprende a partir do que já se sabe. Para a epistemologia de Bachelard, o progresso do conhecimento só ocorre quando há uma ruptura com o conhecimento anterior, isto é, quando os obstáculos epistemológicos são superados.

Considerando-se que, no nível individual, o progresso do conhecimento é um tipo de aprendizagem, tem-se, para ambas as teorias, que o conhecimento prévio é uma variável fundamental para que ocorra a aprendizagem. Para a TAS só se aprende a partir do conhecimento prévio e para a epistemologia de Bachelard, a aprendizagem se dá contra o conhecimento prévio.

A diferença entre os sentidos que as teorias propõem para a ocorrência da aprendizagem em relação ao conhecimento prévio: “a partir de” para a TAS e “contra” para a epistemologia de Bachelard, não representa uma incompatibilidade entre as teorias. Os obstáculos epistemológicos podem ser entendidos como a expressão de conhecimentos prévios que atrapalham ou, até mesmo, impedem a aprendizagem de um novo conhecimento. Segundo Moreira (2005), nos casos em que o conhecimento prévio atrapalha a aprendizagem de um novo conteúdo faz-se necessária uma desaprendizagem. Sendo que o “desaprender” deve ser entendido como:

[...] o significado de não usar o conhecimento prévio (subsunçor) que impede que o sujeito capte os significados compartilhados a respeito do novo conhecimento. Não se trata de “apagar” algum conhecimento já existente na estrutura cognitiva o que, aliás, é impossível se a aprendizagem foi significativa, mas sim de não usá-lo como subsunçor. (MOREIRA, 2005, p 33, grifo do autor).

A superação dos obstáculos epistemológicos, a aprendizagem “contra” o conhecimento prévio, pode, assim, ser interpretada em termos de desaprendizagem.

Ao longo do desenvolvimento cognitivo de um aluno, o processo de desaprendizagem e posterior aprendizagem significativa podem ocorrer diversas vezes. O resultado destas ocorrências é uma estrutura cognitiva que engloba tanto o

novo conhecimento quanto o conhecimento prévio - que atuou como obstáculo epistemológico. Essa convivência implica que na estrutura cognitiva podem coexistir diversas estruturas conceituais para um mesmo assunto. A epistemologia de Bachelard também prevê esta convivência de distintas idéias, mas, a expressa em termos de perfis epistemológicos (MARTINS, 2004, p. 29).

Retomando a discussão sobre os tipos, ou categorias, de obstáculos epistemológicos, tem-se que o obstáculo da observação primeira é a expressão máxima de um empirismo que se contenta em apenas observar e não buscar explicações, proibindo a busca de leis e se restringindo a uma simples observação dos fenômenos (BACHELARD, 1996, p. 37). Este obstáculo origina-se de experiências sem reflexão, sendo uma “[...] ciência de primeira aproximação, em que não é preciso compreender: basta ver.” (MARTINS, 2004, p. 22). Escapar a este obstáculo não é tarefa fácil, pois:

Ao espetáculo dos fenômenos mais interessantes, mais espantosos, o homem vai naturalmente com todas as suas paixões, com toda a alma. Não é pois de admirar que o primeiro conhecimento objetivo seja um primeiro erro. (BACHELARD, op. cit., p. 68).

Existe no ser humano, portanto, uma tendência a se fixar nas características que, à primeira vista, mais lhe chamam a atenção em um fenômeno. Este obstáculo, que tem como base uma experiência empírico-concreta, pode ser interpretado, em termos da TAS como resultante de um processo de formação de conceitos.

O obstáculo epistemológico do conhecimento geral ocasiona uma imobilização do pensamento, pois as leis ou conceitos gerais servem para explicar tudo, sendo tomados como verdades absolutas (Ibid., p. 69-75). O conhecimento científico moderno apresenta características contrárias à generalização, preocupando-se “[...] por limitar os conceitos e suas condições de aplicação [...]” (MARTINS, 2004, p. 22). Este obstáculo pode surgir a partir de dois caminhos distintos: i) o da definição preliminar da verdade (BACHELARD, 1996, p. 70) e ii) o da generalização de uma experiência específica para os mais variados fenômenos (Ibid., p. 84). O obstáculo do conhecimento geral pode, portanto, ser oriundo de uma aquisição de conceitos – primeiro caminho, ou de uma formação de conceitos – segundo caminho.

O obstáculo verbal está intimamente relacionado com o obstáculo do conhecimento geral e se caracteriza por fornecer uma explicação de vários e distintos fenômenos a partir de uma única palavra ou imagem (Ibid., p. 91). Bachelard (1996, p. 91-102) analisa o caso da esponja e como ela se tornou uma metáfora capaz de explicar os mais diferentes fenômenos. Aliás, Bachelard considera as metáforas elementos sedutores da razão e que por mais particulares que sejam, acabam se tornando gerais (Ibid., p. 97), reforçando um alerta previamente feito e que se adequa bem ao ensino da Física:

Uma ciência que aceita as imagens é, mais que qualquer outra, vítima das metáforas. Por isso, o espírito científico deve lutar sempre contra as imagens, contra as analogias, contra as metáforas. (Ibid., p. 48).

O uso de metáforas, de analogias no ensino de Física deve, portanto, ser feito com cuidado e com uma constante vigilância, a fim de evitar contribuições ao aparecimento do obstáculo verbal. Em sala de aula as analogias se fazem presentes tanto na atuação do professor como nos livros didáticos e conforme Souza, Justi e Ferreira (2006) seu uso tem sido objeto de investigação em diversas pesquisas. Como as analogias e metáforas são normalmente transmitidas aos alunos, o obstáculo verbal ocorre, predominantemente, em virtude uma assimilação por recepção.

O conhecimento unitário é o resultado de generalizações de caráter mais amplo do que as que constituem o obstáculo do conhecimento geral. Enquanto o conhecimento geral faz uso de generalizações empíricas, o conhecimento unitário tem como fundamento as generalizações filosóficas (Ibid., p. 103). O pragmatismo se caracteriza por explicar os fenômenos a partir da utilidade que estes teriam para o homem (Ibid., p. 114-115). Em uma situação em que há a intenção de ensinar, como na sala de aula, o pragmatismo pode ser produto de uma assimilação mas, em situações em que não há essa intenção, o pragmatismo pode advir de uma aquisição.

O obstáculo substancialista ocorre quando são atribuídas a uma substância, qualidades diversas e até distintas, ocasionando um acúmulo de adjetivos para um mesmo substantivo, ou quando se faz corresponder a toda qualidade uma substância (MARTINS, 2004, p. 23). Este obstáculo, proveniente de uma filosofia realista, atribui à substância diversos poderes, virtudes e forças (BACHELARD, 1996, p. 127). A substância acaba tornando-se reflexos de impressões subjetivas que afastam a objetividade do pensamento (MARTINS, 2004, p. 24).

O animismo é o obstáculo epistemológico que, basicamente, atribui vida ou características dos seres vivos aos fenômenos e objetos inanimados (BACHELARD, 1996, p. 185-208). O obstáculo animista privilegia os fenômenos biológicos, conferindo-lhes um valor tão superior na hierarquia fenomenológica, que os tornam capazes de explicar fenômenos presentes em outros domínios.

O último obstáculo epistemológico analisado por Bachelard (1996) é o obstáculo ao conhecimento quantitativo, segundo o qual o conhecimento puramente qualitativo já conteria um erro a ser retificado. Entretanto, a capacidade de quantificar uma medida ou fenômeno não significa que o obstáculo ao conhecimento quantitativo foi superado. As quantificações que se apóiam em precisões excepcionais também representam um obstáculo ao conhecimento quantitativo. Um exemplo deste apego à precisão é dado por Bachelard (1996):

Os problemas de física propostos nos exames de conclusão do ensino secundário representam uma mina inesgotável de exemplos dessa precisão mal fundada. As aplicações numéricas são feitas sem preocupação com o problema do erro. Basta uma divisão em que “sobra resto”, contas que “não dão certo”, para que o aluno se assuste. Se desiste, acha que o mérito da solução está no número de decimais. Não raciocina para ver que a precisão num *resultado*, quando vai além da precisão nos *dados experimentais*, significa exatamente a determinação do nada. As decimais da conta não pertencem ao objeto. (p. 262, grifo do autor).

A superação deste obstáculo passa pela maior importância que deve ser dada ao método de medir do que ao objeto que é medido e pelo estabelecimento de uma doutrina dos erros experimentais, que permitiria saber o que deve ser desprezado e o pode ser considerado (MARTINS, 2004, p. 24-25).

No que se refere à discussão apresentada sobre os obstáculos, proposto por Bachelard em sua obra "A formação do espírito científico", esta foi realizada com o intuito de proporcionar uma visão parcial das suas críticas presentes no livro. A noção de obstáculo epistemológico foi usada como base para a análise e discussão dos procedimentos adotados pelos alunos, principalmente, para justificar suas respostas consideradas inadequadas na resolução dos desafios, para o bom desenvolvimento dos mesmos, e a ocorrência da aprendizagem significativa.

CAPÍTULO III

OS MISTÉRIOS DO SOM: UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM

Este capítulo apresenta a concepção, a modelização e o desenvolvimento do material educacional utilizado na pesquisa. O material foi desenvolvido tendo como base a teoria da aprendizagem significativa e é voltado para a aprendizagem de conceitos introdutórios sobre a Física do Som. As atividades principais do material foram modeladas como desafio propostos aos alunos.

3.1. Um pouco de história

O início do processo de desenvolvimento do material educacional foi marcado por uma série de dúvidas. Entre estas, as mais pertinentes foram: a) desenvolver um software ou utilizar softwares já disponíveis? b) utilizar material pago ou de uso gratuito? c) contemplar apenas um conceito relacionado à Física do Som ou ambicionar uma proposta mais ampla?

A primeira decisão tomada foi que o material educacional deveria utilizar softwares e recursos de uso gratuito que estivessem disponíveis na Internet, além de que o produto obtido fosse acessível, gratuitamente, por meio da grande rede. Vale ressaltar que, neste trabalho, considerou-se software ou recurso de uso gratuito todo material que não exigia pagamento em dinheiro para adquirir a licença de uso. Informações mais detalhadas sobre as modalidades de licença de software, e de outros recursos digitais, podem ser encontradas em Hexsel (2002).

A segunda escolha foi com relação à forma de disponibilizar, isto é, tornar acessível o material educacional que seria desenvolvido, de modo que o material pudesse ser utilizado por meio de qualquer computador com acesso à Internet. Esta escolha foi bastante influenciada por uma discussão informal sobre sistemas gerenciadores de cursos³ que ocorreu durante o XXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, realizado em Campo Grande - MS entre os dias 14 e 20 de julho de 2006. Nesta discussão o sistema gerenciador de cursos *Moodle* (MOODLE, 2007a) teve suas características e qualidades elogiadas e ressaltadas por várias pessoas.

³ Basicamente, um sistema gerenciador de cursos é um software que permite a criação e a gestão de cursos online, páginas de disciplinas, grupos de trabalho e comunidades de aprendizagem.

O *Moodle* é um sistema gerenciador de cursos que pode ser obtido gratuitamente no endereço eletrônico <http://moodle.org> e que dispõe de uma série de recursos para a criação, manutenção e gestão de cursos online. Algumas das principais características do *Moodle* (MOODLE, 2007b) são:

- É um software livre, ou seja, é gratuito, tem o seu código fonte disponível e pode ser alterado conforme as necessidades do usuário;
- Permite a criação e o controle de diversas atividades e recursos em um curso, tais como: páginas web, fóruns, chats, questionários, tarefas, glossários entre outros;
- Permite a incorporação de módulos adicionais que expandem suas características e funcionalidades básicas;
- Possui uma comunidade mundial de voluntários que atuam no seu desenvolvimento e na criação de módulos que podem ser incorporados ao *Moodle*;
- Pode ser traduzido para diversas línguas.

Um fator que pode ser utilizado para atestar a qualidade do *Moodle* é o grande número de utilizadores do software. O *Moodle* é utilizado em mais de 34000 sítios, sendo que alguns desses sítios possuem mais de 20000 usuários cadastrados (MOODLE, 2007c). No Brasil são mais de 1600 sítios utilizando o *Moodle*, sendo que vários deles pertencem a instituições de ensino público federal (MOODLE, 2007d). O quadro 1 apresenta alguns desses sítios:

Quadro 1 - Alguns sítios brasileiros que utilizam o *Moodle*.

Nome	Instituição responsável	Endereço eletrônico
Ambiente Virtual de Aprendizagem	Coordenadoria de Educação Aberta e a Distância da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul	http://cursos.ead.ufms.br/
Enfermagem UFSC - Disciplinas Online	Departamento de Enfermagem da Universidade Federal de Santa Catarina	http://www.nfr.ufsc.br/moodle/
Universidade Aberta - UFSCar	Universidade Federal de São Carlos	http://ead.uab.ufscar.br/

Nome	Instituição responsável	Endereço eletrônico
Ambiente de Aprendizagem da UAB da UNB	Universidade de Brasília	http://uab.unb.br/

Levando em consideração as características do *Moodle* e a grande quantidade de sítios que o utilizam como plataforma para oferecimento de cursos, ele foi escolhido para ser a plataforma na qual o material educacional seria disponibilizado.

A terceira decisão tomada foi a de que o material educacional a ser desenvolvido deveria contemplar algumas características importantes das ondas sonoras, a saber: necessidade de um meio material para propagação, frequência, amplitude, intensidade e propagação sem transporte de matéria. A opção por abranger mais de um conceito foi feita com o objetivo de oferecer um material educacional para introduzir a Física do som de uma forma diferenciada do tradicional.

Entre muitas dúvidas e algumas escolhas e definições tomadas, teve início a pesquisa por recursos que pudessem ser utilizados no material educacional. Estes recursos poderiam ser: fotos, vídeos, sons, simulações em Java, animações em Flash ou outro material digital que fosse gratuito ou de livre acesso. A seleção destes recursos foi feita em duas etapas distintas, uma anterior ao início da construção do material educacional e outra ocorrida durante o desenvolvimento do material educacional. Vários dos recursos selecionados foram personalizados para se adequarem à proposta do material educacional. As principais alterações feitas foram: tradução do Inglês para o Português, edições de vídeo e modificações em fotos, animações e simulações.

3.2. A primeira versão do material educacional

Antes do desenvolvimento do material educacional voltado ao conteúdo de ondas sonoras, foram realizados alguns testes no *Moodle*. Um primeiro resultado destes testes foi o desenvolvimento de um curso intitulado *Mapas Conceituais & CMapTools (Introdução)*⁴. Este curso foi criado com o objetivo de conhecer as ferramentas e recursos disponíveis no *Moodle*. Além disso, estes testes serviram para

⁴ O curso está disponível no endereço <http://www.episteme.pro.br/cursos/course/view.php?id=2>

verificar a eficiência do *Moodle* em fornecer dados sobre a interação dos aprendizes com o ambiente.

O desenvolvimento do material educacional sobre ondas sonoras iniciou logo após a implementação do curso *Mapas Conceituais & CMapTools (Introdução)*. Mais precisamente, o material educacional começou a ser construído no dia 23 de abril de 2007 e a última atualização feita na versão final do material ocorreu no dia 03 de agosto de 2007. Pode-se considerar que existiram duas versões principais do ambiente, a primeira tendo como componentes principais páginas web relacionadas entre si e a segunda tendo como núcleo as atividades modeladas como desafios.

A primeira versão do material consistiu de:

1. Uma série de páginas web que apresentava um determinado conteúdo de Física. Cada uma destas páginas permitia o acesso a outras páginas que tratavam de um assunto relacionado, por meio de links;
2. Um dicionário e;
3. Um fórum de discussões - denominado *Ponto de Encontro*.

As páginas também possuíam um link para o fórum *Ponto de Encontro*, no qual os alunos podiam discutir suas dúvidas sobre o conteúdo do material e um link para o dicionário, no qual podiam consultar e alterar os termos já cadastrados ou incluir um novo termo. Além das páginas web principais, que podem ser vistas na figura 5, existiam duas páginas extras: uma destinada a oferecer informações adicionais ao conteúdo da página *Fenômenos periódicos* e outra que possui uma simulação em Flash que modela ondas em uma corda. O quadro 2 sintetiza algumas informações sobre as páginas da primeira versão:

Quadro 2 - Páginas web da primeira versão do material educacional.

Página	Conteúdo	Links para
Em repouso ou em movimento?	Introdução ao conceito de movimento relativo.	<i>Ponto de Encontro</i> e <i>Dicionário</i> .
A trilha percorrida por um corpo em movimento	Trajatória de um corpo em movimento.	<i>Ponto de Encontro</i> ; <i>Dicionário</i> e <i>Em repouso ou em movimento?</i>
Exemplos	Exemplos de trajetórias.	<i>Ponto de Encontro</i> ; <i>Dicionário</i> ; <i>A trilha percorrida por um corpo</i>

Página	Conteúdo	Links para
		<i>em movimento e Em repouso ou em movimento?</i>
Translação e rotação	Movimentos de translação, rotação e compostos.	<i>Ponto de Encontro; Dicionário; A trilha percorrida por um corpo em movimento e Em repouso ou em movimento?</i>
Fenômenos periódicos	Regularidades, fenômenos periódicos, período e frequência.	<i>Ponto de Encontro; Dicionário; O que é um monjolo?</i>
Movimentos periódicos	Diversos movimentos periódicos.	<i>Ponto de Encontro; Dicionário; A trilha percorrida por um corpo em movimento; Em repouso ou em movimento? e Fenômenos periódicos.</i>
Movimentos oscilatórios	Oscilações.	<i>Ponto de Encontro; Dicionário; Movimentos Periódicos.</i>
Perturbação? O que é isso?	Conceito de perturbação.	<i>Ponto de Encontro e Dicionário.</i>
O que é um movimento ondulatório?	Conceito de movimento ondulatório (onda)	<i>Ponto de Encontro; Dicionário; Em repouso ou em movimento?; Translação e Rotação; Movimentos periódicos; Movimentos oscilatórios e Perturbação, o que é isso?.</i>
Pulsos e ondas periódicas	A diferença entre pulsos e ondas periódicas.	<i>Ponto de Encontro; Dicionário; Fenômenos periódicos; Movimentos periódicos; Movimentos oscilatórios, O que é um movimento ondulatório? e Máquina de ondas.</i>
O que é um monjolo?	Apresenta um pequeno histórico sobre o monjolo.	-----
Máquina de ondas	Simulação que produz ondas em uma corda.	-----

A figura 5 exibe as ligações entre as páginas confeccionadas para a primeira versão do material educacional. A figura 5 apresenta uma estrutura que representa uma possível hierarquia entre os conceitos tratados em cada uma das páginas.

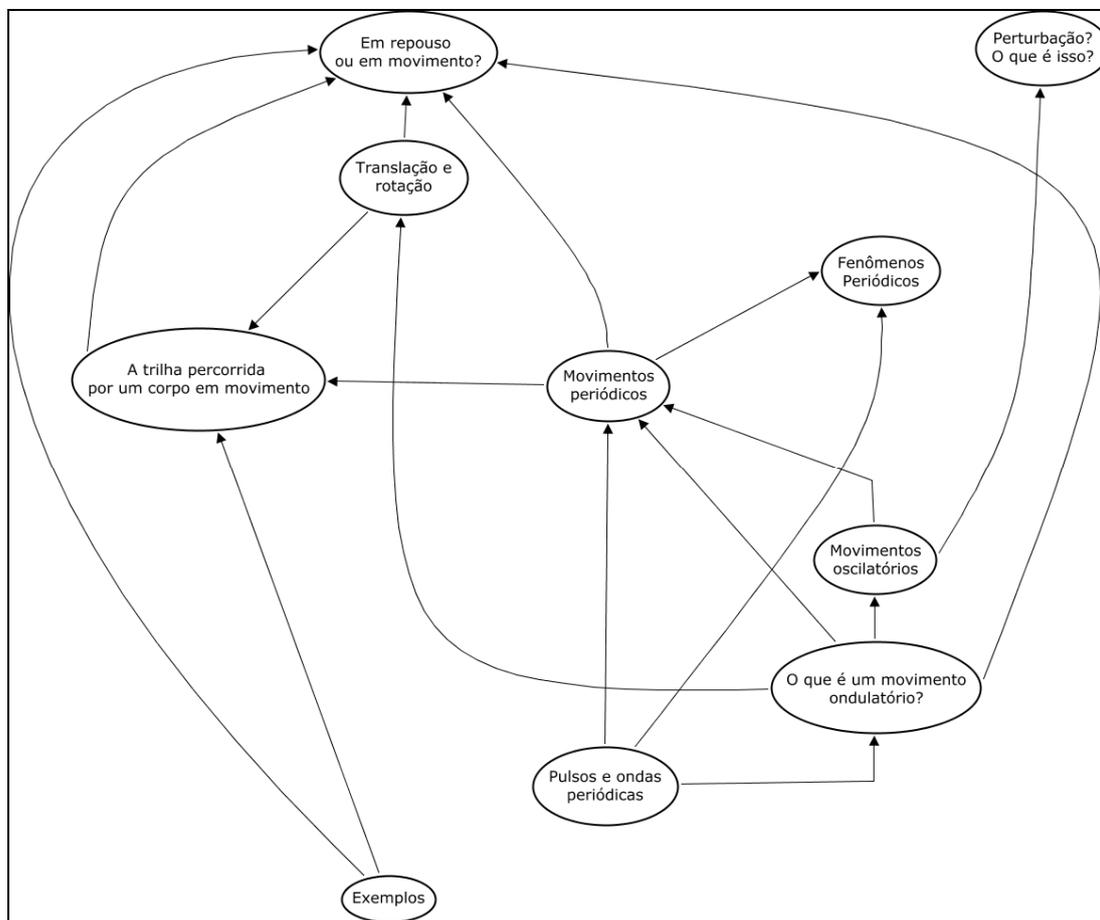


Figura 5 - Ligações entre as páginas da primeira versão do material educacional.

A figura 5 revela a intenção de fazer presente no material educacional os princípios da reconciliação integrativa e da diferenciação progressiva (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 21). Entretanto, a maneira pela qual estes princípios foram implementados no material educacional - por meio de links, não assegura que os alunos naveguem no material de maneira a efetivá-los. Outro aspecto importante que contribuiu para a reflexão e reformulação da primeira versão do material educacional foi a forma tradicional implementada na proposição do conteúdo em questão: as situações que discutiam os conceitos físicos eram baseadas na estrutura similar a de um livro didático tradicional de Física.

Após algumas reuniões de orientação e o amadurecimento nos referenciais teóricos, foi decidido que o material educacional deveria abandonar a forma

tradicional em que se apresentava e caminhar em direção a uma abordagem baseada na proposição de problemas por meio de desafios. Esta decisão foi tomada porque a versão inicial do material educacional não se adequava aos referenciais adotados e nem a uma proposta inovadora para o uso das tecnologias da informação e comunicação como recurso educacional.

Com a decisão de mudar a abordagem do material educacional, teve início o ciclo de desenvolvimento que culminou na versão final do material. Este processo foi orientado por princípios e considerações embasadas nos referenciais teóricos adotados para a realização da pesquisa e na questão da problematização como forma de propiciar uma melhor aprendizagem científica. O tópico “3.3 O núcleo do material educacional: Os desafios” descreve o processo de concepção das atividades que compõem o núcleo da versão final do material educacional.

3.3. O núcleo do material educacional: Os desafios

A aprendizagem significativa exige dois fatores fundamentais, sem os quais sua ocorrência fica impossibilitada: a) o material de ensino deve ser potencialmente significativo, ou seja, deve ser passível de ser incorporado às informações relevantes presentes na estrutura cognitiva do aluno, e b) o aluno deve estar disposto a aprender e a não memorizar o conteúdo (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p. 34-36). O material desenvolvido para a pesquisa buscou propiciar estas duas condições, por meio da criação de situações nas quais os alunos deveriam resolver um problema ao superar um desafio.

O primeiro destes fatores - que o material de ensino deve ser potencialmente significativo, depende da natureza do material e da estrutura cognitiva do aluno:

Quanto à natureza do material, deve ser “logicamente significativa”, i.e., suficientemente não-arbitrária e não-aleatória em si, de modo que possa ser relacionada, de forma substantiva e não-arbitrária, a idéias correspondentemente relevantes que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender. Quanto à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunçores *específicos* com os quais o novo material é relacionável. (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 14, grifo do autor).

Cada um dos desafios modelados para o ambiente é constituído por uma trilha - seqüência de passos, criada com o objetivo de oferecer uma ordem mínima para que a não-arbitrariedade e não-aleatoriedade do material sejam garantidas,

seguindo o princípio da organização seqüencial (MOREIRA, 2005, p. 15). A maneira com que os desafios foram configurados no *Moodle* permite que o aluno refaça um desafio quantas vezes desejar e que retorne ao ponto da trilha em que ele estava antes de uma possível interrupção.

Para evitar que a segunda condição exigisse a investigação das estruturas cognitivas de cada aluno e a conseqüente construção de um material educacional individualizado - visto que, a priori, a estrutura cognitiva de um aluno não é idêntica a de outro aluno, uma das atividades do ambiente foi modelada para garantir a existência dos subsunçores necessários à aprendizagem de ondas sonoras.

Esta atividade, denominada *É importante saber!!!*, foi desenvolvida para funcionar como um organizador prévio. De maneira geral, organizadores prévios são materiais que visam superar o vão cognitivo entre o que o aluno sabe e o que ele deve saber (Ibid., p. 12), ou seja, os organizadores prévios são utilizados para garantir que os subsunçores necessários à aprendizagem estejam presentes na estrutura cognitiva dos alunos.

Um organizador prévio, além de garantir os subsunçores necessários às próximas etapas de aprendizagem, deve levar em consideração o que o aprendiz já sabe. Para resolver este problema foi estipulado que apenas os alunos da segunda e terceira séries do ensino médio poderiam participar da pesquisa. Esta restrição levou em conta o conteúdo que normalmente é ministrado em aulas de Física da primeira série do ensino médio, e que nestas aulas os alunos estudam os conceitos de posição, deslocamento, intervalo de tempo e velocidade. Os conceitos subsunçores trabalhados na atividade *É importante saber!!!* são: regularidade, movimento periódico, período e frequência. Estes conceitos foram considerados como fundamentais para que a aprendizagem significativa de ondas sonoras seja possível.

A idéia de organizador prévio também influenciou a organização seqüencial do material, pois:

[...] o conhecimento do material que aparece previamente na seqüência desempenha mais ou menos o mesmo papel de um organizador em relação ao material que aparece posteriormente na seqüência. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 164).

Quanto à disposição do aluno em aprender, e seu sucesso e eficiência na tarefa de aprendizagem significativa, dois fatores são fundamentais: a motivação e a prontidão.

Na teoria da aprendizagem significativa a motivação é considerada um mecanismo facilitador para tarefas de aprendizagem continuada que visem o domínio de um assunto de determinada disciplina, “energizando”, acelerando e tornando mais eficiente o processo de aprendizagem significativa (Ibid., p. 331-333).

A motivação, segundo a TAS, consiste de proporções variadas de três elementos (Ibid., p. 332-337):

1. **Impulso cognitivo:** considerado o mais importante e estável, é inerente à própria tarefa, sendo o desejo de aprender um conhecimento como um fim em si mesmo. Para o impulso cognitivo, ser bem sucedido em uma tarefa de aprendizagem é a própria recompensa da tarefa;
2. **Impulso afiliativo:** reflete a necessidade de aprovação de determinadas figuras - das quais o aluno é dependente emocional, como os pais e professores. Este impulso tem a sua importância diminuída à medida que o aprendiz envelhece;
3. **A motivação pelo engrandecimento do ego:** ao contrário do impulso afiliativo, a motivação pelo engrandecimento do ego aumenta à medida que o aluno amadurece. Refere-se à necessidade de obtenção de um status (individual ou coletivo) proveniente da habilidade ou competência do indivíduo.

A opção de modelar as atividades do ambiente sob a forma de desafios levou em consideração que a superação de desafios pode atuar diretamente na ampliação do impulso cognitivo e da motivação proveniente do engrandecimento do ego.

Somou-se a estes fatores motivacionais, o pensamento bachelardiano sobre a relação entre o conhecimento e os problemas:

Antes de tudo o mais, é preciso saber formular problemas. E seja o que for que digam, na vida científica, os problemas não se apresentam por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que dá a característica do genuíno espírito científico. **Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não**

pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo. Nada é dado. Tudo é construído. (BACHELARD, 1977, p. 148 apud DELIZOICOV, 2005, p. 128, grifo nosso).

Os alunos devem, então, responderem um problema para que tenham a possibilidade de construir seu conhecimento, ou seja, para que aprendam significativamente.

Com relação à proposição de problemas aos alunos, Borges e Rodrigues (2005) fazem importantes observações:

Devemos propor problemas que eles sintam que valem a pena serem enfrentados [...]. **Um problema verdadeiro tem semelhanças com um desafio, e não exercícios rotineiros, que podem ser resolvidos aplicando-se uma regra ou procedimento padrão, como os tradicionais exercícios típicos de fim-de-capítulo.** Para encontrar uma solução para um problema, seja ele conceitual ou prático, os alunos terão que conceber, planejar, preparar, executar e interpretar os resultados. (p. 6, grifo nosso).

O material educacional desenvolvido para a pesquisa visa, portanto, propor problemas aos alunos, sob a forma de desafios, para que estes tenham a possibilidade de construírem seus conhecimentos sobre ondas sonoras.

Foram modelados quatro desafios: *Como uma onda no mar...*, *O pernilongo e os sons*, *O jogo do erro* e *Abaixe o volume*. Cada desafio tem a missão de trabalhar, de forma problematizada, conhecimentos sobre ondas sonoras:

- ***Como uma onda no mar***: o som é um tipo de onda e da mesma maneira que os outros tipos, não transporta matéria quando se propaga de um local a outro;
- ***O pernilongo e os sons***: fonte sonora, vibração, frequência, grave, agudo, infra-som, ultra-som, espectro sonoro e relação entre as frequências da fonte sonora e do som que ela emite;
- ***O jogo do erro***: o som só se propaga em meios materiais;
- ***Abaixe o volume***: fonte sonora, amplitude de um movimento oscilatório, amplitude de vibração da fonte sonora, amplitude da onda sonora, intensidade da onda sonora e a relação entre estes conceitos;

Mas, como os desafios foram problematizados?

A estratégia para a problematização focou-se na:

Escolha e formulação adequada de problemas, que o aluno não se formula, de modo que permitam a introdução de um *novo conhecimento* (para o aluno), ou seja, os conceitos, modelos, leis e teorias da Física, sem o que os problemas formulados não podem ser solucionados. (DELIZOICOV, 2005, p. 132, grifo do autor).

Cada um dos desafios propôs um ou mais problemas para o quais se assumiu que os alunos não sabiam como responder. Além disso, partindo do princípio de que a maioria dos alunos só tem a oportunidade de estudar Física na escola e principalmente durante o ensino médio e que o conhecimento científico deve contribuir para uma melhor compreensão e atuação do aluno na sociedade (Ibid., p. 135), procurou-se aproximar a situação de cada desafio a situações cotidianas dos alunos.

Esta aproximação vai ao encontro à recomendação de que “[...] o ensino de ciências deve ter o compromisso de buscar tornar mais científicos o conhecimento e o pensamento dos estudantes [...]” (BORGES; RODRIGUES, 2005, p. 8). Outro fator que influenciou na modelagem dos desafios, por estar diretamente ligada à tarefa de aprendizagem, foi a prontidão que,

[...] simplesmente se refere à adequação da *capacidade* cognitiva existente ou nível de funcionamento cognitivo (não conhecimento) em relação com as exigências de uma dada tarefa de aprendizagem. Não se especifica como esta capacidade é alcançada - se por meio de atividades de aprendizagem prévias, por meio da experiência incidental, por meio de mudanças geneticamente reguladas, ou por meio de várias combinações destes fatores. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 175, grifo do autor).

Os desafios, portanto, não poderiam propor situações que exigissem dos alunos mais do que o nível de prontidão em que eles se encontram. Se a tarefa estiver além dos níveis de prontidão dos alunos, a tarefa de aprendizagem pode se mostrar não realizável para estes indivíduos, levando a um processo de aprendizagem lento e pouco eficiente. O conhecimento do nível de prontidão dos alunos seria por si só, um tema para uma extensa e aprofundada pesquisa, e não é pretensão deste trabalho realizá-la.

Para resolver o problema da prontidão foi assumido que é possível

[...] exercer um certo grau de controle sobre a prontidão, oferecendo um cabedal pertinente de experiências incidentais ou atividades de aprendizagem preparatórias no nível desejado de sofisticação. (Ibid., p. 177).

Este “controle” foi incluído nas atividades desenvolvidas nas trilhas de cada desafio. As páginas foram dispostas em uma “ordem” tal que, cada página atua como um preparatório para a página seguinte.

3.4. A versão final do material educacional

Após a criação dos desafios foram feitos alguns ajustes no *Moodle* de modo a deixar o material educacional pronto para ser utilizado pelos alunos. Alguns destes ajustes foram: dar o nome de *Mistérios do Som* ao material educacional, configurar a página principal do material e agrupar os desafios desenvolvidos.

Na versão final do material educacional sobre ondas sonoras, além dos desafios - que formam o núcleo do ambiente, foram disponibilizados outros recursos que poderiam ser utilizados pelos alunos. Estes recursos se enquadram em uma das seguintes categorias: a) os de acesso direto - que são acessíveis a partir da página principal do ambiente; e b) os de acesso indireto, que podem ser alcançados apenas a partir de um recurso de acesso direto. Os recursos de acesso direto são:

- **Guia do estudante:** faz um agradecimento aos participantes da pesquisa e traz informações sobre a estrutura do material, as primeiras atividades que deveriam ser realizadas e sobre a utilização dos vídeos disponibilizados;
- **Ponto de encontro:** é um fórum virtual de discussões onde os alunos podem postar mensagens e se comunicar com os demais alunos;
- **Enviar uma mensagem para o professor:** permite que o aluno envie uma mensagem particular para o professor, criando um canal particular de comunicação com o professor;
- **Biblioteca:** reúne as páginas e o dicionário criados para a primeira versão do material educacional;

Os recursos de acesso indireto são:

- **Simulador de ondas sonoras:** página que carrega o simulador de ondas sonoras;
- **A energia das ondas sonoras:** texto comparando a energia das ondas sonoras com a energia solar;
- **O som e as bolinhas de isopor:** exibe um vídeo em que bolinhas de isopor se encontram em um tubo de vidro conectado a um alto-falante;
- **Os golfinhos e a audição:** ressalta a importância da audição para os golfinhos e que, nestes animais, a audição é um sentido ativo. Possui uma animação do sistema de ecolocalização dos golfinhos;
- **O que é um monjolo?:** apresenta um pequeno histórico sobre o monjolo;
- **Máquinas de ondas:** traz uma simulação que permite a criação de ondas periódicas e pulsos em uma corda;
- **Instrumentos musicais:** apresenta a classificação Hornbostel-Sachs (HENRIQUE, 2002; 2004) dos instrumentos musicais e possui um link para um mapa conceitual feito com base na classificação Hornbostel-Sachs. Este recurso foi criado para auxiliar os alunos na confecção de seu mapa conceitual;
- **Classificação:** mapa conceitual sobre a classificação de Hornbostel-Sachs para os instrumentos musicais. O mapa possui fotografias de alguns instrumentos musicais. Este recurso foi criado para auxiliar os alunos na confecção de seu mapa conceitual;
- **Mapas conceituais:** exemplos de mapas conceituais, para auxiliar os alunos na confecção de seus mapas;
- **Orientações para o mapa:** sugestões para a confecção de mapas conceituais, para auxiliar os alunos na confecção de seus mapas;
- **Figuras para o cartaz:** coletânea de figuras e imagens que os alunos poderiam utilizar para a confecção do cartaz.

3.4.1. A página principal do material educacional

A página principal do material educacional foi estruturada em seções, de maneira a propiciar a organização do conteúdo do curso. A partir da página principal é que se podem utilizar os recursos de acesso direto. A figura 6 exibe a página

principal do material *Os Mistérios do Som*, que é exibida logo após o aluno efetuar o login no sistema *Moodle* e selecionar o curso *Os Mistérios do Som*.



Figura 6 - Página principal do material educacional.

Os elementos constituintes da página principal são descritos logo a seguir e estão destacados na figura 7.

1. O título do curso;
2. Local do sítio em que o usuário do sistema se encontra. No caso, o usuário está acessando o curso *Os Mistérios do Som* - resumidamente *Som*, que está armazenado no site *Episteme Cursos Online* (E.C.O.);
3. Informa o nome do usuário logado no sistema e fornece a opção de sair do sistema;
4. Permite a busca nos fóruns do curso *Os Mistérios do Som*;
5. Aviso para que os usuários verifiquem se o seu endereço de e-mail foi corretamente cadastrado;
6. Links que permitem visualizar os demais participantes do curso e acessar a ficha do perfil pessoal do usuário que está logado no sistema;
7. Atividades iniciais do curso;

8. As duas atividades (*Guia do estudante* e *É importante saber!!!*) que compõem o bloco de atividades iniciais do curso (7);
9. Seção em que se encontram os desafios elaborados para o material educacional;
10. Seção em que se encontram as atividades em que é possível a interação entre os participantes: o fórum (*Ponto de Encontro*) e o canal de comunicação com o professor (*Mandar uma mensagem para o professor*);
11. Seção com as páginas desenvolvidas para a primeira versão do material educacional;
12. Link que aponta para a página inicial do sítio *Episteme Cursos Online*;
13. Relógio que exibe a hora do computador que o participante está utilizando para acessar o ambiente virtual;
14. Orientação para que o participante conclua a atividade *É importante saber!!!*, que atua como organizador prévio (MOREIRA, 2005, p. 12) para os conteúdos que são tratados nos desafios, antes de tentar superar os desafios.

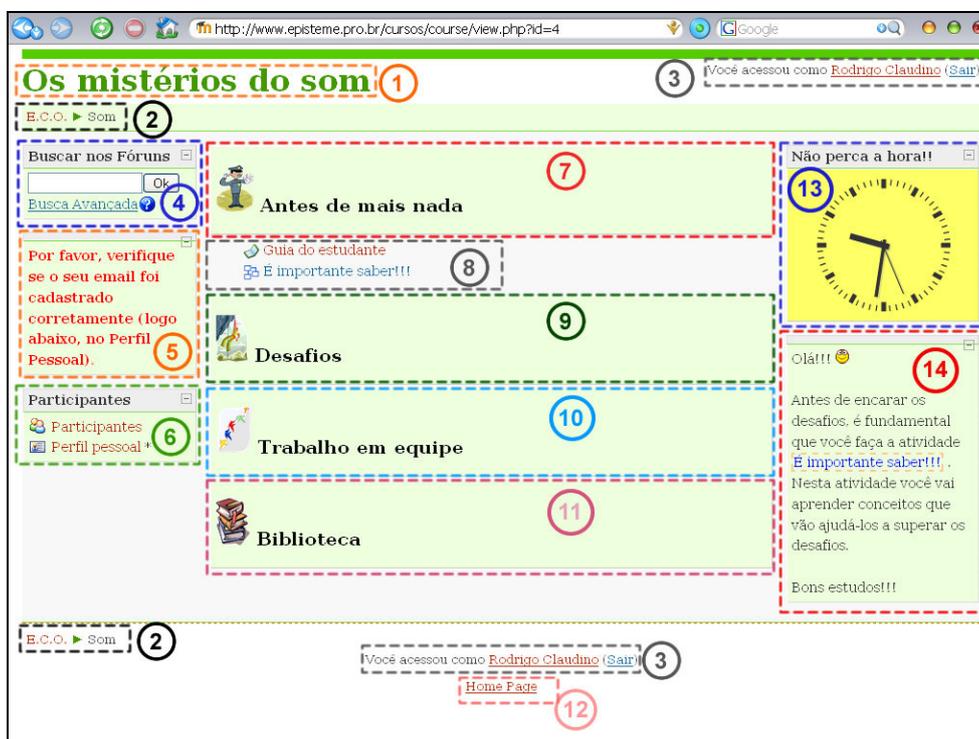


Figura 7 - Elementos constituintes da página principal do material educacional.

3.4.1.1. Seção: Antes de mais nada

A seção *Antes de mais nada* é constituída por duas atividades: *O Guia do Estudante* e *É importante saber!!!*. Para que as demais seções do curso sejam liberadas para o participante do curso, é necessário que ele leia o *Guia do Estudante* e percorra a trilha da atividade *É importante saber!!!*.

3.4.1.2. Seção: Desafios

As atividades que foram modeladas como desafios se encontram na seção intitulada *Desafios*. Inicialmente, apenas os desafios *Como uma onda no mar...*, *O pernilongo e os sons* e *O jogo do erro* estão disponíveis para serem acessados pelos alunos. Após o aluno interagir com os três desafios iniciais e percorrer as suas respectivas trilhas, ele passa a ter acesso ao desafio *Abaixe o volume!!!*. A aparência da seção *Desafios*, para esta situação, pode ser vista na figura 8:



Figura 8 - Seção *Desafios* após as primeiras interações do aluno.

Assim que o aluno finaliza os quatro desafios que compõem o núcleo do curso, ele passa a ter acesso a duas atividades complementares: *Fazendo um mapa* - na qual o aluno deve confeccionar um mapa conceitual sobre os conteúdos trabalhados no material educacional, e *Fazendo um cartaz...* - na qual o aluno deve confeccionar um cartaz que servirá como propaganda do curso. O caráter deste cartaz fica a critério do aluno, podendo ser um cartaz divulgando os aspectos positivos do curso e convidando outros alunos a fazê-lo, ou um cartaz divulgando aspectos negativos do curso e avisando a outros alunos de que não devem participar do curso.

O objetivo da atividade de construção do mapa conceitual é fornecer um instrumento que permita avaliar a aprendizagem dos alunos de maneira qualitativa por meio de uma estimativa dos conhecimentos aprendidos pelos alunos que são expressos pelas relações estabelecidas (proposições) entre os conceitos que aparecem em seu mapa. O objetivo da atividade de confecção dos cartazes é oferecer um meio para avaliar o grau de satisfação e de motivação dos alunos.

Outra atividade é disponibilizada ao aluno, assim que ele finaliza as atividades *Fazendo um mapa...* e *Fazendo um cartaz*, é um opinário composto por oito questões que busca levantar dados sobre a satisfação do aluno com relação ao curso e outras informações pertinentes para a pesquisa. Quando esta atividade se encontra disponível a seção *Desafios* se apresenta conforme a figura 9:

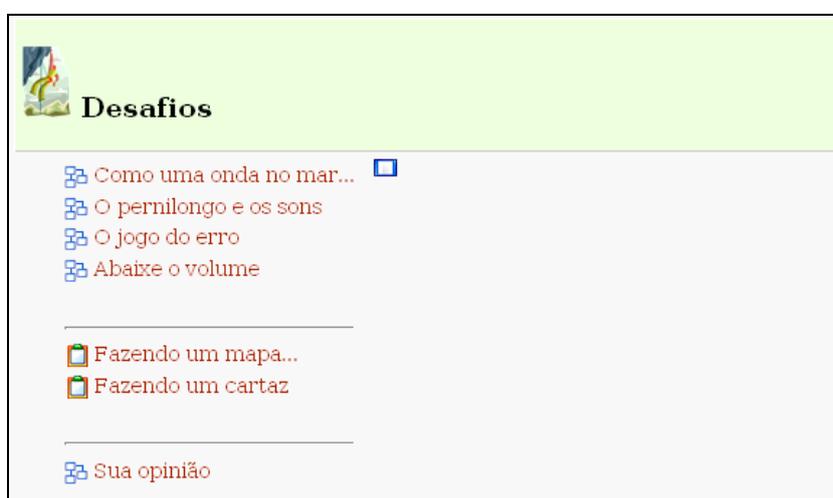


Figura 9 - Situação final da seção *Desafios*.

3.4.1.3. Seção: Trabalho em equipe

A seção *Trabalho em Equipe*, que pode ser visualizada na figura 10, permite que o aluno envie mensagens ao professor (*Enviar uma mensagem para o professor*) ou para os participantes do curso (*Ponto de encontro*).

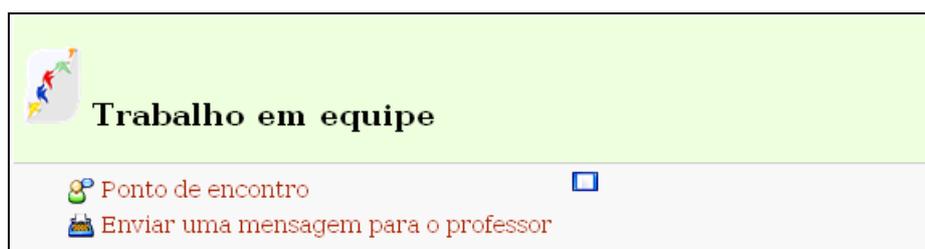


Figura 10 - Seção *Trabalho em equipe*.

3.4.1.4. Seção: Biblioteca

As páginas que foram desenvolvidas durante a construção da primeira versão do material educacional foram disponibilizadas na seção *Biblioteca*, conforme mostra a figura 11:

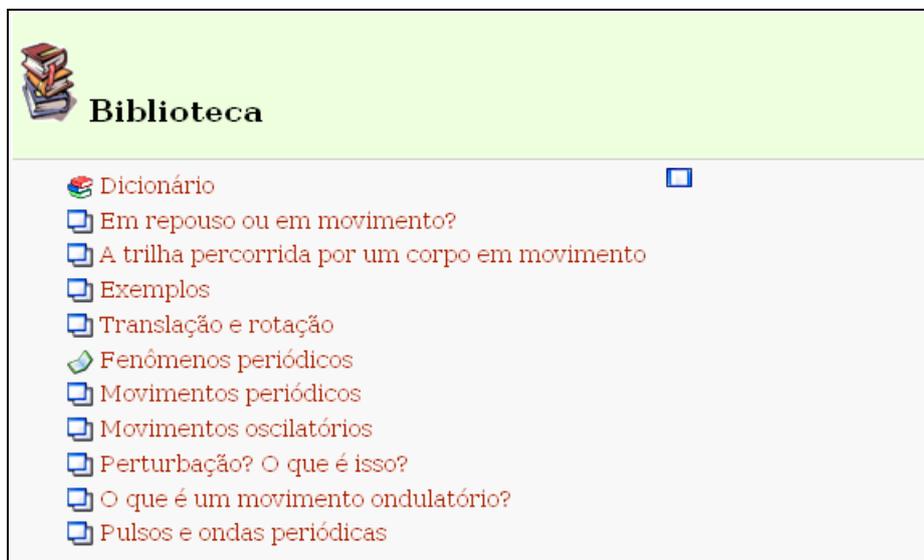


Figura 11 - Seção *Biblioteca*.

3.5. Considerações sobre o material educacional

O material educacional denominado *Os Mistérios do Som* possibilita diferentes modos de interação, entre: i) alunos e recursos disponíveis; ii) alunos e alunos e iii) alunos e professor. O primeiro tipo de interação acontece durante a utilização das simulações, animações e do próprio ambiente, enquanto o segundo e terceiro tipo de interação podem ser vivenciadas por meio do fórum virtual – *Ponto de Encontro*, e do canal de comunicação particular entre o professor e o aluno - *Enviar uma mensagem para o professor*.

As modalidades de interação e outras características como, por exemplo, o uso de diversas mídias, presentes no material educacional desenvolvido permitem que o mesmo seja interpretado como um ambiente digital de aprendizagem, de acordo com a definição proposta por Almeida (2003):

Ambientes digitais de aprendizagem são sistemas computacionais disponíveis na internet, destinados ao suporte de atividades mediadas pelas tecnologias de informação e comunicação. Permitem integrar múltiplas mídias, linguagens e recursos, apresentar informações de maneira organizada, desenvolver interações entre pessoas e objetos de conhecimento, elaborar e socializar produções tendo em vista atingir

determinados objetivos. As atividades se desenvolvem no tempo, ritmo de trabalho e espaço em que cada participante se localiza [...]. (p. 331).

Entretanto, neste trabalho, será adotada a terminologia de ambiente virtual de aprendizagem - AVA. Essa escolha leva em consideração que o virtual não se opõe ao real, mas significa algo que possui uma potencialidade, que pode efetivar-se (LEVY, 1996, apud SANTOS; OKADA, 2003, p. 2). Neste sentido, e de acordo com a teoria da aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), a virtualidade da aprendizagem só pode ser efetivada a partir da disposição dos alunos em aprender e da capacidade do material educacional ser potencialmente significativo.

É importante frisar que o processo de desenvolvimento de materiais educacionais por meio das tecnologias da informação e comunicação, incluindo-se os ambientes virtuais de aprendizagem, nunca se encerra. A cada utilização, podem ser percebidos pontos e abordagens que podem ser melhorados, além de que novos recursos e ferramentas podem ser incorporados ao material. Sendo assim, a versão do ambiente virtual que foi utilizada na pesquisa descrita neste trabalho representa apenas o marco inicial de um ciclo de desenvolvimento que tem como objetivo principal a promoção de melhorias contínuas no mesmo.

CAPÍTULO IV

A PESQUISA DE CAMPO

Este capítulo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento da pesquisa de campo e os instrumentos de coleta de dados utilizados. O capítulo está dividido em seções: a primeira descreve o ambiente no qual foi realizada a pesquisa de campo; a segunda apresenta uma síntese do perfil tecnológico dos alunos da escola em que foi conduzida a pesquisa de campo; a terceira relata como foi estruturada a pesquisa de campo e a quarta trata dos instrumentos de coleta de dados.

4.1. O ambiente da pesquisa de campo

A parte experimental da pesquisa foi realizada em uma escola pública da rede estadual de ensino do Estado de Mato Grosso do Sul, localizada em uma região periférica da cidade de Campo Grande, capital do Estado. O contato e a negociação com a direção e a coordenação da escola onde foi realizada a pesquisa de campo - doravante escola A, ocorreu por intermédio da professora de Matemática do ensino médio, do turno matutino. Sem a ajuda desta professora e sem o suporte oferecido pela direção da escola - notadamente a vice-diretora, a pesquisa de campo não teria ocorrido.

É importante destacar que houve um contato inicial com os professores de Física dos turnos matutino e vespertino, e que os mesmos foram convidados a participar da pesquisa e a auxiliar na divulgação do curso que foi oferecido aos alunos. Estes professores - três, apesar de se mostrarem receptivos na ocasião do primeiro contato, não participaram da pesquisa e não se interessaram pelo andamento ou resultados da mesma. Acredita-se que, a carga horária de trabalho destes professores tenha impossibilitado a participação dos mesmos na pesquisa.

Postura completamente distinta foi adotada pela diretora e, principalmente, pela vice-diretora da escola. A vice-diretora colocou à disposição todos os recursos da escola - entre eles: filmadora digital e data show, permitiu a utilização da sala de tecnologia nos turnos matutino e vespertino, incentivou os alunos a participarem da pesquisa, visitou constantemente as sessões da pesquisa, recolheu as fichas de inscrição que foram distribuídas aos alunos e sempre se mostrou interessada quanto ao andamento e resultados da pesquisa. Além disso, a vice-diretora solicitou um treinamento sobre o material educacional, para os professores das áreas de Ciências

Naturais e Matemática. Este treinamento não faz parte dos objetivos desta pesquisa, entretanto, deverá acontecer ao final da mesma em função dos resultados obtidos e adaptações que se fizerem necessários para atingir os objetivos propostos.

4.2. Os alunos, os computadores e a Internet

O primeiro passo da pesquisa empírica, realizado logo após a negociação com a direção da escola, foi a aplicação de um questionário (vide Anexo A) que teve como objetivo verificar a familiaridade dos alunos com os computadores e com a Internet.

Saber se os alunos têm familiaridade com os computadores e com a Internet é importante para a realização de pesquisas que farão uso destes recursos como materiais educacionais. Afinal de contas o recurso não pode se constituir em uma dificuldade adicional para a aprendizagem. Neste questionário, além de perguntas relacionadas à utilização de computadores e da Internet, foram incluídas três questões com o objetivo de verificar se os participantes já haviam estudado ondas sonoras (som), para diagnosticar eventuais necessidades cognitivas ou curiosidades sobre este conteúdo. O questionário foi respondido por 49 alunos do terceiro ano do ensino médio e será apresentada aqui uma visão geral dos resultados obtidos a partir deste questionário.

O primeiro dado importante revelado pelo questionário foi o alto percentual de alunos que afirmaram acessar a Internet: 43 alunos, isto é, 87,80% dos alunos que responderam ao questionário. Estes alunos utilizam os seguintes locais para acessarem a Internet:

Tabela 4 - Locais de acesso a Internet utilizados pelos alunos.

Local de acesso	Percentual
Casa	27,91%
Casa e cyber café/lanhouse	2,33%
Casa e escola	6,97%
Casa e trabalho	2,33%
Cyber café/lanhouse e escola	6,97%
Vários ⁵	4,65%

⁵ Categoria que indica que o acesso se dá por três ou mais locais de acesso.

Local de acesso	Percentual
Escola	4,65%
Lanhouses e cyber cafés	27,91%
Trabalho	4,65%
Trabalho e cyber café/lanhouse	2,33%
Não informado	9,30%
Total	100,00%

A análise da tabela 4 revela que os principais pontos de acesso à Internet são a residência dos alunos e as lanhouses e cyber cafés, ambos com 39,54%. A escola foi citada como local de acesso por 18,59% dos alunos que acessam a Internet, com a seguinte distribuição: a) escola: 4,65%; b) casa e escola: 6,97%; c) cyber café/lanhouse e escola: 6,97%. Este baixo percentual de acesso via escola - que está bem próximo ao percentual obtido pelo Comitê Gestor da Internet no Brasil (2007, p. 68): 15,5%, demonstra o quanto as salas de tecnologia têm sido subutilizadas para promover o acesso à Internet, principalmente àqueles alunos que não o possuem em suas residências.

Sobre a frequência com que os alunos acessam a Internet, as respostas dos alunos ao questionário revelaram a seguinte distribuição:

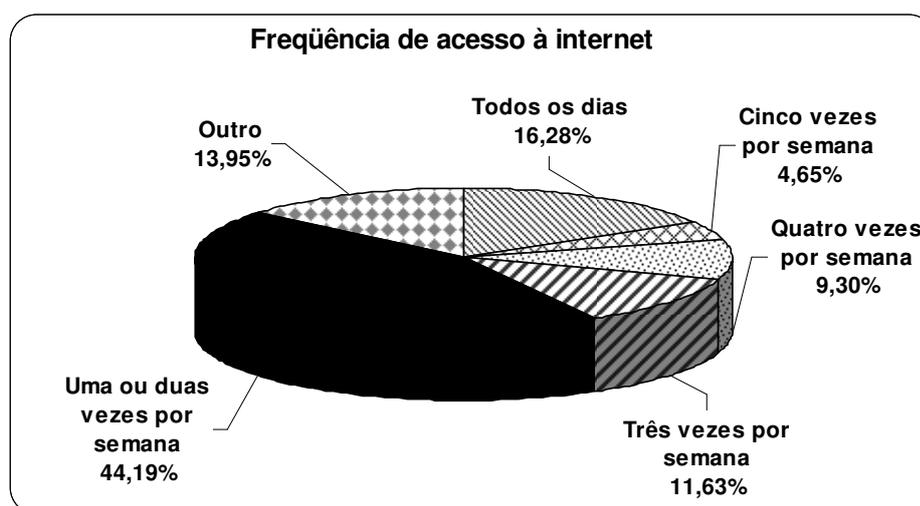


Gráfico 1 – Frequência de acesso à Internet.

O gráfico 1 revela que a frequência de acesso se concentra entre uma a três vezes por semana (55,82%), indicando que a maioria dos alunos ainda não incorporou o uso da Internet como uma atividade rotineira. Um dos fatores que

certamente contribuiu para este índice de frequência de acesso à Internet é o baixo percentual de alunos que provavelmente possuem o acesso à Internet em suas residências: 39,54%. Este índice foi estimado a partir do somatório dos percentuais, informados na tabela 4, para os locais de acesso que incluem a casa. Este dado reforça o papel que a escola pública, por meio de uma sala de tecnologia com acesso à Internet, deve assumir para a inclusão digital desses alunos e possibilitar o acesso para aqueles que não dispõem das condições necessárias para utilizarem a Internet a partir de suas residências. Este papel, de prover o acesso à Internet àqueles que não o possuem em suas casas, se torna ainda mais importante quando se considera as camadas sociais menos favorecidas economicamente - denominadas classes D e E, nas quais cerca de 97,17% dos domicílios não possuem computadores e 98,27% não possuem acesso à Internet (Ibid., p. 102). Estes percentuais sugerem que as pessoas pertencentes a estas classes estão sendo excluídas do acesso à rede mundial de computadores. Esta exclusão foi detectada por Castells (2004) ao analisar o fenômeno de expansão da Internet:

[...] as condições nas quais se está a produzir a difusão da Internet, na maioria dos países, estão a criar uma profunda info-exclusão. Os centros urbanos mais importantes, as actividades globalizadas e os grupos sociais de maior nível educativo estão a entrear nas redes globais baseadas na Internet, enquanto que a maior parte das regiões e das pessoas continuam desligadas. (CASTELL, 2004, p.304).

As escolas detentoras de salas de informática com acesso à Internet podem contribuir para a diminuição desta info-exclusão, permitindo o acesso às camadas menos favorecidas economicamente.

Em relação às atividades rotineiras que os alunos realizam quando estão conectados à Internet, as respostas foram analisadas e agrupadas de acordo com as categorias abaixo:

1. **Atividades sociais:** são aquelas baseadas na interação meramente social entre duas ou mais pessoas. Entre elas destacam-se as conversas (por meio de softwares de comunicação, como: Windows Live™ Messenger⁶, Google Talk⁷ etc.), salas de bate-papo, canais de chat e sites

⁶ Maiores informações em <http://get.live.com/messenger/overview>.

⁷ Informações sobre o Google Talk, acesse: <http://www.google.com/talk/intl/pt-BR/>.

de relacionamento (por exemplo: Orkut), e participações em fóruns genéricos,

2. **Entretenimento:** jogos, escutar música, assistir vídeo e acesso a sites de notícia;
3. **Outras:** atividades que, a priori, não se enquadram nas atividades acima. Entre elas: pesquisas e trabalhos escolares.

Com base nessa categorização foi obtida a seguinte distribuição percentual das atividades realizadas pelos alunos que acessam a Internet:

Tabela 5 - Atividades realizadas pelos alunos quando estão acessando a Internet.

Atividades	Percentual
Atividades sociais	11,63%
Entretenimento	13,95%
Atividades sociais e entretenimento	65,12%
Outras	9,30%
Total	100,00%

A Internet é utilizada pela grande maioria dos alunos como um instrumento para atividades voltadas ao lazer. Este é um dado importante, pois estes alunos ainda não têm a consciência de que

[...] a Internet não pode mais ser vista como um local apenas de troca, de busca de informações ou ainda de encontros entre pessoas, mas, também, como um local de produção de conhecimento [...]. (GARBIN, 2003, p. 120).

Não se pretende defender a proibição das atividades voltadas ao lazer mas, propor uma pequena reflexão sobre o papel que a escola deve ter na mudança deste padrão de comportamento. A escola não pode se restringir a simplesmente prover o acesso aos recursos tecnológicos e à Internet. Deve ir além e contribuir para que seus alunos utilizem o computador não apenas como uma ferramenta de lazer e diversão, mas como um recurso que possa favorecer a “[...] extensão das capacidades cognitivas humanas, beneficiando o pensar, o criar e o memorizar.” (PRETTO; PINTO, 2006, p. 24).

A tabela 6 exibe os dados obtidos sobre a utilização da Internet para estudar, fazer pesquisas ou trabalhos escolares:

Tabela 6 - Uso da Internet para estudar, fazer pesquisas e trabalhos escolares.

Utilizou a Internet para estudar, fazer pesquisas ou trabalhos escolares?	Percentual
Não	2,33%
Sim, uma única vez	0,00%
Sim, poucas vezes	2,33%
Sim, algumas vezes	37,21%
Sim, freqüentemente	58,14%
Total	100,00%

Os dados das tabelas 5 e 6 sugerem que os alunos só utilizam a Internet como um instrumento de apoio ao estudo quando este envolve a realização de atividades escolares. Mesmo que este dado indique a existência de uma realidade distante do ideal, este é um dado que não deve ser interpretado de maneira inteiramente negativa, pois mesmo que a pesquisa no âmbito do ensino médio consista, na maioria das vezes, em uma consulta e coleta de informações (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 1) estes números revelam que os alunos têm certa familiaridade com a utilização da Internet em suas atividades escolares.

O que deve ser salientado é que essas atividades não podem se reduzir à simples coleta de informações ou à utilização de determinado software ou recurso, mas, devem contribuir para um verdadeiro letramento digital (SILVA et al., 2005, p. 33) dos alunos. Desta maneira a escola poderá, verdadeiramente, “[...] criar aprendizes ao longo da vida, pessoas capazes de encontrar, avaliar e usar informação eficazmente, para resolver problemas ou tomar decisões.” (Ibid., p. 33). Essa forma de utilização dos recursos da informática, em particular da Internet, exige uma modificação na postura dos professores, tema em discussão há mais de uma década:

O professor não é o "informador", o que centraliza a informação. A informação está em inúmeros bancos de dados, em revistas, livros, textos, endereços de todo o mundo. O professor é o coordenador do processo, o responsável na sala de aula. Sua primeira tarefa é sensibilizar os alunos, motivá-los para a importância da matéria, mostrando entusiasmo, ligação da matéria com os interesses dos alunos, com a totalidade da habilitação escolhida. (MORAN, 1997).

Mesmo que não se trate do objeto de pesquisa deste trabalho, é importante destacar que essa apropriação das TIC pelos professores, e sua conseqüente mudança de postura exigem que sua formação - inicial e em serviço, os possibilite a

[...] ultrapassar o gesto mecânico de ligar os aparelhos nas tomadas []; e **redimensionar as práticas de ensino inventando novos usos para as tecnologias disponíveis e, também, instrumentos e ferramentas alternativos para fazer frente à indisponibilidade das TIC. Entre as suas competências, não podem estar apenas novos formatos para os velhos conteúdos, mas novas formalizações.** (BARRETO, 2003, p. 284, grifos nossos).

4.2.1. Algumas considerações

De maneira geral, os resultados obtidos por meio da aplicação do questionário revelam que a Internet já faz parte do cotidiano dos indivíduos pesquisados, mesmo para os alunos que não possuem acesso a partir de sua residência. Os dados dos alunos que utilizam a Internet revelam um ponto importante sobre o uso da Internet como recurso de apoio às atividades escolares: 97,68% dos alunos afirmam terem utilizado a Internet com esses propósitos.

Essa familiaridade e proximidade da Internet a colocam como um recurso que pode e deve ser explorado nas atividades desenvolvidas na escola, com o intuito de contribuir para uma verdadeira aprendizagem dos alunos. Além disso, em tempos de uma sociedade da informação, a escola “[...] não pode se eximir da tarefa de permitir a todos o acesso ao conhecimento e, principalmente, à produção do conhecimento [...]” (HASSE, 1999, p. 127). Entretanto, esta responsabilidade a ser assumida pela escola deve ir além do simples provimento do acesso à Internet. A escola deve contribuir para que seus alunos compreendam o potencial que a Internet possui para auxiliar em seu desenvolvimento cognitivo e cultural, e tornando-os capazes de utilizar a informação e recursos disponíveis na grande rede em seu dia-a-dia.

4.3. A sala de tecnologia

O coordenador da sala de tecnologia da escola também respondeu a um questionário que visava levantar informações sobre a estrutura da sala de tecnologia. O modelo do questionário pode ser visto no Anexo B. Este questionário revelou que a sala de tecnologia possui 25 computadores para uso dos alunos, um computador

para uso exclusivo pelos professores e um computador que atua como servidor. Também foi levantado que todos os computadores possuem placas de som e leitores de CD-ROM e estão em boas condições de funcionamento e de conservação como pode ser vista pelas fotos 1, 2 e 3:



Foto 1 – Visão da sala de tecnologia (01).



Foto 2 - Visão da sala de tecnologia (02).



Foto 3 - Visão da sala de tecnologia (03).

Trata-se de uma sala de tecnologia com plenas condições de permitir o acesso à Internet e, também, o desenvolvimento de outras atividades que utilizem o computador e os seus recursos multimídia.

Para que a escola possa contribuir para com a formação dos alunos, as salas de tecnologia devem ser utilizadas não apenas para permitirem o acesso à Internet, mas para auxiliarem a caminhada em direção a uma nova forma de educação na qual os alunos aprendam a aprender, desenvolvam habilidades de busca, processamento e utilização das informações e dos recursos disponíveis na Internet (CASTELLS, 2004, p. 300).

4.4. A estruturação da pesquisa de campo

A pesquisa de campo além de atender a requisitos teóricos e metodológicos teve que se adequar às condições e à dinâmica da escola em que ela foi realizada. Para que a pesquisa não atrapalhasse o andamento das aulas e permitisse a participação do maior número de alunos optou-se por oferecer um curso intitulado *Os Mistérios do som*, em um turno distinto daquele em que os alunos estavam em sala de aula.

Para a realização do curso a sala de tecnologia e a sala de vídeo foram reservadas entre os dias 30 de julho de 2007 e 10 de agosto de 2007. Na sala de tecnologia foram realizadas as sessões com o grupo experimental e na sala de vídeo as sessões com os alunos do grupo de controle. A escolha pela sala de vídeo ocorreu devido à inexistência de salas de aulas disponíveis no turno vespertino.

A divulgação inicial do curso ocorreu na última semana de aula do primeiro semestre (02/07/2007 a 06/07/2007) e por meio de cartazes que foram afixados nas dependências da escola e por visitas às salas de aula. O modelo do cartaz utilizado para a divulgação pode ser visto no Anexo C. Inicialmente foram disponibilizados os seguintes horários para os alunos escolherem aquele que lhe fosse mais conveniente: a) 09h00min às 10h00min; b) 14h00min às 15h00min ou c) 17h00min às 18h00min. Para que os alunos pudessem participar da pesquisa, eles deveriam preencher um termo de consentimento (Anexo D) e uma ficha de inscrição (Anexo E).

Antes do início do curso, no dia 18 de julho de 2007, foi feita uma verificação das condições dos computadores da sala de tecnologia e sua adequação às exigências para utilização do ambiente virtual: acesso à Internet, navegador de Internet, Java™ Runtime Environment (JRE), plugin para o Flash® e placas de som em perfeito funcionamento. Após a instalação dos softwares e da verificação das demais condições necessárias à realização da pesquisa, 23 computadores foram considerados aptos para a realização das sessões nas quais o ambiente virtual seria utilizado. Para que fosse mantida certa segurança contra eventuais falhas nos computadores foi estipulado um limite de inscrições de 21 alunos em cada horário do curso.

Na primeira semana de aulas do segundo semestre (23/07/2007 a 27/07/2007) foi feita uma nova divulgação do curso e novas fichas de inscrição e termos de consentimento foram distribuídos e depois recolhidos. Após o recebimento do termo de consentimento e da ficha de inscrição, os alunos foram separados em grupos, de acordo com o horário assinalado por eles. A inscrição e a participação dos alunos na pesquisa foram permitidas a todos os alunos de segunda e terceira séries do ensino médio que desejassem participar da pesquisa. Após a inscrição, foi feito um sorteio para a constituição dos grupos e estes foram inicialmente formados respeitando-se o limite de 21 alunos em cada horário e dando-se prioridade por ordem de inscrição, caso o número de alunos ultrapassasse o limite adotado. Após este agrupamento inicial deu-se início ao processo de formação dos grupos experimental e de controle.

Os inscritos no horário das 14h00min às 15h00min ultrapassavam o número máximo de alunos permitido (21) e assim, foram aleatoriamente divididos em dois subgrupos: A e B, sendo o subgrupo A escolhido como grupo de controle. Os alunos dos demais horários, incluindo os alunos do subgrupo B, formaram o grupo

experimental. O processo de inscrição e formação dos grupos assegura a aleatoriedade na constituição dos grupos experimental e de controle, considerando-se que estas amostras pertencem à população de alunos que freqüentam a escola onde a pesquisa foi realizada.

Em decorrência da criação dos subgrupos A e B, e do horário das aulas na escola, foram feitas algumas modificações nos horários do curso. Após essas modificações os horários para a realização do curso ficaram definidos da seguinte maneira: a) 09h40min às 10h40min; b) 13h50min às 15h05min; c) 15h45min às 17h00min e d) 17h15min às 18h15min. Ao grupo de controle (subgrupo A) foi alocado o horário das 15h45min às 17h00min. A cada um destes horários fez-se corresponder uma equipe: a) 09h40min às 10h40min: equipe Copérnico; b) 13h50min às 15h05min: equipe Newton; c) 15h45min às 17h00min: equipe Einstein e d) 17h15min às 18h15min: equipe Galileu.

No dia 30 de julho de 2007 - uma segunda-feira, pela manhã, foram divulgados os horários do curso (vide Anexo F). Todos os alunos participantes receberam um crachá contendo seu nome e o nome de sua equipe, de modo a facilitar a comunicação com o pesquisador. O modelo do crachá pode ser visto no Anexo G. A pesquisa de campo iniciou-se no dia 30/07/2007, no período vespertino. Apesar da duração do curso ter sido estipulada para oito sessões, vários alunos conseguiram finalizar as atividades propostas em um tempo menor do que o previsto, ressaltando que, cada aluno possui um ritmo próprio de aprendizagem. A pesquisa de campo teve sua última sessão realizada no dia 08/08/2007.

4.5. Os instrumentos de coleta de dados

Um ponto crucial de uma pesquisa é a coleta de dados. A coleta de dados fornece o material bruto a ser trabalhado pelo pesquisador para que o fenômeno que está sendo pesquisado seja descrito, desvelado e compreendido da maneira mais completa possível. Assim:

Se o estudo pretende retratar o fenômeno de forma completa, é preciso que os dados sejam coletados numa variedade de situações, em momentos variados e com fontes variadas de informação. (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 52).

Com esta recomendação em foco, buscou-se a utilização de diversos instrumentos de coleta de dados, a saber:

- **Registros das atividades realizadas no computador:** a plataforma sobre a qual foi construído o ambiente virtual faz um registro das atividades dos alunos, tais como: links acessados, data e tempo de acesso, mensagens postadas no fórum e respostas fornecidas às perguntas feitas nos desafios;
- **Teste de conhecimento:** realizado sob a forma de um pós-teste (anexo H) que foi aplicado aos alunos do grupo de controle e experimental;
- **Observações:** foi adotada uma postura semelhante a do “observador participante”, descrita por Lüdke e André (Ibid., p.29). Os alunos estavam cientes de que estavam sendo observados, fotografados e filmados. Quando os alunos estavam se comunicando foram questionados se permitiam, ou não, a gravação das conversas. Além disso, os alunos podiam esclarecer suas dúvidas sobre o curso e os recursos utilizados no ambiente virtual. São produtos indiretos das observações: caderno de anotações, filmes, fotos e gravações de áudio;
- **Caderno de anotações:** anotações sobre os acontecimentos mais relevantes ocorridos durante a realização da pesquisa;
- **Filmes, fotos e gravações de áudio:** algumas sessões foram filmadas e fotografadas. Eventuais conversas entre os alunos foram gravadas;
- **Mapa conceitual, cartazes e opinário:** o produto final destas atividades também é uma fonte de dados para a pesquisa⁸.

A análise dos dados obtidos por meio dos instrumentos descritos acima permitirá a concretização de alguns dos objetivos da pesquisa e, também, a validação das hipóteses adotadas para este trabalho.

4.6. As turbulências

Mesmo com os cuidados tomados para que a pesquisa de campo estivesse adequada às condições e à dinâmica da escola, o transcorrer desta foi perturbado por

⁸ Para maiores informações sobre estas atividades, veja página 78.

algumas turbulências. É importante relatar alguns destes imprevistos para que se tenha conhecimento das reais condições em que a pesquisa se desenvolveu.

A primeira turbulência ocorreu uma semana antes do início das sessões com os alunos dos grupos experimental e de controle. No dia 25 de julho de 2007, a direção da escola tomou conhecimento de uma resolução do Governo do Estado de Mato Grosso do Sul que modificava a forma de funcionamento das salas de tecnologias das escolas públicas estaduais. As normas ditadas por esta resolução impediriam a realização da pesquisa, pois a sala de tecnologia não poderia ser utilizada sem a presença do professor responsável. Assim, a sala deveria ficar fechada nos períodos vespertino e noturno. Novamente, a vice-diretora e a professora de Matemática do período Matutino foram decisivas para garantir a realização da pesquisa. A professora de Matemática se comprometeu a estar presente nas sessões do grupo experimental que ocorressem no período vespertino e a vice-diretora permitiu a utilização da sala de tecnologia mesmo sem a presença do responsável.

Outra turbulência ocorreu na primeira semana do curso, no dia 02 de agosto de 2007. Neste dia, antes do início da sessão matutina do curso, alguns técnicos da Secretaria de Estado de Educação, doravante SED, visitaram a sala de tecnologia, fizeram uma vistoria nos computadores e informaram que o computador que gerencia a rede de computadores e permite o acesso à Internet deveria ser levado à SED para que fossem atualizados. Se isso ocorresse, a continuidade da pesquisa estaria seriamente comprometida. Neste dia a direção da escola estava em uma reunião na SED e a continuidade da pesquisa foi garantida graças à negociação feita entre o secretário da escola e os funcionários da SED. Esta negociação transferiu a data de manutenção do servidor de acesso à Internet para o dia 09 de agosto de 2007.

Além destas turbulências de caráter “administrativo”, o dia 03 de agosto foi marcado por uma turbulência de origem “estudantil”. Grande parte dos alunos do grupo experimental que estavam participando das sessões que ocorriam entre as 17h15min e 18h15min não compareceu neste dia. Segundo os alunos que estavam presentes, os demais alunos combinaram de comemorar o aniversário de um colega de sala no horário da sessão.

Estas turbulências revelam o caráter dinâmico e, até certo ponto, imprevisível de uma pesquisa de campo, que acabam por exigir que o pesquisador seja capaz de lidar com situações que não foram previstas no planejamento inicial a

fim de evitar efeitos prejudiciais à pesquisa. Felizmente, no caso da pesquisa aqui relatada, as turbulências não prejudicaram o desenrolar da pesquisa.

CAPÍTULO V

RESULTADOS E ANÁLISES: OS DESAFIOS

Este capítulo tem como objetivo analisar os dados obtidos durante a realização da pesquisa de campo e que estão diretamente relacionados às atividades que compõem o núcleo do ambiente virtual. Cada seção deste capítulo analisa um dos desafios que compõe o material educacional.

Os dados levantados por meio dos instrumentos de coleta de dados são analisados à luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980) e do referencial epistemológico proposto por Bachelard (1996).

5.1. Explicando a análise dos dados: os desafios

Esta análise tem como fio condutor os dados coletados por meio dos seguintes instrumentos de coleta de dados: i) registros; ii) pós-teste; iii) observações; iv) caderno de anotações e v) filmes e fotos. Considerando-se que os desafios presentes no material educacional trabalham com um ou mais conceitos específicos, cada desafio será, inicialmente, analisado individualmente mas, sem perder de vista a sua relação com os demais desafios.

A análise de cada desafio foi realizada em duas etapas principais:

- Análise do grupo experimental no desafio. Esta análise buscou verificar se a atividade foi capaz de propiciar aos alunos os conhecimentos necessários para a superação do desafio;
- Análise dos grupos experimental e de controle por meio das respostas dos alunos ao pós-teste. O objetivo desta análise foi obter um parâmetro para avaliação da aprendizagem propiciada pelo uso das atividades modeladas como desafio.

Além da análise qualitativa das performances dos estudantes dos grupos experimental e de controle, no pós-teste, foi feita uma breve análise estatística com o objetivo de se confirmar, ou não, os resultados indicados pela análise qualitativa.

Para facilitar e padronizar a análise das respostas dos alunos coletadas no ambiente virtual e no pós-teste foi feita uma categorização, especificada no quadro 3, para as respostas discursivas.

Quadro 3 - Categorias para análise das respostas discursivas.

Categoria	Descrição
Excelente	<i>O aluno respondeu corretamente a pergunta. Na resposta estão presentes todos os conceitos físicos envolvidos com o conhecimento em questão, os conceitos estão corretamente relacionados e a resposta está bem detalhada.</i>
Satisfatória	<i>A resposta está correta, mas não está bem detalhada. Não estão presentes todos os conceitos físicos envolvidos com o conhecimento em questão. Os conceitos que aparecem são relacionados corretamente.</i>
Insatisfatória	<i>Não responde adequadamente à pergunta proposta. Utiliza alguns dos conceitos relativos ao conhecimento em questão e outros conceitos que não estão relacionados ao conhecimento. A relação entre os conceitos não está clara e a resposta não está bem articulada.</i>
Incorreta	<i>A resposta não está relacionada à pergunta que foi proposta. A resposta não utiliza os conceitos relacionados à questão e os conceitos presentes não estão associados de maneira correta.</i>
Não sei	<i>O aluno afirmou que não sabia responder a questão que lhe foi proposta.</i>
Não respondeu	<i>O aluno não respondeu a questão, deixando a resposta em branco ou assinalando outros caracteres.</i>

A importância dada aos conceitos e seus relacionamentos, para a delimitação destas categorias, está de acordo com a teoria da aprendizagem significativa, pois:

Ausubel sustenta o ponto de vista de que cada disciplina acadêmica tem uma estrutura articulada e hierarquicamente organizada de conceitos que constitui o sistema de informações dessa disciplina. (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 23).

Cada pergunta pode ser, a partir deste pressuposto, avaliada a partir da comparação entre a articulação dos conceitos utilizados pelos alunos e a articulação e organização aceitas pelo conhecimento científico oficial. Além disso, as categorias

de análise descritas no quadro 3 permitem levar em consideração, em um processo de aprendizagem significativa, que

[...] o resultado é quase sempre alguma variação mínima entre a forma como o aluno internaliza a informação e como o professor percebe a informação. Conseqüentemente, numa revisão mais recente de afirmações ou proposições, pode haver uma pequena discrepância entre a resposta dada pelo aluno e aquela esperada pelo professor, mesmo quando a resposta do aluno está fundamentalmente correta. Infelizmente, tais respostas são freqüentemente consideradas erradas, o que incentiva a preferência por parte dos alunos da aprendizagem automática, em lugar de compreenderem o que lhes é ensinado. (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p. 43).

Além deste critério, foi analisado se a resposta que o aluno forneceu responde, ou não, a pergunta que lhe foi proposta.

Para manter em sigilo a identificação dos alunos foi adotado a seguinte codificação: os alunos do grupo de controle são designados pela letra “C”, seguida por um número de dois dígitos e os alunos do grupo experimental são identificados pela letra “E”, seguida por um número de dois dígitos. Assim: C01 e C05 identificam alunos do grupo de controle enquanto E05 e E10 alunos do grupo experimental.

A seguir é apresentada a análise de cada um dos desafios que compõem o núcleo do ambiente virtual.

5.2. O Jogo do Erro

O conhecimento físico que está em jogo neste desafio é o da necessidade de um meio material para que uma onda sonora possa se propagar. A atividade teve como fonte de inspiração as brincadeiras nas quais devem ser encontrados as diferenças, ou erros, entre duas imagens semelhantes, mas ao invés de imagens estáticas foram utilizados dois vídeos: um vídeo com um erro de Física⁹ (sons se propagando e sendo ouvidos no espaço) e outro que estava de acordo com as leis da Física¹⁰ (sem sons). Neste desafio, assim como nos outros desafios que foram utilizados na pesquisa, o aluno percorre uma trilha composta por páginas web e atividades. Esta trilha foi elaborada de maneira a permitir que ao atingir a etapa final de cada desafio, o aluno tenha construído o conhecimento em jogo que lhe permite

⁹ O vídeo com o erro de Física pode ser visto em <http://www.youtube.com/watch?v=XPIgmY3nDMs>

¹⁰ O vídeo corrigido de acordo com as leis da Física pode ser visto em <http://www.youtube.com/watch?v=5WBea6t-rLQ>

superar o desafio. No desafio *O Jogo do Erro* a trilha que o aluno percorre pode ser vista na figura 12:

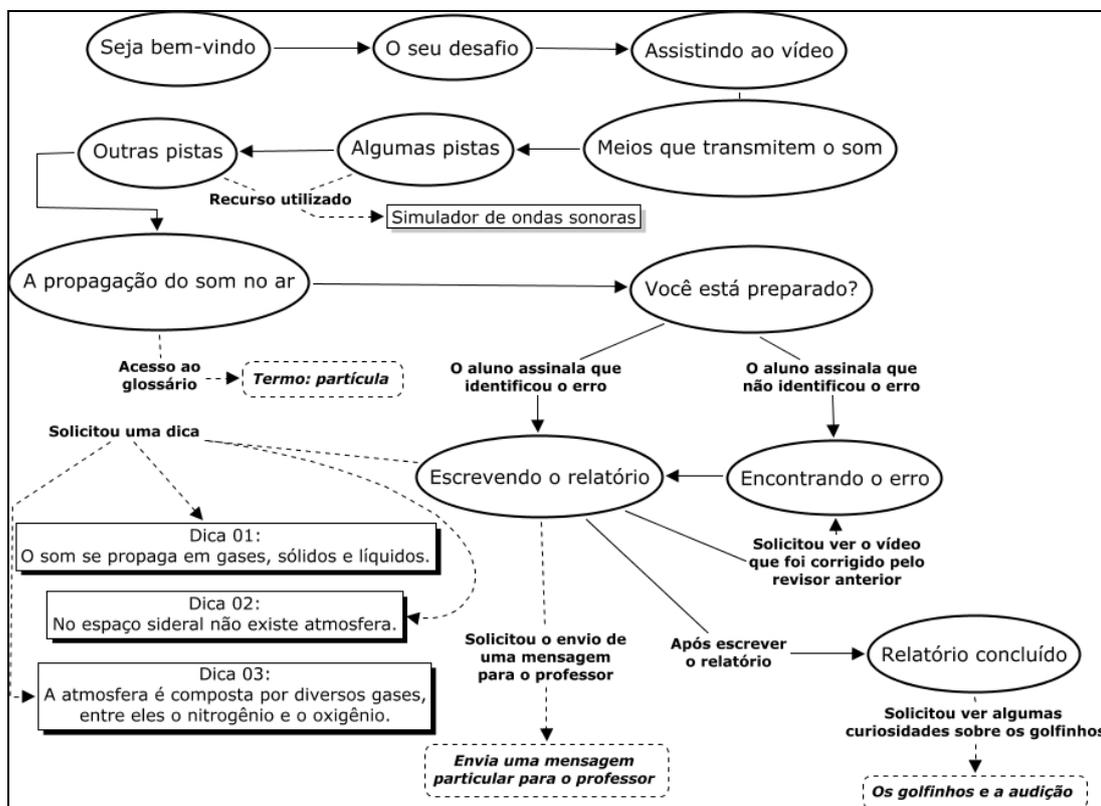


Figura 12 - Trilha do desafio *O Jogo do Erro*.

A legenda dos recursos presentes nas figuras que representam a trilha dos desafios pode ser vista na figura 13:

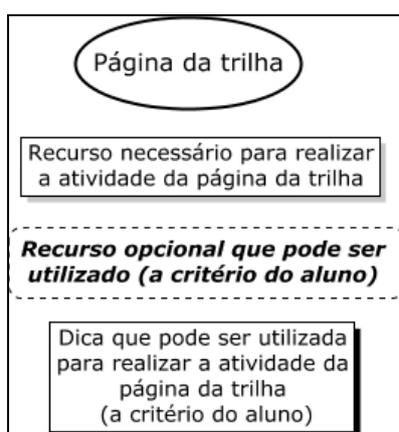


Figura 13 - Legenda para os recursos utilizados pelas trilhas dos desafios.

As páginas da trilha são visualizadas na janela principal do navegador de internet e os demais recursos são vistos em janelas independentes da janela principal

do navegador de internet (janelas pop-ups). Abaixo é feita uma descrição sucinta de cada página:

- **Seja bem-vindo:** esta página é exibida após o aluno clicar no link do desafio, que está disponível na página principal do ambiente virtual (figura 8, página 78), e é a página pela qual o aluno inicia o desafio;
- **O seu desafio:** apresenta o desafio ao aluno:

Você foi contratado(a) por um grande estúdio de cinema para ser o revisor científico dos filmes que o estúdio produz.

Basicamente você assiste trechos dos filmes, verifica se existem erros de Física e se encontrar algum erro faz um relatório e envia para seus superiores. Recentemente o estúdio produziu um filme de ficção científica. O seu desafio é verificar se existe algum erro e, em caso afirmativo, fazer um relatório identificando e explicando o erro.

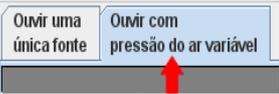


Figura 14 - Apresentação do desafio *O Jogo do Erro*.

- **Assistindo ao vídeo:** apresenta o vídeo que foi produzido pelo estúdio. O aluno é alertado que outro revisor já havia iniciado o processo de revisão do vídeo, mas que não pode finalizar o relatório. Além disso, o aluno é avisado que, para conseguir identificar o erro é necessário que ele aprenda um pouco mais sobre o som. Ao final da página o aluno responde a seguinte questão: “*O som se propaga apenas no ar?*”;
- **Meios que transmitem o som:** chama a atenção dos alunos para o fato de que o som se propaga em outros meios materiais além do ar;
- **Algumas pistas:** indica um roteiro ao aluno, para que ele utilize o simulador de ondas sonoras¹¹:

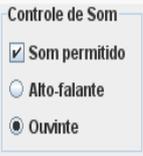
¹¹ O simulador de ondas sonoras pode ser acessado no seguinte link:
<http://www.episteme.pro.br/applets/PHET/Sound/index.html>

1. Após o simulador ser carregado, certifique-se de que a opção "Ouvir com pressão do ar variável" está selecionada:

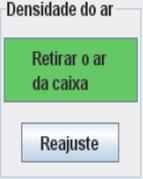


2. Coloque o seu fone de ouvido;

3. Localize o controle de som. Habilite o som e, selecione a opção "Ouvinte":



4. Clique no botão "Retirar o ar da caixa":



5. Aguarde até que o indicador de pressão atmosférica atinja o zero:



6. Use este [link](#) para carregar o simulador de ondas sonoras e realize os passos acima;

7. Você pode movimentar e minimizar a janela do simulador;

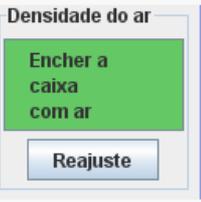
8. Não feche o simulador, pois ele será utilizado novamente.

Figura 15 - Roteiro da página Algumas pistas (O Jogo do Erro).

O objetivo desta etapa é fazer com que o aluno relacione a ausência do som com a ausência do ar na caixa em que o alto-falante se encontra. Ao final da página o aluno é questionado: “*Quando a caixa está sem ar, você ouve algum som?*”;

- **Outras pistas:** aqui o aluno deve utilizar novamente o simulador de ondas sonoras. O roteiro desta etapa repete os procedimentos do roteiro presente na página *Algumas pistas*, e adiciona outros passos:

6. Clique no botão "Encher a caixa com ar":



7. Aguarde até que o indicador de pressão atmosférica atinja o um:



8. Use este [link](#) para carregar o simulador de ondas sonoras e realize os passos acima;

9. Você pode movimentar e minimizar a janela do simulador.

Figura 16 - Passos adicionais do roteiro da página Outras pistas.

O objetivo desta página é fazer com o aluno perceba que o som só é ouvido quando a caixa na qual o alto-falante se encontra está cheia de ar. Ao final da página o aluno é questionado: “*Quando a caixa está cheia de ar, você ouve algum som?*”;

- **A propagação do som no ar:** nesta etapa o aluno assiste a um vídeo¹² (em câmera lenta) que simula o comportamento aproximado das partículas do ar quando um alto-falante está produzindo som;
- **Você está preparado?:** o aluno revê o vídeo que foi produzido pelo estúdio e assinala se já conseguiu identificar o erro ou se ainda não conseguiu identificar o erro;
- **Encontrando o erro:** o aluno tem acesso ao trabalho que o revisor anterior já havia feito. Assim, o aluno assiste a dois vídeos: a) o vídeo que foi produzido pelo estúdio e b) um vídeo que foi editado de acordo com as leis da Física (não apresenta sons no espaço sideral);
- **Escrevendo o relatório:** o aluno revê o desafio e é solicitado a escrever o relatório. Nesta página o aluno tem acesso a várias dicas, a um canal de comunicação com o professor e ainda pode acessar a página *Encontrando o erro*;
- **Relatório concluído:** o aluno é avisado que seu relatório será encaminhado aos seus superiores e que será analisado. Além disso, o aluno pode acessar uma página com curiosidades sobre os golfinhos.

5.2.1. Análise do grupo experimental no desafio O Jogo do Erro

Para esta análise foram considerados apenas os alunos que percorreram toda a seqüência do desafio e que responderam a questão proposta pelo desafio. Suas respostas foram analisadas utilizando-se as categorias do quadro 3, situado na página 97. A distribuição de freqüências do desempenho dos alunos do grupo experimental se encontra na tabela 7:

Tabela 7 - Desempenho do grupo experimental no desafio O Jogo do Erro.

Categoria	Freqüência	Percentual
Satisfatória	15	62,50%
Insatisfatória	8	33,33%
Não sei	0	0,00%
Não respondeu	1	4,17%
Total	24	100,00%

¹² O vídeo pode ser assistido em: <http://www.youtube.com/watch?v=7CXv12f4XL0>

Para os alunos que não responderam satisfatoriamente, foi feita uma análise para investigar as causas prováveis do insucesso na realização da atividade. Ao mapear as respostas e ações destes alunos – 8 no total, verificou-se que seis não responderam corretamente a questão “*Quando a caixa está cheia de ar, você ouve algum som?*”, proposta na página *Outras pistas*. Esse fato sugere que esses alunos não conseguiram perceber que para o som se propagar até o ouvinte (no simulador de ondas sonoras) é preciso que a caixa em que o alto-falante se encontra esteja cheia de ar. Uma provável causa do insucesso destes alunos pode ter relação com a utilização do simulador de ondas sonoras, em decorrência da abertura de múltiplas sessões do simulador de ondas sonoras, à semelhança do que acontece quando se clica várias vezes em um mesmo link da Internet e diversas janelas do navegador de Internet são exibidas.

Os outros dois alunos que também tiveram suas respostas categorizadas como insatisfatória - E19 e E23, responderam corretamente às questões: a) *Quando a caixa está sem ar, você ouve algum som?* e b) *Quando a caixa está cheia de ar, você ouve algum som?*. Entretanto, o fato destes alunos terem supostamente compreendido a necessidade de um meio material para a propagação do som, no caso do simulador, não foi suficiente para que eles conseguissem responder de maneira satisfatória à questão final do desafio.

As respostas que esses alunos forneceram na última etapa do desafio foram:

- Aluno E19: “*o som se propaga em sólidos líquidos e gases, no espaço sideral não tem atmosfera, a atmosfera é composta por diversos gases, entre eles nitrogênio e oxigênio*”;
- Aluno E23: “*o erro é que no espaço sideral não existe atmosfera, que a atmosfera é composta por diversos gases, entre eles o nitrogênio e o oxigênio. e os seres humanos não ia sobreviver...*”.

A análise das atividades destes dois alunos revela que eles acessaram por diversas vezes as dicas que estavam disponíveis na etapa final do desafio. As dicas disponibilizadas foram:

- Dica 01: O som se propaga em gases, sólidos e líquidos;
- Dica 02: No espaço sideral não existe atmosfera;

- Dica 03: A atmosfera é composta por diversos gases, entre eles o nitrogênio e o oxigênio.

A comparação entre as respostas dos alunos e as dicas da última etapa do desafio revela que estes alunos escreveram como resposta uma colagem das dicas fornecidas nesta etapa. Este é um indício de que esses alunos estavam num processo de aprendizagem em que a nova informação não havia sido ainda incorporada às suas estruturas cognitivas ou que a incorporação se deu de maneira arbitrária, caracterizando assim, uma aprendizagem mecânica (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

A análise do pós-teste se encontra na próxima seção, mas é importante destacar a resposta dada pelo aluno E23 à questão que buscava verificar a aprendizagem da necessidade de um meio material para a propagação do som também classificada como insatisfatória: “*E porque lá na Lua não tem vida.*”. Este aluno (E23) parece associar a ocorrência de fenômenos sonoros à existência de vida, isto é, sem a “vida” não é possível a emissão e conseqüente propagação do som. O apego deste aluno a esta relação funcionou como um obstáculo para a aprendizagem da dependência entre a propagação da onda sonora e o meio material. Analisando segundo a epistemologia de Bachelard, chega-se à conclusão de que este obstáculo se configura como um obstáculo animista.

O aluno que não respondeu ao desafio (E05) também não conseguiu responder corretamente a questão “*Quando a caixa está cheia de ar, você ouviu algum som?*” que foi proposta aos alunos na página *Outras pistas*. Este aluno, também pode ter tido problemas durante o uso do simulador de ondas sonoras que dificultaram a percepção de que para o som se propagar até o ouvinte (no simulador de ondas sonoras) é preciso que a caixa em que o alto-falante se encontra estivesse cheia de ar.

5.2.2. Análise dos grupos experimental e de controle no pós-teste

Tanto o grupo experimental quanto o grupo de controle foram submetidos a um teste de conhecimento que envolvia as propriedades do som que estão presentes no material que foi desenvolvido e utilizado na pesquisa. No caso específico do conhecimento trabalhado no desafio *O Jogo do erro*, os alunos tiveram que

responder a pergunta¹³: *O sistema solar é composto por vários corpos celestes. Vários desses corpos celestes possuem atmosfera, tais como a Terra, Marte, Vênus etc.. Outros desses corpos celestes não possuem atmosfera. Entre eles está a Lua, que é nosso satélite natural. Por que a Lua é às vezes descrita como um “planeta silencioso”?.* A análise e categorização do desempenho dos alunos foram feitas utilizando-se as categorias descritas no quadro 3 (página 97). O desempenho dos alunos pode ser visto na tabela 8:

Tabela 8 - Desempenho dos grupos experimental e de controle na questão 03 do pós-teste.

Categoria	Grupo experimental		Grupo de Controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Satisfatória	10	66,67%	5	41,67%
Insatisfatória	5	33,33%	4	20,83%
Não sei	0	0,00%	3	25,00%
Não respondeu	0	0,00%	0	0,00%
Total	15	100,00%	12	100,00%

O primeiro dado a ser esclarecido é sobre a diferença numérica entre os participantes do grupo experimental que concluíram o desafio *O Jogo do Erro* (24 alunos) e os que se submeteram ao pós-teste (15 alunos). A desistência de nove alunos representa um alto índice de desistência, isto é, de mortalidade experimental, mas este fator é considerado como um fator controlado para o delineamento adotado (CAMPBELL; STANLEY, 1979). Antes de dar continuidade à comparação entre os resultados do grupo de controle e experimental é oportuna uma análise da relação entre as respostas do desafio e do pós-teste, para os alunos do grupo experimental. A tabela 9 explicita a frequência da ocorrência de pares de categorias de respostas para estes alunos, considerando-se apenas os alunos que se submeteram ao pós-teste:

¹³ Esta pergunta foi proposta na terceira questão do pós-teste.

Tabela 9 - Distribuição dos pares de respostas entre *O Jogo do Erro* e o pós-teste, para o grupo experimental.

Resposta do desafio	Resposta do pós-teste	Freqüência	Percentual
Satisfatória	Satisfatória	10	66,67%
Insatisfatória	Insatisfatória	4	26,67%
Não respondeu	Insatisfatória	1	6,67%
Total		15	100,00%

A tabela 9 revela que os alunos do grupo experimental submetidos ao pós-teste mantiveram a performance que foi obtida no desafio, ou seja, aqueles que responderam de forma satisfatória ao desafio também responderam satisfatoriamente ao pós-teste, o mesmo ocorrendo com os que responderam de maneira insatisfatória. Apenas um aluno (E23) teve alteração na categorização de sua resposta: de não respondeu para insatisfatória.

Essa alteração deve ser interpretada de maneira positiva, mesmo que o aluno não tenha respondido satisfatoriamente. No desafio, como o aluno não respondeu, ele não se deu a oportunidade de errar. Ao responder e, neste caso, “errar” a questão proposta no pós-teste, o aluno passa a ter a possibilidade de verificar o seu erro e buscar caminhos em direção ao conhecimento científico, pois “[...] psicologicamente, não há verdade sem erro retificado.” (BACHELARD, 1996, p. 293). A visão de Bachelard sobre os erros pode ser, assim, resumida:

Ele [o erro] não é um “acidente de percurso” ou uma prova de limitação, mas uma etapa a atravessar, um “elemento motor do conhecimento”. Esse é um ponto fundamental pois, ao afirmar a inevitabilidade dos erros, vinculando-os ao próprio ato de conhecer, Bachelard dialetiza a noção de erro, que passa a ter um duplo aspecto: *negativo* enquanto reflexo de um obstáculo a superar; *positivo* na medida em que, “psicanalisado”, torna-se quase que um pré-requisito à aquisição de novos conhecimentos (mais elaborados). (MARTINS, 2004, p.25, grifo do autor).

Com relação à uniformidade nos pares de respostas (

tabela 9) é possível que seja feita uma pequena digressão, na qual se supõe que não ocorreu uma mortandade experimental. Extrapolando-se a uniformidade nos pares de respostas para os alunos que não se submeteram ao pós-teste, pode-se supor, com certo grau de segurança, que não existiriam diferenças qualitativas entre as respostas do desafio e do pós-teste, caso não ocorresse a mortandade experimental. Dessa maneira, a mortandade experimental que ocorreu pode ser considerada realmente controlada, não interferindo de maneira a invalidar os dados.

Persistindo neste exercício de digressão é possível construir uma tabela que extrapole a uniformidade dos pares de respostas entre o desafio e o pós-teste aos alunos que não se submeteram ao pós-teste. Essa extrapolação pode ser vista na tabela 10:

Tabela 10 - Extrapolação na distribuição dos pares de respostas entre *O Jogo do Erro* e o pós-teste.

Resposta do desafio	Resposta do pós-teste	Frequência	Percentual
Satisfatória	Satisfatória	15	62,50%
Insatisfatória	Insatisfatória	8	33,33%
Não respondeu	Insatisfatória	1	4,17%
Total		24	100,00%

Este raciocínio permite supor o provável desempenho do grupo experimental, caso não ocorresse uma mortandade experimental:

Tabela 11 - Rendimento provável do grupo experimental na questão 03 do pós-teste (em relação aos conceitos do desafio *O Jogo do Erro*).

Categoria	Frequência	Percentual
Satisfatória	15	62,50%
Insatisfatória	9	57,50%
Não sei	0	0,00%
Não respondeu	0	0,00%
Total	24	100,00%

Comparando-se o rendimento, no pós-teste, do grupo de controle - 41,67% de respostas satisfatórias, com o rendimento do grupo experimental - 66,67% de respostas satisfatórias, ou com o rendimento provável do grupo experimental

expandido - 62,50% de respostas satisfatórias, evidencia-se que o grupo experimental apresenta um desempenho melhor do que o apresentado pelo grupo de controle.

Além desta análise feita sob um enfoque qualitativo, é pertinente questionar se há uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos de controle e experimental. Esta questão pode ser respondida por meio de um teste de hipóteses.

Para a realização deste teste de hipóteses foi necessária a conversão das categorias associadas às respostas fornecidas ao pós-teste para uma escala numérica, a saber: a) satisfatória - valor de 0,8 pontos; b) insatisfatória - valor de 0,4 pontos; c) incorreta e não sei - 0,0 pontos. A partir desta conversão foram calculados a média e o desvio padrão de cada grupo, obtendo-se os seguintes valores: i) Grupo experimental: média (X_1) igual a 0,67 e desvio padrão (s_1) igual a 0,19; ii) Grupo de controle: média (X_2) igual a 0,47 e desvio padrão (s_2) igual a 0,33. Em seguida, com base no tratamento estatístico para pequenas amostras (SPIEGEL, 1985, p. 233-248), buscou-se avaliar as seguintes hipóteses:

- $H_0: \mu_1 = \mu_2$, e não há, essencialmente, diferença significativa entre os grupos;
- $H_1: \mu_1 > \mu_2$, e o uso do computador ocasiona um melhor o rendimento na avaliação da aprendizagem, indicando uma melhor aprendizagem em decorrência do uso do computador.

Para avaliar estas hipóteses o teste mais adequado é o teste unilateral que, para os dados relativos ao *Jogo do Erro*, foi efetuado nos níveis de significância 0,01 e 0,05. Os resultados obtidos se encontram na tabela 12.

Tabela 12: Testes de significância para análise da hipótese nula. Desafio *O Jogo do Erro*.

Valor obtido para t	Nível de significância	Condição para rejeição de H_0	Resultado
1,87	0,01	$t > t_{0,99}$ ($t > 2,48$)	Não se pode rejeitar a hipótese nula (H_0).
	0,05	$t > t_{0,95}$ ($t > 1,71$)	Pode-se rejeitar H_0 no nível de significância 0,05.

Os dados da tabela 12 revelam que, no nível de significância 0,05, há uma diferença estatisticamente significativa entre as médias dos dois grupos, em favor do grupo experimental. Em outras palavras pode-se afirmar, com 95% de confiança, que a diferença entre as médias dos dois grupos é estatisticamente significativa. Assim, tem-se que o desafio ocasiona uma melhor aprendizagem de que é necessário um meio material para que ocorra a propagação do som, em relação à aprendizagem que é devida às aulas expositivas tradicionais.

5.2.3. O Jogo do Erro: algumas considerações

O alto índice de respostas satisfatórias alcançado pelos alunos do grupo experimental nas respostas fornecidas ao *O Jogo do Erro* e ao pós-teste indica que o desafio proposto por meio do computador é um material potencialmente significativo e que, dessa forma, oferece condições para que os conceitos trabalhados possam se ligar de maneira substantiva e não-arbitrária à estrutura cognitiva do aluno.

A análise qualitativa sugere que o desafio *O Jogo do Erro* se constituiu em um recurso educacional que favorece a aprendizagem e a construção do conhecimento pelo aluno. O teste de hipóteses reforça os resultados qualitativos ao demonstrar que a diferença entre as médias do grupo experimental e de controle, no pós-teste, é potencialmente significativa. Estas análises indicam, portanto, que o uso do computador, na forma do desafio *O Jogo do Erro*, contribuiu para a aprendizagem dos alunos.

O desafio, entretanto, não foi capaz de auxiliar o aluno E23 na superação de seu obstáculo epistemológico, evidenciando a dificuldade de superação destes obstáculos (MARTINS, 2004) e que tal superação só pode ocorrer por meio de uma “[...] psicanálise dos erros iniciais [...]” (BACHELARD, 1996, p. 23). Essa psicanálise pode ser realizada por meio da aplicação do princípio “Quem é ensinado deve ensinar.” (Ibid., p. 300). Tal princípio pode ser posto em prática em sala de aula ou em espaços virtuais presentes em ambientes virtuais de aprendizagem, tais como fóruns e chats, mas em decorrência dos recortes necessários à uma pesquisa de mestrado não foi possível colocá-lo em prática.

Com relação à provável falta de habilidade no uso do computador e de alguns recursos, seus efeitos comprometedores na aprendizagem dos alunos podem ser minimizados com sessões de ambientação orientadas pelo professor. No caso

específico do simulador de ondas sonoras, além destas sessões de ambientação, os roteiros para utilização do simulador devem ser alterados, a fim de facilitar a utilização do mesmo e, assim, diminuir o grau de dificuldade no seu uso.

5.3. O Pernilongo e os sons

Nesta atividade os alunos devem percorrer uma trilha que favoreça a aprendizagem de conhecimentos que os capacitem a superar o desafio que lhes foi apresentado. Para superar este desafio, sendo capaz de propor um aparelho que consiga expulsar os pernilongos que infestam a cidade, o aluno deve adquirir conhecimentos sobre frequência sonora, fonte sonora, espectro sonoro, relação entre as frequências da fonte sonora e do som que ela emite, além de informações sobre os hábitos dos pernilongos. Para isso é necessário que o aluno tenha disponível em sua estrutura cognitiva os conceitos de movimento periódico e frequência, que atuam como subsunçores para estes conhecimentos que devem ser aprendidos e, também, que o aluno esteja disposto a aprender. Os subsunçores foram trabalhados na atividade *É importante saber!!!*.

O quadro 4, apresenta uma síntese das páginas que compõem a trilha do desafio *O pernilongo e os sons*, com suas ligações aos recursos externos e à próxima página da trilha.

Quadro 4 – Páginas que compõem a trilha do desafio *O pernilongo e os sons* e suas ligações.

Página	Recursos disponíveis	Próxima página
<i>Você foi convocado!!!</i>	-----	<i>O desafio dos pernilongos</i>
<i>O desafio dos pernilongos</i>	-----	<i>Qual é a diferença?</i>
<i>Qual é a diferença?</i>	-----	<i>Sons agudos e graves</i>
<i>Sons agudos e graves</i>	-----	<i>O som e as fontes sonoras</i>
<i>O som e as fontes sonoras</i>	Simulador de ondas sonoras	<i>O som e as fontes sonoras - parte 2</i>
<i>O som e as fontes sonoras – parte 2</i>	Glossário, Simulador de ondas sonoras e <i>É importante saber!!!</i>	<i>A frequência da fonte sonora e o som</i>
<i>A frequência da fonte sonora e o som</i>	Simulador de ondas sonoras	<i>Variando a frequência</i>
<i>Variando a frequência</i>	Simulador de ondas	<i>Quem tem a maior frequência</i>

Página	Recursos disponíveis	Próxima página
	sonoras	
<i>Quem tem a maior frequência</i>	-----	<i>Ouvindo alguns sons</i>
<i>Ouvindo alguns sons</i>	Você escuta todos os sons?	<i>Ultra-sons e suas aplicações ou Porque a frequência da fonte sonora interfere no som que ouvimos?</i>
<i>Ultra-sons e suas aplicações</i>	Glossário	<i>Porque a frequência da fonte sonora interfere no som que ouvimos?</i>
<i>Porque a frequência da fonte sonora interfere no som que ouvimos?</i>	Glossário	<i>O zumbido</i>
<i>O zumbido</i>	Dicas	<i>O zumbido é agudo ou grave?</i>
<i>O zumbido é agudo ou grave?</i>	Glossário e dicas	<i>Relembrando o desafio</i>
<i>Relembrando o desafio</i>	-----	<i>Um pouco mais sobre os pernilongos</i>
<i>Um pouco mais sobre os pernilongos</i>	-----	<i>A sua proposta</i>
<i>A sua proposta</i>	Dicas e <i>Um pouco mais sobre os pernilongos</i>	<i>Muito obrigado</i>

A figura 43¹⁴ apresenta uma representação gráfica da trilha que o aluno deve percorrer:

¹⁴ A legenda dos recursos da trilha se encontra na: Figura 13 - Legenda para os recursos utilizados pelas trilhas dos desafios.

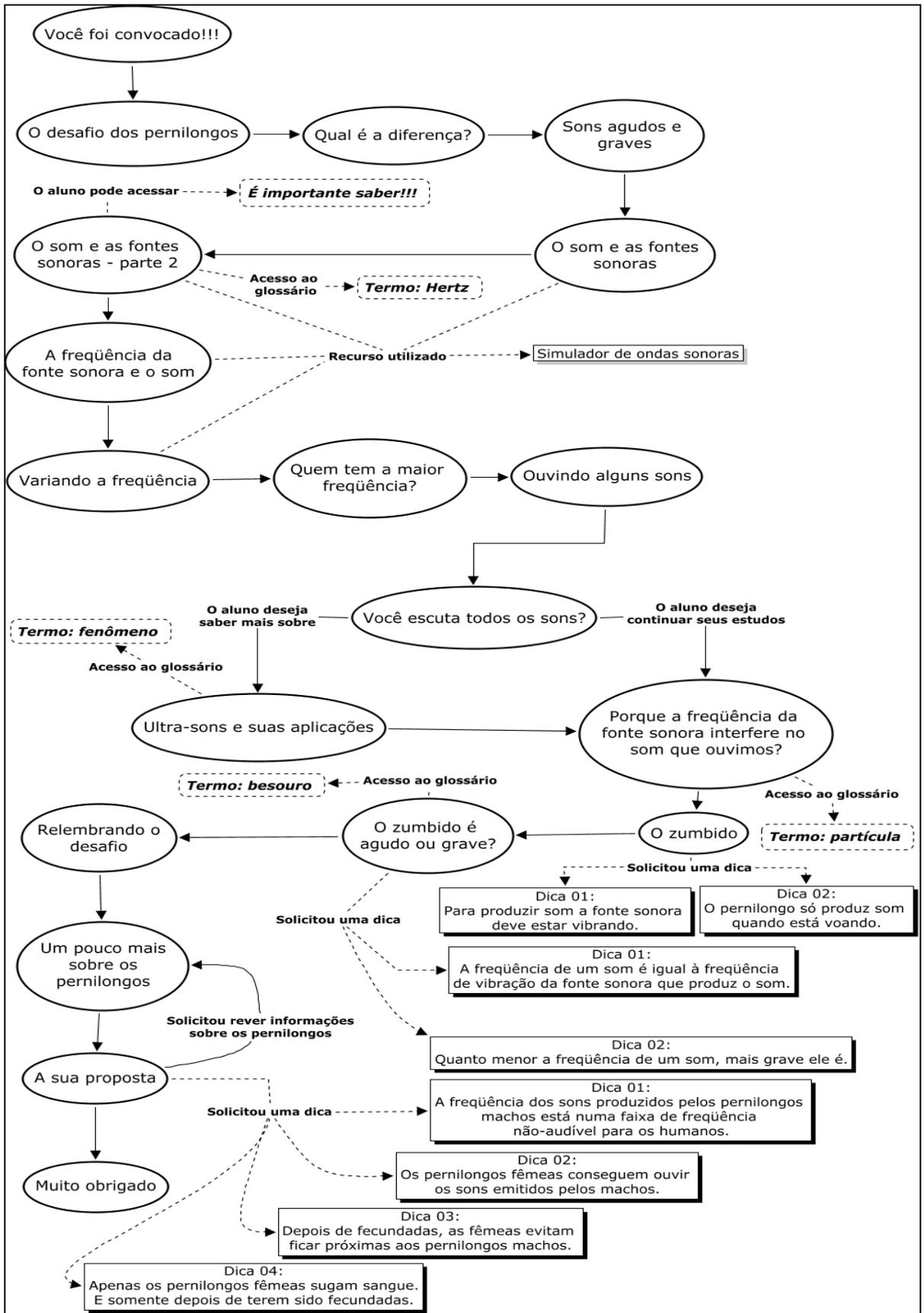


Figura 17 - Trilha do desafio *O pernilongo e os sons*.

A seguir encontra-se uma breve descrição de cada página:

- **Você foi convocado:** apresenta o slogan da campanha e diz ao aluno que ele foi convocado a participar da campanha municipal contra os pernilongos:



Figura 18 - Página inicial do desafio *O Pernilongo e os sons*.

- **O desafio dos pernilongos:** fornece detalhes sobre o desafio:

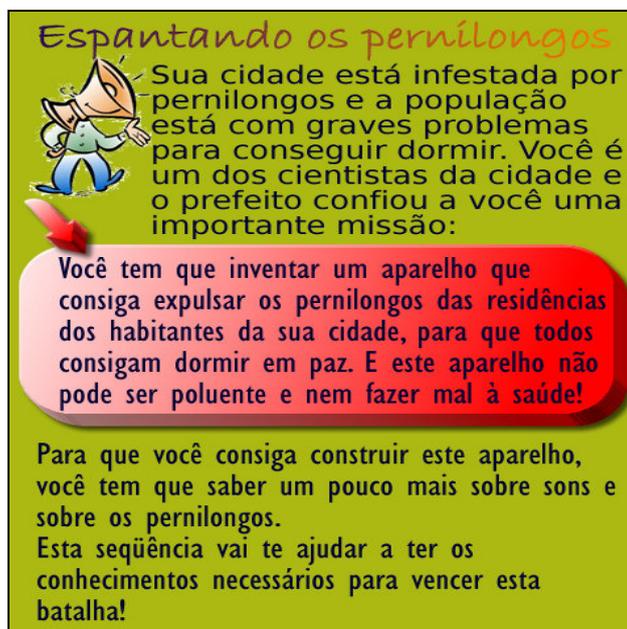


Figura 19 - Detalhes do desafio *O Pernilongo e os sons*.

- **Qual é a diferença?:** a página apresenta dois sons de diferentes frequências, o que permite classificar um como mais agudo que o outro.

Nesta página o aluno responde a seguinte questão: “*Qual é a causa da diferença entre esses sons?*”;

- **Sons agudos e graves:** reapresenta os sons que o aluno ouviu na página anterior e esclarece que um som é mais grave do que o outro. Além disso, informa que a causa dessa diferença será explicada mais adiante;
- **O som e as fontes sonoras:** expõe que para que um som exista é necessário que alguém ou alguma coisa funcione como fonte ou origem deste som. Destaca, também, que essa fonte necessita estar vibrando para que o som seja produzido¹⁵. O aluno, antes de prosseguir, deve utilizar o simulador de ondas sonoras, de acordo com o roteiro abaixo, para responder a pergunta “*O movimento do alto-falante é periódico?*”:

1. Após o simulador ser carregado, certifique-se de que a opção "Ouvir uma única fonte" está selecionada:

Ouvir uma única fonte Ouvir com pressão do ar variável

Selecione a opção: Ouvir uma única fonte

2. Observe com atenção o movimento do alto-falante:

3. Use este [link](#) para carregar o simulador de ondas sonoras;

4. Você pode movimentar e minimizar a janela do simulador.

Figura 20 - Roteiro da página O som e as fontes sonoras (*O pernilongo e os sons*).

Aqui, o aluno deve fazer uso do conceito trabalho na atividade *É importante saber!!!*.

¹⁵ A rigor, a vibração da fonte sonora é uma exigência para a produção de ondas sonoras periódicas. Uma onda sonora do tipo pulso pode ser produzida sem que a fonte esteja vibrando. Por exemplo quando uma pessoa estala os dedos.

- ***O som e as fontes sonoras – parte 2***: relembra o que é um fenômeno periódico e esclarece que o movimento do alto falante é periódico e que a frequência de vibração da maioria das fontes sonoras pode ser modificada. O aluno deve utilizar novamente o simulador de ondas sonoras, para responder a pergunta: “*Quando você varia o controle da frequência, o que acontece com a vibração do alto-falante?*”. O roteiro de utilização do simulador de ondas sonoras é:

1. Selecione a opção "Ouvir uma única fonte";
2. Identifique o controle de frequência:

3. Varie o controle da frequência, selecionando os seguintes valores: 218 Hz; 436 Hz; 663 Hz e 1000 Hz;
4. Para cada um dos valores indicados acima, observe a vibração do alto-falante;
3. Se o simulador de ondas não está aberto, use este [link](#) para carregá-lo.

Figura 21 - Roteiro da página O som e as fontes sonoras (2).

- ***A frequência da fonte sonora e o som***: apresenta a primeira atividade em que o aluno irá fazer uma relação entre a frequência da fonte sonora e o som que ele escuta. O aluno deve seguir o roteiro abaixo e, em seguida, responder: “*Qual frequência corresponde ao som mais grave?*”;

1. Coloque seu fone de ouvido;

2. Habilite o som (marque a opção "Som permitido") e selecione a opção "Alto-falante";

3. Se o som te incomodar ou você não estiver ouvindo bem, ajuste o controle da "Amplitude" e o volume do seu fone de ouvido;

4. Com o controle de frequência, selecione a frequência de 812 Hz e depois diminua para 406 Hz;

5. Caso o simulador de ondas não estiver carregado, use este [link](#).

Figura 22 - Roteiro da página A frequência da fonte sonora e o som.

- **Variando a frequência:** possui outra atividade que objetiva evidenciar a relação entre a frequência da fonte sonora e o som que o aluno escuta. O aluno deve seguir o roteiro abaixo e, em seguida, responder: “*O que acontece com o som à medida que a frequência aumenta?*”.

1. Coloque seu fone de ouvido;

2. Habilite o som (marque a opção "Som permitido") e selecione a opção "Alto-falante";

3. Posicione o controle de frequência no valor mínimo e vá deslizando lentamente até chegar ao valor máximo;

4. Se o simulador de ondas sonoras não estiver carregado, use este [link](#).

Figura 23 - Roteiro da página Variando a frequência.

- **Quem tem a maior frequência?:** apresenta os dois sons que o aluno ouviu anteriormente (páginas: *Qual é a diferença?* e *Sons agudos e graves*) e pergunta qual é a relação entre as suas frequências.
- **Ouvindo alguns sons:** possui uma tabela com diversos sons e suas respectivas frequências, a saber: 800 Hz, 1020 Hz, 5000 Hz e 10000 Hz. Oficializa os seguintes pontos: a) Cada frequência corresponde a um som e b) Quanto maior a frequência do som, mais agudo ele se torna.

- ***Você escuta todos os sons?:*** apresenta o espectro sonoro ao aluno, destacando a faixa de audição do ser humano e as frequências do ultra-som e do infra-som.
- ***Ultra-sons e suas aplicações:*** trata de algumas aplicações dos ultra-sons na medicina, como a ultra-sonografia e a técnica utilizada para fragmentar pedras nos rins.
- ***Porque a frequência da fonte sonora interfere no som que ouvimos?:*** nesta etapa o aluno assiste a um vídeo¹⁶ (em câmera lenta) que simula o comportamento aproximado das partículas do ar quando um alto-falante se movimenta. O aluno tem sua atenção chamada para o fato de que a frequência de vibração das partículas do ar é igual à frequência de vibração do alto-falante;
- ***O zumbido:*** após ouvir o zumbido de um pernilongo o aluno deve responder a pergunta: *Como o pernilongo consegue produzir som?*. Se precisar o aluno pode utilizar as dicas que foram disponibilizadas: 1. Para produzir som a fonte sonora deve estar vibrando; e 2. O pernilongo só produz som quando está voando.
- ***O zumbido é agudo ou grave?:*** a página informa ao aluno que, assim como os pernilongos, vários insetos produzem sons a partir do bater de suas asas. A página apresenta o som produzido por um pernilongo e por um besouro, pede ao aluno que compare os sons e responda: 1. Qual é o som mais agudo? e 2. Porquê?. Se julgar necessário, o aluno pode usar as dicas: 1. A frequência de um som é igual à frequência de vibração da fonte sonora que produz o som. e 2. Quanto menor a frequência de um som, mais grave ele é.
- ***Relembrando o desafio:*** reapresenta o desafio e a tarefa que o aluno deve realizar.
- ***Um pouco mais sobre os pernilongos:*** possui informações fundamentais para que o aluno possa ser capaz de superar o desafio com sucesso.
- ***A sua proposta:*** o aluno revê os requisitos do aparelho que deve propor para expulsar os pernilongos: não deve ser poluente e não pode fazer

¹⁶ O vídeo pode ser assistido em <http://www.youtube.com/watch?v=7CXv12f4XL0>.

mal à saúde. O único recurso que o aluno pode utilizar na sua proposta é uma fonte sonora:

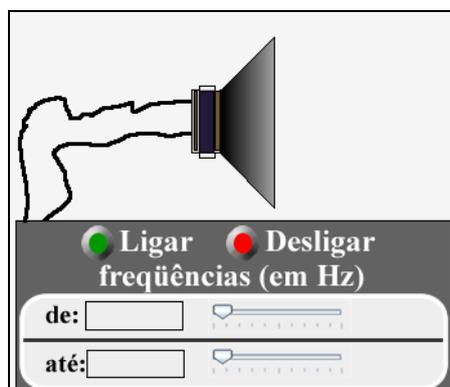


Figura 24 - Fonte sonora disponível para uso no desafio *O pernilongo e os sons*.

O aluno, se achar necessário, pode rever a página sobre os pernilongos (Um pouco mais sobre os pernilongos) ou utilizar as dicas: 1. A frequência dos sons produzidos pelos pernilongos machos está numa faixa de frequência não-audível para os humanos. 2. Os pernilongos fêmeas conseguem ouvir os sons emitidos pelos machos. 3. Depois de fecundadas, as fêmeas evitam ficar próximas aos pernilongos machos. 4. Apenas os pernilongos fêmeas sugam sangue. E somente depois de terem sido fecundadas.

- **Muito obrigado:** o aluno é avisado que a proposta dele será analisada pelos técnicos da prefeitura e o resultado desta análise será enviado por email.

5.3.1. Análise do grupo experimental no desafio O pernilongo e os sons

Esta análise levou em consideração os alunos do grupo experimental que percorreram toda a trilha e elaboraram uma proposta para o aparelho que deve espantar os pernilongos: 21 alunos. Antes da análise da proposta de aparelho que foi feita pelos alunos, será apresentada uma análise do percurso dos alunos no desafio. Para isto, as páginas que contém questões ao longo do desafio foram separadas de acordo com os conceitos fundamentais que são trabalhados. Os grupos obtidos foram:

- Grupo 01: formado pela página *Qual é a diferença?*. Conceitos: grave, agudo e frequência do som;
- Grupo 02: formado pelas páginas *O som e as fontes sonoras* e *O som e as fontes sonoras (2)*. Conceitos: movimento periódico, vibração e frequência;
- Grupo 03: formado pela página *O zumbido*. Conceitos: fonte sonora e vibração;
- Grupo 04: constituído pelas páginas *A frequência da fonte sonora e o som*, *Variando a frequência*, *Quem tem a maior frequência?* e *O zumbido é agudo ou grave?*. Conceitos: agudo, grave, frequência, relação entre a frequência da fonte sonora e o som, e frequência sonora.

Grupo 01 – Conceitos em jogo: grave, agudo e frequência

Esta primeira análise leva em consideração apenas a pergunta proposta na página *Qual é a diferença?*: “Qual é a causa da diferença entre esses sons?”.

É pertinente destacar que dos 21 alunos, apenas um identificou corretamente a causa da diferença entre os sons, 15 alunos não mencionaram a causa da diferença e cinco alunos identificaram incorretamente a causa da diferença. Estes dados sugerem que os alunos, ao iniciarem o desafio, não sabiam que a frequência sonora é a característica que permite categorizar um som como mais grave, ou agudo, que outro.

Dentre as respostas que não indicam a causa da diferença entre os sons, 12 foram consideradas satisfatórias por descreverem corretamente a relação entre os sons, ou seja, por afirmarem que um som é mais grave, ou mais agudo, do que o outro. A distribuição das respostas se encontra na tabela 13:

Tabela 13 - Distribuição das respostas à pergunta “Qual é a causa da diferença entre esses sons?”

Categoria	Frequência	Percentual
Excelente	1	4,76%
Satisfatória	12	57,14%
Insatisfatória	3	14,29%
Incorreta	5	23,81%

Categoria	Frequência	Percentual
Não sei	0	0,00%
Não respondeu	0	0,00%
Total	21	100,00%

A resposta categorizada como excelente sugere que o aluno (E03) já possui o subsunçor que o permitiu indicar corretamente a causa da diferença, conforme pode ser verificado na transcrição de sua resposta:

“o primeiro som é mais grave, já o segundo é mais agud, creio eu que seja por causa da frequência.”

As respostas classificadas como “insatisfatórias” foram aquelas que utilizaram termos e expressões do cotidiano ou não relacionaram de maneira correta os conceitos científicos. Um exemplo deste tipo é a resposta do aluno E20:

“Um é mais forte que o outro sendo assim um sai mais agudo e o outro mais fino.”

A resposta do aluno E20 pode ser interpretada de duas maneiras. Uma das interpretações considera que o aluno atribuiu ao som uma característica que ele não possui: a força. Basicamente, a propagação do som no ar consiste em uma propagação de compressões e rarefações do ar e, eventualmente, essa compressão ou rarefação pode exercer pressão sobre uma área e, dessa forma aplicar uma força sobre esta área. Entretanto, apesar de ser capaz de aplicar uma força, o som não possui essa característica.

Essa explicação generalizada, que tem como fundamento uma metáfora da força, indica que o aluno está sujeito ao obstáculo verbal, no qual uma única imagem ou palavra pode constituir toda a explicação do fenômeno em questão e de vários outros fenômenos (BACHELARD, 1996, p. 91).

Uma outra interpretação consiste em considerar que a expressão “mais forte”, utilizada pelo aluno, está representando a intensidade sonora, indicando uma concepção em que há uma confusão entre as sensações fisiológicas da intensidade sonora e da frequência. Esta concepção também foi evidenciada nas pesquisas do American Institute of Physics (1998) e sugere que o aluno está sujeito a um

empirismo ingênuo (BACHELARD, 1996) onde as experiências vividas são apenas sentidas e não há uma reflexão que permita a compreensão do fenômeno que é ofuscada pela experiência primeira.

Grupo 02 – Conceitos em jogo: movimento periódico, vibração e frequência

As respostas que os alunos forneceram às perguntas das páginas *O som e as fontes sonoras* e *O som e as fontes sonoras – parte 2* foram analisadas conforme as categorias definidas anteriormente no quadro 3 (página 97) e as distribuições de frequência se encontram, respectivamente, nas tabelas¹⁷ 14 e 15.

Tabela 14 - Distribuição das respostas à pergunta “O movimento do alto-falante é periódico?”.

Resposta	Frequência	Percentual
Sim. O movimento do alto-falante é periódico	15	71,43%
Não. O movimento do alto-falante não é periódico	3	14,29%
Não sei	3	14,29%
Total	21	100,00%

Tabela 15 - Distribuição das respostas à pergunta “Quando você varia o controle de frequência, o que acontece com a vibração do alto-falante?”.

Resposta	Frequência	Percentual
Se modifica. Há um aumento na frequência de vibração	19	90,48%
Se modifica. Há uma diminuição na frequência de vibração	1	4,76%
Não se modifica	1	4,76%
Total	21	100,00%

A distribuição de frequências das respostas fornecidas pelos alunos sugere que os conceitos de movimento periódico e frequência, trabalhados na atividade *É importante saber!!!*, foram apreendidos de maneira satisfatória pela grande maioria dos alunos. Estes dados indicam, também, que a atividade *É importante saber!!!*

¹⁷ As linhas das tabelas que correspondem às alternativas corretas encontram-se sombreadas.

cumprir com seu papel de organizador prévio “garantindo” a existência desses subsunçores na estrutura cognitiva dos alunos.

Grupo 03 – Conceitos em jogo: fonte sonora e vibração

Ao serem questionados sobre como o pernilongo consegue produzir som, a seguinte distribuição de respostas foi obtida:

Tabela 16 - Distribuição das respostas à pergunta “Como o pernilongo consegue produzir som?”

Categoria	Frequência	Percentual
Excelente	6	28,57%
Satisfatória	10	47,62%
Insatisfatória	3	14,29%
Incorreta	0	0,00%
Não sei	1	4,76%
Não respondeu	1	4,76%
Total	21	100,00%

A tabela 16 indica que grande parte dos alunos - 76,19%, conseguiu compreender que para a produção de um som é necessária uma fonte sonora e que essa fonte deve estar vibrando, fornecendo respostas categorizadas como excelente ou satisfatória. Como exemplo de resposta satisfatória tem-se a resposta do aluno E25: “*A batida das suas asas são tão rápidas que produzem o som.*”. A resposta fornecida pelo aluno E26 é um exemplo de resposta excelente: “*Eu acho que é por causa das asinhas que ficam vibrando.*”. Este conhecimento sobre a necessidade de uma fonte sonora e de uma vibração para a emissão do som também é verificado, de maneira indireta, no Grupo 04.

Grupo 04 – Conceitos em jogo: agudo, grave, frequência, relação entre a frequência da fonte sonora e o som, e frequência sonora

O grupo 04 engloba quatro páginas da trilha do desafio. Os dados coletados foram analisados de duas maneiras diferentes. Inicialmente, as respostas fornecidas pelos alunos em cada uma das páginas foram analisadas de acordo com o tipo de

questão: no caso de questões de múltipla escolha comparou-se a alternativa assinalada pelo aluno com a alternativa correta e no caso de questões discursivas, elas foram categorizadas de acordo com as categorias definidas no quadro 3 (página 97). Em seguida, essas respostas foram agrupadas de maneira a mostrar a distribuição das respostas ao longo da trilha.

A tabela 17 exibe a distribuição de respostas à pergunta proposta na página *A frequência da fonte sonora e o som*. A linha correspondente à alternativa correta encontra-se destacada por um sombreamento.

Tabela 17 - Distribuição das respostas à pergunta “Qual frequência corresponde ao som mais grave?”

Resposta	Frequência	Percentual
A frequência de 812 Hz	8	38,10%
A frequência de 406 Hz	13	61,90%
Total	21	100,00%

A tabela 17 indica que boa parte dos alunos conseguiu fazer a relação correta entre a diferença de frequência entre dois sons e a qualificação de um som como mais grave ou mais agudo do que outro.

A tabela 18 exibe a distribuição de frequências das repostas que os alunos deram à pergunta “*O que acontece com o som à medida que a frequência aumenta?*” que é proposta na página *Variando a frequência*:

Tabela 18 - Distribuição das respostas discursivas à pergunta “O que acontece com o som à medida que a frequência aumenta?”

Categoria	Frequência	Percentual
Excelente	1	4,76%
Satisfatória	10	47,62%
Insatisfatória	2	9,52%
Incorreta	8	38,10%
Não sei	0	0,00%
Não respondeu	0	0,00%
Total	21	100,00%

As páginas *Quem tem a maior frequência?* e *O zumbido é agudo ou grave?* tem como objetivo verificar se os alunos conseguem estabelecer uma relação entre as diferenças de frequências entre dois sons e a caracterização - como grave ou agudo, de um som com relação ao outro. A distribuição de frequências das respostas fornecidas à pergunta feita na página *Quem tem a maior frequência?* pode ser vista na tabela tabela 19:

Tabela 19 - Distribuição das respostas à pergunta “Compare estes sons. Com relação às suas frequências:

Resposta	Frequência	Percentual
A frequência do segundo som é menor do que a frequência do primeiro som	7	33,33%
A frequência do primeiro som é menor do que a frequência do segundo som	12	57,14%
A frequência do primeiro som é igual à frequência do segundo som	1	4,76%
Não se pode afirmar nada	1	4,76%
Total	21	100,00%

A análise das respostas que os alunos forneceram à pergunta da página *O zumbido é agudo ou grave?*: “Compare o som produzido pelo pernilongo e o som produzido pelo besouro. 1. Qual é o mais agudo? Porquê?”, utilizou como critério para categorização as respostas aos dois itens. Assim, uma resposta excelente é aquela na qual o aluno identificou corretamente o som mais agudo e forneceu uma justificativa correta. Alguns exemplos de respostas consideradas excelentes:

- Aluno E10: “O mais agudo é o do pernilongo por que ele bate suas asas com mais rapidez. Ou seja com mais frequencia.”;
- Aluno E16: “o 1º é mais agudo porque o pernelongo bate as asas com mais frequencia que o besouro”.

A distribuição de frequências se encontra na tabela 20:

Tabela 20 - Distribuição das respostas à pergunta “Compare o som produzido pelo pernilongo e o som produzido pelo besouro: 1. Qual é o som mais agudo? 2. Porquê?”

Categoria	Frequência	Percentual
Excelente	7	33,33%
Satisfatória	8	38,10%
Insatisfatória	0	0,00%
Incorreta	6	28,57%
Não sei	0	0,00%
Não respondeu	0	0,00%
Total	21	100,00%

Considerando-se o conjunto das respostas fornecidas pelos alunos às perguntas que compõem o grupo 04, evidencia-se um predomínio de respostas: a) corretas para as questões de múltipla escolha e b) excelentes e satisfatórias para as questões discursivas. Indicando que, cada uma das páginas propicia aos alunos as condições necessárias para que o aluno consiga fornecer uma resposta, no mínimo, satisfatória à pergunta da página.

As respostas fornecidas pelos alunos, às questões que compõem o grupo 04, permitem mostrar a distribuição das respostas ao longo da trilha, que pode ser vista na tabela 21:

Tabela 21 - Distribuição das respostas ao longo da trilha do grupo 03 (O pernilongo e os sons)

Questão 01	Questão 02	Questão 03	Questão 04	Freq.
A frequência de 406 Hz	Excelente	A frequência do primeiro som é menor do que a frequência do segundo som	Excelente	1
A frequência de 406 Hz	Satisfatória	A frequência do primeiro som é menor do que a frequência do segundo som	Excelente	3
A frequência de 406 Hz	Satisfatória	A frequência do primeiro som é menor do que a frequência do segundo som	Satisfatória	1
A frequência de 406 Hz	Satisfatória	A frequência do segundo som é menor do que a frequência do primeiro som	Satisfatória	1
A frequência	Satisfatória	A frequência do segundo som é menor do que a	Excelente	1

Questão 01	Questão 02	Questão 03	Questão 04	Freq.
de 406 Hz		freqüência do primeiro som		
A freqüência de 406 Hz	Satisfatória	Não se pode afirmar nada	Excelente	1
A freqüência de 406 Hz	Incorreta	A freqüência do primeiro som é menor do que a freqüência do segundo som	Excelente	1
A freqüência de 406 Hz	Incorreta	A freqüência do primeiro som é menor do que a freqüência do segundo som	Satisfatória	1
A freqüência de 406 Hz	Incorreta	A freqüência do primeiro som é menor do que a freqüência do segundo som	Satisfatória	2
A freqüência de 406 Hz	Incorreta	A freqüência do segundo som é menor do que a freqüência do primeiro som	Satisfatória	1
A freqüência de 812 Hz	Satisfatória	A freqüência do primeiro som é menor do que a freqüência do segundo som	Satisfatória	1
A freqüência de 812 Hz	Satisfatória	A freqüência do segundo som é menor do que a freqüência do primeiro som	Satisfatória	1
A freqüência de 812 Hz	Satisfatória	A freqüência do segundo som é menor do que a freqüência do primeiro som	Incorreta	1
A freqüência de 812 Hz	Insatisfatória	A freqüência do primeiro som é menor do que a freqüência do segundo som	Satisfatória	1
A freqüência de 812 Hz	Insatisfatória	A freqüência do primeiro som é igual à freqüência do segundo som	Incorreta	1
A freqüência de 812 Hz	Incorreta	A freqüência do primeiro som é menor do que a freqüência do segundo som	Satisfatória	1
A freqüência de 812 Hz	Incorreta	A freqüência do segundo som é menor do que a freqüência do primeiro som	Incorreta	2
Total				21

Esta grande variedade de combinações das respostas dos alunos (tabela 21), aliada ao fato de que o conhecimento em questão ser inédito, para grande maioria dos alunos, indica que o conhecimento que é abordado pelas páginas do grupo 03 está em

processo de construção e ainda não se encontra estabilizado na estrutura cognitiva dos alunos. Além disso evidencia-se que cada aluno passa por seu próprio caminho de construção e amadurecimento do conhecimento. Este caráter idiossincrático do processo de construção do conhecimento é decorrente do fato de cada aluno ter uma estrutura cognitiva própria que foi construída ao longo de sua vida e que depende dos processos de formação e assimilação de conceitos (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 29-34) vivenciados pelo indivíduo.

É importante destacar que, mesmo com os conhecimentos ainda não totalmente integrados à estrutura cognitiva dos alunos, ocorreu um alto índice de respostas satisfatórias (8 respostas) e excelentes (7 respostas) em relação à última questão do grupo, que exigia uma maior articulação dos conhecimentos dos alunos.

Superando o desafio: as propostas dos alunos

Na última etapa do desafio os alunos devem propor um aparelho que seja capaz de espantar os pernilongos. As propostas dos alunos foram analisadas de acordo com as categorias definidas no quadro 3 (página 97). A distribuição de frequências resultante dessa categorização pode ser vista na tabela 22:

Tabela 22 - Distribuição das propostas de aparelhos, desafio *O pernilongo e os sons*.

Categoria	Frequência	Percentual
Excelente	6	28,57%
Satisfatória	4	19,05%
Insatisfatória	4	19,05%
Incorreta	4	19,05%
Não sei	1	4,76%
Não respondeu	2	9,52%
Total	21	100,00%

A análise isolada das propostas relacionadas ao desafio final revela que 47,62% dos alunos obtiveram um desempenho satisfatório. Esse resultado pode representar, à primeira vista, um desempenho aquém do esperado. Entretanto, uma análise mais aprofundada pode revelar vários aspectos que são importantes para se entender melhor o processo de construção de um novo conhecimento pelos alunos:

As respostas categorizadas como insatisfatórias foram:

- Aluno E05: “*o aparelho é alto falante que tem como base duas fontes de frequências no espaço ele não pode ser ouvido por causa que obiremos a atmosfera.*”;
- Aluno E09: “*Voce regula o volume da frequência e depois aperta ligar e quando quiser desligue apertando desligar!*”;
- Aluno E10: “*Vamos criar uma estrutura de som igual à um som de um pernilongo macho para que as fêmeas venham até o som, e assim não perturbando a vizinhança sendo assim, sem conseguir ter reprodução.*”;
- Aluno E16: “*Bom é só colocar auto falantes com + ou - umas 60.000hz que espantariam tanto os machos quanto as fêmeas.*”;

A resposta do aluno E05 indica que, possivelmente, ele ainda está sob a influência do desafio *O Jogo do Erro*, pois sua resposta apresenta elementos que caracterizam a situação trabalhada no *O Jogo do Erro*.

O aluno E09 descreve que o seu aparelho irá funcionar a partir da regulação do volume da frequência. Provavelmente o aluno está fazendo uma analogia entre os controles de seleção de frequência da fonte sonora (vide figura 24) com o controle do volume dos aparelhos de som. Sua resposta indica que ele (o aluno) foi capaz de perceber os princípios básicos do funcionamento do aparelho repelente de pernilongos e sugere que ele se encontra em processo de reestruturação do conhecimento, portanto, ainda não se encontra estabilizado na sua estrutura cognitiva. Sua resposta não atingiu as exigências de detalhamento e clareza necessários para que fosse categorizada como satisfatória.

Os alunos E10 e E16 forneceram respostas que apresentam pequenos problemas. A resposta do aluno E10 não está correta porque ele afirmou que o som do pernilongo macho irá atrair as fêmeas, pois o som do pernilongo macho afasta a fêmea. A resposta do aluno E16 tem como falha a frequência escolhida para o funcionamento do aparelho, pois a faixa ideal de funcionamento do aparelho é entre 25.000 Hz e 50.000 Hz.

O desafio *O pernilongo e os sons* é composto por uma extensa trilha, repleta de atividades e situações nas quais os alunos devem responder a algum questionamento. Assim é plausível realizar uma análise que busque verificar a

performance dos alunos de uma maneira mais geral, mais abrangente e que leve em consideração todas as etapas enfrentadas pelos alunos, incluindo o próprio desafio. Além disso, o insucesso na superação do desafio pode ter sido ocasionado por outros fatores além da não aprendizagem dos conceitos, tais como: desatenção e não compreensão da questão proposta. Dessa maneira, uma análise global foi feita para estimar o desempenho médio dos alunos do grupo experimental no desafio *O pernilongo e os sons*.

Para calcular este desempenho atribuiu-se às categorias das respostas discursivas uma escala numérica, conforme está especificada na tabela 23:

Tabela 23 - Correspondência entre as categorias de respostas e valores numéricos.

Categoria	Valor numérico correspondente
Excelente	1,00
Satisfatória	0,80
Insatisfatória	0,40
Incorreta	0,00
Não sei	0,00
Não respondeu	0,00

As respostas dadas às questões de múltipla escolha também foram convertidas para a escala numérica. Para estas questões, foi atribuído o valor 1,00 (um) às alternativas corretas e 0,00 (zero) às incorretas.

Além desta conversão foi utilizado um sistema de atribuição de pesos, no qual o peso das respostas discursivas é igual a 1,00 (um), as respostas das questões de múltipla escolha tem peso igual a 0,60 (sessenta décimos) e a resposta à questão final do desafio tem peso igual a 1,5 (um e meio). A partir da escala de conversão (tabela 23) e dos pesos de cada tipo de resposta foi calculada uma média ponderada para cada aluno. A partir do resultado desta média, os valores foram reconvertidos para a escala de categorias de acordo com os intervalos apresentados na tabela 24:

Tabela 24 - Conversão entre a escala numérica e a escala de categorias.

Intervalo da média	Categoria equivalente
$0,00 \leq \text{Média} \leq 0,49$	Insatisfatório
$0,50 \leq \text{Média} \leq 0,80$	Satisfatório

Intervalo da média	Categoria equivalente
Média > 0,80	Excelente

Após o cálculo da média e as subseqüentes conversões, o aproveitamento médio de cada aluno, foi:

Tabela 25 - Aproveitamento médio dos alunos no desafio *O pernilongo e os sons*.

Aproveitamento médio	Alunos
Excelente	E02, E03, E08, E10 e E14.
Satisfatório	E01, E09, E11, E12, E16, E18, E19, E24, E25, E26 e E27.
Insatisfatório	E05, E13, E15, E20 e E23.

O gráfico 2 sintetiza os dados referentes ao aproveitamento médio dos alunos no desafio *O pernilongo e os sons*:

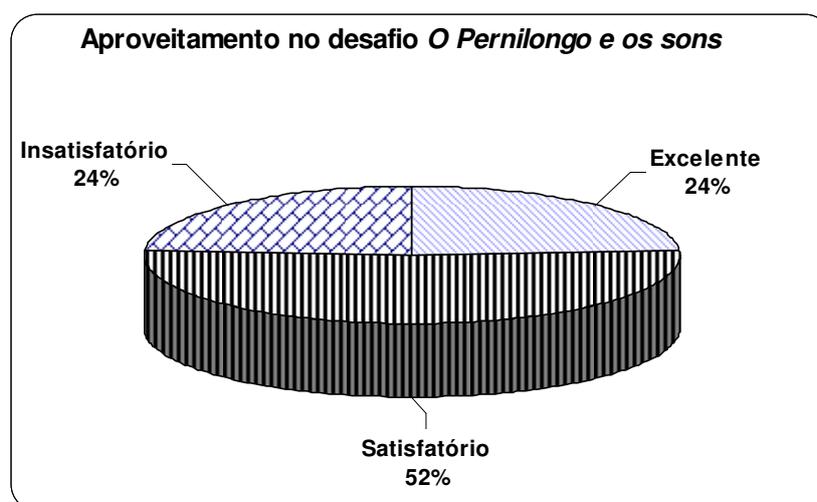


Gráfico 2 - Aproveitamento médio no desafio *O pernilongo e os sons*.

O gráfico 2 revela que 76% dos alunos do grupo experimental alcançaram um aproveitamento médio satisfatório e excelente. A comparação deste desempenho médio com o obtido na superação do desafio, que foi de 47,62% de propostas satisfatórias e excelentes, sugere que o fato de alguns alunos (E01, E09, E11, E16, E18 e E19) terem, supostamente, aprendido os conceitos trabalhados ao longo da trilha não foi suficiente para que conseguissem fazer uma proposta de repelente que fosse satisfatória e, assim superassem o desafio.

5.3.2. Análise dos grupos experimental e de controle no pós-teste

No pós-teste que foi aplicado aos grupos experimental e de controle, três questões - as de número um, cinco e seis, se relacionam aos conceitos trabalhados no desafio *O pernilongo e os sons*: grave, agudo, frequência, fonte sonora, frequência sonora, espectro sonoro, ultra-som, infra-som e vibração. As figuras a seguir exibem estas questões:

1. (VUNESP- Modificado) Pesquisadores da UNESP, investigando os possíveis efeitos do som em mudas de feijão, verificaram que sons agudos podem prejudicar o crescimento dessas plantas, enquanto que os sons mais graves, aparentemente não interferem no processo. [Ciência e Cultura, 42 supl.:180-1, julho 1990]. Nesse experimento o interesse dos pesquisadores fixou-se principalmente em qual variável física?
- velocidade de propagação
 - intensidade sonora
 - amplitude
 - frequência
 - não sei

Figura 25 - Questão 01 do pós-teste.

5. Leia a tirinha abaixo:



Copyright © 1999 Mauricio de Sousa Produções Ltda. Todos os direitos reservados.

Nos primeiro e terceiro quadrinhos, o violão está emitindo sons. No segundo quadrinho o violão não está emitindo som.

- Por que o Cascão jogou o sapato no Cebolinha?
- O que faz o violão emitir os sons?
- O que acontece com as cordas do violão enquanto o violão emite sons?

Figura 26 - Questão 05 do pós-teste.

6. Leia a tirinha abaixo e depois responda a pergunta:

Fernando Gonzalez, <http://niquelnausea.terra.com.br>

Aqui, o vampiro é acordado pelos gritos ultra-sônicos dos morcegos. Uma pessoa normal seria incomodada pelos gritos ultra-sônicos dos morcegos? Por quê?

Figura 27 - Questão 06 do pós-teste.

A distribuição de frequências para as alternativas da questão 01, para os grupos de controle e experimental pode ser vista na tabela 26¹⁸:

Tabela 26 - Distribuição de frequências para as respostas da questão 01 do pós-teste.

Alternativa	Grupo experimental		Grupo de Controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
a.	1	6,67%	1	8,33%
b.	9	60,00%	4	33,33%
c.	0	0,00%	2	16,67%
d.	4	26,67%	4	33,33%
e.	0	0,00%	1	8,33%
c. e d. simultaneamente	1	6,67%	0	0,00%
Total	15	100,00%	12	100,00%

O primeiro dado que deve ser analisado é o número significativo de estudantes do grupo experimental que assinalaram como resposta a alternativa b: intensidade sonora. Corresponde a 60% do grupo e sugere que uma parcela significativa dos estudantes não conseguiu, no contexto da primeira questão, distinguir a frequência da intensidade sonora.

Analisando-se apenas o percentual de respostas certas o grupo de controle apresenta uma ligeira vantagem sobre o grupo experimental: 33,33% de respostas corretas contra 26,67%.

¹⁸ A linha que corresponde à alternativa correta (letra d) está sombreada.

A questão 5 do pós-teste (figura 26) possui um item em que o aluno deve emitir o seu juízo sobre a situação descrita na questão e responder dois itens relativos a conhecimentos formais de Física. O item “**b**” está relacionado com o fato de que um som necessita de uma fonte sonora para ser produzido/emitido e o item “**c**” está relacionado à necessidade de vibração da fonte sonora. Para esta análise foram considerados apenas os itens “**b**” e “**c**”. As tabelas 27 e 28 apresentam a distribuição de frequências para estes itens:

Tabela 27 - Distribuição de frequências para as respostas do item 5.b do pós-teste.

Categoria	Grupo experimental		Grupo de Controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Excelente	0	0,00%	0	0,00%
Satisfatória	13	86,67%	6	50,00%
Insatisfatória	2	13,33%	4	33,33%
Incorreta	0	0,00%	0	0,00%
Não sei	0	0,00%	2	16,67%
Não respondeu/em branco	0	0,00%	0	0,00%
Total	15	100,00%	12	100,00%

A tabela 27 demonstra que, para o item 5.b, que se relaciona com o conceito de fonte sonora, o grupo experimental conseguiu um índice de respostas satisfatórias bastante superior ao índice obtido pelo grupo de controle, respectivamente, 86,67% e 50,00%.

Tabela 28 - Distribuição de frequências para as respostas do item 5.c do pós-teste.

Categoria	Grupo experimental		Grupo de Controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Excelente	0	0,00%	0	0,00%
Satisfatória	13	86,67%	8	66,67%
Insatisfatória	1	6,67%	1	8,33%
Incorreta	1	6,67%	0	0,00%
Não sei	0	0,00%	1	8,33%

Categoria	Grupo experimental		Grupo de Controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Não respondeu/em branco	0	0,00%	2	16,67%
Total	15	100,00%	12	100,00%

No item 5.c a diferença entre as performances dos grupos experimental e de controle é menor do que a diferença apresentada no item 5.b, mas o grupo experimental ainda obteve uma performance superior à obtida pelo grupo de controle.

A questão 06 do pós-teste (figura 27) está diretamente relacionada aos conceitos de frequência sonora e ultra-som, e os limites da audição humana. A distribuição de frequências das respostas que os alunos do grupo experimental e de controle forneceram se encontra na tabela 29:

Tabela 29 - Distribuição de frequências para as respostas da questão 06 do pós-teste.

Categoria	Grupo experimental		Grupo de Controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Excelente	4	26,67%	5	41,67%
Satisfatória	6	40,00%	4	33,33%
Insatisfatória	3	20,00%	0	0,00%
Incorreta	2	13,33%	2	16,67%
Não sei	0	0,00%	1	8,33%
Não respondeu	0	0,00%	0	0,00%
Total	15	100,00%	12	100,00%

Considerando-se as respostas excelentes e satisfatórias, o desempenho do grupo de controle é superior ao demonstrado pelo grupo experimental: 75% do grupo de controle e 66,67% do grupo experimental. Essa superioridade é mais evidente quando se considera apenas as respostas qualificadas como excelentes: 41,67% do grupo de controle e 26,67% do grupo experimental.

Antes de prosseguir é importante relatar um fato ocorrido durante uma das aulas que foram ministradas aos alunos do grupo de controle e que serve para ilustrar a dinamicidade e o grau de imprevisibilidade inerentes às situações de ensino e

aprendizagem vivenciadas em sala de aula. Na última aula antes da aplicação do pós-teste um dos alunos apresentou uma dúvida sobre os morcegos: “*Professor, como funciona o radar do morcego?*”. O aluno disse que havia visto na televisão que os morcegos utilizam ondas sonoras para localizar objetos. Como resposta à indagação do aluno, foi explicado que os morcegos emitem ondas sonoras com frequências superiores a 20.000Hz e que essas ondas, ao encontrarem um obstáculo, retornam aos morcegos que conseguem identificar a localização e o tamanho do obstáculo. Outro aluno questionou: “*Então não conseguimos escutar esses sons que os morcegos produzem, não é mesmo?*”. Como resposta ao questionamento feito pelo aluno foi dito que esses sons não podem ser escutados porque suas frequências estão acima do limite que a audição humana consegue perceber.

A ocorrência deste evento apesar de, possivelmente, ter contribuído para o desempenho obtido pelos alunos do grupo de controle na questão 06 do pós-teste (figura 27, página 132), ele não será utilizado como justificativa para não se analisar a questão 06 ou para a performance obtida pelo grupo de controle. Assume-se, dessa maneira, que a ocorrência de eventos como este fazem parte da dinâmica da sala de aula.

Retornando à análise, a tabela 30 apresenta o desempenho médio dos grupos de controle e experimental, no pós-teste, calculado conforme o procedimento detalhado nas páginas 128 a 130.

Tabela 30 - Aproveitamento médio nas questões 5.b, 5.c e 6 do pós-teste.

Categoria	Grupo experimental		Grupo de Controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Excelente	3	20,00%	1	8,33%
Satisfatório	8	53,33%	8	66,67%
Insatisfatório	4	26,67%	2	16,67%
Não sei	0	0,00%	1	8,33%
Total	15	100,00%	12	100,00%

A tabela 30 evidencia que neste desafio também ocorreu uma mortandade experimental, isto é, alguns alunos que realizaram as atividades do desafio não se submeteram ao pós-teste: dos 21 alunos que responderam ao desafio, apenas 15 alunos se submeteram ao pós-teste. Diante deste fato, será feita uma análise

semelhante à feita no desafio *O Jogo do Erro* (vide página 105 e seguintes) com o objetivo de se avaliar o rendimento do grupo experimental, caso a mortalidade experimental não tivesse ocorrido.

A tabela 31 exibe a distribuição dos pares de aproveitamento entre o desafio e o pós-teste, para o grupo experimental:

Tabela 31 - Distribuição dos pares de aproveitamento entre *O pernilongo e os sons* e o pós-teste, para o grupo experimental.

Aproveitamento no desafio	Aproveitamento no pós-teste	Frequência	Percentual
Excelente	Excelente	2	9,52%
Excelente	Satisfatório	1	4,76%
Excelente	Não participou	2	9,52%
Satisfatório	Excelente	1	4,76%
Satisfatório	Satisfatório	5	23,81%
Satisfatório	Insatisfatório	1	4,76%
Satisfatório	Não participou	4	19,05%
Insatisfatório	Satisfatório	2	9,52%
Insatisfatório	Insatisfatório	3	14,29%
Total		21	100,00%

A tabela 31 revela que apenas dois alunos tiveram uma diminuição de seu rendimento: um aluno obteve rendimento excelente no desafio e satisfatório do pós-teste, e outro aluno saiu-se satisfatoriamente no desafio e insatisfatoriamente no pós-teste. Três alunos conseguiram apresentar uma performance no pós-teste que foi superior à performance do material educativo: um aluno passou de satisfatório para excelente e outros dois alunos obtiveram um rendimento insatisfatório, no desafio, e satisfatório no pós-teste. Os demais alunos que se submeteram ao pós-teste - dez, mantiveram seu rendimento constante.

Ao ampliar essa uniformidade nos pares de respostas para as respostas dos alunos que não se submeteram ao pós-teste, é possível supor que não existiriam diferenças significativas entre as respostas do desafio e do pós-teste, para os alunos do grupo experimental. Considerando-se essa suposta uniformidade é possível elaborar a tabela 32, que foi preparada levando-se em conta os “prováveis

resultados” que seriam obtidos pelos alunos do grupo experimental que não se submeteram ao pós-teste:

Tabela 32 - Extrapolação na distribuição nos pares de rendimento entre *O pernilongo e os sons* e o pós-teste.

Rendimento no desafio	Rendimento no pós-teste	Frequência	Percentual
Excelente	Excelente	4	19,05%
Excelente	Satisfatório	1	4,76%
Satisfatório	Excelente	1	4,76%
Satisfatório	Satisfatório	9	42,86%
Satisfatório	Insatisfatório	1	4,76%
Insatisfatório	Satisfatório	2	9,52%
Insatisfatório	Insatisfatório	3	14,29%
Total		21	100,00%

A partir dos dados acima, é possível estimar o rendimento do grupo experimental, caso não houvesse mortandade experimental:

Tabela 33 - Rendimento provável do grupo experimental no pós-teste (em relação aos conceitos do desafio *O pernilongo e os sons*).

Aproveitamento	Frequência	Percentual
Excelente	5	23,81%
Satisfatório	12	57,14%
Insatisfatório	4	19,05%
Total	21	100,00%

Considerando-se apenas os aproveitamentos excelentes e satisfatórios, a comparação entre o rendimento do grupo experimental (73,33%) e o rendimento do grupo de controle (75,00%) aponta para um equilíbrio entre os grupos. Entretanto, a comparação entre o rendimento do grupo experimental expandido (80,95%) e do grupo de controle (73,33%) sugere que haveria uma superioridade do grupo experimental, caso não tivessem ocorrido desistências por parte de alguns alunos do grupo experimental.

Para este desafio também foi efetuado um teste de hipóteses, na qual buscou-se avaliar as seguintes hipóteses:

- $H_0: \mu_1 = \mu_2$, e não há, essencialmente, diferença significativa entre os grupos.
- $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$, e há diferença significativa entre os grupos.

Para efetuar este teste de hipóteses, a performance de cada aluno foi convertida para a escala numérica, conforme a tabela 23. A partir destes valores numéricos foram calculados a média e o desvio padrão de cada grupo, obtendo-se os seguintes valores: i) Grupo experimental: média (X_1) igual a 0,64 e desvio padrão (s_1) igual a 0,16; ii) Grupo de controle: média (X_2) igual a 0,55 e desvio padrão (s_2) igual a 0,25.

Em seguida foi efetuado um teste bilateral nos níveis de significância 0,01 e 0,05. Os resultados obtidos se encontram na tabela 34. A partir dos dados da tabela 34 pode-se concluir que não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Este resultado indica que o uso do computador é tão eficiente para a aprendizagem dos conceitos trabalhados no desafio *O Pernilongo e os sons* quanto as aulas expositivas são.

Tabela 34 - Testes de significância para análise da hipótese nula. Desafio *O Pernilongo e os sons*.

Valor obtido para t	Nível de significância	Intervalo de confiança	Resultado
1,06	0,01	$-t_{0,995} < t < +t_{0,995}$ (-2,79 < t < +2,79)	Não se pode rejeitar a hipótese nula (H_0).
	0,05	$-t_{0,975} < t < +t_{0,975}$ (-2,06 < t < +2,06)	Não se pode rejeitar a hipótese nula (H_0).

Realizando-se o mesmo teste de hipóteses que foi efetuado para os dados do grupo experimental expandido, obtém-se a tabela 35. Os dados da tabela 35 indicam que, apesar da análise qualitativa ter sugerido que existiria uma diferença entre as performances dos grupos experimental e de controle, em decorrência da não ocorrência de mortalidade experimental, o teste de hipóteses revela que esta diferença, caso existisse, não seria estatisticamente significativa e que, essencialmente, não haveria diferenças entre os grupos.

Tabela 35 - Teste de significância para análise da hipótese nula (grupo experimental expandido). Desafio *O Pernilongo e os sons*.

Valor obtido para t	Nível de significância	Intervalo de confiança	Resultado
1,49	0,01	$-t_{0,995} < t < +t_{0,995}$ (-2,74 < t < +2,74)	Não se pode rejeitar a hipótese nula (H_0).
	0,05	$-t_{0,975} < t < +t_{0,975}$ (-2,04 < t < +2,04)	Não se pode rejeitar a hipótese nula (H_0).

5.3.3. O Pernilongo e os sons: algumas considerações

Os resultados e as análises que foram aqui apresentados demonstraram que o desafio *O Pernilongo e os sons* foi capaz de proporcionar um alto índice de aproveitamentos médios excelentes e satisfatórios, tanto no desafio (76,00%) quanto nas questões do pós-teste (73,33%). Este percentual indica que este desafio é um material potencialmente significativo, favorecendo a aprendizagem e a construção do conhecimento pelo aluno.

A análise qualitativa dos grupos de controle e experimental revela uma pequena diferença entre os percentuais dos rendimentos excelentes e satisfatórios dos dois grupos: i) 73,33% para o grupo experimental e ii) 75,00% para o grupo de controle. Este resultado aponta para um equilíbrio entre os dois grupos, indicando que o desafio *O Pernilongo e os sons* é um recurso educacional eficiente e que as aulas expositivas que foram ministradas ao grupo de controle também foram eficientes. O teste de hipóteses reforça os resultados qualitativos ao demonstrar que não há diferença estatisticamente significativa entre os rendimentos dos dois grupos. Estes resultados sugerem que as TIC podem ser consideradas como mais um recurso a ser utilizado pelo professor para favorecer a aprendizagem de seus alunos.

A análise dos dados do desafio revelou a presença de um obstáculo epistemológico, que pode ser interpretado com obstáculo verbal ou da experiência primeira. Além desse obstáculo epistemológico, identificado no aluno E20, os dados relativos ao pós-teste, indicam que os alunos do grupo experimental apresentam maior susceptibilidade a associarem ou confundirem as sensações e os conceitos de frequência e intensidade sonora.

5.4. Abaixar o volume

Neste desafio o aluno deve analisar uma situação na qual um rapaz está ouvindo música e sua mãe diz que ele deve “abaixar o som” para que não fique surdo. Ao ouvir a recomendação de sua mãe o filho questiona: “*Onde já se viu? Desde quando ouvir música deixa a gente surdo???*”. A tarefa principal do aluno é decidir qual dos personagens, a mãe ou o filho, está certo e justificar sua resposta.

O quadro 5, apresenta uma síntese das páginas que compõem a trilha o desafio *Abaixar o volume*, com suas ligações aos recursos externos e à próxima página da trilha.

Quadro 5 – Páginas que compõem a trilha do desafio *Abaixar o volume* e suas ligações.

Página	Recursos disponíveis	Próxima página
<i>Seja bem-vindo</i>	-----	<i>Quem está certo?</i>
<i>Quem está certo?</i>	-----	<i>A televisão sem som</i>
<i>A televisão desregulada</i>	-----	<i>Alterando a intensidade do som</i>
<i>Alterando a intensidade do som</i>	-----	<i>Qual é a diferença?</i>
<i>Qual é a diferença?</i>	-----	<i>A diferença está na intensidade</i>
<i>A diferença está na intensidade</i>	-----	<i>Vibrações, movimentos periódicos e amplitude</i>
<i>Vibrações, movimentos periódicos e amplitude</i>	O pernilongo e os sons	<i>Balançando no parque</i>
<i>Balançando no parque</i>	-----	<i>Analisando o balanço</i>
<i>Analisando o balanço</i>	-----	<i>Testando seus conhecimentos</i>
<i>Testando seus conhecimentos</i>	-----	<i>Os cilindros</i>
<i>Os cilindros</i>	-----	<i>As fontes sonoras e a amplitude de vibração</i>
<i>As fontes sonoras e a amplitude de vibração</i>	Simulador de ondas sonoras	<i>A amplitude de vibração da fonte sonora e o som – parte 1</i>
<i>A amplitude de vibração da fonte sonora e o som – parte 1</i>	Simulador de ondas sonoras e Glossário	<i>A amplitude de vibração da fonte sonora e o som – parte 2</i>
<i>A amplitude de vibração da fonte sonora e o som – parte 2</i>	Simulador de ondas sonoras	<i>A amplitude de vibração da fonte sonora e o som – parte 3</i>

Página	Recursos disponíveis	Próxima página
<i>A amplitude de vibração da fonte sonora e o som – parte 3</i>	Simulador de ondas sonoras	<i>O efeito da amplitude de vibração da fonte sonora</i>
<i>O efeito da amplitude de vibração da fonte sonora</i>	-----	<i>A amplitude de vibração da fonte e a amplitude da onda sonora</i>
<i>A amplitude de vibração da fonte e a amplitude da onda sonora</i>	-----	<i>O que provoca a diferença entre os sons?</i>
<i>O que provoca a diferença entre os sons?</i>	Dicas	<i>Como se mede a intensidade do som?</i>
<i>Como se mede a intensidade do som?</i>	-----	<i>O som e os danos ao sistema auditivo</i>
<i>O som e os danos ao sistema auditivo</i>	-----	<i>Quem está certo? Por quê? Ou Como funciona o ouvido?</i>
<i>Como funciona o ouvido?</i>	-----	<i>Quem está certo? Por quê?</i>
<i>Quem está certo? Por quê?</i>	Dicas	<i>Até a próxima</i>

A trilha que o aluno percorre está representada graficamente na figura 28:

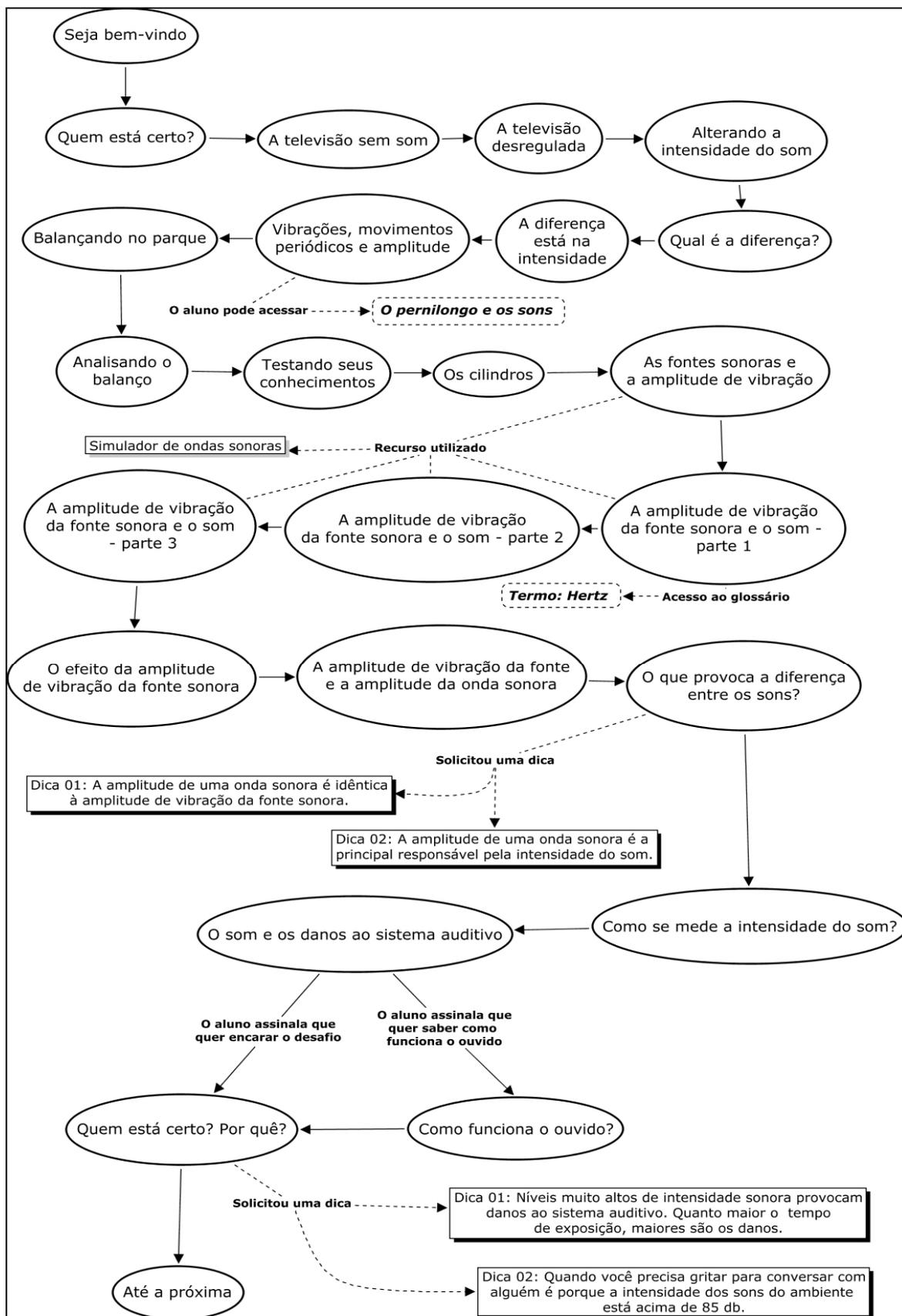


Figura 28 - Trilha do desafio Abaixar o volume.

As páginas que compõem a trilha do desafio estão descritas a seguir:

- *Seja bem-vindo*: apresenta aos alunos a situação que deve ser analisada:



Figura 29 - Situação que deve ser analisada no desafio Abaixar o volume.

- *Quem está certo?*: explica aos alunos que o desafio é decidir quem está certo e porquê:
- *A televisão sem som*: esta página investiga o que os alunos fariam para resolver o seguinte problema:

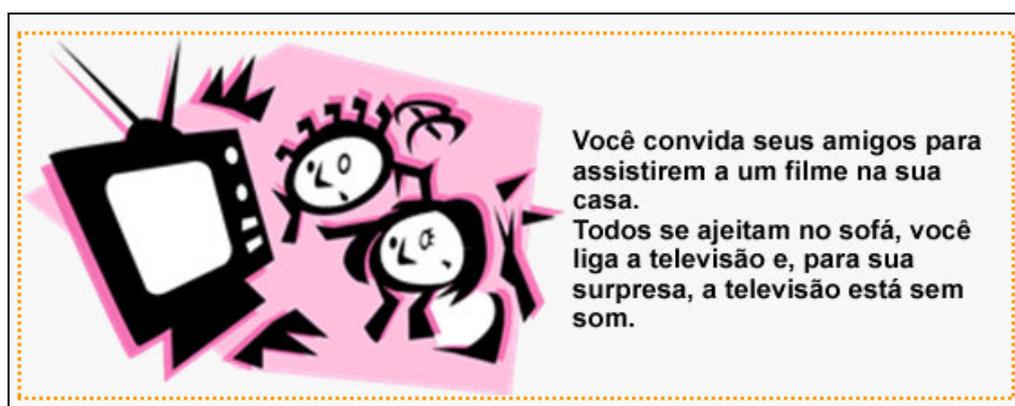


Figura 30 - Situação da página A televisão sem som.

- *A televisão desregulada*: questiona ao aluno qual seria sua atitude para solucionar o seguinte problema, que surge após o aluno convidar alguns amigos para assistirem a um jogo de futebol em sua casa:

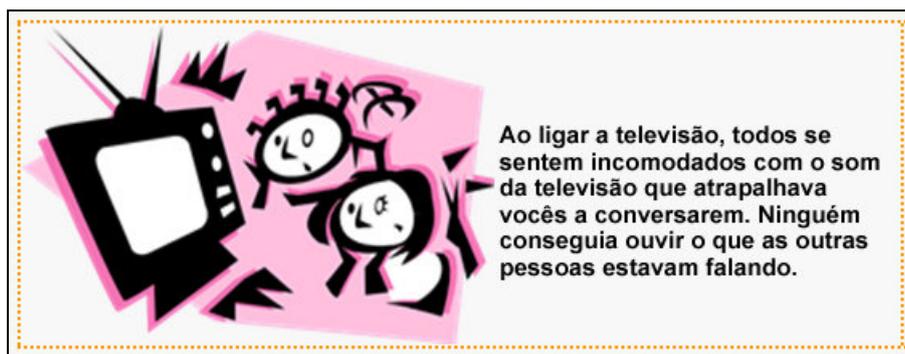


Figura 31 - Situação da página A televisão desregulada.

- ***Alterando a intensidade do som:*** expõe que uma das possíveis soluções para as situações descritas nas páginas *A televisão sem som* e a *Televisão desregulada*, seria alterar a intensidade do som;
- ***Qual é a diferença?:*** o aluno escuta dois sons de mesma frequência, mas gravados com intensidades diferentes. O aluno deve responder a seguinte pergunta: *O que provoca a diferença entre esses dois sons?*;
- ***A diferença está na intensidade:*** a página esclarece aos alunos que a diferença entre os sons ouvidos na página anterior está na diferença de intensidade entre eles. Além disso, informa que a intensidade, assim como a frequência, é outra característica das ondas sonoras que nos permitem diferenciar os sons;
- ***Vibrações, movimentos periódicos e amplitude:*** a página se inicia com a seguinte afirmação: “*O segredo das diferenças de intensidade sonora está na fonte sonora*”. Em seguida lembra ao aluno que para que um som seja emitido é necessário a vibração da fonte sonora - conforme visto no desafio *O pernilongo e os sons*. Esclarece que o movimento de vibração da fonte sonora, além de uma frequência, também possui uma amplitude de vibração. Além disso, exibe um vídeo¹⁹ de um brinquedo - o barco viking, para apresentar o conceito de amplitude;
- ***Balançando no parque:*** exibe um vídeo²⁰ de duas pessoas que estão brincando em um balanço e questiona qual dos dois movimentos possui a maior amplitude;
- ***Analizando o balanço:*** exibe um vídeo²¹ que mostra uma maneira de comparar os movimentos das pessoas que estão brincando no balanço.

¹⁹ O vídeo pode ser visto no endereço: <http://www.youtube.com/watch?v=v44-8muOOiI>

²⁰ O vídeo pode ser assistido em <http://www.youtube.com/watch?v=VYpRt8phA9c>

Exemplifica, também, a maneira tradicional de se analisar a amplitude de um corpo que se balança como um pêndulo simples: posicionan-se lateralmente ao movimento do corpo e medindo a inclinação do movimento com relação à posição de equilíbrio do corpo;

- **Testando seus conhecimentos:** apresenta um experimento virtual²² para verificar se os alunos compreenderam o conceito de amplitude. O aluno deve seguir um roteiro²³ e responder qual dos seguintes cilindros provoca o movimento de menor amplitude na mola 1: o cilindro verde, o cilindro dourado ou o cilindro de 100g;
- **Os cilindros:** exhibe os cilindros utilizados no experimento da página anterior ordenados de acordo com a amplitude de movimento que provocam na mola 1:

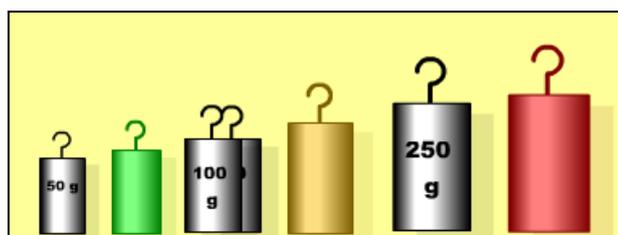


Figura 32 - Cilindros ordenados de acordo com a amplitude de movimento que provocam na mola 1.

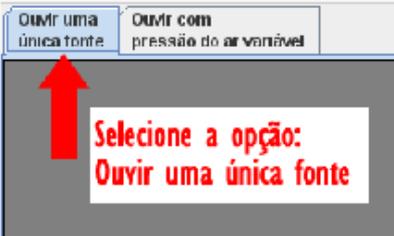
- **As fontes sonoras e a amplitude de vibração:** inicia uma seqüência de atividades que tem como objetivo evidenciar a relação entre a amplitude de vibração da fonte sonora e a intensidade do som. O aluno deve seguir o roteiro da figura 22 e, em seguida, responder: *Qual das posições provoca a maior vibração do alto-falante?:*

²¹ O vídeo pode ser visto em <http://www.youtube.com/watch?v=ZTgn7oCfCSI>

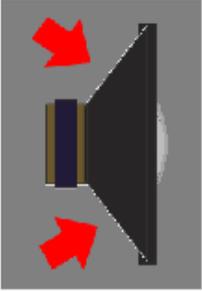
²² O experimento virtual pode ser acessado em <http://www.episteme.pro.br/flash/MassSpringLab/massSpring.html>

²³ O roteiro se encontra em <http://www.episteme.pro.br/flash/MassSpringLab/roteiro01.html>

1. Após o simulador ser carregado, certifique-se de que a opção "Ouvir uma única fonte" está selecionada:

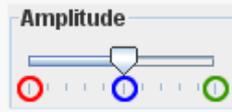


2. Observe com atenção o movimento do alto-falante:



3. Altere a posição do controle de amplitude e para cada posição, veja o que ocorre com o movimento do alto-falante:

- coloque o seletor na posição em vermelho
- coloque o seletor na posição em azul
- coloque o seletor na posição em verde



4. Use este [link](#) para carregar o simulador de ondas sonoras;

5. Você pode movimentar e minimizar a janela do simulador.

Figura 33 - Roteiro da página As fontes sonoras e a amplitude de vibração.

- *A amplitude de vibração da fonte sonora e o som - parte 1*: solicita que o aluno siga o roteiro da figura 34 e em seguida pergunta: *Qual das posições provoca a maior amplitude de vibração na fonte sonora?*:

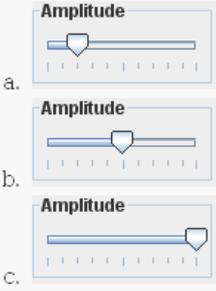
1. Coloque seu fone de ouvido;

2. Habilite o som (marque a opção "Som permitido") e selecione a opção "Alto-falante";



3. Com o controle de frequência, selecione o valor de 822 [Hz](#);

4. Com o controle de amplitude selecione as seguintes posições:



5. Use este [link](#) para carregar o simulador de ondas sonoras;

6. Após responder a questão, não feche o simulador, pois ele será utilizado novamente na próxima etapa.

Figura 34 - Roteiro da página A amplitude de vibração da fonte sonora e o som - parte 1.

- **A amplitude de vibração da fonte sonora e o som – parte 2:** solicita que o aluno siga o mesmo roteiro da figura 34 e pergunta: *Qual das posições produz o som de maior intensidade?*;
- **A amplitude de vibração da fonte sonora e o som – parte 3:** apresenta o mesmo roteiro das duas páginas anteriores (figura 34) e pergunta: *O que acontece com a intensidade do som que você escuta quando você aumenta a amplitude da vibração da fonte sonora?*;
- **O efeito da amplitude de vibração da fonte sonora:** conclui que quando a amplitude de vibração da fonte sonora é modificada, a intensidade da onda sonora também é modificada. Possui duas coleções de sons nas quais a frequência é constante e a amplitude varia:

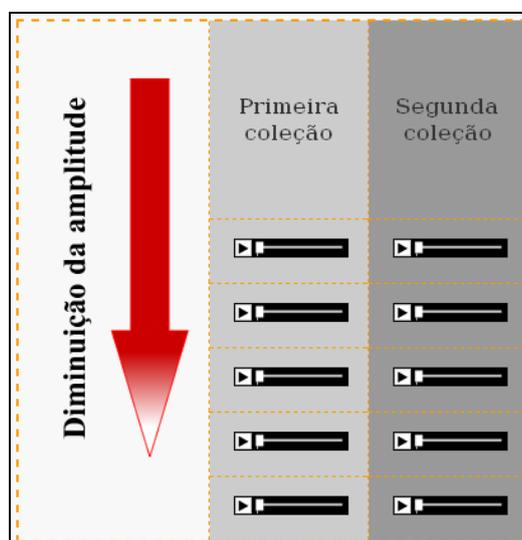


Figura 35 - Coleções de sons com amplitude variável (desafio Abaixar o volume).

- **A amplitude de vibração da fonte sonora e a amplitude da onda sonora:** relembra o aluno de que a frequência de vibração da fonte sonora é que determina a frequência do som (como foi visto no desafio *O pernilongo e os sons*) e afirma que com a amplitude ocorre a mesma relação. Informa, também, que a amplitude da onda sonora é a principal responsável pela intensidade do som. Apresenta dois vídeos²⁴ (em câmera lenta) que simulam alto-falantes com amplitudes de vibração diferentes e seus efeitos nas moléculas do ar;

²⁴ Os vídeos podem ser assistidos em http://www.youtube.com/watch?v=_VZ9Ui2nO08 e <http://www.youtube.com/watch?v=7CXv12f4XL0>

- ***O que provoca a diferença entre os sons?***: retoma os dois sons que o aluno ouviu nas páginas *Qual é a diferença* e *A diferença está na intensidade* e questiona: *O que provoca a diferença de intensidade entre os dois sons?*. Se desejar, o aluno pode utilizar as dicas: 1. A amplitude de uma onda sonora é idêntica à amplitude de vibração da fonte sonora; 2. A amplitude de uma onda sonora é a principal responsável pela intensidade do som;
- ***Como se mede a intensidade do som***: informa que a intensidade sonora é uma grandeza física que pode ser medida. Explica que, na prática, é comum expressar o nível de intensidade sonora na escala **bel**. Apresenta o nível de intensidade sonora de alguns sons e alerta que acima de 85 decibéis o sistema auditivo começa a ser prejudicado;
- ***O som e os danos ao sistema auditivo***: detalha como ocorrem os danos ao sistema auditivo quando uma pessoa fica exposta a sons com intensidade sonora igual ou superior a 85 decibéis. Apresenta o tempo máximo de exposição em função do nível de intensidade sonora: um segundo para 140 decibéis, 15 minutos para 100 decibéis e 8 horas para 85 decibéis. Ao final da página o aluno decide se quer encarar o desafio ou se deseja saber como funciona o ouvido;
- ***Como funciona o ouvido?***: detalha o funcionamento do ouvido;
- ***Quem está certo? Por quê?***: o aluno revê a situação que deve analisar e julgar (figura 29) e responde: *Quem está certo? A D. Amália ou o Alexandre? Explique porque*. Se achar necessário o aluno pode ler as dicas: 1. Níveis muito altos de intensidade sonora provocam danos ao sistema auditivo. Quanto maior o tempo de exposição, maiores são os danos; 2. Quando você precisa gritar para conversar com alguém é porque a intensidade dos sons do ambiente está acima de 85 db.
- ***Até a próxima***: o aluno é avisado que chegou ao fim do desafio e que pode explorar as outras seções do curso.

5.4.1. Análise do grupo experimental no desafio Abaixar o volume

Devido à extensão da trilha que compõe o desafio e à presença de um conhecimento que ainda não fora trabalhado no material educacional - a amplitude, a

análise do grupo experimental foi realizada além do desempenho dos alunos na superação do desafio, mas também as etapas intermediárias do desafio nas quais o aluno teve que utilizar seus conhecimentos em Física para responder as questões propostas ao longo da trilha que apresentam fontes de informações importantes sobre a construção do conhecimento pelos alunos. Um total de 18 alunos percorreu toda a trilha do desafio, já exibida na figura 28.

As páginas *A televisão sem som* e *A televisão desregulada* revelam que o noção de volume como efeito fisiológico da intensidade sonora é amplamente difundida entre os estudantes. Dentre as respostas fornecidas na página *A televisão sem som* em 66,67% delas foi utilizada a noção de volume. Esse índice alcançou 94,44% nas respostas da página *A televisão desregulada*. Estes dados indicam que a maioria dos alunos tem como conhecimento prévio a noção de volume como o efeito fisiológico do volume, mas, não conhecem a grandeza física que é responsável por essa sensação: a intensidade sonora. Este conhecimento prévio pode representar um obstáculo à aprendizagem da relação intensidade sonora e amplitude sonora.

A página *Qual é a diferença?* questiona os alunos sobre a causa da diferença entre dois sons de diferentes intensidades sonoras. Antes de alcançarem este ponto da trilha, os alunos já tiveram o primeiro contato com a idéia de intensidade sonora. Este contato ocorreu na página *Alterando a intensidade do som* na qual é esclarecido que, quando tentam modificar o volume da televisão os alunos estão, na verdade, alterando a intensidade do som produzido. A análise das respostas revela que apenas sete alunos indicaram em suas respostas que a diferença se devia à intensidade sonora. Os demais alunos ou não indicaram as causas ou identificaram erroneamente a causa da diferença. As respostas dos alunos foram analisadas e categorizadas com base no quadro 3 (página 97). A distribuição das respostas, de acordo com a categorização das respostas foi:

Tabela 36 - Distribuição das respostas à pergunta “O que provoca a diferença entre esses dois sons?” (desafio *Abaixe o volume*)

Categoria	Frequência	Percentual
Excelente	7	38,89%
Satisfatória	0	0,00%
Insatisfatória	8	44,44%
Incorreta	3	23,81%

Categoria	Frequência	Percentual
Não sei	0	0,00%
Não respondeu	0	0,00%
Total	18	100,00%

Os dados apresentados na tabela 36 indicam que ao atingirem esta página a maioria os alunos ainda não havia compreendido que a intensidade sonora é capaz de provocar diferenças entre os sons e que é responsável pelas “diferenças de volume”.

Os alunos são questionados novamente sobre a causa da diferença de intensidade entre estes sons na página *O que provoca a diferença entre os sons?* mas, antes de analisar como os alunos responderam a esta questão, é importante analisar o “caminho” percorrido pelos alunos até este segundo questionamento sobre a diferença de intensidade entre os sons.

As páginas *Vibrações, movimentos periódicos e amplitude, Balançando no parque, Analisando o balanço, Testando seus conhecimento e Os cilindros*, trabalham a noção de amplitude de um movimento oscilatório. Na página *Balançando no parque* os alunos analisam qual das duas pessoas que estão brincando em um balanço possui o movimento com a maior amplitude. Na tabela 37 se encontra a distribuição de frequências das respostas dos alunos. A linha da tabela que representa a alternativa correta está sombreada:

Tabela 37 - Distribuição das respostas à pergunta “Qual movimento possui a maior amplitude?”.

Resposta	Frequência	Percentual
O movimento da garota	13	72,22%
O movimento do garoto	0	0,00%
Os dois movimentos possuem a mesma amplitude	5	27,78%
Total	18	100,00%

O alto percentual de respostas corretas (72,22%) indica que os alunos conseguem analisar a amplitude de movimentos similares aos de um pêndulo simples.

Na página *Testando seus conhecimentos* o aluno deve verificar qual dos cilindros provoca a menor amplitude de movimento ao ser colocada na mola 1. Para

responder corretamente esta pergunta os alunos devem utilizar, de maneira eficiente, o experimento virtual. A distribuição de respostas para esta tarefa se encontra na tabela 38, sendo que a linha da tabela que corresponde à alternativa correta está sombreada:

Tabela 38 - Distribuição das respostas à pergunta “Com qual dos cilindros a mola 1 se movimenta com a menor amplitude?”.

Resposta	Frequência	Percentual
O cilindro verde	9	50,00%
O cilindro dourado	6	33,33%
O cilindro de 100g	3	16,67%
Total	18	100,00%

Esta pergunta obteve um percentual de acerto menor do que a pergunta proposta na página *Balançando no parque*. Esta queda na performance pode ter ocorrido devido a dois fatores principais: i) dificuldade cognitiva em identificar e comparar as amplitudes de movimentos que são diferentes do movimento de um pêndulo simples e ii) dificuldade de utilização do experimento virtual. A confirmação de uma destas duas hipóteses só pode ser feita a partir dos dados coletados nas seguintes páginas do desafio: *As fontes sonoras e a amplitude de vibração* e *A amplitude de vibração da fonte sonora e o som - parte 1*.

Estas páginas também trabalham o conceito de amplitude, mas a partir da vibração de um alto-falante. Trata-se, portanto, de um movimento que não é semelhante ao movimento de um pêndulo simples. A análise das respostas dadas às perguntas dessas páginas, “Qual das posições provoca a maior vibração do alto-falante?” e “Qual das posições provoca a maior amplitude de vibração na fonte sonora?”, forneceu as seguintes distribuições de respostas:

Tabela 39 - Distribuição das respostas à pergunta “Qual das posições provoca a maior vibração do alto-falante?”

Resposta	Frequência	Percentual
A posição em verde	13	72,22%
A posição em azul	2	11,11%
A posição em vermelho	3	16,67%
Total	18	100,00%

Tabela 40 - Distribuição das respostas às perguntas “Qual das posições provoca a maior amplitude de vibração na fonte sonora?”

Resposta	Frequência	Percentual
A posição C	15	83,33%
A posição B	2	11,11%
A posição A	1	5,56%
Total	18	100,00%

Os dados das tabelas 39 e 40 sugerem que a principal causa do baixo índice de acertos à pergunta da página *Testando seus conhecimentos* (vide tabela 38) foi a dificuldade de utilização do experimento virtual, pois os alunos obtiveram alto índice de acerto nas questões que também tratavam de amplitude de movimentos distintos do movimento de um pêndulo simples e que exigiam uma interação menos elaborada com o ambiente virtual. Mesmo com a baixa performance nas respostas à pergunta da página *Testando seus conhecimentos*, estes dados sugerem que os alunos compreenderam qualitativamente o que é amplitude, não importando o tipo de movimento.

As páginas *A amplitude de vibração da fonte sonora e o som – parte 2* e *A amplitude de vibração da fonte sonora e o som – parte 3* buscam evidenciar a relação entre a amplitude de vibração da fonte sonora e a intensidade do som que é produzido pela fonte. Nestas páginas, após manipularem o simulador de ondas sonoras, os alunos devem responder respectivamente, as seguintes questões: *Qual das posições produz o som de maior intensidade?* - na primeira página, e *O que acontece com a intensidade do som que você escuta quando você aumenta a amplitude da vibração da fonte sonora?* - na segunda página. Para a primeira pergunta, foram obtidos os seguintes dados (a alternativa correta é: *A posição C*):

Tabela 41 - Distribuição das respostas às perguntas “Qual das posições produz o som de maior intensidade?”

Resposta	Frequência	Percentual
A posição C	14	77,78%
A posição B	1	5,56%
A posição A	3	16,67%

Resposta	Frequência	Percentual
Total	18	100,00%

As respostas fornecidas à segunda pergunta foram analisadas e categorizadas e sua distribuição de frequências encontra-se na tabela 42:

Tabela 42 - Distribuição das respostas à pergunta “O que acontece com a intensidade do som que você escuta quando você aumenta a amplitude da vibração da fonte sonora?”.

Categoria	Frequência	Percentual
Excelente	4	22,22%
Satisfatória	9	50,00%
Insatisfatória	0	0,00%
Incorreta	4	22,22%
Não sei	1	5,56%
Não respondeu	0	0,00%
Total	18	100,00%

As tabelas 41 e 42 revelam que, a maioria dos alunos foi capaz de perceber a relação existente entre a amplitude de vibração da fonte sonora e a intensidade do som. No caso das respostas que foram categorizadas como incorretas (tabela 42) é necessária uma análise mais detalhada das respostas dadas pelos alunos:

- Aluno E03: “quando se aumenta a amplitude da vibração sonora o som vai se tornando mais agudo, ou seja a frequência com que a caixa de som vibra é maior.”;
- Aluno E05: “almenta a frequência e o som .”;
- Aluno E08: “o som sai mais agudo”;
- Aluno E15: “O SOM FICA CADA VEZ MAIS AGUDO”;

As respostas destes alunos sugerem que ao atingirem esta etapa do desafio os alunos apresentam as mesmas concepções identificadas no desafio *O pernilongo e os sons*, e associam, erroneamente, o aumento na amplitude de vibração da fonte sonora com a frequência do som produzido. Essa concepção está em conformidade com as concepções levantadas por algumas pesquisas americanas: os alunos tendem

a associar a sensação fisiológica da intensidade sonora com a frequência da onda (DEPARTMENT OF PHYSICS, 2005) e confundir as sensações fisiológicas da intensidade e da frequência sonora (AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, 1998).

Na página *O que provoca a diferença entre os sons?* o aluno deve responder uma questão (“*O que provoca a diferença de intensidade entre esses dois sons?*”) que está intimamente relacionada com a questão que foi proposta na página *Qual é a diferença?* (“*O que provoca a diferença entre esses dois sons?*”). Se o aluno achar necessário ele pode utilizar as dicas que foram disponibilizadas. Por se tratar de uma pergunta discursiva, as respostas foram analisadas conforme as categorias descritas no quadro 3 (página 97). A distribuição de respostas pode ser vista na tabela 43:

Tabela 43 - Distribuição das respostas à pergunta “O que provoca a diferença de intensidade entre esses dois sons?” (desafio *Abaixe o volume*)

Categoria	Frequência	Percentual
Excelente	9	50,00%
Satisfatória	3	16,67%
Insatisfatória	0	0,00%
Incorreta	5	27,78%
Não sei	1	5,56%
Não respondeu	0	0,00%
Total	18	100,00%

Comparando-se estes resultados com os obtidos na página *Qual é a diferença?* (tabela 36) é perceptível a melhora geral dos alunos. Designando as respostas às perguntas das páginas *Qual é a diferença?* e *O que provoca a diferença entre esses sons?* como primeira e segunda respostas, respectivamente, é possível a construção do mapeamento que está descrito na tabela 44:

Tabela 44 - Mapeamento entre a primeira e segunda respostas.

Primeira resposta	Segunda resposta	Frequência	Percentual
Excelente	Excelente	4	22,22%
Satisfatória	Excelente	1	5,56%
Insatisfatória	Excelente	3	16,67%
Incorreta	Excelente	1	5,56%
Insatisfatória	Satisfatória	1	5,56%

Primeira resposta	Segunda resposta	Frequência	Percentual
Incorreta	Satisfatória	1	5,56%
Excelente	Satisfatória	1	5,56%
Insatisfatória	Não sei	1	5,56%
Insatisfatória	Incorreta	3	22,22%
Incorreta	Incorreta	1	5,56%
Excelente	Incorreta	1	5,56%
Total		18	100,00%

Considerando como respostas favoráveis as respostas categorizadas como *satisfatória* ou *excelente* e como desfavoráveis as respostas das categorias *não sei*, *incorreta* e *insatisfatória*, os resultados da tabela 44 indicam que o material educacional é potencialmente significativo, em outras palavras, é propício para a construção do conhecimento sobre a relação entre a amplitude de vibração da fonte sonora, a amplitude da onda sonora e a intensidade sonora. Seis alunos conseguiram elevar a categoria de suas respostas de negativa para positiva, seis alunos mantiveram a categoria de suas respostas como positiva, cinco alunos mantiveram a categoria das respostas como negativa e apenas um aluno teve a categoria de sua resposta alterada de positiva para negativa.

A análise das respostas fornecidas pelo aluno que teve a categoria de sua resposta alterada de positiva para negativa (E09), para as questões discursivas, sugere que o conceito espontâneo de volume está enraizado em sua estrutura cognitiva. As respostas dadas pelo aluno E09 foram:

- A televisão está sem som. O que você faz para resolver este problema?: “Verifico o volume do audio da tv ou vejo se no filme a legendas(se no caso for um DVD!”;
- A televisão está com o som desregulado. O que você faz?: “Abaixaria o volume da tv”;
- O que provoca a diferença entre esses dois sons: “A diferença da intencidade dos sons!!!”;
- O que acontece com a intensidade do som que você escuta quando você aumenta a amplitude da vibração da fonte sonora?: “O volume é almentado!”

- O que provoca a diferença de intensidade entre os dois sons?: “*a variação do volume!*”;

Como o conhecimento que o aluno já possui é um fator importantíssimo para a aprendizagem de novos conteúdos (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 7-8), este conhecimento prévio acaba dificultando a aprendizagem do conceito de intensidade sonora e de sua relação com a amplitude de vibração da fonte sonora e a amplitude da onda sonora. Neste sentido, este conhecimento pode ser interpretado como um obstáculo epistemológico da experiência primeira, decorrente das experiências sem reflexão, ou verbal, em que uma palavra consegue explicar por completo o fenômeno.

Outro fato importante é que o aluno E09 não utilizou as dicas que foram disponibilizadas para ajudar a responder a pergunta sobre o que provoca a diferença de intensidade entre os dois sons. Essa opção indica que o mesmo estava confiante e seguro de seus conhecimentos ao responder a questão. Esta confiança sugere que sua estrutura cognitiva está estabilizada.

Ao chegarem à página *O som e os danos ao sistema auditivo* os alunos se encontram a um passo de responder a pergunta proposta pelo desafio. Neste ponto eles têm a oportunidade de acessar uma página que fornece maiores informações sobre o funcionamento do ouvido. É interessante destacar que apenas três alunos selecionaram a opção que permitia o acesso a esta página.

As respostas dos alunos à pergunta do desafio (figura 29) foram analisadas conforme as categorias descritas no quadro 3 (página 97). Após a análise, os dados foram tabulados e se encontram dispostos na tabela 45:

Tabela 45 - Distribuição das respostas à pergunta proposta pelo desafio *Abaixe o volume.*

Categoria	Frequência	Percentual
Excelente	5	27,78%
Satisfatória	10	55,56%
Insatisfatória	2	11,11%
Incorreta	1	5,56%
Não sei	0	0,00%
Não respondeu	0	0,00%

Categoria	Frequência	Percentual
Total	18	100,00%

Os alunos que tiveram sua resposta categorizada como excelente foram os únicos a utilizar diretamente o conceito de intensidade sonora em suas respostas:

- Aluno E02: *“A D.Amália, porque quando a intensidade sonora é muito alta pode provocar danos ao sistema auditivo e se a mãe dele já não estava aguentando e ele estava ouvindo o som a algum tempo, é sinal de que já passava de 85 db”;*
- Aluno E03: *“é claro D.Amália.porque por que Alexandre ouve o som o s/dia inteiro numa intensidade acima de 85 db.E isso causa danos a audição.”;*
- Aluno E08: *“a d. Amália por causa que o som muito intenso causa problemas auditivos na pessoa”;*
- Aluno E11: *“A D Amália por que a intensidade do som esta muito alta e isso provoca danos ao sistema auditivo.”;*
- Aluno E14: *“a d.Amália Níveis muito altos de intensidade sonora provocam danos como perca aldisão”;*

Estas respostas sugerem que estes alunos conseguiram compreender o conceito de intensidade sonora. Além disso, estes alunos relacionaram corretamente os danos sofridos pelo sistema auditivo e a característica das ondas sonoras que é responsável por estes danos: a intensidade sonora. O fato de estes alunos terem utilizado o conceito de intensidade sonora nesta relação de causa e efeito, em lugar do conceito de volume, indica uma provável modificação em suas estruturas cognitivas.

Os alunos que tiveram suas respostas categorizadas como satisfatória não utilizaram o conceito de intensidade sonora em suas repostas, apesar de identificarem que o som pode provocar danos ao sistema auditivo. Estes alunos, em sua maioria, utilizaram outros conceitos, ao invés do conceito de intensidade sonora, em suas respostas: volume - duas respostas, e altura do som - seis respostas.

Algumas das respostas satisfatórias foram:

- Aluno E01: “A D.Amália, por que o menino esta ouvindo o som no ultimo volume e isso prejudica a audição dele fazendo com que ele possa ficar com perca de audição.”;
- Aluno E09: “A d. Amália, POIS OUVIR SOM MUITO ALTO PODE DANIFICAR PARTES DE SU OUVIDO!!! Então o que deixa surdo não é a Musica, mais sim a musica ouvida muito alta!!!”;
- Aluno E10: “A pessoa que está correta é a Dn^a Amália, por que se Alexandre ficar exposto ao aumento de volume prejudicando sua audição, por que tem cuidados a serem tomados com o volume, para que o nosso sistema auditivo aguente esse tipo de volume(alto).”;
- Aluno E12: “a Amália poque o som auto vai acabar com a audição dele”;
- Aluno E13: “d.Amalia ta certo se quizerouvir som tem q se baixo pq pode prejudicar a audição de alexandre”;
- Aluno E18: “a D.AMÁLIA esta certa porque,qualquer tipo de som que seja muito alto é prejudicial ao nossos ovidos.”;
- Aluno E20: “A D. Amália porque com o som auto, o aparelho do ouvido fica danificado podendo dixer qualquer um surdo.”;
- Aluno E24: “D. Amália porque não está só prejudicando a pessoa que está ouvindo mas a ela também, prejudicará no futuro o seu ouvindo causando danos que podem deixar sequelas para o resto da vida. quando falou que alexandre ouvia um grito apenas da D.amália por causa do som era que o som estava acima do que o seu ouvido aguenta.”;

A utilização das dicas que foram disponibilizadas na página em que o aluno responde a pergunta proposta pelo desafio, pelos alunos acima, pode ser vista na tabela 46:

Tabela 46 - Utilização das dicas fornecidas na última etapa do desafio *Abaixe o volume.*

Aluno	Acessos à dica 01	Acessos à dica 02
E01	0	0
E09	0	0

Aluno	Acessos à dica 01	Acessos à dica 02
E10	1	0
E12	1	1
E13	1	1
E18	3	2
E20	0	0
E24	3	3

Os dados da tabela 46 demonstram que os alunos E01, E09 e E20 não sentiram necessidade de utilizar nenhuma das dicas. Isso revela que estes alunos estavam plenamente certos de que suas respostas eram corretas. Os alunos E10, E12, E13 e E18 apesar de acessarem as dicas - cada um conforme a sua necessidade, não conseguiram relacioná-las às suas respostas. A utilização das dicas por estes alunos sugere que os alunos não estavam plenamente certos de que suas respostas eram satisfatórias. Entretanto, a utilização das dicas pelos alunos não foi capaz de provocar uma insatisfação que fizesse com que eles agregassem às suas respostas o conceito de intensidade. Provavelmente, estes alunos avaliaram que o conceito de intensidade, que está presente nas dicas, não era necessário para a obtenção de uma resposta satisfatória. O aluno E24 foi o único que agregou à sua resposta o conteúdo de uma das dicas, entretanto, mesmo este aluno julgou que o conceito de intensidade não era necessário em sua resposta.

Estes dados indicam que os conceitos de volume e “altura do som” estão profundamente arraigados e estabilizados na estrutura cognitiva dos alunos e que o desafio não conseguiu fazer com que o aluno efetivasse uma ancoragem do conceito de intensidade sonora com o subsunçor correto: amplitude. Essa estabilidade dos conceitos de volume e “altura do som” são indícios de um obstáculo epistemológico que apresenta características dos obstáculos verbal e da experiência primeira.

Os dois alunos restantes, E16 e E25, apresentam uma resposta na qual o conceito de intensidade sonora foi utilizado de maneira indireta:

- Aluno E16: *“a sua mae porque se ela gritou é que tava mais alto que 85 db e essa altura deixa surdo sim”*;
- Aluno E25: *“D. Amalia esta coberta de razões, por que como eu li nas explicações, uma pessoa só aguenta ouvir um som de 85 dB por no*

maximo 8 horas e se seu filho ouve o som todos os dias logo ele poderá ter serios problemas de aldição.”;

Estes alunos incorporaram a escala decibel em suas respostas, indicando a ocorrência de uma ligação mais efetiva entre os novos conhecimentos e os conhecimentos prévios de cada aluno. Esta ligação parece ter sido mais eficiente no caso do aluno E25, pois ele não utilizou nenhuma das dicas disponibilizadas.

Para se ter noção do desempenho dos alunos nas etapas vivenciadas pelos ao longo da trilha e, para levar em consideração que nestes alunos o conhecimento científico está em processo de construção e consolidação procedeu-se ao cálculo do aproveitamento médio, conforme os procedimentos descritos nas páginas 128 a 130. O aproveitamento médio dos alunos do grupo experimental pode ser visto na tabela 47:

Tabela 47 - Aproveitamento médio dos alunos no desafio *Abaixe o volume*.

Aproveitamento médio	Alunos
Excelente	E02, E03, E11, E14, E16 e E24
Satisfatório	E01, E08, E09, E10, E18, E20, E23 e E25
Insatisfatório	E05, E12, E13 e E15

O gráfico 3 sintetiza estes dados:

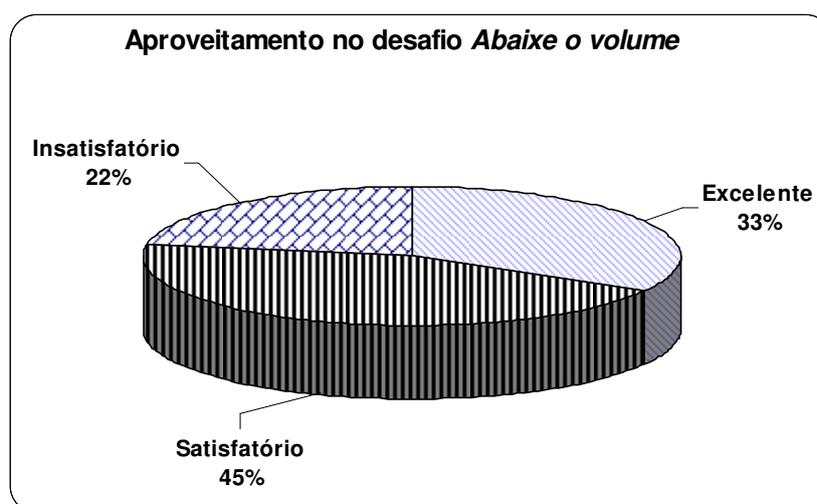


Gráfico 3 - Aproveitamento médio no desafio *Abaixe o volume*.

Verifica-se que dentre os alunos que obtiveram um aproveitamento médio excelente, quatro tiveram suas respostas ao desafio categorizadas como excelente: E02, E03, E11 e E14, e dois forneceram respostas categorizadas como satisfatória: E16 e E24.

5.4.2. Análise dos grupos experimental e de controle no pós-teste

No pós-teste a que foram submetidos os alunos dos grupos experimental e de controle, apenas uma questão relaciona-se aos conhecimentos que foram trabalhados no desafio *Abaixe o volume*:

2. (UFRS 96) Dois sons no ar com a mesma altura diferem em intensidade. O mais intenso tem, em relação ao outro:
- apenas maior frequência.
 - apenas maior amplitude.
 - maior amplitude e maior frequência
 - maior amplitude e maior período
 - não sei

Figura 36 - Questão 02 do pós-teste.

A distribuição de frequências para as alternativas assinaladas pelos alunos na questão 01, para os grupos de controle e experimental pode ser vista na tabela 48, onde está destacada a alternativa correta (alternativa b.):

Tabela 48 - Distribuição de frequências para as respostas da questão 02 do pós-teste.

Alternativa	Grupo experimental		Grupo de Controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
a.	4	26,67%	2	16,67%
b.	3	20,00%	4	33,33%
c.	6	40,00%	4	33,33%
d.	1	6,67%	0	0,00%
e.	1	6,67%	1	8,33%
c. e d. simultaneamente	0	0,00%	1	8,33%
Total	15	100,00%	12	100,00%

A tabela 48 mostra que os percentuais de acertos para a questão 02 do pós-teste foram extremamente baixos: 20,00% para o grupo experimental e 33,33% para o grupo de controle.

Todavia, outros dados devem ser analisados antes de qualquer assertiva ser feita. O primeiro, e um dos mais importantes, é o fato de apenas uma questão do pós-teste se relacionar aos conhecimentos presentes no desafio *Abaixe o volume*. Com base neste fato, algumas considerações devem ser feitas:

1. O aluno tem uma única oportunidade para exibir os conhecimentos construídos. A falha nesta única oportunidade que lhe foi dada pode ser interpretada, erroneamente, como reflexo de um insucesso na tarefa de aprendizagem;
2. O conhecimento do aluno é analisado em um único contexto e este contexto pode não ser o mais adequado para que o aluno demonstre seus conhecimentos, levando-o a responder de maneira incorreta;
3. A questão é uma questão de múltipla escolha e, dessa forma, o aluno fica impedido de exibir outros conhecimentos, e de expressar suas idéias mais relevantes sobre o assunto;
4. Na questão existe um conceito que não foi trabalhado no ambiente virtual, mas que fora ensinado aos alunos do grupo de controle: altura de um som. A presença deste conceito se justifica por ter sido considerado que o ambiente propiciaria os conhecimentos para que os alunos negociassem a sua noção de “altura do som” pelo conceito físico de altura do som. Além disto, para que a aprendizagem significativa fique mais bem evidenciada é interessante utilizar mecanismos de avaliação que “[...] requeiram a máxima transformação do conhecimento existente.” (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 15);
5. A questão lida apenas com um dos conceitos trabalhados no desafio: a relação entre a amplitude de uma onda sonora e sua intensidade, não refletindo a riqueza de conteúdos do desafio.

Esta última consideração é reforçada pelo mapeamento entre o aproveitamento dos alunos no desafio e na questão 02 do pós-teste:

Tabela 49 - Mapeamento entre o aproveitamento obtido no *Abaixe o volume* e na questão 02 do pós-teste.

Aproveitamento no desafio	Resposta na questão 02 do pós-teste	Frequência	Percentual
Excelente	Correta	3	16,67%
Excelente	Incorreta	2	11,11%
Excelente	Não participou	1	5,56%
Satisfatório	Incorreta	7	38,89%
Satisfatório	Não participou	1	5,56%
Insatisfatório	Incorreta	3	16,67%
Insatisfatório	Não participou	1	5,56%
Total		18	100,00%

Desconsiderando-se os indivíduos que não participaram do pós-teste - 3 alunos, o mapeamento revela que nove alunos que conseguiram um aproveitamento favorável no desafio (satisfatório ou excelente) não conseguiram acertar a questão vinculada ao desafio. Isso significa que 50% dos alunos que se submeteram ao pós-teste não conseguiram acertar a pergunta que se relaciona com o conhecimento que fora trabalhado no desafio em que eles conseguiram um desempenho no mínimo satisfatório. Este fato está em desacordo com as análises similares feitas nos outros desafios pois, no geral, há uma uniformidade entre o aproveitamento no desafio e no pós-teste - considerando-se as questões vinculadas a cada desafio.

Outro ponto importantíssimo, para o grupo experimental, foi revelado pela análise da tarefa principal do desafio: grande parte dos alunos possui os conceitos de volume e “altura do som” fortemente estabilizados em suas estruturas cognitivas, utilizando estes conceitos ao invés do conceito de intensidade sonora. Essa estabilidade é tal que nenhum dos alunos que utilizou estas noções - volume e “altura do som”, para responder a tarefa final do desafio, foi capaz de acertar a questão 02 do pós-teste. Os alunos do grupo experimental que acertaram a questão 02 foram alguns dos que utilizaram em suas respostas à tarefa principal do desafio o conceito de intensidade sonora, de maneira direta ou indireta: E03, E11 e E16.

O último ponto que deve ser considerado é que, tanto no grupo experimental, quanto no grupo de controle, as alternativas que fazem menção ao conceito de amplitude, as alternativas “c” e “d”, foram assinaladas por um grande número de alunos, tanto no grupo experimental quanto no grupo de controle: no

grupo experimental 7 alunos (46,67%) e no grupo de controle 4 alunos (33,33%). Estes dados sugerem que esses alunos obtiveram um certo grau de compreensão da relação entre a amplitude da onda sonora e sua intensidade. Provavelmente, o insucesso destes alunos está associado à dificuldade em interpretar o conceito de altura, também presente na questão 02 do pós-teste.

O índice de mortalidade experimental neste desafio foi de apenas 3 alunos. A tabela 49 revela que cada um destes alunos obteve um desempenho distinto no desafio: o primeiro obteve um desempenho excelente, o segundo um aproveitamento satisfatório e o terceiro um desempenho insatisfatório. Ao tentar estimar como estes alunos se comportariam na questão 02 do pós-teste, caso tivessem participado da aplicação do pós-teste, ocorre um problema com o aluno de desempenho excelente devido à impossibilidade de se estimar qual seria a sua resposta na questão 02. Os outros dois alunos, em decorrência do mapeamento feito podem ter as suas “prováveis” respostas enquadradas como incorretas. Entretanto, em nenhum dos casos, é possível indicar com segurança qual das alternativas seriam assinaladas por estes alunos. Considera-se, mesmo com estas particularidades, que devido ao delineamento de pesquisa adotado a mortalidade não invalide a pesquisa.

Para este desafio também foi efetuado um teste de hipóteses, na qual buscou-se avaliar as seguintes hipóteses:

- $H_0: \mu_1 = \mu_2$, e não há, essencialmente, diferença significativa entre os grupos.
- $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$, e há diferença significativa entre os grupos.

Para efetuar este teste de hipóteses, a performance de cada aluno foi convertida para a escala numérica, conforme a tabela 23. A partir destes valores numéricos foram calculados a média e o desvio padrão de cada grupo, obtendo-se os seguintes valores: i) Grupo experimental: média (X_1) igual a 0,2 e desvio padrão (s_1) igual a 0,41; ii) Grupo de controle: média (X_2) igual a 0,33 e desvio padrão (s_2) igual a 0,49. A Tabela 50 exibe os resultados de um teste bilateral realizado nos níveis de significância 0,01 e 0,05.

Tabela 50 - Testes de significância para análise da hipótese nula. Desafio *Abaixe o volume*.

Valor obtido para t	Nível de significância	Intervalo de confiança	Resultado
0,74	0,01	$-t_{0,995} < t < +t_{0,995}$ (-2,79 < t < +2,79)	Não se pode rejeitar a hipótese nula (H_0).
	0,05	$-t_{0,975} < t < +t_{0,975}$ (-2,06 < t < +2,06)	Não se pode rejeitar a hipótese nula (H_0).

O teste de hipóteses demonstra que não existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

Casos especiais

No pós-teste existe uma questão que se aproxima da questão 02: a questão 01. Esta aproximação é decorrente de alguns fatores: a) são questões de múltipla escolha; b) a questão 01 trata do conceito de frequência e possui como uma alternativa para a resposta o conceito que é tratado na questão 02 - a intensidade sonora; e c) a questão 02 trata do conceito de intensidade sonora e possui como uma alternativa para a resposta o conceito que é tratado na questão 01 - a frequência. É pertinente, portanto, uma análise conjunta das duas questões em busca de alguma informação importante para a pesquisa.

Esta análise revelou que poucos alunos conseguiram acertar as duas questões simultaneamente. Mais especificamente os alunos E03 e E11, no grupo experimental, e os alunos C07 e C10, no grupo de controle.

Considerando-se apenas os dois alunos do grupo experimental que acertaram as duas questões, verifica-se que no desafio *Abaixe o volume* estes alunos obtiveram um aproveitamento médio considerado excelente e suas respostas à questão final do desafio foram categorizadas como excelente. No desafio *O pernilongo e os sons* o aluno E03 apresentou o mesmo desempenho: aproveitamento médio e resposta à última questão do desafio excelentes. O aluno E11, no desafio *O pernilongo e os sons*, respondeu de maneira incorreta à última questão do desafio mas, obteve um aproveitamento médio satisfatório. Estes alunos, nas questões do pós-teste que se relacionam ao desafio *O pernilongo e os sons*, alcançaram um desempenho excelente.

Os dados acima indicam que estes alunos conseguiram relacionar os conhecimentos trabalhados nos desafios *Abaixe o volume* e *Os pernilongos e os sons*, de uma maneira não arbitrária e não literal à sua estrutura cognitiva, caracterizando, assim, a essência de uma aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 34). Além disso, esta relação ocorreu de maneira que conhecimento construído estivesse em pleno acordo com as leis da Física.

Ao verificar-se o desempenho dos alunos C07 e C10 nas questões do pós-teste correspondentes ao desafio *O pernilongo e os sons*, constata-se que o aluno C07 obteve um aproveitamento satisfatório e o aluno C10 um desempenho excelente. Estes resultados parecem indicar que estes alunos também construíram favoravelmente os conhecimentos físicos em jogo.

Apesar deste trabalho não ter como foco os mecanismos de percepção e as sensações fisiológicas provocadas pelo som é interessante notar que as respostas dadas às questões 01 e 02 do pós-teste indicam que três alunos do grupo de controle e um aluno do grupo experimental apresentam as concepções levantadas por algumas pesquisas americanas: os alunos apresentam a tendência em associar a sensação fisiológica da intensidade sonora com a frequência da onda (DEPARTMENT OF PHYSICS, 2005) e confundir as sensações fisiológicas da intensidade e da frequência sonora (AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, 1998). Estes alunos (E02, E09, E24 e C08) assinalaram para a questão 01 do pós-teste a alternativa “*b*”, indicando que a intensidade sonora é a característica que determina a classificação de um som como grave ou agudo, e para a questão 02, assinalaram a alternativa “*a*”. Esta resposta indica que os alunos entendem que a frequência é a principal responsável pela intensidade sonora de uma onda sonora.

5.4.3. Abaixo o volume: algumas considerações

A análise do grupo experimental no desafio indica que a trilha que compõe o desafio foi capaz de oferecer à grande maioria dos alunos (83,34%) as condições necessárias para que os alunos respondessem de maneira satisfatória ou excelente à questão do desafio. A análise do desafio também evidenciou que são necessárias alterações no roteiro e na forma de utilização do laboratório virtual (massas e molas), de maneira a minimizar as dificuldades de utilização do mesmo.

A análise qualitativa do pós-teste indica que parte dos alunos compreendeu, em diferentes níveis, que a amplitude de uma onda sonora é a principal responsável por sua intensidade sonora. No grupo experimental três alunos (20,00%) construíram esta relação plenamente de acordo com as leis da Física e sete alunos (46,67%) de uma maneira que deve ser lapidada. O grupo de controle apresenta números um pouco melhores: quatro alunos (33,33%) construíram a relação ótima e cinco alunos (41,66%) de uma maneira que deve ser trabalhada. Este desempenho do grupo de controle é um pouco superior ao desempenho observado no grupo experimental e sugere um equilíbrio entre os dois grupos. Este indício de equilíbrio é reforçado pelo teste de hipóteses que revela não existir diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos, apontando para um equilíbrio entre o desafio proposto por meio do computador e as aulas expositivas ministradas aos alunos do grupo experimental.

Outro dado interessante é que, no grupo experimental, foi possível perceber a resistência das noções de volume e “altura do som” que acabou atuando como um obstáculo à aprendizagem científica do conceito de intensidade sonora.

As análises sugerem que a verificação da aprendizagem nos grupos de controle e experimental no que concerne ao conjunto dos conceitos trabalhados no desafio foi prejudicada em função da utilização de uma única questão para avaliar a aprendizagem. É necessário, portanto, que o pós-teste seja reformulado para ampliar o número e o escopo das questões relacionadas aos conhecimentos trabalhados no desafio *Abaixe o volume*.

5.5. Como uma onda no mar...

Neste desafio o conhecimento físico necessário para a superação da pergunta chave é o de que as ondas sonoras, assim como todas as ondas, não transportam matéria ao se propagarem. Para possibilitar ao aluno a aprendizagem deste conhecimento, o aluno percorre uma trilha, cuja síntese se encontra no quadro 6:

Quadro 6 – Páginas que compõem a trilha do desafio *Como uma onda no mar e suas ligações*.

Página	Recursos disponíveis	Próxima página
<i>Olá</i>	-----	<i>Seja bem-vindo</i>
<i>Seja bem-vindo</i>	-----	<i>Fonte de inspiração</i>
<i>Fonte de inspiração</i>	-----	<i>O surfista pega a onda?</i>
<i>O surfista pega a onda?</i>	-----	<i>O que acontece com a água?</i>
<i>O que acontece com a água?</i>	-----	<i>A água sai da região A para a região B?</i>
<i>A água sai da região A para a região B?</i>	-----	<i>E os surfistas?</i>
<i>E os surfistas?</i>	-----	<i>O que acontece com os surfistas?</i>
<i>O que acontece com os surfistas?</i>	-----	<i>A água do mar, os surfistas e as ondas</i>
<i>A água do mar, os surfistas e as ondas</i>	-----	<i>O mar quando quebra na praia...</i>
<i>O mar quando quebra na praia...</i>	-----	<i>A máquina de ondas ou Os surfistas e as ondas quebradas...</i>
<i>A máquina de ondas</i>	-----	<i>Os surfistas e as ondas quebradas...</i>
<i>Os surfistas e as ondas quebradas...</i>	-----	<i>Aquecendo os motores...</i>
<i>Aquecendo os motores...</i>	-----	<i>A festa de aniversário</i>
<i>A festa de aniversário</i>	-----	<i>Algumas dicas ou Respondendo à criançada</i>
<i>Algumas dicas</i>	-----	<i>Respondendo à criançada</i>
<i>Respondendo à criançada</i>	Dicas e Algumas dicas	<i>Fim de mais uma jornada</i>
<i>Fim de mais uma jornada</i>	A energia das ondas sonoras	

A figura 43 traz uma representação gráfica da trilha do desafio *Como uma onda no mar...*

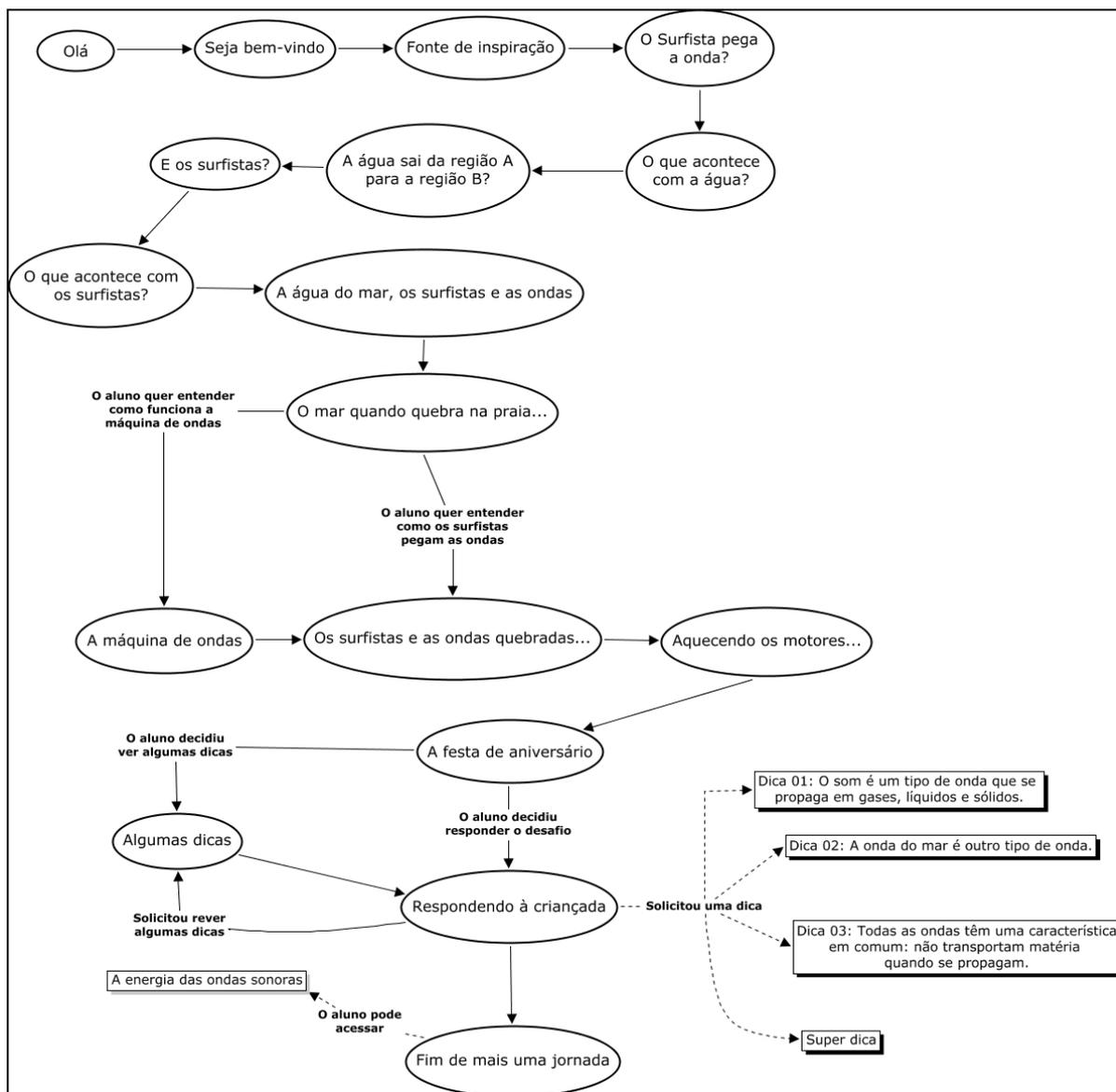


Figura 37 - Trilha do desafio *Como uma onda no mar...*

A seguir encontra-se uma breve descrição de cada página:

- **Olá:** explica ao aluno como controlar os vídeos utilizados no ambiente virtual;
- **Seja bem-vindo:** dá as boas vindas ao aluno e apresenta alguns questionamentos iniciais:

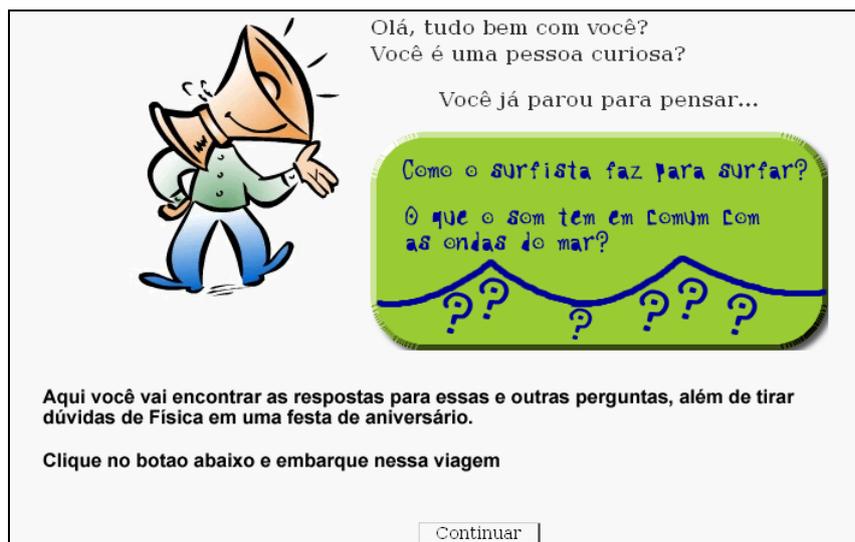


Figura 38 - Página “Seja bem-vindo” do desafio *Como uma onda no mar...*

- **Fonte de inspiração:** apresenta trechos de letras duas músicas que possuem temática relacionada às ondas do mar - *O Mar* de Dorival Caymmi e *Como uma onda no mar* de Lulu Santos. Na música de Dorival Caymmi está destacado o trecho: *O mar quando quebra na praia* e na música de Lulu Santos, o trecho *Como uma onda no mar*;
- **O surfista pega a onda?:** relembra aos alunos uma situação comumente vista em filmes ou reportagens da televisão: pessoas praticando surfe. Nesta página é apresentada a seguinte questão aos alunos: “A frase “o surfista pega a onda” está correta? Por quê?”;
- **O que acontece com a água?:** são apresentadas duas animações que modelam o comportamento das partículas de água quando são atingidas por uma onda no mar. Ao final da página, o aluno deve observar a figura 39 e em seguida, responder à seguinte pergunta: “Uma onda está passando por A indo em direção à região B. A água da região A é levada até a região B?”;



Figura 39 - Imagem da página *O que acontece com a água?*

- ***A água sai da região A para a região B?***: reapresenta uma animação que destaca o comportamento da água ao ser atingida por uma onda do mar e esclarece que as partículas de água não são levadas de uma região a outra;
- ***E os surfistas?***: exibe um vídeo²⁵ com alguns surfistas que estão em alto mar e são atingidos por uma onda. Ao final do vídeo a seguinte pergunta é proposta: “*O que acontecerá com os surfistas?*”;
- ***O que acontece com os surfistas?***: exibe a versão completa do vídeo²⁶ utilizado na página *E os surfistas?*, mostrando o que acontece com os surfistas ao serem atingidos por uma onda;
- ***A água do mar, os surfistas e as ondas***: reapresenta as animações das partículas de água atingidas por onda no mar e o vídeo dos surfistas. Esclarece que o fato das partículas de água e do surfista não serem transportados pela onda é uma característica de todas as ondas: não transportar matéria ao se propagarem;
- ***O mar quando quebra na praia...***: explica o que acontece com a onda do mar quando ela se aproximar da praia, possui um vídeo de uma máquina que mostra os efeitos da variação de profundidade em uma onda que se propaga na água. Ao final da página o aluno seleciona se deseja saber mais sobre a máquina de ondas ou sobre como os surfistas conseguem surfar;
- ***A máquina de ondas***: detalha o funcionamento da máquina de ondas;

²⁵ O vídeo pode ser visto em <http://www.youtube.com/watch?v=Og0rTelygGY>.

²⁶ O vídeo pode ser acessado em <http://www.youtube.com/watch?v=rFIKxbUG98c>.

- **Os surfistas e as ondas quebradas...:** explica que os surfistas só conseguem surfar uma onda quando acompanham a onda até que ela se aproxime da costa e comece a “quebrar”;
- **Aquecendo os motores...:** retoma a pergunta proposta na página *O surfista pega a onda*: “Depois de ter percorrido a trilha que te trouxe até aqui você acha que a expressão “o surfista pega a onda” está correta ou não? Por quê?”;
- **A festa de aniversário:** apresenta o desafio aos alunos. A página pode ser vista na figura 40:

A festa de aniversário

No dia do aniversário de sete anos do seu primo, você, sua família e vários conhecidos estavam comemorando e se divertindo. Logo depois de cantar os parabéns, o aniversariante e seus amiguinhos e amiguinhas “inventaram” uma brincadeira. Eles colocaram o aparelho de som na garagem da casa (onde não estava ventando), pegaram um microfone e uma pena de um travesseiro velho. A brincadeira era, na verdade, uma competição. Enquanto um deles soltaria a pena perto dos alto-falantes, os demais (um de cada vez) gritariam no microfone. Quem conseguisse “jogar” a pena o mais longe possível seria o vencedor ou vencedora.

O esquema da brincadeira era, aproximadamente, este:



Figura 01: Esquema da brincadeira.

Entretanto, antes de começarem a brincar, eles te procuraram para saber o que acontecerá com a pena quando eles gritarem no microfone. Como você está quase terminando o ensino médio eles te consideram uma pessoa que sabe das coisas.

Qual será a resposta que você dará a eles? Porquê?

Figura 40 - Desafio proposto aos alunos na atividade *Como uma onda no mar...*

Para conseguir responder satisfatoriamente a esta pergunta é necessário que o aluno saiba que as ondas não transportam matéria ao se propagarem e que o som é um tipo de onda.

- **Algumas dicas:** relembra o comportamento das partículas de água e dos surfistas ao serem atingidos por uma onda do mar;
- **Respondendo à criança:** reinterpreta a pergunta central do desafio e disponibiliza ao aluno diversas dicas para serem utilizadas caso ele sinta necessidade.

- ***Fim de mais uma jornada:*** indica ao aluno que ele chegou ao final do desafio e que suas respostas serão comentadas pelo professor. Disponibiliza um link para um texto que comenta sobre a energia das ondas sonoras e das ondas eletromagnéticas.

5.5.1. Análise do grupo experimental no desafio *Como uma onda no mar...*

Esta análise leva em consideração os alunos do grupo experimental que percorreram toda a trilha e que responderam à questão chave do desafio: 24 alunos. Os alunos, durante o trajeto pela trilha do desafio, se deparam com situações que exigem que os mesmos expressem o que pensam a respeito da interação entre onda e matéria.

A pergunta da página *O surfista pega a onda?: “A frase “o surfista pega a onda” está correta? Por quê?”*, não tem como foco a avaliação da expressão como certa ou errada, mas a justificativa fornecida pelo aluno. Pretende-se, portanto, investigar se os alunos têm o conhecimento de que a onda do mar só é capaz de transportar o surfista de um ponto a outro depois que ela começa a se “quebrar”, isto é, quando fisicamente deixa de se comportar como uma onda, passando a transportar matéria. As respostas dos alunos indicam que grande parte deles, 20 alunos (83,33%) considera a expressão incorreta, enquanto apenas três alunos (12,25%) julgam a expressão como correta. Um aluno forneceu uma resposta que não pode ser enquadrada em nenhum dos grupos e que foi categorizada como indefinida:

- Aluno E10: *“Pergunta difícil essa em! Mas nada muito complicado, tenho em mente duas maneiras de analisar, talvez a maneira correta, e da maneira errada, a correta talvez seria o fato do mar ter ondas, mais como seria isso e por que? Seria como estrutas em uma direção com formas onduladas, a seguirem formas como ondas. Analizando o termo em forma Ondas como um termo sonoro, talvez não passaria muito algo Já ver, mais sempre à algo em mistério como o som que as ondas emitem.”*

Apenas um forneceu uma justificativa que indica a presença de um conhecimento prévio que explica corretamente como é possível surfar uma onda:

- Aluno E25: “*Não porque a onde é que pega o surfista, os surfistas aproveitam-se das ondas que se foram em alto mar até "quebrar" na praia...*”

A distribuição das respostas fornecidas pelos alunos na página *O que acontece com a água?* revela que 50,00% dos alunos concebem que as partículas de água são transportadas de um local a outro quando são atingidas por uma onda e 45,83% dos alunos não associam o transporte de partículas da água com a propagação de uma onda e apenas um aluno assinalou que não sabia a resposta.

A questão que é proposta ao final do vídeo da página *E os surfistas?* é da mesma natureza que a questão proposta na página *O que acontece com a água?*, isto é, trata do conhecimento de que a propagação de uma onda não provoca o transporte de matéria. A tabela 51 apresenta a distribuição de frequências das respostas obtida após a análise e categorização de cada resposta:

Tabela 51 - Distribuição das respostas à pergunta da página *E os surfistas?*

Categoria	Frequência	Percentual
Excelente	2	8,33%
Satisfatória	2	8,33%
Incorreta	19	79,17%
Não sei	1	4,17%
Total	24	100,00%

A grande diferença entre os percentuais de respostas corretas dadas à pergunta da página *O que acontece com a água?* - 50,00%, e à pergunta da página *E os surfistas?* - 16,66%, sugere que os alunos têm uma maior facilidade para responder corretamente quando lhe são propostas questões de múltipla escolha.

A análise das respostas à pergunta da página *E os surfistas?* também possibilitou identificar qual o posicionamento dos alunos quanto à relação entre a propagação de uma onda com o transporte de matéria. As respostas de oito alunos (33,33%) indicam que os mesmos associam propagação de uma onda e o transporte de matéria, enquanto sete alunos (29,17%) forneceram respostas que indicam que eles não associam a propagação de uma onda com o transporte de matéria. As respostas dos demais alunos - nove (37,50%), não permitiram o levantamento do

posicionamento dos mesmos em relação à propagação de uma onda e o transporte de matéria.

Os alunos são questionados novamente sobre a expressão “o surfista pega a onda” na página “*Aquecendo os motores...*”. Apenas quatro alunos justificaram suas respostas de maneira a indicar o conhecimento do processo que permite aos surfistas surfarem as ondas:

- Aluno E01: “*Sim, pois os surfistas vão atrás das ondas e pegam elas, ou seja os surfistas vão até aonde elas são formadas.*”;
- Aluno E02: “*Sim, porque a onda apenas passa pelo surfista, para ele surfar deve seguir a onda até o ponto onde ela quebra.*”;
- Aluno E03: “*sim, porque o durfista se desloca do ponto onde a onde quebra e quando a onda vem ja se formando ele se levanta e se equilibra na onda e vai surfando.ou seja pega a onda.*”;
- Aluno E06: “*SIM. Os surfistas se deslocam até uma determinada distância da praia perto do ponto em que as ondas começam a se quebrar - quando a profundidade do mar começa a diminuir. Quando uma onda se aproxima, o surfista nada para tentar acompanhá-la e, se conseguir ele sobe na prancha e começa a surfar*”.

O aluno E25, que na resposta dada à questão da página *O surfista pega a onda?* havia indicado o conhecimento do processo que permite aos surfistas surfarem as ondas do mar, respondeu à pergunta da página “*Aquecendo os motores...*” da seguinte maneira:

- “*Agora após ver o "processo" das ondas pude perceber que o surfista pegam sim as ondas, porque por mais que as ondas se formem com o movimento das ondas sonoras, os surfistas tem que ir atrás, ou seja, eles pegam as ondas.*”

Esta resposta indica que o aluno tentou associar o fenômeno das ondas do mar e o surfe com o conteúdo que é trabalhado no ambiente virtual: as ondas sonoras, o que atrapalhou o aluno na articulação de sua resposta. Entretanto, o trecho

“os surfistas tem que ir atrás” sugere que o aluno tem a noção de que o surfista deve acompanhar a onda até que ela comece a quebrar.

As respostas que os alunos E15 e E26 forneceram nas duas vezes em que esta pergunta foi proposta apontam para uma dificuldade de interpretação dos alunos para com o sentido atribuído ao verbo pegar. Estes dois alunos interpretaram o verbo como: agarrar, tomar na mão, como pode ser visto logo a seguir:

- Aluno E15:
 - a. Primeira resposta: *“na gira dos surfistas sim ,mas na nossa modo de vista esta completamente incorreto como vai pegar uma ondo só se pegar um monte de água na própria mão”*;
 - b. Segunda resposta: *“não a expressão o surfista pega a onda esta errado porque não se pode pegar uma ondo na mão”*;

- Aluno E26:
 - a. Primeira resposta: *“Não,porque não existe a possibilidade de pegar a onda.”*;
 - b. Segunda resposta: *“Não está correta porque não existe nenhuma possibilidade de uma pessoa pegar uma onda.”*.

Percebe-se, nestes alunos, a força dos conhecimentos anteriores e a dificuldade de relativização do significado do verbo pegar. Este conhecimento anterior acaba atuando como um obstáculo à interpretação da pergunta e a superação do mesmo poderia ser atingida por uma negociação de significados (NOVAK; GOWIN, 1981) entre alunos e professores.

Ao chegarem à página *A festa de aniversário* os alunos se deparam com a pergunta proposta pelo desafio. É oferecida aos alunos a oportunidade de acessar uma página que faz um apanhado dos conceitos trabalhados até o momento. Treze alunos (54,17%) optaram por acessar esta página de revisão e onze alunos (45,83%) preferiram acessar a página na qual eles deveriam responder a pergunta proposta pelo desafio.

As respostas dos alunos à pergunta do desafio (figura 40) foram analisadas conforme as categorias descritas no quadro 3 (página 97). Após a análise os dados foram tabulados e se encontram dispostos na tabela 65:

Tabela 52 - Distribuição das respostas à pergunta proposta pelo desafio *Como uma onda no mar...*

Categoria	Frequência	Percentual
Excelente	3	12,50%
Incorreta	19	79,17%
Não sei	1	4,17%
Não respondeu	1	4,17%
Total	24	100,00%

Os alunos que tiveram a resposta categorizada como excelente foram os únicos a explicitarem o fato de que as ondas sonoras, ao se propagarem, não transportam matéria:

- Aluno E06: “*A pena não ira flutuar porque todas as ondas tem uma característica em comum não transportam matéria quando se propagam.*”;
- Aluno E16: “*ela nem se movimenta porque ondas sonoras não transporta matéria*”;
- Aluno E24: “*a pena cairá no chão porque apesar de nossas vozes conterem ondas através do som, ela não será capaz de tranportar a matéria ou seja, a pena de um lugar para outro.*”;

Estas respostas sugerem que estes alunos conseguiram compreender a principal característica de uma onda, que é: ao se propagar, uma onda não provoca o transporte de matéria.

Os alunos que tiveram suas respostas categorizadas como incorretas podem ser subdivididos de acordo com a concepção presente na suas respostas em três grupos:

- **Onda transporta matéria:** respostas que indicam que o aluno interpretou o som como uma onda, mas, associou a propagação da onda

ao transporte de matéria. Alunos pertencentes a este grupo: E01, E02, E03, E05, E08, E12 e E19;

- **Vento ou ar como causa do transporte de matéria:** respostas que associam o som à ocorrência de um deslocamento de ar - vento, e este deslocamento provoca o transporte de matéria. Alunos pertencentes a este grupo: E04, E09, E10, E11, E14, E18, E20, E25, E26 e E27;
- **Não identificada:** respostas que não puderam ser classificadas em nenhum dos dois grupos anteriores. Alunos pertencentes a este grupo: E21 e E23.

O quadro 7 apresenta alguns exemplos de respostas de cada um dos grupos definidos acima:

Quadro 7 - Exemplos de concepções sobre propagação de ondas e transporte de matéria.

Grupo	Aluno e resposta
Onda transporta matéria	E01: <i>“A pena vai voar por causa do movimento das ondas sonoras que saíram do som quando eles gritarem no microfone.”</i> E12: <i>“eu acho que a pena vai se mexer por causa das ondas sonora”</i>
Vento ou ar como causa do transporte de matéria	E09: <i>“A pena irá saltar pois o som causa uma espécie de empurrão no vento que faz a pena saltar!!”</i> E26: <i>“a pena irá flutuar para frente, porque quando gritar no microfone vai sair ar.”</i>
Não identificada	E23: <i>“a minha resposta para eles é por que eles descobrir as ondas sonoras”</i>

As respostas pertencentes aos grupos a) *Onda transporta matéria* e b) *Vento ou ar como causa do transporte de matéria*, revelam o quanto os conhecimentos prévios dos alunos podem atuar como um obstáculo para a subsequente aprendizagem dos mesmos. No primeiro grupo de respostas é notória a presença de que propagação sempre implica em transporte de matéria. Este conhecimento não-científico, além de ser construído pelos alunos por meio das experiências que os mesmos têm com o mundo à sua volta - um mundo em que há a predominância de fenômenos nos quais quase sempre existe o transporte de matéria de um ponto a outro, é reforçado pelo conteúdo formal de Mecânica que é normalmente trabalhado

na primeira série do ensino médio. A Cinemática e a Dinâmica se preocupam apenas com fenômenos nos quais está envolvido o deslocamento, o transporte de matéria. Configura-se assim um obstáculo que é ao mesmo tempo decorrente da experiência primeira e do conhecimento geral (BACHELARD, 1996).

O segundo grupo de respostas sugere a presença do espírito pré-científico que se rende a um “[..] empirismo evidente e básico [...]” (Ibid., p. 37) que “[...] contenta-se com essa ciência de primeira aproximação, em que não é preciso compreender: basta ver.” (MARTINS, 2004, p. 22). Neste caso, os alunos se rendem às sensações que são percebidas ao se posicionar em frente a um alto-falante: aparentemente o alto-falante faz com que um vento atinja os objetos e pessoas próximas. Não é necessário compreender, apenas sentir. Evidencia-se, assim, a presença de um obstáculo epistemológico decorrente da experiência primeira.

Os resultados obtidos pelos alunos na questão chave do desafio revelam que o desafio proposto não foi capaz de auxiliar grande parte dos alunos a superarem os obstáculos epistemológicos envolvidos na aprendizagem do conceito de que uma onda se propaga sem transportar matéria.

Além do aproveitamento na questão chave do desafio foi calculado o aproveitamento médio dos alunos do grupo experimental em todo o desafio e que pode ser visto na tabela 53:

Tabela 53 - Aproveitamento médio dos alunos no desafio *Como uma onda no mar...*

Aproveitamento médio	Alunos
Excelente	E06
Satisfatório	E16 e E24
Insatisfatório	E01, E02, E03, E04, E05, E08, E09, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E18, E19, E20, E21, E23, E25, E26 e E27

O gráfico 3 sintetiza estes dados:

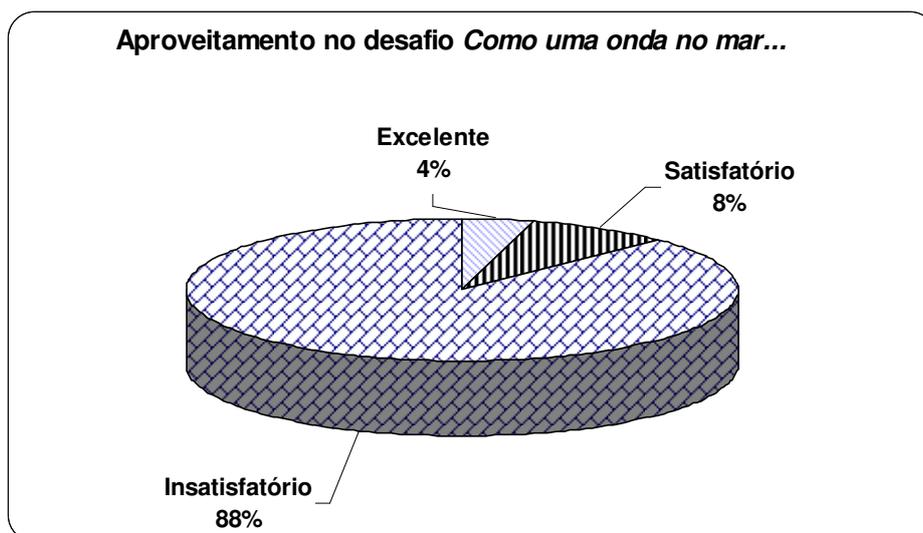


Gráfico 4 - Aproveitamento médio no desafio *Como uma onda no mar...*

Verifica-se que os alunos que obtiveram um aproveitamento médio excelente ou satisfatório no desafio foram os alunos que conseguiram responder à questão chave do desafio, reforçando os indícios de que houve a aprendizagem significativa, isto é, que estes alunos aprenderam corretamente o conhecimento chave em jogo no desafio.

5.5.2. Análise dos grupos experimental e de controle no pós-teste

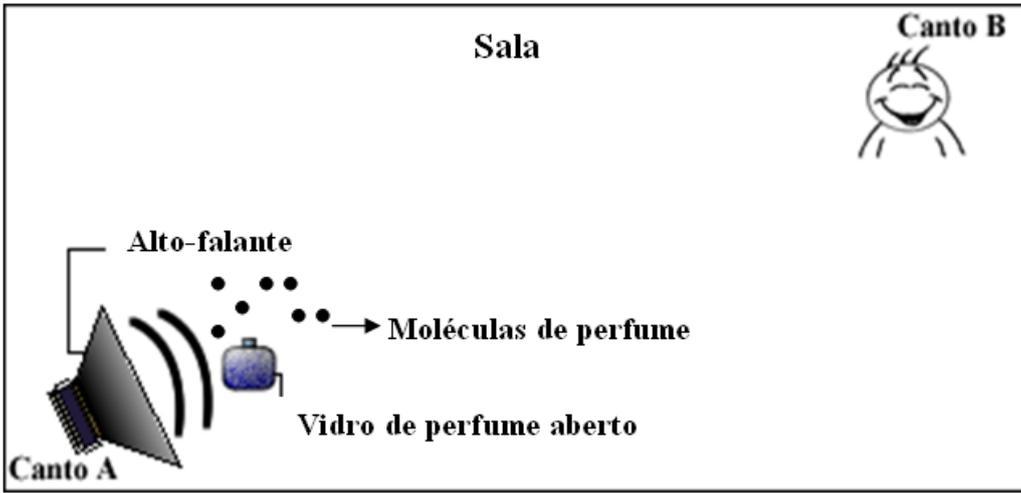
No pós-teste a que foram submetidos os alunos dos grupos experimental e de controle, duas questões se relacionam aos conhecimentos que foram trabalhados no desafio *Como uma onda no mar...*. Estas questões podem ser vistas nas figuras 41 e 42:

4. Você e um amigo estavam conversando sobre a Física do som. O seu amigo te diz: "Quando você fala, as partículas de ar se movem da sua boca até o ouvido de quem escuta.". Essa frase não está de acordo com as leis da Física. Qual é o erro?

Figura 41 - Questão 04 do pós-teste.

7. (UFMS-modificada) Para sentirmos o cheiro de alguma substância, é necessário que algumas moléculas dessa substância sejam inaladas. Se um vidro de perfume for aberto no canto (A) de uma sala fechada (sem vento), e se estivermos em um outro canto (B) diametralmente oposto, levará algum tempo para sentirmos o cheiro desse perfume.

Imagine que colocamos um alto-falante ligado no canto (A) e atrás do vidro de perfume, de maneira que ele esteja direcionado para o canto (B), conforme a figura abaixo.



O som do alto-falante ajuda a espalhar melhor as moléculas de perfume? Por quê?

Figura 42 - Questão 07 do pós-teste.

A distribuição de frequências de categorias das respostas fornecidas pelos alunos à questão 04, para os grupos de controle e experimental pode ser vista na tabela 54:

Tabela 54 - Performance dos grupos experimental e de controle na questão 04 do pós-teste.

Categoria	Grupo experimental		Grupo de Controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Excelente	3	20,00%	2	16,67%
Satisfatória	1	6,67%	4	33,33%
Incorreta	9	60,00%	4	33,33%
Não sei	2	13,33%	1	8,33%
Não respondeu	0	0,00%	1	8,33%
Total	15	100,00%	12	100,00%

A tabela 54 revela que ao se considerar as categorias excelente e satisfatória, o grupo de controle obteve uma considerável vantagem sobre o grupo experimental: 50,00% contra 26,67%. Estes números sugerem que o desafio proposto não foi

suficientemente adequado para que os alunos compreendessem que a propagação do som não implica na movimentação das partículas de ar da fonte até o receptor.

A distribuição de frequências de respostas na questão 07, para os grupos de controle e experimental pode ser vista na tabela 55:

Tabela 55 - Performance dos grupos experimental e de controle na questão 07 do pós-teste.

Categoria	Grupo experimental		Grupo de Controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Excelente	2	13,33%	3	25,00%
Satisfatória	1	6,67%	0	0,00%
Incorreta	12	80,00%	7	58,33%
Não sei	0	0,00%	1	8,33%
Não respondeu	0	0,00%	1	8,33%
Total	15	100,00%	12	100,00%

A tabela 55 revela que o grupo de controle obteve uma ligeira vantagem sobre o grupo experimental: 25,00% contra 20,00% de aproveitamento, considerando-se respostas excelentes e satisfatórias. Estes números indicam que mesmo no grupo de controle, onde o desempenho foi melhor, a maior parte dos alunos associou a propagação do som com o transporte, ou espalhamento, das moléculas de perfume.

Como as duas questões estão associadas ao desafio *Como uma onda no mar...* é pertinente que seja calculado o desempenho médio obtido pelos alunos dos grupos experimental e de controle, nestas questões. Este aproveitamento médio é calculado conforme o procedimento detalhado nas páginas 128 a 130, e se encontra na tabela 56:

Tabela 56 - Aproveitamento médio nas questões 4 e 7 do pós-teste.

Categoria	Grupo experimental		Grupo de Controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Excelente	0	0,00%	1	8,33%
Satisfatório	5	33,33%	3	25,00%
Insatisfatório	10	66,67%	7	58,34%
Não sei	0	0,00%	1	8,33%

Categoria	Grupo experimental		Grupo de Controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Total	15	100,00%	12	100,00%

A análise do aproveitamento médio entre os dois grupos revela um equilíbrio entre os dois grupos em que cada um deles atingiu 33,33% de aproveitamento satisfatório ou excelente.

O mapeamento entre o aproveitamento médio dos alunos do grupo experimental no desafio e no pós-teste, exibido na tabela 57, revela que apenas três alunos conseguiram melhorar sua performance e que os demais alunos que se submeteram ao pós-teste mantiveram no pós-teste o índice obtido no desafio.

Tabela 57 - Mapeamento entre o aproveitamento obtido no *Como uma onda no mar...* e no pós-teste.

Aproveitamento no desafio	Aproveitamento no pós-teste	Frequência	Percentual
Excelente	Não participou	1	4,17%
Satisfatório	Satisfatório	2	8,33%
Insatisfatório	Satisfatório	3	12,50%
Insatisfatório	Insatisfatório	10	41,67%
Insatisfatório	Não participou	8	33,33%
Total		24	100,00%

A tabela 57 indica uma uniformidade entre o aproveitamento no desafio e no pós-teste e que já fora percebida nos desafios *O Jogo do Erro* e *O pernilongo e os sons*. Ao ampliar essa uniformidade nos pares de respostas para as respostas dos alunos que não se submeteram ao pós-teste, é possível supor que não existiriam diferenças significativas entre as respostas do desafio e do pós-teste, para os alunos do grupo experimental. Considerando-se essa suposta uniformidade é possível elaborar a tabela 58, que foi preparada levando-se em conta os “prováveis resultados” que seriam obtidos pelos alunos do grupo experimental que não se submeteram ao pós-teste:

Tabela 58 - Extrapolação na distribuição nos pares de rendimento entre *Como uma onda no mar...* e o pós-teste.

Rendimento no desafio	Rendimento no pós-teste	Frequência	Percentual
Excelente	Excelente	1	4,17%
Insatisfatório	Satisfatório	3	12,50%
Satisfatório	Satisfatório	2	8,33%
Insatisfatório	Insatisfatório	18	75,00%
Total		24	100,00%

A partir dos dados acima, é possível estimar o rendimento do grupo experimental, caso não houvesse mortandade experimental (tabela 59):

Tabela 59 - Rendimento provável do grupo experimental no pós-teste (em relação aos conceitos do desafio *Como uma onda no mar...*).

Aproveitamento	Frequência	Percentual
Excelente	1	4,17%
Satisfatório	5	20,83%
Insatisfatório	18	75,00%
Total	24	100,00%

Considerando-se apenas os aproveitamentos excelentes e satisfatórios, a comparação entre o rendimento do grupo experimental (33,33%) e o rendimento do grupo de controle (33,33%) aponta para um equilíbrio entre os grupos. Entretanto, a comparação entre o rendimento do grupo experimental expandido (25,00%) e do grupo de controle (33,33%) sugere que haveria uma superioridade do grupo de controle, caso não tivessem ocorrido desistências por parte de alguns alunos do grupo experimental. Esse desequilíbrio é decorrente do fato da maioria dos desistentes terem obtido um aproveitamento insatisfatório no desafio.

Antes de prosseguir com a análise conjunta dos grupos experimental e de controle, é importante destacar que os alunos E16 e E24, que tiveram suas respostas ao desafio categorizadas como excelentes, obtiveram no pós-teste um desempenho médio satisfatório, indicando que estes alunos aprenderam de maneira significativa que uma onda, ao se propagar, não transporta matéria.

Continuando a análise dos grupos experimental e de controle, para este desafio também foi efetuado um teste de hipóteses, na qual se buscou avaliar as seguintes hipóteses:

- $H_0: \mu_1 = \mu_2$, e não há, essencialmente, diferença significativa entre os grupos.
- $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$, e há diferença significativa entre os grupos.

Para efetuar este teste de hipóteses, a performance de cada aluno foi convertida para a escala numérica, conforme tabela 24, página 129. A partir destes valores numéricos foram calculados a média e o desvio padrão de cada grupo, obtendo-se os seguintes valores: i) Grupo experimental: média (X_1) igual a 0,22 e desvio padrão (s_1) igual a 0,24; ii) Grupo de controle: média (X_2) igual a 0,34 e desvio padrão (s_2) igual a 0,30. A tabela 60 exhibe os resultados de um teste bilateral realizado nos níveis de significância 0,01 e 0,05.

Tabela 60 - Testes de significância para análise da hipótese nula. Desafio *Como uma onda no mar...*

Valor obtido para t	Nível de significância	Intervalo de confiança	Resultado
1,12	0,01	$-t_{0,995} < t < +t_{0,995}$ (-2,79 < t < +2,79)	Não se pode rejeitar a hipótese nula (H_0).
	0,05	$-t_{0,975} < t < +t_{0,975}$ (-2,06 < t < +2,06)	Não se pode rejeitar a hipótese nula (H_0).

O teste de hipóteses demonstra que não existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Este resultado indica que o uso do computador foi tão eficiente para a aprendizagem dos conceitos trabalhados no desafio *Como uma onda no mar...* quanto as aulas expositivas foram.

Realizando-se o mesmo teste de hipóteses efetuado acima para os dados do grupo experimental expandido, obtém-se a tabela 61. Os dados da tabela 61 indicam que, apesar da análise qualitativa ter sugerido uma diferença entre as performances dos grupos experimental e de controle - em decorrência da não ocorrência de mortandade experimental, o teste de hipóteses revela que esta diferença, caso existisse, não seria estatisticamente significativa.

Tabela 61 - Teste de significância para análise da hipótese nula (grupo experimental expandido). Desafio *Como uma onda no mar...*

Valor obtido para t	Nível de significância	Intervalo de confiança	Resultado
1,93	0,01	$-t_{0,995} < t < +t_{0,995}$ (-2,73 < t < +2,73)	Não se pode rejeitar a hipótese nula (H ₀).
	0,05	$-t_{0,975} < t < +t_{0,975}$ (-2,03 < t < +2,03)	Não se pode rejeitar a hipótese nula (H ₀).

As respostas dos alunos ao pós-teste também evidenciaram algumas concepções: i) som como partícula, que indica uma interpretação substancialista do som e ii) onda transporta matéria.

A concepção do som como partícula foi manifestada apenas por alunos do grupo experimental, em três respostas da questão 04 e uma resposta da questão 07. Esta concepção se aproxima do modelo mental “entidade” descrito por Hrepic, Zollman e Rebello (2002), por conceber o som como uma unidade material possuidora de substância. As respostas que indicam a existência desta interpretação substancialista foram:

- Questão 04:
 - E01: “*Não são as partículas de ar e sim as partículas de som que sai quando falamos.*”;
 - E11: “*Não as partículas de ar que se move da sua boca até o ouvido são as partículas de som que se move*”;
 - E25: “*O erro é que no ar que se projeta o som, seria mais provável que as ‘partículas’ do som fossem até os ouvidos e não do ar.*”;
- Questão 07:
 - E11: “*Sim, por causa do ar e das partículas que sai do auto falante*”;

Algumas respostas que apresentam a concepção de que onda transporta matéria foram:

- Questão 04:
 - C01: “*Porque as partículas se espalha conforme a onda do som.*”;
- Questão 07:

E01: “*Porque as partículas se espalha conforme a onda do som.*”;

E09: “*Sim, pois ele auxilia na movimentação do ar*”;

E18: “*Sim, porque quando a alto-falante vibra e produz som, e o som se propaga através de ondas sonoras, então as ondas sonoras levarão o perfume até o quanto B da sala.*”;

C05: “*Sim, por causa da sua intensidade, frequência e amplitude do local; as moléculas "ondas" sonoras empuraria para frente.*”;

C09: “*Sim, porque a onda sonora propagará as moléculas de perfume.*”;

5.5.3. *Como uma onda no mar...: algumas considerações*

A análise do grupo experimental no desafio indica que a trilha do desafio não conseguiu oferecer à grande maioria dos alunos (83,34%) as condições necessárias para que eles respondessem de maneira satisfatória ou excelente à questão do desafio, visto que apenas três alunos conseguiram responder corretamente.

A análise qualitativa sugere um equilíbrio entre os grupos experimental e de controle, que é reforçado pelo teste de hipóteses, que demonstra não existir uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Os baixos índices de aproveitamento dos alunos, de ambos os grupos, no pós-teste sugerem que a adoção de uma única metodologia de ensino, seja ela aula expositiva ou o uso das novas tecnologias, não é suficiente para que os alunos aprendam, de maneira satisfatória, que ondas sonoras não transportam matéria.

Os baixos índices de aproveitamento e as análises feitas indicam que o conhecimento prévio dos alunos atuou como obstáculo epistemológico à aprendizagem do conhecimento físico em jogo no desafio. A resistência da concepção de que uma onda transporta matéria sugere a presença de um obstáculo que reúne características da experiência primeira e do conhecimento geral, e que está presente nos alunos dos dois grupos.

A pouca eficiência de uma única metodologia de ensino, para a aprendizagem de que ondas não transportam matéria, aponta para área de investigação na qual devem ser pesquisados o uso integrado de vários recursos e metodologias de ensino, para se obter uma melhor maneira de se ensinar este

conteúdo e assim, auxiliar os alunos na superação de eventuais obstáculos epistemológicos.

A presença da concepção do som como partícula apenas em alguns alunos do grupo experimental sugere que o desafio pode tê-la reforçado ou favorecido o seu surgimento e aponta para a existência de um obstáculo substancialista, pois os alunos concebem o som como uma partícula, fazendo corresponder a uma qualidade (propagação) uma substância. A possibilidade de contribuição para o surgimento de um obstáculo epistemológico exige que o desafio deva ser reformulado de maneira a não favorecer esta concepção.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS E ANÁLISES: O ORGANIZADOR PRÉVIO

Antes de fazer a apresentação deste capítulo, é pertinente esclarecer que, apesar da atividade que atua como organizador prévio ser a primeira atividade do ambiente virtual que os alunos devem realizar, este capítulo foi colocado após a análise dos desafios porque utiliza alguns dos dados levantados pelas análises dos desafios.

Este capítulo é dedicado à análise do organizador prévio que integra o ambiente virtual. Conforme visto anteriormente na seção 2.1 *Fundamentos da teoria da aprendizagem significativa* – página 54, um organizador prévio é uma estratégia que visa tornar disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, os conceitos subsunçores que são necessários às tarefas de aprendizagem subseqüentes. Inicialmente é feita uma descrição da atividade e das páginas e recursos que a compõem e, em seguida uma análise a partir das respostas dos alunos do grupo experimental na atividade e dos desempenhos obtidos nos desafios.

6.1. É importante saber!!!

Esta atividade é a responsável por permitir aos alunos o contato com os conceitos que foram considerados os subsunçores para a aprendizagem dos conceitos trabalhados nos desafios: regularidade, movimento periódico, período e frequência.

Nesta atividade, o aluno deverá percorrer uma trilha, composta por diversas páginas, ligadas entre si e que podem disponibilizar recursos externos à página. O quadro 8, apresenta uma síntese das páginas que compõem a trilha da atividade *É importante saber!!!*, com suas ligações aos recursos externos e à próxima página da trilha. A trilha da atividade *É importante saber!!!* tem como objetivos: possibilitar a aprendizagem deste conjunto de conhecimentos ao aluno que ainda não o estudou, e permitir uma revisão sistematizada para aquele que já estudou este conteúdo.

Quadro 8 – Páginas que compõem a trilha da atividade *É importante saber!!!* e suas ligações.

Página	Recursos disponíveis	Próxima página
<i>Boas-vindas</i>	-----	<i>É regular ou não?</i>
<i>É regular ou não?</i>	-----	<i>De quanto em quanto tempo?</i>
<i>De quanto em quanto tempo?</i>	O que é um monjolo?	<i>Analisando o movimento do monjolo (1.)</i>
<i>Analisando o movimento do monjolo (1.)</i>	-----	<i>Analisando o movimento do monjolo</i>
<i>Analisando o movimento do monjolo</i>	-----	<i>De quanto em quanto tempo???</i>
<i>De quanto em quanto tempo???</i>	Glossário, Dica e Sugestão	<i>De quanto em quanto tempo se repete ou, qual é o período?</i>
<i>De quanto em quanto tempo se repete ou, qual é o período</i>	-----	<i>Quantas vezes?</i>
<i>Quantas vezes?</i>	-----	<i>Quantas vezes se repete ou, qual é a frequência?</i>
<i>Quantas vezes se repete ou, qual é a frequência?</i>	Glossário	<i>É periódico ou não é?</i>
<i>É periódico ou não é?</i>	Dicas	<i>Fim desta jornada</i>

Para facilitar a visualização da trilha, a figura 43 apresenta sua representação gráfica²⁷:

²⁷ A legenda se encontra na Figura 13, página 99.

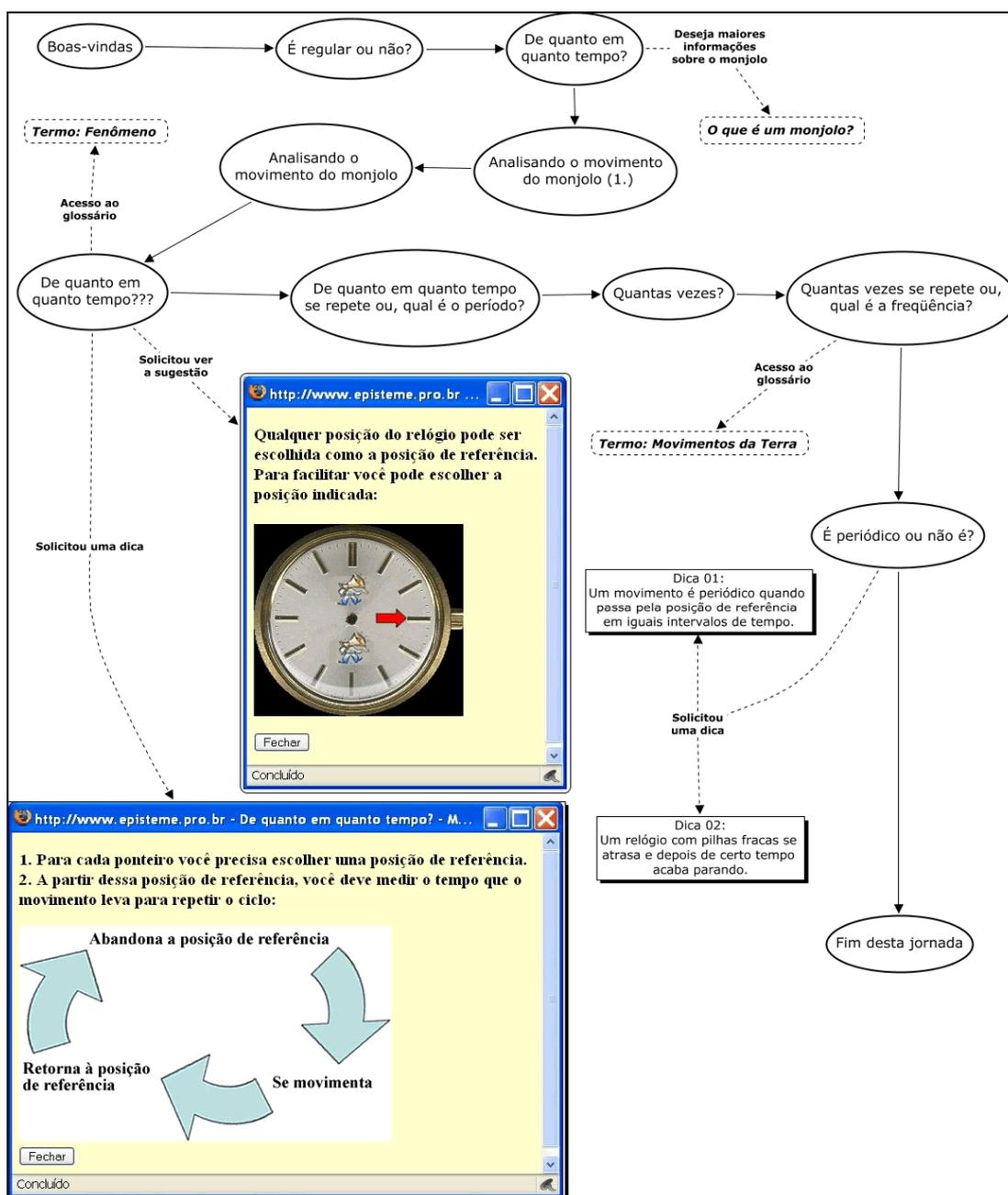


Figura 43 - Trilha da atividade *É importante saber!!!*

A seguir encontra-se uma breve descrição de cada página:

- **Boas-vindas:** introduz o aluno na atividade que antecede os desafios e avisa-o que antes de iniciar as demais atividades do curso ele deve estudar alguns conceitos fundamentais que são apresentados por meio de situações (páginas) que ele deverá realizar;
- **É regular ou não?:** apresenta o conceito de regularidade e uma gravação dos sons de um monjolo em funcionamento (sem imagens).

Questiona ao aluno se as “batidas” presentes no áudio são regulares e por quê?;

- ***De quanto em quanto tempo?***: exibe o vídeo (imagem e som) que corresponde ao som do monjolo, da página *É regular ou não?*. Este vídeo²⁸ apresenta uma miniatura de monjolo em funcionamento e ao final da página o aluno deve responder à questão: “*De quanto em quanto tempo o monjolo repete seu movimento?*”;
- ***Analisando o movimento do monjolo (I.)***: apresenta uma explicação sobre um movimento repetitivo e, para movimentos deste tipo, como se calcula o tempo necessário (período) para que ocorra uma repetição do movimento. Além disso, revela que o tempo necessário para que o monjolo repita seu movimento é de, aproximadamente, quatro segundos. Por fim, o aluno deve responder à seguinte questão: “*Quando se quer medir o tempo que um movimento repetitivo leva para repetir seu movimento, você acha que:*”. As opções disponíveis para escolha são: i) *Somente a posição inicial do movimento pode ser utilizada como posição de referência*; ii) *Qualquer posição do movimento repetitivo pode ser utilizada como posição de referência*;
- ***Analisando o movimento do monjolo***: exibe um vídeo²⁹ em que o movimento do monjolo é analisado a partir de uma posição de referência distinta da posição inicial do movimento observado. Explica que nas análises de movimentos repetitivos não importa qual é a posição de referência utilizada para permitir a análise;
- ***De quanto em quanto tempo???***: a partir da premissa de que diversos fenômenos são repetitivos, são propostas as seguintes questões aos alunos: 1. *De quanto em quanto tempo o ponteiro dos segundos repete seu movimento?*; 2. *De quanto em quanto tempo o ponteiro dos minutos repete seu movimento?*; 3. *De quanto em quanto tempo o ponteiro das horas repete seu movimento?*. Para auxiliar os alunos a página possui um applet³⁰ que simula um relógio analógico;

²⁸ O vídeo pode ser visto em <http://www.youtube.com/watch?v=RxN6OTleEM8>

²⁹ O vídeo pode ser visto em http://www.youtube.com/watch?v=Z1uGO91N_So

³⁰ O applet pode ser acessado em <http://www.episteme.pro.br/applets/clock/testa.html>

- **De quanto em quanto tempo se repete ou, qual é o período?:** apresenta dois conceitos fundamentais: i) *fenômenos periódicos*: todos os fenômenos que se repetem em intervalos regulares de tempo e ii) *período*: tempo que é gasto para que o fenômeno periódico se repita. Nesta página o aluno deve responder as seguintes questões: 1. *Qual é o período do ponteiro dos segundos de um relógio analógico?*; 2. *De quanto em quanto tempo bate o sinal de sua escola?*;
- **Quantas vezes?:** Introduz a noção de frequência, por meio das seguintes questões, que são propostas aos alunos: 1. *Quantas vezes vocês tem aulas de Física por semana?*; 2. *Quantas vezes por dia você escova os dentes?*; 3. *Quantas vezes por mês vocês vão à sala de informática de sua escola?*;
- **Quantas vezes se repete ou, qual é a frequência?:** Apresenta formalmente o conceito de frequência: número de vezes que um fenômeno se repete em uma unidade de tempo. Ao final da página, o aluno deve responder algumas questões envolvendo os conceitos de período e frequência, que podem ser vistas na figura 44;

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. A Terra executa dois movimentos principais: rotação e translação. Quais são os períodos:<ol style="list-style-type: none">a. de rotação da Terra?b. de translação da Terra?2. Qual é a frequência de rotação da Terra:<ol style="list-style-type: none">a. por dia?b. por semana?c. por mês? |
|---|

Figura 44 – Questões propostas ao aluno. Página: *Quantas vezes se repete ou, qual é a frequência?*

- **É periódico ou não é?:** propõe a questão final da atividade, que pode ser vista na figura 45:

É periódico ou não é?

Observe o relógio analógico abaixo:



Suponha que você possua dois relógios parecidos com o relógio exibido acima. Os dois relógios são movidos a pilha e um dos relógios está com a pilha nova (Relógio A) e o outro está com a pilha fraca (Relógio B). Os ponteiros do relógio A (com pilhas novas) executam um movimento periódico, pois repetem seu movimento em intervalos de tempo iguais:

A) O ponteiro dos segundos repete seu movimento de 60 em 60 segundos;
 B) O período do ponteiro dos minutos é igual a 60 minutos (uma hora).

E os ponteiros do relógio B, executam um movimento periódico? Por quê?

Precisando de uma [dica](#)? Se uma dica apenas não é suficiente, use [outra](#).

Figura 45 – Pergunta final da atividade *É importante saber !!!*

Para conseguir responder satisfatoriamente a esta pergunta é necessário que o aluno tenha compreendido que um movimento só pode ser considerado periódico quando ele se repete em iguais intervalos de tempo.

- ***Fim desta jornada:*** indica ao aluno que ele chegou ao final da atividade e que ele pode navegar pelas outras seções do curso e aprender um pouco mais sobre o som.

6.1.1. Análise do grupo experimental na atividade *É importante saber !!!*

Esta análise leva em consideração os alunos do grupo experimental que percorreram toda a trilha e que responderam à questão final do desafio: 27 alunos.

A primeira questão (*É regular ou não?*) que deve ser respondida pelos alunos visa investigar se os alunos conseguem perceber a regularidade no som das batidas de um monjolo. Dos 27 alunos, apenas quatro (14,81%) conseguiram fornecer uma resposta considerada excelente. Nestas respostas além da afirmação de que as batidas são regulares, a justificativa apresentada está correta. A seguir se encontram as respostas consideradas excelentes:

- Aluno E02: “*É regular, pois as batidas possuem o mesmo intervalo de tempo, são repetitivas e o seu volume não altera.*”;
- Aluno E16: “*sim / porque acontece de segundos a segundos o mesmo barulho*”;
- Aluno E22: “*Resposta: sim. pois as batidas são as mesmas e compasadas.*”;
- Aluno E24: “*Sim é regular. Devido ao fato de se repetir em iguais intervalos de tempo.*”.

Onze alunos (40,74%) responderam de maneira satisfatória, afirmando que o som das batidas é regular, mas, sem justificar de maneira coerente sua resposta. Algumas das respostas consideradas satisfatórias foram:

- Aluno E06: “*São regulares sim, porque as patidas são regulares até o final da gravação.*”;
- Aluno E23: “*É regular por quê e um instrumento que se movi com a agua*”;
- Aluno E26: “*São regulares, porque a primeira batida é parece sempre dentro da água e a segunda batida é fora, e se repete até o fim da gravação.*”.

As demais respostas foram categorizadas em: i) insatisfatórias (2 respostas, isto é, 7,41%); ii) incorretas (8 respostas, ou 29,63%); iii) não sei (1 resposta, isto é, 3,70%) e iv) dados corrompidos (1 resposta, isto é, 3,70%). A categoria *Dados corrompidos* é decorrente de alguma falha na gravação da resposta do aluno E12, e ocasionou a perda destes dados.

A questão “*De quanto em quanto tempo o monjolo repete seu movimento?*”, tem como foco a avaliação da capacidade dos alunos de identificarem um movimento repetitivo e regular e medir o intervalo de tempo necessário para que o movimento volte a se repetir. As respostas dos alunos indicam que grande parte deles, 20 alunos (74,07%), compreende o que seja um movimento repetitivo e, além disso, demonstram que sabem medir o intervalo de tempo necessário para a repetição do movimento. Estes alunos responderam corretamente, afirmando que o monjolo repete seu movimento de quatro em quatro segundos (aproximadamente). Apenas seis

alunos (22,22%) não conseguiram responder corretamente e um aluno (3,70%) teve os dados de sua resposta corrompidos.

A superioridade no índice de acerto desta questão em relação à questão proposta na página *É regular ou não?* sugere que, para o caso do movimento do monjolo, o uso do vídeo torna mais acessível a percepção da regularidade do movimento, em comparação à utilização de uma gravação de áudio. Considerando-se que tanto o vídeo quanto a gravação de áudio são representações do mesmo fenômeno, e que o vídeo possui uma maior iconicidade (MOLES, 1990) do que a gravação do áudio, esta superioridade sugere que as representações com maior iconicidade favorecem a percepção de características ou regularidades dos fenômenos representados, para os alunos do grupo experimental.

Para que seja possível a medida do intervalo de tempo necessário para que determinado movimento se repita é necessário que seja escolhida uma posição de referência. Esta posição, entretanto, não se restringe apenas à posição inicial do movimento: qualquer posição pode ser adotada como posição de referência. A questão de múltipla escolha proposta na página *Analisando o movimento do monjolo (I)* tem por objetivo verificar se o aluno considera, ou não, a posição inicial como privilegiada para a análise de um movimento repetitivo. Dezoito alunos (66,67%) assinalaram que “*Qualquer posição do movimento repetitivo pode ser utilizada como posição de referência*” e nove alunos (33,33%) responderam que “*Somente a posição inicial do movimento pode ser utilizada como posição de referência*”. A distribuição de respostas às perguntas propostas na página *De quanto em quanto tempo?* (vide página 192) se encontra na tabela 62:

Tabela 62 – Distribuição de respostas às perguntas da página *De quanto em quanto tempo?*

Categoria	Questão 01: Segundos		Questão 02: Minutos		Questão 03: Horas	
	Freq.	Perc.	Freq.	Perc.	Freq.	Perc.
Excelente	5	18,52%	5	18,52%	2	7,41%
Satisfatória	1	3,70%	0	0,00%	0	0,00%
Incorreta	21	77,78%	19	70,37%	21	77,78%
Não sei	0	0,00%	1	3,70%	1	3,70%
Não respondeu	0	0,00%	2	7,41%	3	11,11%

Categoria	Questão 01: Segundos		Questão 02: Minutos		Questão 03: Horas	
	Freq.	Perc.	Freq.	Perc.	Freq.	Perc.
Total	27	100,00%	27	100,00%	27	100,00%

Os dados da tabela 62 revelam um baixo índice de respostas consideradas excelentes ou satisfatórias às questões da página *De quanto em quanto tempo?*. A provável causa do insucesso da maioria dos alunos pode ser levantada a partir de uma análise mais detalhada das respostas dos mesmos, relativas ao movimento dos ponteiros de um relógio analógico.

Esta análise evidenciou que os alunos não conseguiram identificar a repetição que ocorre na movimentação desses ponteiros, isto é, que: i) o ponteiro dos segundos repete seu movimento de 1 em 1 minuto; ii) o ponteiro dos minutos repete seu movimento a cada 1 hora; e iii) o ponteiro das horas repete seu movimento de 12 em 12 horas.

As respostas sugerem que a maioria dos alunos que não respondeu de maneira satisfatória ou excelente, considerou como repetição do movimento, a simples movimentação do ponteiro em questão. No caso da questão 01, 13 alunos (48,15%) responderam que o ponteiro dos segundos repete seu movimento de 1 em 1 segundo. Na questão 02, 17 alunos (62,96%) dos alunos afirmaram que o ponteiro dos minutos repete seu movimento de 1 em 1 minuto e, na questão 03, 16 alunos (59,26%) escreveram que o ponteiro das horas repete seu movimento de 1 em 1 hora. Este insucesso pode ter como causas a falta de hábito na leitura e uso dos relógios analógicos e, também, o fato de que a divisão das horas, minutos e segundos são feitas em uma base que não é decimal, e que “foge” ao senso comum. No cotidiano as medidas são, geralmente, realizadas em sistemas de base decimal. Este apego ao comum e a ausência de reflexão sobre os fenômenos observados indicam que o empirismo ingênuo (BACHELARD, 1996) se faz presente em grande parte dos alunos.

A página *De quanto em quanto tempo se repete ou, qual é o período?* retoma a questão 01 da página *De quanto em quanto tempo?* utilizando o termo período³¹: “Qual é o período do ponteiro dos segundos de um relógio analógico?”. A

³¹ Período é o intervalo de tempo (constante) necessário para que um fenômeno se repita.

distribuição de frequência das respostas foi: i) 3 alunos obtiveram excelente: (11,11%); ii) 2 alunos não responderam (7,41%); e iii) 22 alunos responderam incorretamente (81,48%). Da mesma maneira que ocorreu na questão 01 da página *De quanto em quanto tempo?*, grande parte dos alunos respondeu que o período do ponteiro dos segundos é de 1 segundo, isto é, que o movimento se repete de 1 em 1 segundo. Mais precisamente, 13 alunos, isto é, 48,15% fizeram tal afirmação.

A distribuição de frequências das respostas fornecidas às perguntas sobre o período dos movimentos da Terra, feitas na página *Quantas vezes se repete ou, qual é a frequência?* (vide figura 44, página 193), encontram-se na tabela 63:

Tabela 63 – Distribuição de respostas às perguntas sobre o período de translação e de rotação da Terra. Página *Quantas vezes se repete ou, qual é a frequência?*

Categoria	Questão 01: Rotação		Questão 02: Translação	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Excelente	12	44,44%	13	48,15%
Incorreta	8	29,63%	4	14,81%
Não sei	2	7,41%	2	7,41%
Não respondeu	5	18,52%	8	29,63%
Total	27	100,00%	27	100,00%

A página *Quantas vezes se repete ou, qual é a frequência?* também propõe perguntas sobre a frequência de ocorrência da rotação da Terra em diferentes unidades de tempo (vide figura 44, página 193). A distribuição de respostas para essas questões se encontra na tabela 64:

Tabela 64 – Distribuição de respostas às perguntas sobre a frequência de rotação da Terra. Página *Quantas vezes se repete ou, qual é a frequência?*

Categoria	Questão 01: Por dia		Questão 02: Por semana		Questão 03: Por mês	
	Freq.	Perc.	Freq.	Perc.	Freq.	Perc.
Excelente	6	22,22%	6	22,22%	7	25,93%
Incorreta	8	29,63%	7	25,93%	7	25,93%
Não sei	4	14,81%	5	18,52%	5	18,52%
Não respondeu	9	33,33%	9	33,33%	8	29,63%

Categoria	Questão 01: Por dia		Questão 02: Por semana		Questão 03: Por mês	
	Freq.	Perc.	Freq.	Perc.	Freq.	Perc.
Total	27	100,00%	27	100,00%	27	100,00%

Os dados da tabela 63 e 64 sugerem que, no caso dos movimentos de rotação e translação, os alunos têm maior facilidade para identificar o período do que a frequência. Este desempenho na identificação do período, entretanto, contrasta com os resultados obtidos pelos alunos nas questões em deveriam deveria analisar o movimento dos ponteiros de um relógio (vide páginas 196 e 197), fato que reforça as evidências de que a análise do movimento dos ponteiros do relógio é problemática para a grande maioria dos alunos.

Ao chegarem à página *É regular ou não?* os alunos se deparam com a pergunta chave da atividade (vide figura 45, página 194), que questiona se os ponteiros de um relógio analógico, que está com a pilha fraca, executam um movimento periódico. A análise das respostas dos alunos permitiu a confecção da tabela 65, que revela uma baixa performance dos estudantes, pois apenas seis alunos (22,22%) dos alunos conseguiram fornecer uma resposta considerada satisfatória ou excelente.

Tabela 65 - Distribuição das respostas à pergunta final da atividade *É importante saber!!!*

Categoria	Frequência	Percentual
Excelente	3	11,11%
Satisfatória	3	11,11%
Insatisfatória	1	3,70%
Incorreta	16	59,26%
Não sei	3	11,11%
Não respondeu	1	3,70%
Total	27	100,00%

Exemplos de respostas do tipo excelentes: afirmaram que o movimento dos ponteiros com a pilha fraca não é periódico e ofereceram uma justificativa correta:

- Aluno E03: “*não, porque o relógio B esta com pilhas fracas e assim atrasa seu movimento e demorando mais para completar o seu círculo de 60s.*”;
- Aluno E08: “*NÃO,POR QUE NÃO REPETEM SEU MOVIMENTO EM INTERVALOS IGUAIS POIS FICA CADA VEZ MAIS FRACA*”;
- Aluno E18: “*não, porque o relógio se atrasa*”.

As respostas consideradas satisfatórias afirmaram que o movimento dos ponteiros do relógio não é periódico, porém ofereceram uma justificativa inadequada:

- Aluno E04: “*Não.Pois esta mais fraco fazendo menos movimentos.*”;
- Aluno E15: “*não*”;
- Aluno E24: “*não porque geralmente o ponteiro costuma parar no caminho, mas talvez consiga vai depender da pilha.*”.

Esta baixa performance dos alunos, entretanto, pode ser interpretada como uma não compreensão dos fenômenos periódicos em geral. Deve-se também levar em conta a dificuldade de interpretação do movimento dos ponteiros de um relógio analógico, já discutida nas páginas 196 e 197. Esta dificuldade provavelmente contribuiu para o desempenho obtido.

6.1.2. O organizador prévio e os desafios

A atividade *É importante saber!!!* foi desenvolvida para atuar como organizador prévio para a subsequente aprendizagem dos conceitos presentes nos desafios. Assim, é importante verificar se existe relação entre a performance dos alunos na atividade e a performance obtida em cada desafio. Para possibilitar este mapeamento, que se encontra no quadro 9, foi calculado o desempenho médio de cada aluno na atividade, de acordo com os procedimentos descritos nas páginas 128 a 130.

Quadro 9 – Mapeamento entre as performances alcançadas na atividade *É importante saber!!!* e nos desafios.

Ind.	É importante saber!!!	Como uma onda no mar...	O pernilongo e os sons	O Jogo do Erro	Abaixe o Volume	Alunos
*	Insatisfatório	Excelente	Não participou	Satisfatório	Não participou	E06
***	Insatisfatório	Insatisfatório	Excelente	Satisfatório	Excelente	E03 e E14
***	Insatisfatório	Insatisfatório	Excelente	Satisfatório	Satisfatório	E08 e E10
**	Insatisfatório	Insatisfatório	Insatisfatório	Insatisfatório	Insatisfatório	E13, E15, E20 e E23
*	Insatisfatório	Insatisfatório	Insatisfatório	Não respondeu	Insatisfatório	E05
*	Insatisfatório	Insatisfatório	Não participou	Não participou	Não participou	E04
*	Insatisfatório	Insatisfatório	Satisfatório	Insatisfatório	Não participou	E19 e E27
***	Insatisfatório	Insatisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório	E01
***	Insatisfatório	Insatisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Excelente	E11
+	Insatisfatório	Insatisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Insatisfatório	E12
***	Insatisfatório	Insatisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório	E25
*	Insatisfatório	Insatisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Não participou	E26
*	Insatisfatório	Não participou	Não participou	Insatisfatório	Não participou	E07
*	Insatisfatório	Não participou	Não participou	Não participou	Não participou	E17 e E22
***	Insatisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Excelente	E16
#	Satisfatório	Insatisfatório	Excelente	Satisfatório	Excelente	E02
*	Satisfatório	Insatisfatório	Não participou	Insatisfatório	Não participou	E21

Ind.	É importante saber!!!	Como uma onda no mar...	O pernilongo e os sons	O Jogo do Erro	Abaixe o Volume	Alunos
#	Satisfatório	Insatisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório	E09 e E18
#	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Excelente	E24

A primeira coluna do quadro 9, denominada *Indicador*, foi incluída para facilitar a leitura do quadro e seus códigos possuem o seguinte significado:

1. * : indica os alunos que deixaram de realizar uma ou mais atividades;
2. ** : aqueles alunos que apresentaram desempenho completamente insatisfatório;
3. *** : aqueles que embora na atividade que atua como organizador prévio tenham obtido um desempenho insatisfatório, alcançaram três ou quatro desempenhos satisfatório e excelente nos desafios;
4. # : aqueles que obtiveram desempenho satisfatório na atividade que atua como organizador prévio e três ou quatro desempenhos satisfatório e excelente nos desafios;
5. +: o aluno que na atividade *É importante saber!!!* obteve desempenho insatisfatório e alcançou apenas dois desempenhos satisfatório e excelente nos desafios.

O quadro 9 não permite identificar um padrão claramente observável que possibilite especificar alguma relação entre as performances obtidas no organizador prévio e em cada um dos desafios, sugerindo que tal relação não existe. Entretanto, é possível uma análise mais refinada considerando apenas os alunos que participaram da atividade *É importante saber!!!* e de todos os desafios.

O quadro 9 demonstra que o grupo com desempenho insatisfatório no organizador prévio e três ou quatro desempenhos satisfatório e excelente nos desafios, possui o maior número de alunos – 8 alunos. Dois grupos compostos por quatro alunos, respectivamente, também foram identificados: a) alunos com desempenho insatisfatório em todas as atividades e b) alunos que alcançaram desempenho satisfatório no organizador prévio e alcançaram desempenho satisfatório e excelente em três ou quatro desafios. Apenas um aluno obteve desempenho

insatisfatório na atividade *É importante saber!!!* e conseguiu finalizar dois desafios com performance satisfatória e excelente. Esta análise também não permite o estabelecimento de uma relação entre as performances dos alunos no organizador prévio e nos desafios que compõem o ambiente virtual.

6.1.3. *É importante saber!!!*: algumas considerações

A análise do grupo experimental na atividade indica que a trilha a ser seguida não conseguiu oferecer à grande maioria dos alunos³² (77,78%) as condições necessárias para que os alunos respondessem de maneira satisfatória ou excelente à última questão da atividade. A utilização de diversas questões envolvendo a interpretação do movimento dos ponteiros de um relógio analógico acabou contribuindo para esse resultado, dada a dificuldade que os alunos têm em interpretar este movimento. Esta dificuldade aparentemente é provocada pelo apego a um empirismo que se contenta com explicações feitas sem uma reflexão. Por outro lado a situação proposta não oferece alternativas para que o aluno verifique e valide a sua resposta. Nesse sentido, certamente essa atividade deverá sofrer reformulações para incorporar as evidências observadas em função, principalmente, das performances dos alunos.

As análises também revelaram a não existência de uma relação entre as performances dos alunos na atividade *É importante saber!!!* e aquelas observadas em cada desafio. A ausência desta relação pode, por sua vez, levar aos seguintes questionamentos:

1. Os conceitos elencados são, efetivamente, subsunçores para os conceitos trabalhados nos desafios?
2. Existem outros subsunçores que devem ser trabalhados no organizador prévio?

Sem a pretensão de esgotar a discussão de quais conceitos são ou não subsunçores para a aprendizagem de conhecimentos introdutórios sobre a Física do som, algumas considerações podem ser feitas.

³² Vide: Tabela 65 - Distribuição das respostas à pergunta final da atividade *É importante saber!!!*, página 199.

Analisando-se os desafios e suas atividades, tem-se que dentre os conceitos elencados como subsunçores, apenas o conceito de frequência é diretamente exigido como conhecimento prévio para a aprendizagem dos novos conhecimentos. Os conceitos de regularidade, movimento e fenômeno periódico são exigidos de maneira indireta, enquanto o conceito de período não chega a ser exigido. Dessa maneira, a presença do conceito de período em um material voltado ao ensino de conceitos introdutórios sobre ondas sonoras, torna-se questionável.

Sobre a existência de outros subsunçores, a análise feita na seção 7.4.2- *Os mapas, os desafios, os tipos de aprendizagem e os subsunçores* (páginas 229 a 234) indica outros conceitos que os alunos devem ter disponíveis em sua estrutura cognitiva para conseguirem aprender significativamente o novo conhecimento e ter sucesso na superação de cada desafio: onda, meio material, propagação e amplitude. Entretanto, não se pode simplesmente transpor todos estes conceitos para o organizador prévio, visto que materiais desta natureza:

[...] são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si mesmo, em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade, para servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber para que esse material fosse potencialmente significativo [...]. (MOREIRA, 2005, p. 16).

Tendo estas características em foco, o único conceito que poderia ser transposto para o organizador prévio, sem prejuízo da abstração, generalidade e inclusividade do mesmo, é o conceito de amplitude, visto que a noção de amplitude é facilmente aplicável a uma série de fatos e fenômenos presentes no cotidiano dos alunos.

As análises e considerações feitas neste capítulo apontam para algumas ações que devem ser realizadas para a elaboração de uma futura versão do material educacional:

- Analisar os possíveis obstáculos epistemológicos sobre a noção de tempo e levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos sobre esse conceito;
- Substituição das questões que exigem a análise do movimento dos ponteiros de um relógio analógico, neste caso, por questões que envolvam outros fenômenos periódicos. Essas questões podem ser

incluídas em outras situações em que os conceitos de frequência e periodicidade sejam fundamentais;

- Remoção do conceito de período do organizador prévio;

CAPÍTULO VII

ANÁLISES DOS MAPAS CONCEITUAIS

Inicialmente é feita uma apresentação dos mapas conceituais, visando apontar sua origem, funções e características principais. São apresentados diversos exemplos de mapas conceituais, como foi feita a apresentação dos mapas aos alunos do grupo experimental e a realização da atividade pelos alunos. A análise privilegia os aspectos qualitativos em busca de indícios de aprendizagem significativa e faz uma aproximação entre os dados obtidos a partir dos mapas conceituais e dos resultados das análises dos desafios.

7.1. Uma breve revisão sobre mapas conceituais

7.1.1. O que é um mapa conceitual?

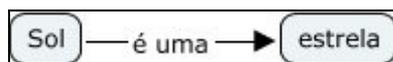
O mapa conceitual é um instrumento que tem as suas origens nos trabalhos desenvolvidos por Novak e seus colaboradores da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos da América, em meados dos anos 70 do século XX (MOREIRA, 2006, p. 44). Novak e seus colaboradores conduziam pesquisas embasadas na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e ao buscarem uma melhor maneira de representar a compreensão conceitual de crianças, acabaram chegando ao instrumento que hoje é conhecido como mapa conceitual (NOVAK; CAÑAS, 2006). Este histórico confirma que os mapas conceituais possuem como fundamento teórico a teoria da aprendizagem significativa (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1987, p. 15).

Mas, para o que servem os mapas conceituais?

Basicamente, um mapa conceitual:

[...] têm por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições. Uma *proposição* consiste em dois ou mais termos conceituais ligados por palavras de modo a formar uma unidade semântica. Na sua forma mais simples, um mapa de conceitos consta apenas de dois conceitos unidos por uma palavra de ligação de modo a formar uma proposição. (NOVAK; GOWIN, 1999, p. 31).

A forma mais simples de um mapa conceitual pode ser vista na figura 46:



**Figura 46 - Mapa conceitual em sua forma mais simples.
Autor: Rodrigo Claudino Diogo.**

Além de representar as relações significativas entre os conceitos, um mapa conceitual confeccionado de acordo com a teoria da aprendizagem significativa deve apresentar uma relação hierárquica entre os conceitos, visto que alguns conceitos são mais gerais ou mais inclusivos que outros (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Mapas conceituais que busquem evidenciar esta hierarquia entre os conceitos devem ser diagramados de maneira a tornar possível o reconhecimento desta hierarquização de conceitos. Mapas que possuam esta característica serão, aqui, denominados mapas conceituais ausubelianos.

A figura 47 exibe um mapa conceitual ausubeliano sobre o tema “computadores”. O mapa da figura 47 é um mapa bidimensional (horizontal e vertical), mas em princípio, os mapas conceituais podem ter “[...] uma, duas ou mais dimensões.” (MOREIRA, 2006, p. 10). Segundo Moreira (loc. cit.) quanto maior o número de dimensões de um mapa conceitual melhor seria a representação da estrutura cognitiva de uma pessoa, sendo os mapas bidimensionais os mais utilizados em decorrência de sua simplicidade e familiaridade, além de fornecerem uma boa representação das relações entre os conceitos. O autor também comenta que os mapas em três dimensões poderiam representar outros fatores que afetam a estrutura cognitiva e que mapas com mais de três dimensões seriam abstrações matemáticas.

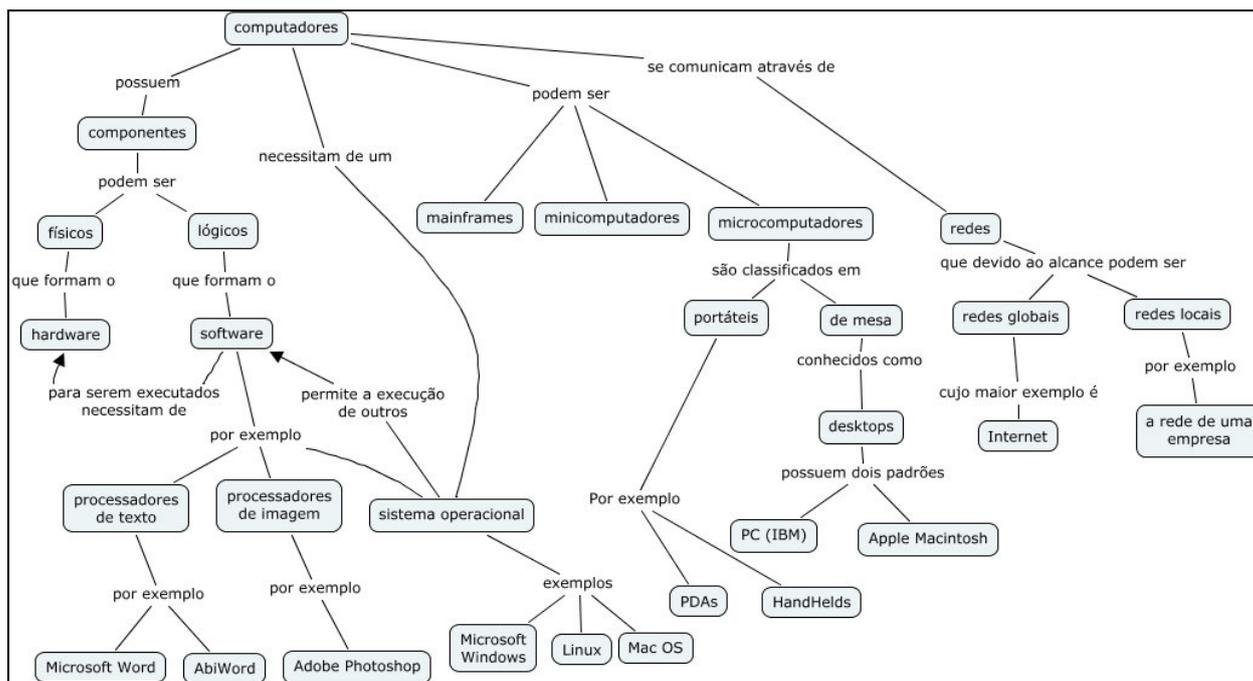


Figura 47 - Mapa conceitual sobre "computadores". Autor: Rodrigo C. Diogo.

No mapa conceitual da figura 47, o conceito mais geral se encontra no topo do mapa e à medida que se caminha do topo para a base do mapa conceitual, os conceitos vão se tornando cada vez mais específicos. Além disso, conceitos que estão em um mesmo nível horizontal possuem o mesmo grau de inclusividade. Todavia, a hierarquia entre os conceitos presente no mapa da figura 47 não é a única possível.

Em verdade, segundo Novak e Gowin (1999, p. 33) um “[...] mesmo conjunto de conceitos pode ser representado em duas ou mais hierarquias válidas.”. Esta multiplicidade na forma de conceber a hierarquia entre os conceitos revela que a confecção de um mapa conceitual é uma tarefa de caráter idiossincrático, na qual diversas pessoas irão elaborar diferentes mapas conceituais sobre um mesmo assunto ou uma mesma área do conhecimento (MOREIRA, 2006, p. 10). As figuras 48 e 49 - adaptadas de Novak e Gowin (1999, p. 34), exibem dois mapas conceituais criados a partir da mesma lista de conceitos e exemplificam esta diversidade na percepção da hierarquia entre conceitos:

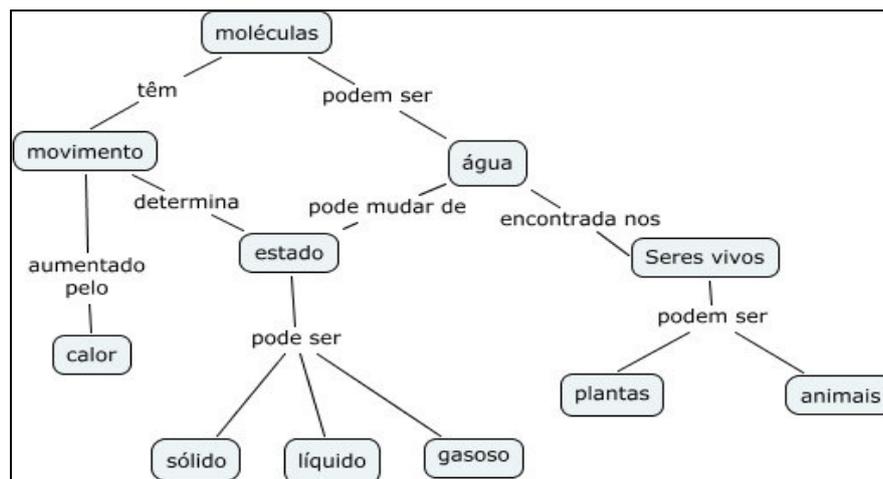


Figura 48 - Primeira configuração do mapa conceitual.



Figura 49 - Segunda configuração do mapa conceitual.

Além do fato de que duas pessoas podem confeccionar mapas diferentes sobre um mesmo assunto, é importante destacar que uma mesma pessoa, em diferentes momentos de sua vida provavelmente irá elaborar diferentes mapas sobre um mesmo assunto, dado que sua estrutura cognitiva se modificará em decorrência de processos de aprendizagem significativa.

Apesar dos mapas conceituais até aqui apresentados utilizarem uma diagramação no estilo “pirâmide” para representar a relação hierárquica entre os conceitos, outras formas de disposição podem ser adotadas. Uma destas formas alternativas pode ser a diagramação em “estrela”, exibida na figura 50:

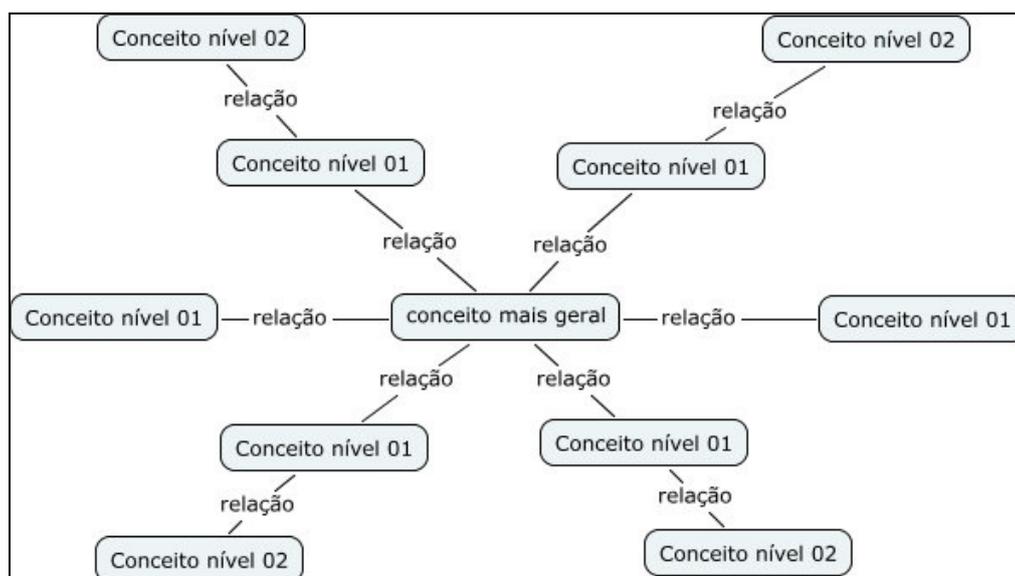


Figura 50 - Mapa conceitual do tipo estrela. Autor: Rodrigo C. Diogo.

7.1.2. Mapas conceituais como instrumento de avaliação

Os mapas conceituais são utilizados com diversas finalidades: para o ensino (GOBARA, 1986), para a avaliação da aprendizagem, na análise e planejamento do currículo (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1987) e na análise de conteúdos (MOREIRA, 2006, p. 26). O uso dos mapas conceituais como instrumento de avaliação permite que se obtenham informações sobre como os alunos relacionam determinados conceitos, por meio da hierarquia e das proposições entre os conceitos que estão representados no mapa conceitual (Ibid., p. 17-18).

A avaliação dos mapas conceituais é feita, preferencialmente, de maneira qualitativa mas, às vezes, o pesquisador ou o professor necessita de critérios mais objetivos para avaliar os mapas conceituais de seus alunos, isto é, atribuir um escore ao mapa a partir de um esquema de pontuação baseado em alguns critérios que devem ser estabelecidos a priori pelo pesquisador ou professor. Considera-se entre outros critérios, algumas das idéias da teoria da aprendizagem significativa (NOVAK; GOWIN, 1999, p. 113-120), a saber:

1. Organização hierárquica da estrutura cognitiva: o mapa conceitual deve exibir uma estrutura hierárquica, representando a relação de generalidade-especificidade existente entre os conceitos;

2. Diferenciação progressiva dos conceitos: o mapa revela o quanto os conceitos se encontram diferenciados, a partir das relações preposicionais que o conceito apresenta;
3. Reconciliação integradora, ou integrativa: as reconciliações integradoras feitas pelos alunos podem ser sugeridas pelas ligações transversais que existem entre conceitos de diferentes ramos conceituais. A reconciliação integradora favorece a diferenciação progressiva dos conceitos relacionados.

Neste trabalho, entretanto, os mapas conceituais serão utilizados como um instrumento de avaliação qualitativa para analisar a aprendizagem dos alunos que utilizaram o ambiente virtual e para identificar eventuais dificuldades e/ou obstáculos à aprendizagem dos conceitos fundamentais que são discutidos nos desafios.

7.2. A atividade de elaboração do mapa conceitual: *Fazendo um mapa...*

Os alunos do grupo experimental, após finalizarem os desafios presentes no ambiente virtual tiveram acesso a uma nova atividade: a confecção de um mapa conceitual. Esta atividade foi proposta com o intuito de auxiliar na investigação sobre a aprendizagem dos alunos.

A atividade ficou disponível aos alunos por meio de um link indicado na seção de desafios, na página principal do ambiente virtual (figura 9, página 79). Ao clicar no link da atividade, é exibida a tela contendo as instruções e a lista de conceitos selecionados para a confecção de um mapa conceitual. A figura 51 exibe a parte inicial das instruções fornecidas aos alunos:



Para chegar até aqui você superou vários desafios.

Agora você vai encarar um desafio diferente daqueles que você já enfrentou.

Você irá construir um mapa conceitual!!!!

Basicamente um mapa conceitual é um diagrama que mostra relações entre conceitos.

Para construir este mapa você vai utilizar uma lista com alguns conceitos importantes que você teve a oportunidade de conhecer enquanto encarava os desafios. Mas, caso você se lembre de outro conceito importante, pode colocá-lo no seu mapa conceitual.

Figura 51 - Texto inicial da página principal da atividade *Fazendo um mapa...*

Na mesma página em que se encontram as instruções da figura 51 são fornecidos aos alunos a lista de conceitos e os links para exemplos e orientações sobre a elaboração de mapas conceituais:

<p>Lista de conceitos: agudo, amplitude, audição, decibel, fenômeno, frequência, grave, infra-som, intensidade sonora, matéria, meio material, movimento, onda, periódico, período, propagação, som, surdez, ultra-som e vibração.</p> <p>Em caso de dúvidas, chame o professor.</p>	<p>Se você quiser ver alguns exemplos de mapas conceituais, utilize este link: exemplos; e se quiser ver algumas orientações gerais sobre os mapas, é só acessar.</p> <p>Aqui você encontra um mapa conceitual sobre instrumentos musicais.</p>
---	---

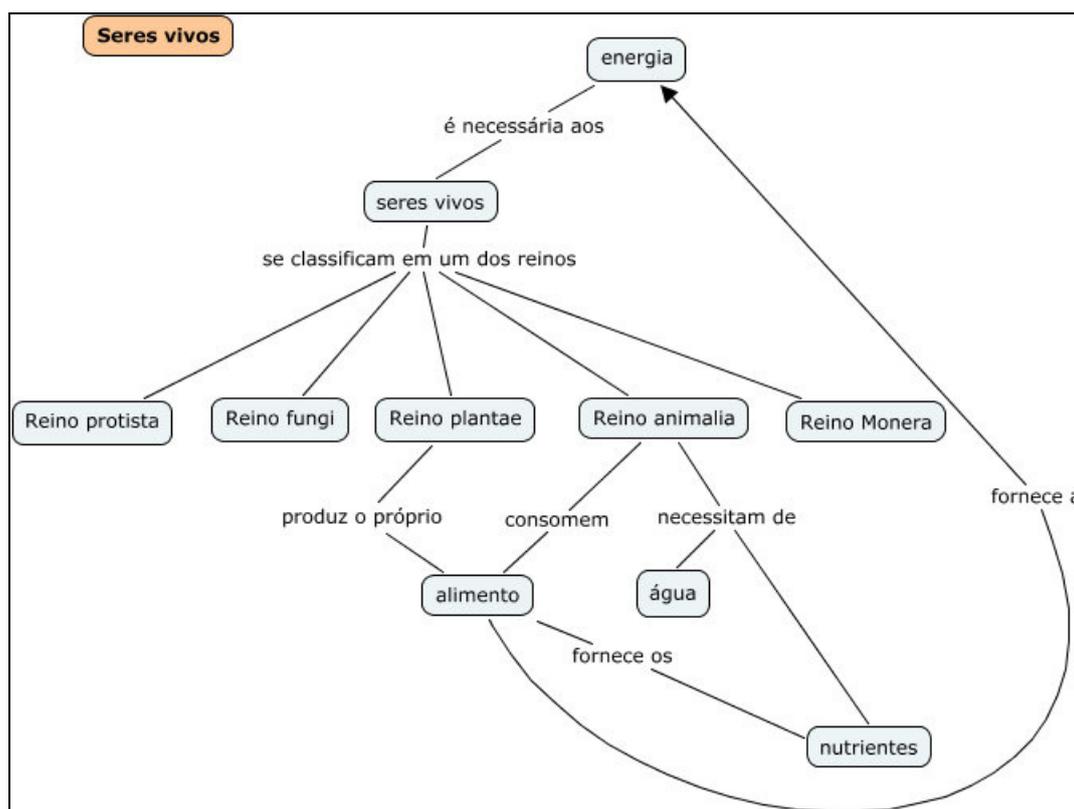
Figura 52 - Texto final da página principal da atividade *Fazendo um mapa...*

Conforme pode ser visto na figura 52, a lista de conceitos que foi fornecida aos alunos é composta dos seguintes conceitos: agudo, amplitude, audição, decibel, fenômeno, frequência, grave, infra-som, intensidade sonora, matéria, meio material, movimento, onda, periódico, período, propagação, som, surdez, ultra-som e vibração.

Para auxiliar os alunos na confecção de seus mapas foram disponibilizados alguns exemplos de mapas e algumas orientações para confecção dos mesmos. Os exemplos de mapas conceituais podem ser vistos nas figuras 53 e 54. Além destes dois mapas, o mapa apresentado na figura 47 (página 208) também foi utilizado como exemplo.



Figura 53 - Exemplo de mapa conceitual para a atividade *Fazendo um mapa...* (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1987, p. 30)



**Figura 54 - Exemplo (2) de mapa conceitual (atividade *Fazendo um mapa...*).
Autor: Rodrigo C. Diogo.**

A ferramenta utilizada pelos alunos para confecção dos mapas conceituais foi o software CmapTools do *Institute for Human and Machine Cognition* e que pode ser obtido gratuitamente em <http://cmap.ihmc.us/>.

Como os alunos não conheciam os mapas conceituais e não sabiam como construir um mapa conceitual, foi feita uma breve exposição oral - com duração aproximada de 15 minutos, com o auxílio de um datashow, sobre os seguintes tópicos: a) o que são e para que servem os mapas conceituais?; e b) como construir um mapa conceitual?. Além disso, um pequeno mapa conceitual sobre o sistema solar foi elaborado com o auxílio dos estudantes, para mostrar aos alunos como utilizar o CmapTools para construir um mapa conceitual.

Os alunos também poderiam utilizar uma página com algumas orientações sobre a construção de mapas conceituais, que pode ser vista na figura 55. Estas orientações foram formuladas a partir das recomendações dadas por Moreira (2006, p. 43.).

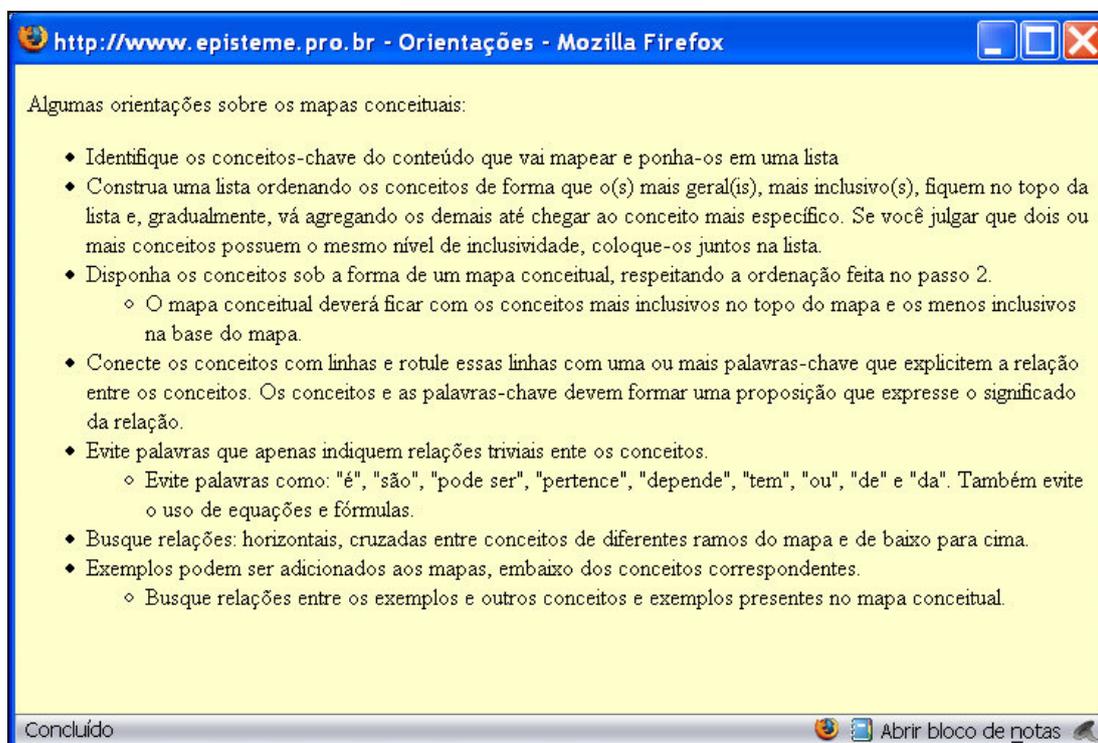


Figura 55 - Orientações para confecção de um mapa conceitual.

Outro exemplo também foi disponibilizado aos alunos: um mapa conceitual sobre a classificação de instrumentos musicais. Este mapa foi confeccionado com base nas informações contidas nas obras de Henrique (2002, p. 713-730; 2004, p. 12-19).

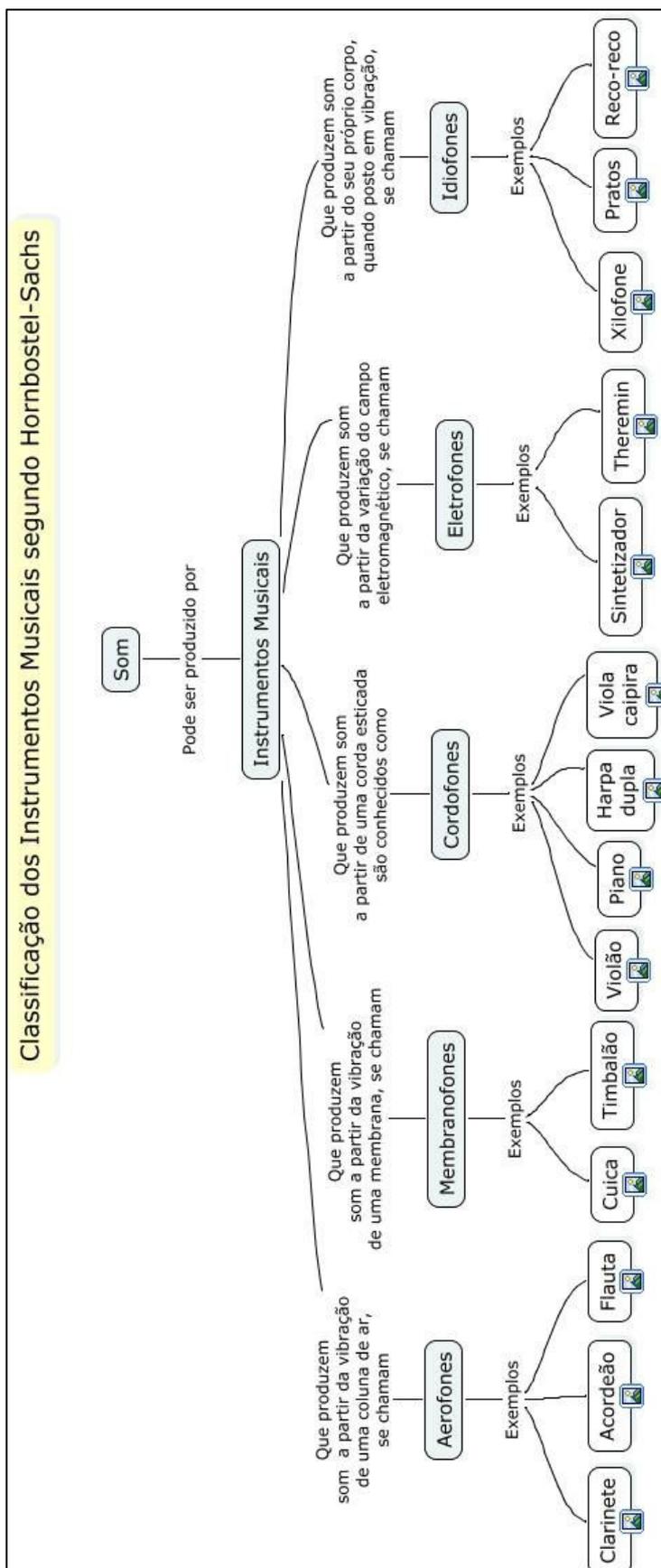


Figura 56 - Exemplo (3) de mapa conceitual (atividade *Fazendo um mapa...*).
 Autor: Rodrigo C. Diogo.

7.3. A realização da atividade *Fazendo um mapa...*

Após a breve explanação sobre os mapas conceituais, o CmapTools e a confecção do mapa conceitual sobre o sistema solar, os alunos iniciaram a confecção de seus mapas usando o CmapTools. O modelo de mapa apresentado aos alunos foi o ausubeliano (vide os exemplos citados) e, portanto, eles foram esclarecidos que o conceito identificado por eles como o mais importante, o mais abrangente deveria ser colocado no topo do mapa conceitual e que os demais conceitos deveriam ser colocados abaixo deste, de forma a respeitar o grau de abrangência (importância), e quanto mais em baixo, ou próximo da base (da pirâmide) eles deveriam colocar o conceito mais específico, particular, ou exemplos.

A observação da realização da atividade revela alguns dados interessantes e que merecem ser apresentados.

O início da atividade acabou exigindo que os alunos adotassem uma estratégia que permitisse o manuseio simultâneo do navegador de Internet - em que se encontrava a lista de conceitos, e a janela de edição do CmapTools - em que o mapa conceitual é confeccionado. A janela de edição do CmapTools pode ser vista na figura 57:

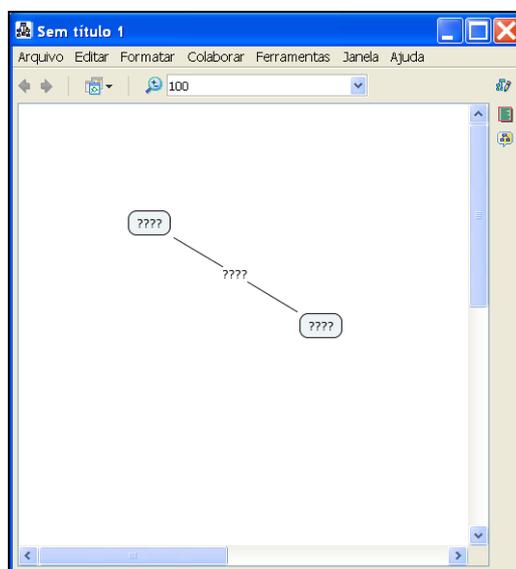


Figura 57 - Janela de edição do CmapTools.

Os alunos adotaram diferentes estratégias para superar essa dificuldade operacional. A maioria dos alunos manteve ambas as janelas maximizadas e alternava entre as janelas do navegador da internet e a janela de edição do

CmapTools, para tentar criar os conceitos presentes na lista fornecida a eles. Um exemplo da tela do computador de um aluno que fez uso desta estratégia pode ser vista na foto 4, que exibe a janela do CmapTools maximizada e a janela do navegador de Internet minimizada na barra de tarefas (retângulo vermelho e tracejado na parte inferior da foto).

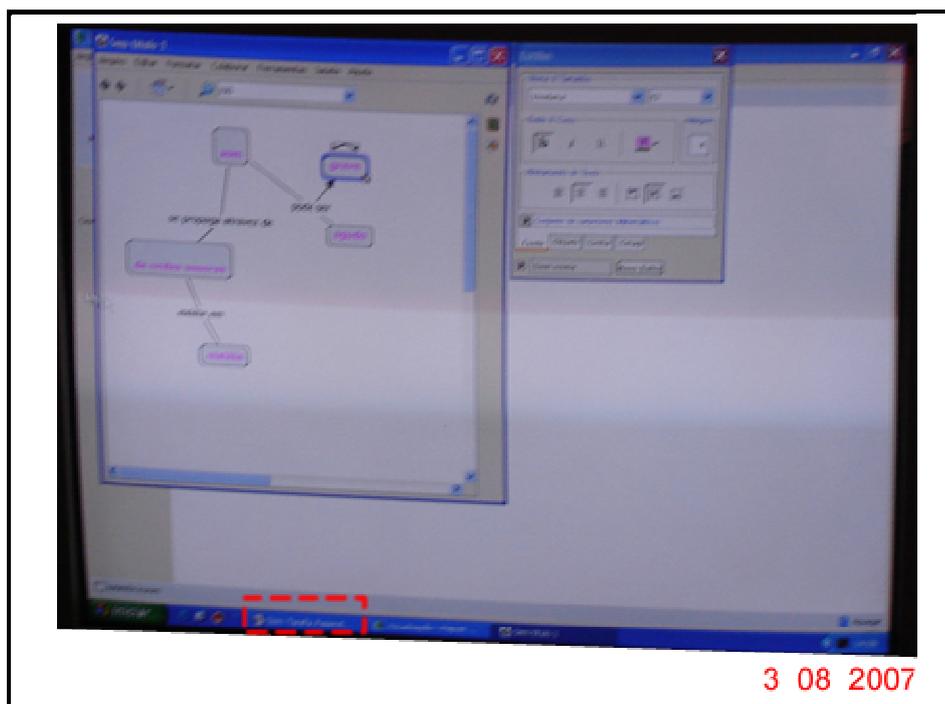


Foto 4 - Alternância entre janelas para confecção dos mapas.

A adoção desta estratégia pode tornar o processo de construção do mapa conceitual mais demorado, mas não pode ser considerado como um fator que impossibilite a confecção do mesmo. Deve ser interpretada mais como uma falta de perícia ao ter que trabalhar em uma situação que exija a utilização simultânea de dois ou mais programas.

Outra estratégia adotada por alguns alunos (E02, E03 e E10), foi a de dispor lado-a-lado as janelas do CmapTools e do ambiente virtual (com a lista dos conceitos). Um exemplo desta estratégia se encontra na foto 5:

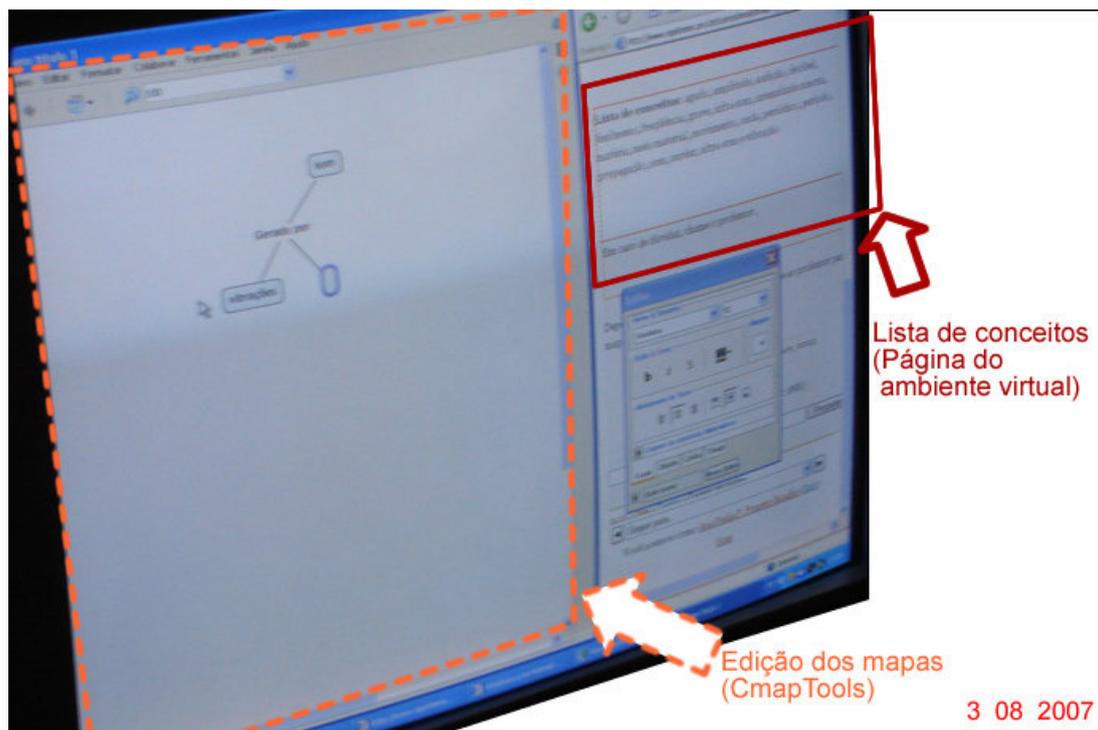


Foto 5 - Simultaneidade das janelas de edição dos mapas e do ambiente.

Esta estratégia possibilita maior agilidade na criação dos conceitos na janela de edição do CmapTools, pois não há a necessidade de alternar entre a janela do CmapTools e a janela do ambiente virtual. A escolha por esta maneira de trabalhar indica uma maior familiaridade com o uso de dois ou mais programas simultaneamente.

Com relação à utilização do CmapTools, os alunos apresentaram algumas dificuldades, tais como: não conseguir criar a linha de relação entre os conceitos ou não conseguir desenhar uma relação que se inicie em um conceito e termine em mais de um conceito. Estas dificuldades foram prontamente eliminadas por meio de intervenções feitas pelo professor pesquisador junto aos alunos que solicitaram ajuda ou aos alunos em que se verificou que estavam com alguns problemas na utilização do programa.

Durante a realização da atividade *Fazendo um mapa...* os alunos questionavam constantemente se o seu mapa conceitual estava correto e o que eles deveriam fazer para confeccionarem seus mapas de maneira a serem considerados como mapas corretos. Estes questionamentos revelam que os alunos ao realizarem esta atividade estavam preocupados em não fazê-la de uma forma incorreta, mesmo depois que foram esclarecidos de que os mapas conceituais não seriam avaliados como certos ou errados.

Esta necessidade de realizar a tarefa de maneira correta indica a presença de dois elementos constituintes da motivação: o impulso cognitivo e a motivação pelo engrandecimento do ego (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 332-337). Segundo estes autores, para o impulso cognitivo - que é considerado o elemento mais importante na motivação, ser bem sucedido em uma tarefa de aprendizagem se constitui na própria recompensa da tarefa. A manifestação do desejo em saber se os mapas estavam certos ou errados sugere que os alunos estavam em busca da recompensa exigida pelo impulso cognitivo. Além disso, ser bem sucedido em determinada atividade pode fazer com que o aluno se reconheça competente e habilidoso, satisfazendo as necessidades decorrentes da motivação pelo engrandecimento do ego. Isto sugere que os alunos se mantiveram motivados durante todo o curso e que o material educacional não atuou como um fator desmotivador para eles. A análise feita no *CAPÍTULO VIII - Cartazes, Opiniões, Motivação e Satisfação* confirma este indicio, ao evidenciar que o ambiente virtual foi motivador e que os alunos ficaram extremamente satisfeitos com o ambiente a metodologia de uso do mesmo.

Outro aspecto que merece ser analisado é que vários alunos exclamavam frases do tipo: “*Nossa parece que eu não sei nada!*” ou “*Eu deveria ter prestado mais atenção aos desafios!*”. Estas frases indicam que os alunos estavam tendo dificuldade para expressar o seu conhecimento sob a forma de um mapa conceitual. Como foi fornecida uma lista de conceitos aos alunos, esta dificuldade parece estar relacionada ao ato de explicar e expressar conceitualmente a relação entre os conceitos apresentados. Essa dificuldade pode ser interpretada pela falta de se trabalhar e avaliar conceitualmente os conhecimentos científicos, principalmente nas matérias de física no ensino médio, tal qual se faz ao usar um mapa conceitual.

Conforme relatam Novak e Gowin (1999, p. 44-50), entretanto, definir as palavras que expressam as relações entre os conceitos é um problema pelo qual eles mesmos passaram. Primeiro pela suposição de que as palavras não seriam necessárias e, depois, pela dificuldade em escolher qual a palavra mais adequada, já que dois conceitos normalmente podem ser ligados de duas ou três formas válidas. Ainda sobre a relação entre dois conceitos Moreira (2006, p.46) afirma que “[...] não é fácil achar uma palavra-chave que expresse uma relação significativa entre dois conceitos.”. Assim, é compreensível que, a falta de experiência na elaboração de mapas conceituais possa representar uma dificuldade na elaboração dos mesmos.

As manifestações de perplexidades dos alunos em relação aos seus conhecimentos sugerem também que a confecção de mapas como instrumentos avaliativos podem levar os alunos a se auto-avaliarem.

7.4. Análise qualitativa

Os mapas confeccionados pelos alunos do grupo experimental foram analisados individualmente. Para diferenciar os mapas dos alunos as letras MC foram adicionadas ao código adotado para as análises dos desafios. Assim, os mapas dos alunos E01 e E02 são indicados, respectivamente, por MC-E01 e MC-E02.

A primeira análise realizada foi fundamentada na noção de proposição, sendo que neste trabalho, foi considerada como proposição a unidade semântica formada por dois conceitos e a ligação entre eles. Dessa forma uma relação proposicional pode ser assim representada: $C_A - R - C_B$. Nesta representação C_A e C_B são os conceitos e R é a relação – significativa, entre eles.

Vale ressaltar que as relações entre conceitos (R) podem apresentar, ou não, frases de ligação, conforme pode ser visto nos exemplos fornecidos por Moreira (2006, p. 33-38). Apesar de ser recomendável a utilização de frases de ligação (NOVAK; GOWIN, 1999, p. 50), a opção por utilizar, ou não, fica a critério do autor do mapa.

A partir destas considerações, a análise buscou verificar como os alunos expressavam as relações e se as relações proposicionais presentes nos mapas confeccionados pelos alunos estavam em conformidade, ou não, com as leis e conhecimentos físicos relacionados ao conteúdo de ondas sonoras.

Para esta análise as relações consideradas como corretas foram estilizadas com uma linha contínua e de cor azul, enquanto as relações consideradas incorretas foram estilizadas como uma linha tracejada e de cor vermelha. A figura 58 exibe um mapa conceitual após a análise e verificação de validade de suas proposições, do ponto de vista dos conhecimentos sobre ondas vistos nos desafios, e a conseqüente estilização das relações:

O grupo mais numeroso foi o formado pelos mapas considerados como seqüenciais: MC-E01, MC-E03, MC-E09, MC-E13, MC-E15, MC-E16, MC-E20, MC-E24 e MC-E25. Os mapas considerados proposicionais foram: MC-E02, MC-E11, MC-E14, MC-E18 e MC-E23, constituindo o segundo maior grupo. Os mapas MC-E05 e MC-E19 pertencem ao grupo outros e o mapa MC-E10 foi o único categorizado como misto. Todos os mapas elaborados pelos alunos se encontram no Anexo I.

A figura 59 apresenta um exemplo de mapa conceitual seqüencial. Uma das frases que pode ser lida no mapa desta figura é: “*Meio material pode estar em movimento, exemplo onda, que produz som que pode dar início a uma amplitude.*”.

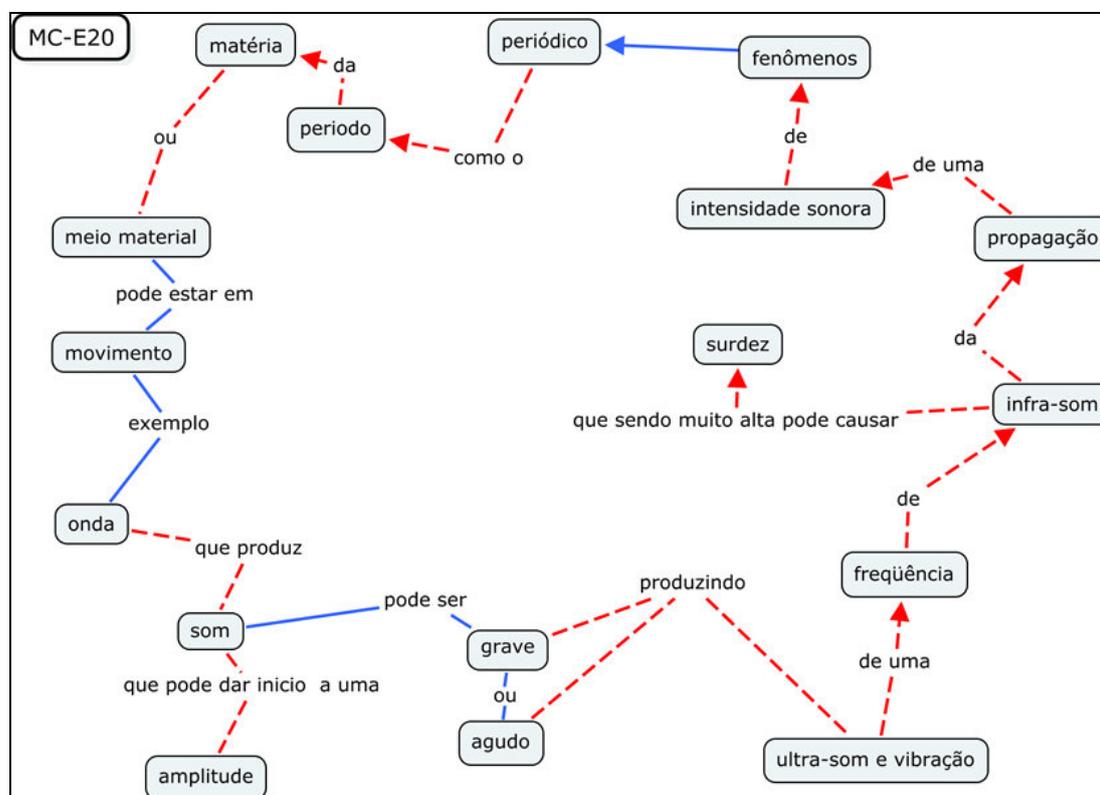


Figura 59 - Mapa conceitual do tipo seqüencial (MC-E20).

A figura 60 exibe um exemplo de mapa proposicional:

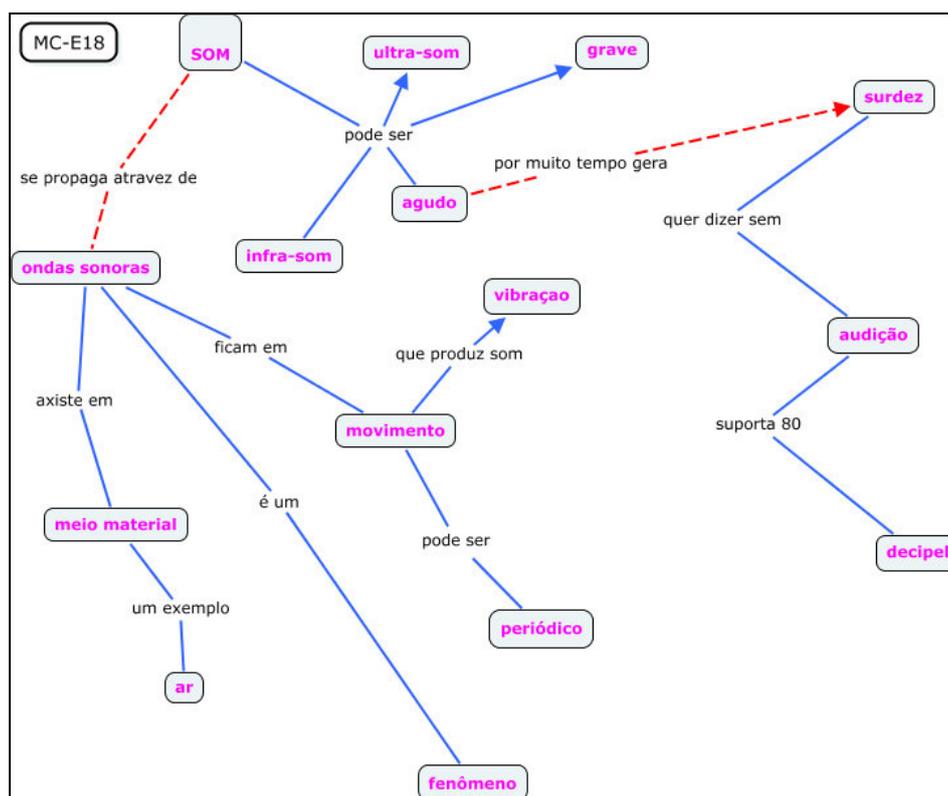


Figura 60 - Mapa conceitual do tipo proposicional (MC-E18).

Algumas proposições válidas presentes no mapa MC-E18 (figura 60) são: “ondas sonoras existe em meio material” e “som pode ser ultra-som”.

A análise da modelagem das relações entre os conceitos revelou, também, a existência de diversas seqüências (**frases**) de conceitos que, apesar de serem formadas por proposições ($C_A - R - C_B$) incorretas, estavam de acordo com as leis físicas que descrevem os fenômenos sonoros. Para exemplificar esta situação, a figura 61 apresenta um trecho do mapa conceitual elaborado pelo aluno E09 no qual existe uma frase válida que é composta por proposições válidas, por exemplo: “som é um tipo de onda”, e por proposições inválidas, por exemplo: “audição como surdez”. As setas indicam, apenas, a direção de leitura da frase.

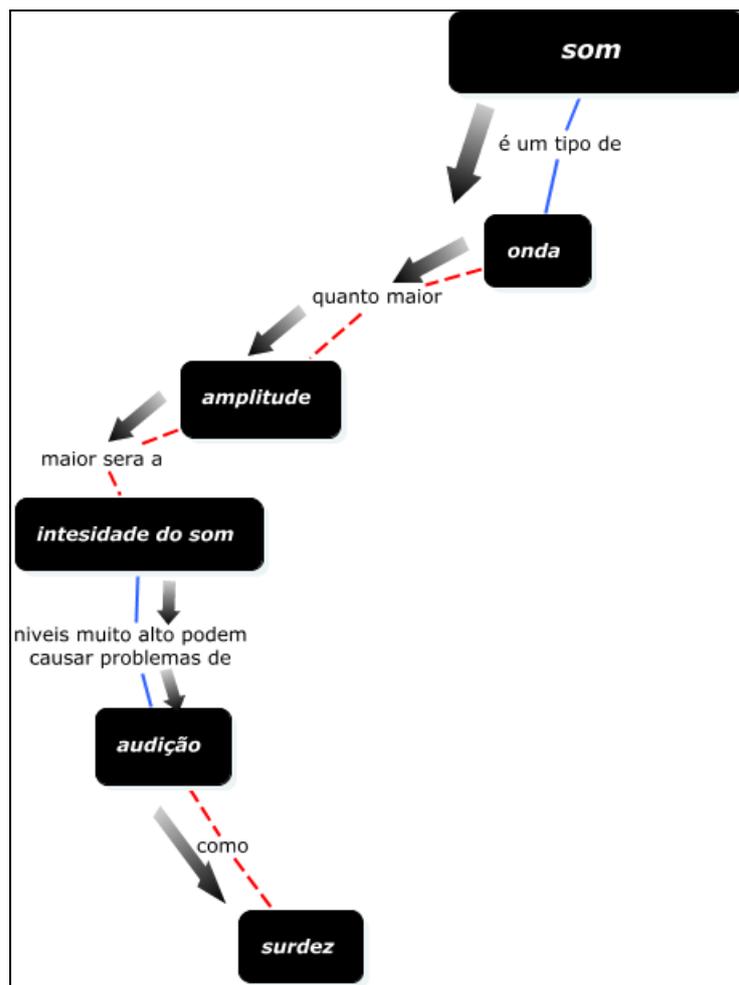


Figura 61 - Exemplo de frase válida formada por proposições válidas e inválidas.

É interessante notar que nenhum mapa conceitual elaborado pelos alunos foi confeccionado de maneira exclusivamente seqüencial ou proposicional. Isto sugere que quando o aluno não conseguia expressar a relação entre os conceitos a partir de uma proposição, ele utilizava a modelagem seqüencial, para criar uma frase que pudesse ser lida.

A predominância da representação seqüencial e a presença desta modelagem mesmo em mapas proposicionais apontam para a tendência de confecção do mapa conceitual como um diagrama de fluxo. Segundo Moreira (2006, p. 45-46), mapas construídos como diagramas de fluxo se preocupam em tornar possível a leitura das associações entre os conceitos, buscando a formação de frases ou seqüências de conceitos, e não são capazes de representar a estrutura cognitiva do indivíduo. Moreira (loc. cit.) ainda ressalta que ao se fazer um mapa conceitual sobre um determinado material educacional, as pessoas tendem a fazê-lo de maneira que o material possa ser lido através do mapa. No caso das situações em que os alunos

fizeram uso da modelagem seqüencial, provavelmente, estariam objetivando representar a seqüência de como estes conceitos aparecem nos desafios.

Esta dificuldade em utilizar os mapas conceituais para expressar relações proposicionais significativas, sem a utilização de seqüências de conceitos (frases), indica que a construção de mapas conceituais ausubelianos é uma tarefa difícil para os alunos.

7.4.1. Os mapas conceituais e o conteúdo dos desafios

Os desafios constituem o núcleo do ambiente virtual e, por meio deles, os alunos tiveram a possibilidade de construírem diversos conhecimentos introdutórios sobre a Física do Som. O pós-teste a que os alunos foram submetidos foi feito com o objetivo de investigar da forma tradicional a aprendizagem dos alunos. Dentre os conhecimentos introdutórios sobre a Física do Som que estão presentes no material educacional que foi oferecido aos alunos, alguns podem ser considerados como fundamentais:

- O som é um tipo de onda e como os outros tipos de onda não transporta matéria ao se propagar;
- O som necessita de um meio material para se propagar;
- Uma das características do som é a freqüência. O ser humano, em média, só consegue ouvir os sons que possuem freqüência entre 20Hz e 20.000Hz, um som com freqüência menor do que 20Hz é denominado infra-sons e um som com freqüência superior a 20.0000Hz é chamado de ultra-som. A comparação entre dois sons audíveis de diferentes freqüências permite avaliar um som como mais grave, ou mais agudo, que o outro.
- Uma das características do som é a intensidade sonora, que depende da amplitude da onda sonora³³. A intensidade sonora costuma ser medida em *bel* ou em *decibels* (submúltiplo do bel) e sons com intensidades sonoras elevadas podem causar problemas auditivos, em função do tempo de exposição ao som.

³³ A rigor, a intensidade sonora depende da amplitude e da freqüência da fonte sonora e, também, da distância entre a fonte sonora e o observador. Entretanto, no ambiente virtual foi explorada apenas a dependência para com a amplitude da onda sonora.

Estes conhecimentos podem ser expressos por um mapa conceitual construído a partir da lista fornecida aos alunos (vide figura 52, página 212). O mapa de referência - figura 62, representa apenas uma das possíveis configurações para um mapa conceitual feito a partir da lista que foi disponibilizada aos alunos e do conteúdo do material educacional. Assumindo-se que a lista de conceitos permite explicitar os conhecimentos considerados fundamentais, o mapa conceitual feito pelos alunos pode contribuir para avaliar qualitativamente a aprendizagem ao permitir uma estimativa dos conhecimentos aprendidos pelos alunos por meio das relações estabelecidas (proposições) entre os conceitos que aparecem em seu mapa.

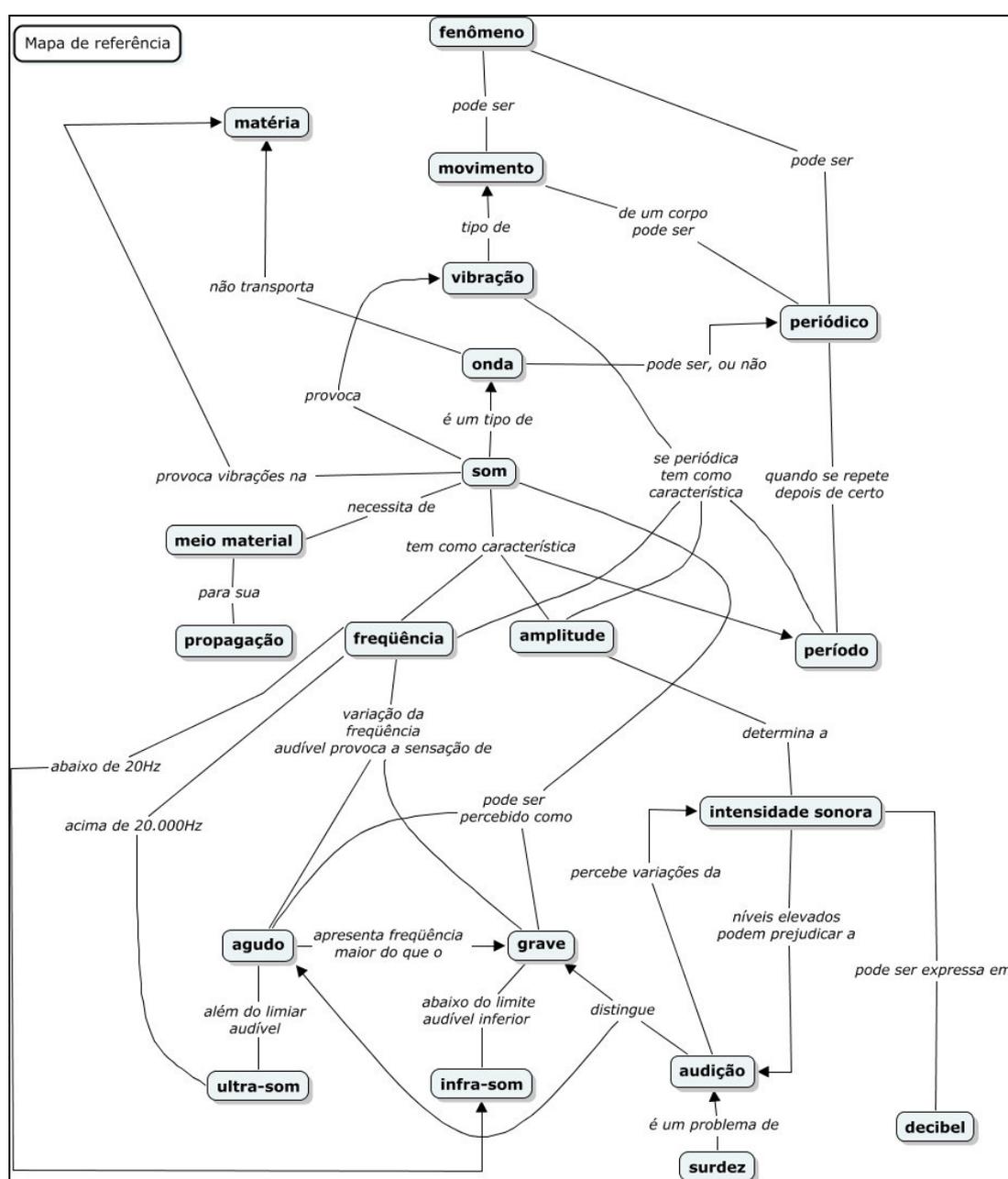


Figura 62 - Mapa conceitual de referência.

A análise dos mapas conceituais elaborados pelos alunos se concentrou nos conhecimentos considerados fundamentais e foi feita a partir da verificação da presença dos conceitos, características e propriedades que são atribuídas às ondas sonoras expressas por frases ou proposições identificadas abaixo:

- O som é um tipo de onda;
- O som não transporta matéria ao se propagar;
- O som necessita de um meio material para se propagar;
- A frequência é uma característica do som;
- Há uma relação entre infra-som e frequência;
- Há uma relação entre ultra-som e frequência;
- Há uma relação entre grave e frequência;
- Há uma relação entre agudo e frequência;
- A intensidade sonora é uma característica do som;
- Há uma relação entre amplitude e intensidade sonora;
- Níveis elevados de intensidade sonora podem causar problemas auditivos.

Para cada um destes itens foi assinalada uma das seguintes alternativas:

1. *Não foi identificado*: o item não foi identificado no mapa conceitual;
2. *Modelado como proposição*: o item se encontra modelado como uma proposição;
3. *Modelado como frase*: o item se encontra modelado como uma frase;
4. *Modelado na estrutura*: o item está presente no mapa, mas não foi modelado nem como frase, nem como proposição.

A ficha de verificação da presença dos conhecimentos nos mapas conceituais encontra-se no anexo J. A partir desta ficha foi obtido o gráfico 5. Os itens de verificação de conteúdo estão representados por letras, a saber: **A** = o som é um tipo de onda; **B** = o som não transporta matéria ao se propagar; **C** = o som necessita de um meio material para se propagar; **D** = a frequência é uma característica do som; **E** = há uma relação entre infra-som e frequência; **F** = há uma relação entre ultra-som e frequência; **G** = há uma relação entre grave e frequência; **H**

= há uma relação entre agudo e freqüência; **I** = a intensidade sonora é uma característica do som; **J** = há uma relação entre amplitude e intensidade sonora; e **K** = níveis elevados de intensidade sonora podem causar problemas auditivos.

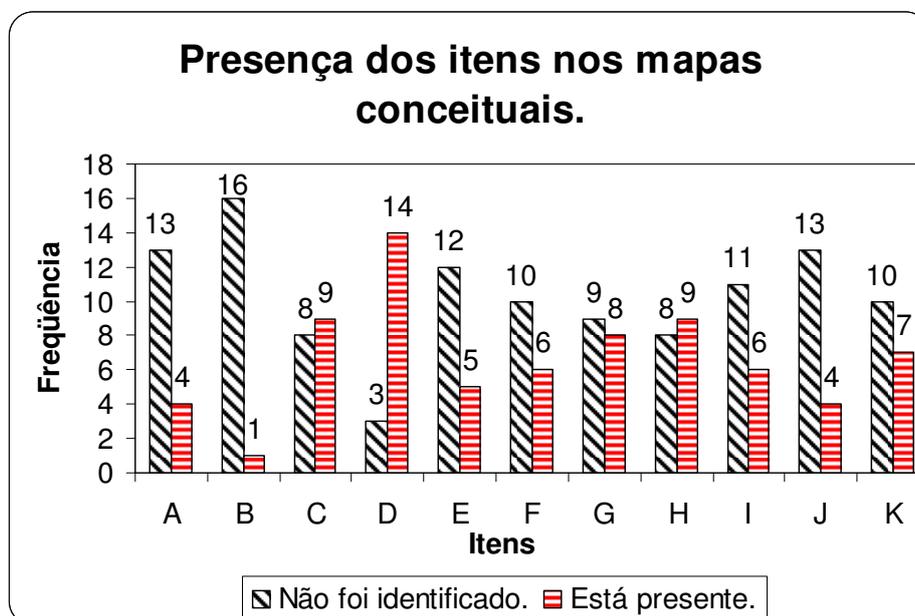


Gráfico 5 - Presença dos itens de conteúdo nos mapas conceituais.

Mesmo que um mapa conceitual seja uma representação provável da estrutura cognitiva do indivíduo e que expressar a relação entre os conceitos é uma atividade não trivial, os resultados da verificação da presença de conteúdo nos mapas conceituais elaborados pelos alunos sugerem alguns dados interessantes.

Considerando que a freqüência média dos conhecimentos nos mapas conceituais é igual a 6,64, o gráfico 5 indica que os seguintes conteúdos foram, em média, mais bem assimilados pelos alunos: a) a necessidade de um meio material para a propagação do som (item C); b) a freqüência é uma característica do som (item D); c) a freqüência está relacionada aos conceitos de grave e agudo (itens G e H) e d) níveis elevados de intensidade sonora podem causar problemas auditivos (item K).

Como o objetivo de identificar as possíveis causas das diferenças de freqüência apresentadas pelo gráfico 5, a próxima seção busca encontrar relações entre os tipos de aprendizagem que cada desafio propicia aos alunos, os conceitos subsunçores necessários a cada conhecimento e as freqüências indicadas pelo gráfico 5. A penúltima seção objetiva uma aproximação entre as análises dos desafios e dos mapas conceituais.

7.4.2. Os mapas, os desafios, os tipos de aprendizagem e os subunçores

O desafio *O pernilongo e os sons* é o responsável pelos conceitos de frequência sonora, agudo, grave, ultra-som e infra-som. Estes conceitos estão diretamente relacionados aos seguintes itens³⁴ do gráfico 5: D, E, F, G e H. Para conseguir aprender significativamente estes conceitos, o aluno deve percorrer a trilha que compõe o desafio *O pernilongo e os sons* realizando as atividades apresentadas nas páginas desta trilha. Algumas destas páginas exigem que o aluno faça uso do simulador de ondas sonoras para conseguir responder a pergunta que é feita ao aluno. O simulador e os recursos que são utilizados neste desafio podem ser vistos na figura 63:

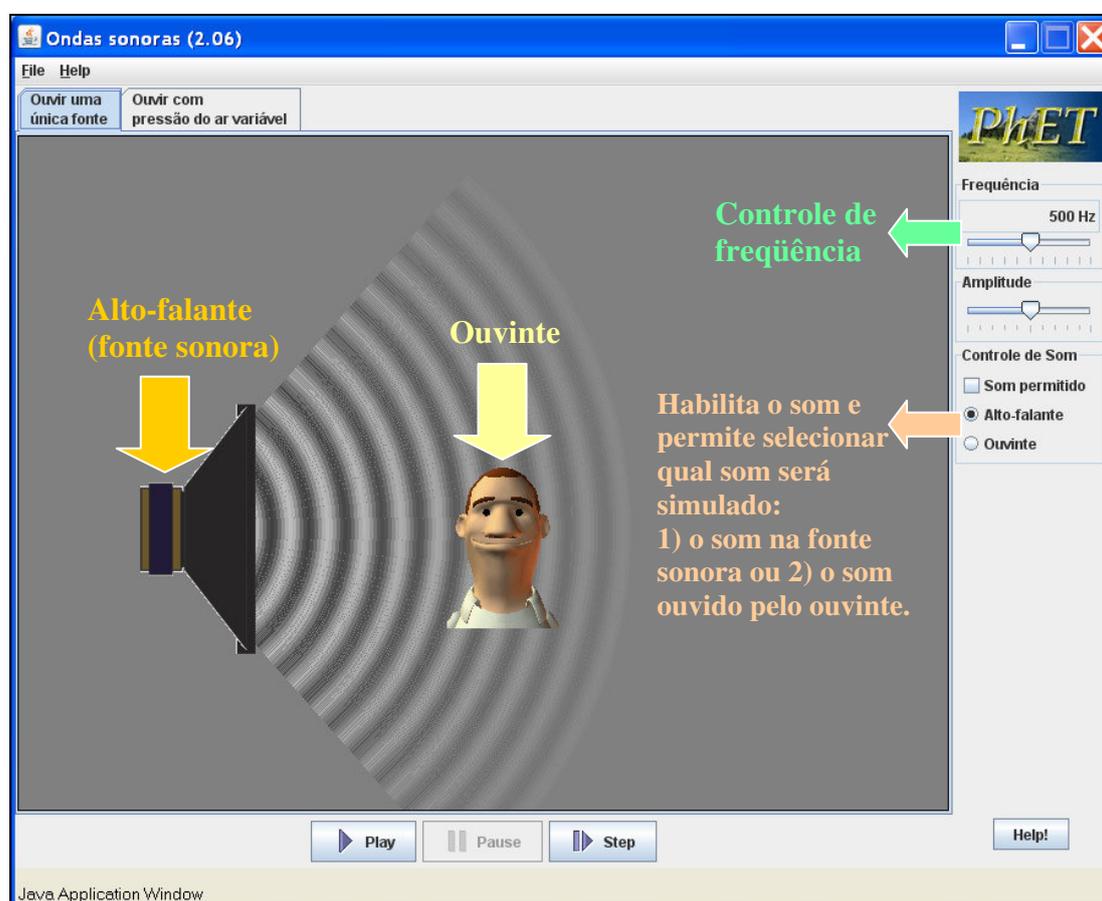


Figura 63 - Simulador de ondas sonoras (desafio *O pernilongo e os sons*).

As páginas da trilha do desafio nas quais o aluno deve utilizar o simulador de ondas sonoras para responder a uma pergunta, propiciam situações para que o aluno além de compreender que a frequência é uma característica do som (item D, do

³⁴ Os itens estão definidos na página 227.

gráfico 5), também estabeleça a relação entre a frequência sonora e os conceitos de grave e agudo (itens G e H, do gráfico 5). Essa relação pode ser construída por meio da seleção de diversos valores para a frequência do som que é emitido pelo simulador de ondas sonoras. A compreensão destes conhecimentos caracteriza um processo de aprendizagem por descoberta, que segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 20) tem como característica essencial o fato de que:

[...] o conteúdo principal daquilo que vai ser aprendido não é dado, mas deve ser descoberto pelo aluno antes que possa ser significativamente incorporado à sua estrutura cognitiva. A tarefa prioritária deste tipo de aprendizagem, em outras palavras, é descobrir algo [...].

Os conhecimentos sobre ultra-som e infra-som (itens E e F do gráfico 5) são apresentados ao aluno de uma maneira que ele não necessita descobrir nenhuma relação entre variáveis ou realizar procedimentos investigativos. Assim, para aprender de maneira significativa estes conceitos, o aluno deve realizar uma tarefa de aprendizagem por recepção (Ibid., p. 21). Entretanto, deve ser salientado que uma aprendizagem por recepção não é sinônimo de passividade por parte dos alunos, pois estes devem realizar uma interação entre o que eles já sabem e o que estão aprendendo (MOREIRA, 2006, p. 23). Dessa maneira, no desafio *O pernilongo e os sons*, existem atividades, situações que podem ser classificadas como tarefas de aprendizagem por recepção ou por descoberta. Os conceitos de frequência sonora, grave e agudo estão associados a tarefas de aprendizagem por descoberta, enquanto os conceitos de ultra-som e infra-som estão associados a tarefas de aprendizagem por recepção.

O conhecimento de que é necessário um meio material para a propagação do som (item C do gráfico 5) está presente no desafio *O jogo do erro*. As atividades presentes na trilha deste desafio podem levar o aluno à realização de um processo de aprendizagem por descoberta. Esta aprendizagem por descoberta pode acontecer quando o aluno deve utilizar o simulador de ondas sonoras para verificar que na presença de meio material há a propagação do som e que na ausência do meio material, o som não se propaga. O simulador de ondas sonoras e os controles utilizados neste desafio podem ser vistos na figura 64:

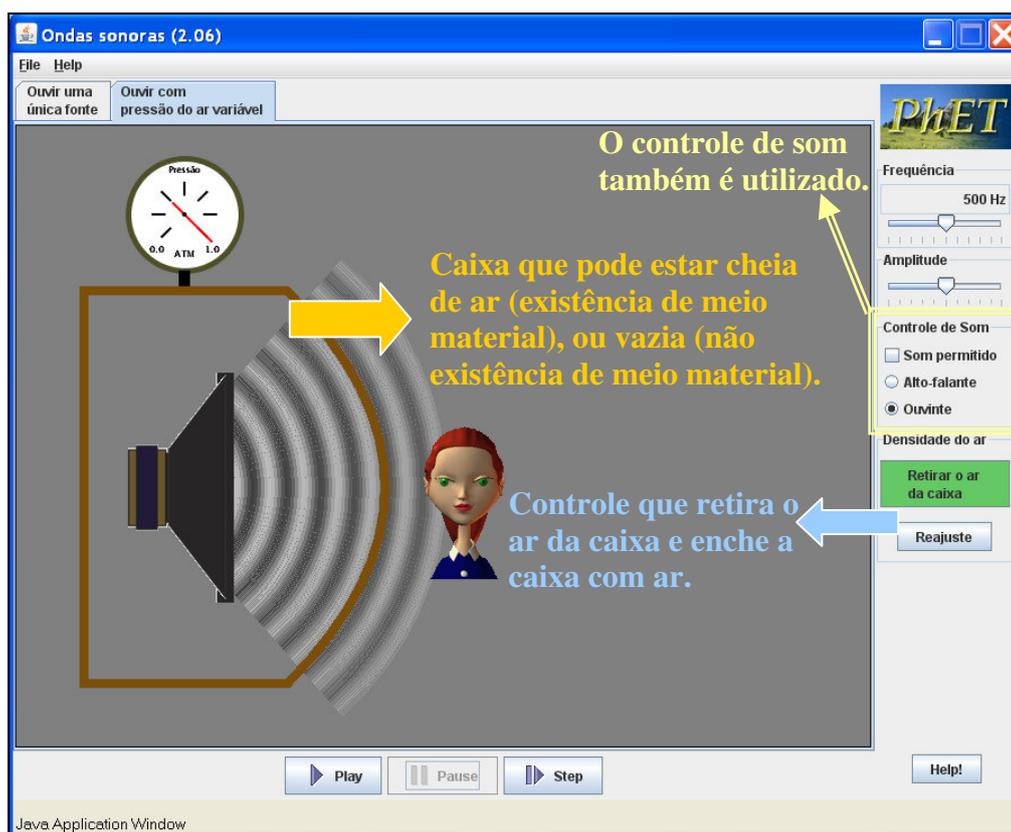


Figura 64 - Simulador de ondas sonoras (desafio *O jogo do erro*).

Para descobrir a relação entre meio material e propagação do som, o aluno deve esvaziar e encher a caixa de ar e perceber seus efeitos no som que é produzido pelo simulador de ondas sonoras: a) caixa cheia de ar → existe propagação do som → som emitido pelo simulador; e b) caixa sem ar → não há propagação do som → o simulador de ondas não emite som. Assim, o conhecimento de que um meio material é necessário para a propagação do som se constrói por meio de uma aprendizagem por descoberta.

No desafio *Como uma onda no mar...* são trabalhados os seguintes conhecimentos: a) o som é um tipo de onda (item A do gráfico 5), e b) o som não transporta matéria ao se propagar (item B do gráfico 5). O aluno, após compreender que ao se propagarem as ondas do mar não transportam nem as partículas de água do mar e nem os surfistas que estão na superfície do mar, deve responder à pergunta final do desafio. Para responder corretamente a este desafio, o aluno - que tem acesso a diversas dicas, deve compreender que o som, sendo uma onda, também não transporta matéria. Esta atividade não deve dessa forma caracterizada exclusivamente como de aprendizagem por recepção ou por aprendizagem. Em verdade esta tarefa situa-se no continuum existente entre estes tipos de aprendizagem

(AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 21), sendo denominada, neste trabalho, por aprendizagem mista.

A aprendizagem por descoberta também está presente no desafio *Abaixe o volume*. Neste desafio, o aluno faz uso do simulador de ondas sonoras selecionando diversos valores no controle de amplitude para perceber a relação entre a amplitude e a intensidade sonora, por meio das alterações provocadas no som que é emitido pelo simulador de ondas sonoras. Como o aluno deve estabelecer uma relação entre variáveis, nesta tarefa predomina o caráter de aprendizagem por descoberta. A aprendizagem de que níveis elevados de intensidade sonora ocasionam problemas auditivos se dá por uma aprendizagem por recepção.

Para fins de síntese e melhor visualização a argumentação feita nesta seção e até este ponto, se encontra resumida no quadro 10:

Quadro 10 - Conhecimento, desafio e tipo de aprendizagem associada.

Conhecimento (item no gráfico 5)	Desafio	Tipo de aprendizagem
Necessidade de meio material para propagação do som (item C)	O Jogo do erro	Por descoberta
A frequência é uma característica do som (item D); A frequência está relacionada aos conceitos de grave e agudo (itens G e H)	O pernilongo e os sons	Por descoberta
Relação entre frequência e ultra-som (item F) e relação entre frequência e infra-som (item E)	O pernilongo e os sons	Por recepção
O som é um tipo de onda e não transporta matéria ao se propagar (itens A e B)	Como uma onda no mar...	Mista
A intensidade sonora é uma característica do som (item I) e há uma relação entre intensidade sonora e amplitude (item J)	Abaixe o volume	Por descoberta
Níveis elevados de intensidade sonora ocasionam problemas auditivos (item K)	Abaixe o volume	Por recepção

Contrastando-se os resultados apresentados pelo gráfico 5 (página 228) com os do quadro 10 não é perceptível um padrão claramente observável que permita estabelecer alguma relação entre o tipo de aprendizagem associado a um determinado

item e a maior ou menor frequência deste item nos mapas conceituais. Assim, torna-se necessário verificar quais os conceitos subsunçores que cada conhecimento considerado exige e como estes subsunçores são trabalhados no ambiente virtual, para que se possa verificar a existência de alguma relação entre: tipo de aprendizagem, conceitos subsunçores, resultados das análises dos desafios e a presença dos conhecimentos nos mapas conceituais.

A teoria da aprendizagem significativa prediz que

[...] o conhecimento prévio é, isoladamente, a variável que mais influencia a aprendizagem. Em última análise só podemos aprender a partir daquilo que já sabemos. (MOREIRA, 2006, p. 13).

Estes conhecimentos, necessários à aprendizagem de determinado conteúdo, são denominados subsunçores (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 7) e quando o aprendiz não os possui, é necessário que se façam uso dos organizadores prévios, para superar o vão cognitivo entre o que o aprendiz sabe e o que ele precisa saber para poder aprender o novo conteúdo (MOREIRA, 2005, p. 16).

No ambiente virtual existe uma atividade que atua como organizador prévio: *É importante saber!!!*. Nesta atividade são trabalhados os seguintes conceitos: regularidade, movimento periódico, período e frequência, que foram considerados como subsunçores para os conceitos presentes nos demais desafios. Além destes subsunçores, alguns desafios necessitavam que outros conceitos estivessem disponíveis na estrutura cognitiva dos aprendizes para que seus respectivos conteúdos fossem aprendidos. Para estes casos, cada desafio trabalhou os subsunçores adicionais antes que fossem exigidos para a aprendizagem do conteúdo específico do desafio.

Para a aprendizagem de que o som é uma onda (item A do gráfico 5 - página 228) e não transporta matéria ao se propagar (item B do gráfico 5) é necessário que o aprendiz tenha disponível o conceito de *onda* - considerado mais geral que o conceito de som. No desafio responsável por estes conhecimentos - *Como uma onda no mar...*, o conceito de onda e sua propriedade de não transportar matéria ao se propagar são trabalhados antes do desafio em que o aprendiz vai realizar, construir e deverá compreender que o som é uma onda.

O desafio *O Jogo do erro*, é responsável pelo conhecimento de que é necessário um meio material para que o som possa se propagar (item C do gráfico 5 -

página 228). Para que o aprendiz possa aprender este conhecimento é necessário que ele tenha disponíveis em sua estrutura cognitiva os conceitos subsunçores: *meio material* e *propagação*. Estes conceitos estão presentes nas atividades desenvolvidas pelo aluno durante o percurso da trilha que compõem o desafio.

O aluno tem oportunidade de aprender os conhecimentos que envolvem o conceito de *intensidade sonora* (itens I, J e K do gráfico 5 - página 228) no desafio *Abaixe o volume*. Estes conhecimentos necessitam que esteja disponível na estrutura cognitiva do aluno, como subsunçor, o conceito de *amplitude*, que é trabalhado durante o trajeto pela trilha do desafio.

Os conhecimentos trabalhados no desafio *O pernilongo e os sons* (itens D, E, F, G e H do gráfico 5 - página 228) são os únicos que necessitam apenas dos subsunçores que estão presentes na atividade que atua como organizador prévio.

Comparando-se os resultados apresentados no gráfico 5 - página 228 com o levantamento de subsunçores necessários aos conhecimentos correspondentes a cada item do gráfico, também não é possível perceber algum padrão que permita o estabelecimento de alguma relação entre a necessidade, ou não, de subsunçores adicionais e a maior, ou menor, presença dos conhecimentos nos mapas conceituais.

7.4.3. Os mapas conceituais e as análises dos desafios

O gráfico 5 (página 228) evidencia os conteúdos mais presentes nos mapas conceituais que foram confeccionados pelos alunos. A comparação entre a distribuição de frequência exibida pelo gráfico 5 e os aproveitamentos satisfatórios médios dos alunos do grupo experimental nos desafios e no pós-teste permitiu a elaboração da tabela 66:

Tabela 66 – Mapeamento entre itens do gráfico 5, desafio correspondente e aproveitamento no desafio e no pós-teste.

Itens do gráfico e frequência	Desafio correspondente	Percentual de aproveitamento médio satisfatório e excelente	
		Desafio	Pós-teste
A = 4 e B = 1	<i>Como uma onda no mar...</i>	12,00%	33,33%
C = 9	<i>O jogo do erro</i>	62,50%	66,67%
D = 14; E = 5; F = 6; G = 8 e H = 9	<i>O pernilongo e os sons</i>	76,00%	73,33%

Itens do gráfico e frequência	Desafio correspondente	Percentual de aproveitamento médio satisfatório e excelente	
		Desafio	Pós-teste
I = 6; J = 4 e K = 7	<i>Abaixe o volume</i>	88,00%	20,00%

A tabela 66 mostra que os itens que apresentaram a maior frequência nos mapas conceituais se referem aos desafios: *O jogo do erro*, *O pernilongo e os sons* e *Abaixe o volume*. Levando em consideração os problemas do pós-teste relacionado ao desafio *Abaixe o volume* (seção 5.5.3 - *Como uma onda no mar...: algumas considerações*, página 187), pode-se inferir que estes desafios são aqueles nos quais os alunos obtiveram a melhor performance média no desafio e no pós-teste. Esta relação reforça as evidências de que os desafios aqui considerados (*O jogo do erro*, *O pernilongo e os sons* e *Abaixe o volume*) são potencialmente significativos. Além desta corroboração da potencialidade destes desafios, os mapas conceituais revelaram dois pontos interessantes.

Com relação à característica fundamental das ondas, apenas um aluno (E24) indicou em seu mapa conceitual que o som não transporta matéria ao se propagar. Esse mesmo aluno respondeu satisfatoriamente às questões correspondentes no desafio (*Como uma onda no mar...*) e no pós-teste, além de ter indicado em seu mapa que o som é um tipo de onda. Estes dados representam um forte indício de que o aluno aprendeu significativamente que o som é um tipo de onda e que o som, assim como outros tipos de onda, não transporta matéria ao se propagar. Os demais alunos que indicaram em seus mapas o conhecimento de que o som é um tipo de onda (E02, E03 e E23), não indicaram que o som não transporta matéria ao se propagar e, também, não responderam satisfatoriamente às questões do desafio e do pós-teste, apresentando em suas respostas a concepção de que onda transporta matéria.

Os outros alunos (E01, E05, E09, E10, E11, E13, E14, E15, E16, E18, E19, E20 e E25) não indicaram em seus mapas o fato de que o som é um tipo de onda e nem que o som não transporta matéria ao se propagar. A ausência destas propriedades nos mapas conceituais da grande maioria dos alunos reforçam as análises que apontam para a existência do obstáculo epistemológico que concebe as ondas como transportadoras de matéria (vide seção 5.5 *Como uma onda no mar...*, página 167). Dentre estes alunos apenas um (E16) respondeu satisfatoriamente às

questões do desafio e do pós-teste, evidenciando o conhecimento de que o som não transporta matéria ao se propagar. A ausência destes conhecimentos no mapa conceitual do aluno E16, provavelmente se deve principalmente às dificuldades enfrentadas pelo aluno na elaboração do mapa, que foi elencada pelo aluno como sendo o desafio mais difícil do ambiente virtual (vide páginas 249 e 249).

A análise dos mapas também evidenciou um aspecto já detectado na análise dos desafios *O pernilongo e os sons* e *Abaixe o volume*: a tendência em associar e confundir as noções físicas e fisiológicas de intensidade sonora e frequência. Dentre os mapas que explicitam a intensidade sonora como uma característica do som (seis mapas), um mapa relaciona frequência e intensidade (E11), dois não apresentam nenhuma relação da intensidade com a frequência ou amplitude (E09 e E15), um associa intensidade sonora e amplitude (E03), e dois mapas relacionam a intensidade sonora aos dois conceitos (E25 e E02).

7.5. Mapas conceituais: algumas considerações

Assumindo que a presença de um conhecimento nos mapas conceituais constitui um indício de aprendizagem significativa, as análises feitas a partir dos mapas conceituais sugerem que o material educacional é potencialmente significativo, apresentando resultados que concordam com as análises dos desafios.

A análise dos mapas também indicou que não há uma relação claramente perceptível entre o tipo de aprendizagem e a aprendizagem de determinado conhecimento. Este fato está em conformidade com a TAS, visto que o tipo de aprendizagem não é um dos fatores que possibilita a aprendizagem significativa, que são (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 34-37): i) o aluno deve estar disposto a aprender, relacionando o novo conhecimento aos conhecimentos prévios e ii) o novo conteúdo deve ser potencialmente significativo.

Os resultados da análise do mapa conceitual reforçaram as evidências que apontam para as dificuldades de aprendizagem já evidenciadas nas análises dos desafios, principalmente quando os alunos apresentam certas concepções espontâneas, notadamente o obstáculo de que onda transporta matéria.

As dificuldades percebidas na construção dos mapas decorrentes da falta de prática na confecção e no uso dos mapas conceituais podem ter prejudicado alguns alunos. Neste sentido, quando um professor ou pesquisador for utilizar os mapas

conceituais como instrumento de avaliação ou de investigação, vale seguir a recomendação dada por Novak e Gowin (1999, p. 39), de que antes de utilizar os mapas conceituais como instrumentos de avaliação é preciso que os alunos tenham aprendido a confeccionar mapas conceituais. Além disso, é importante que seja oferecido aos alunos a oportunidade de refazerem seus mapas, em decorrência das dificuldades inerentes à primeira elaboração do mapa e dos benefícios que surgem ao ser feita uma segunda versão: as relações chave entre os conceitos se tornam mais explícitas, os mapas se tornam mais limpos e organizados, os erros ortográficos diminuem (Ibid., p.51-52).

CAPÍTULO VIII

CARTAZES, OPINIÕES, MOTIVAÇÃO E SATISFAÇÃO

Para a TAS a motivação tem um papel fundamental para a ocorrência da aprendizagem significativa, pois é necessário que o aluno esteja disposto a aprender. A TAS considera que a motivação consiste de proporções variadas de três elementos: i) o impulso cognitivo; iii) o impulso afiliativo; e iii) a motivação pelo engrandecimento do ego (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Este capítulo tem como objetivo analisar o material produzido pelos alunos na atividade *Fazendo um cartaz...* e o opinário respondido ao final das atividades, buscando indícios da motivação e da satisfação dos alunos. Além disso, a partir dos dados coletados, são elencadas algumas sugestões de melhoria para o ambiente virtual.

8.1. Os “cartazes”

A atividade de construção dos cartazes – *Fazendo um cartaz*, solicita ao aluno que ele faça um cartaz de divulgação do curso. Ao finalizar a confecção do cartaz, ele o envia para o ambiente virtual. Este envio é feito por meio de uma ferramenta para envio de arquivos, que fica disponível ao final da página que contém as instruções para a confecção do cartaz. Esta ferramenta pode ser vista na figura 65:

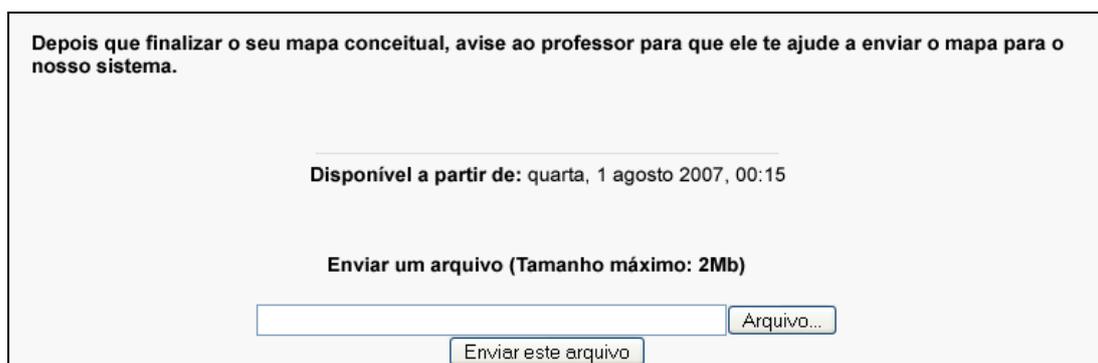


Figura 65 - Ferramenta para envio de arquivos.

O processo de envio é relativamente simples: após finalizar e salvar o cartaz no computador, o aluno clica no botão “**Arquivo...**”, seleciona o arquivo que deseja enviar para o ambiente virtual e em seguida clica no botão “**Enviar este arquivo**”. Ao final do processo de envio, o ambiente virtual exibe uma mensagem indicando se o arquivo foi, ou não, enviado com sucesso. Todos os arquivos (cartazes) enviados

pelos alunos ficam armazenados no ambiente virtual e o professor tem acesso a uma lista com todos os arquivos enviados.

Para a confecção dos cartazes não foi necessária a instalação de nenhum aplicativo adicional, visto que já se encontravam instalados nos computadores da sala de tecnologia os seguintes aplicativos: a) o pacote Microsoft[®] Office e b) Microsoft[®] Paint, que permitem a realização de atividades de editoração gráfica e de texto. Alguns computadores – 5 no total, possuíam outros softwares mais específicos, tais como o Macromedia[®] Fireworks[®] - editoração de imagens e fotos, e o Macromedia[®] Dreamweaver[®] - criação de páginas para web (HTML). Estes aplicativos foram considerados suficientes para a atividade de confecção dos cartazes.

A observação da atividade evidenciou que os alunos utilizaram para a criação dos cartazes quatro aplicativos: i) Microsoft[®] Office PowerPoint[®]; ii) Microsoft[®] Office Word[®]; iii) Microsoft[®] Paint e iv) Macromedia[®] Fireworks[®].

Na análise inicial, feita a partir do material confeccionado³⁵ pelos alunos, buscou-se averiguar se os alunos haviam conseguido realizar a tarefa que lhes fora atribuída. Para isto, verificou-se quantos alunos fizeram um cartaz sobre o curso, sendo que foi assumido como um cartaz qualquer material que fizesse uma propaganda do curso, quer seja positiva ou negativa.

Dentre os 17 alunos que enviaram seu material para o ambiente virtual, a saber: E01, E02, E03, E05, E09, E10, E11, E12, E13, E15, E16, E18, E19, E20, E23, E24 e E25, apenas dois alunos – E12 e E13, não confeccionaram um cartaz. Estes alunos elaboraram um material que tem como principal característica a descrição de algumas imagens que estão presentes no ambiente virtual. A figura 66 traz uma representação³⁶ do material que foi elaborado pelo aluno E12. Ele confeccionou seu material utilizando o Word[®]. Os materiais criados por estes alunos não serão considerados nas análises que se seguem.

³⁵ O material confeccionado pelos alunos pode ser visto a partir do endereço eletrônico:
<http://www.episteme.pro.br/cartazes/>

³⁶ Os materiais confeccionados pelos alunos foram editados para que pudessem ser inseridos no corpo deste trabalho. Esta edição, entretanto, não alterou o conteúdo do material.

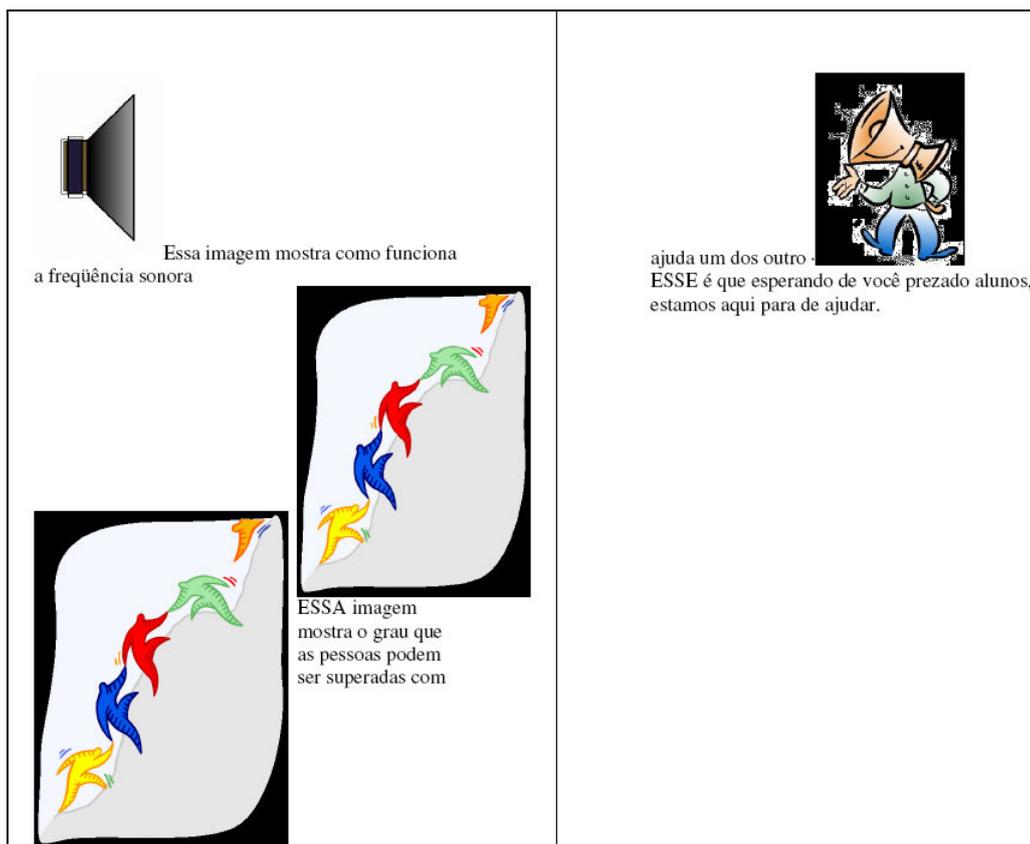


Figura 66 - Imagem do material confeccionado pelo aluno E12.

A figura 67 exibe uma imagem do material elaborado pelo aluno E13:

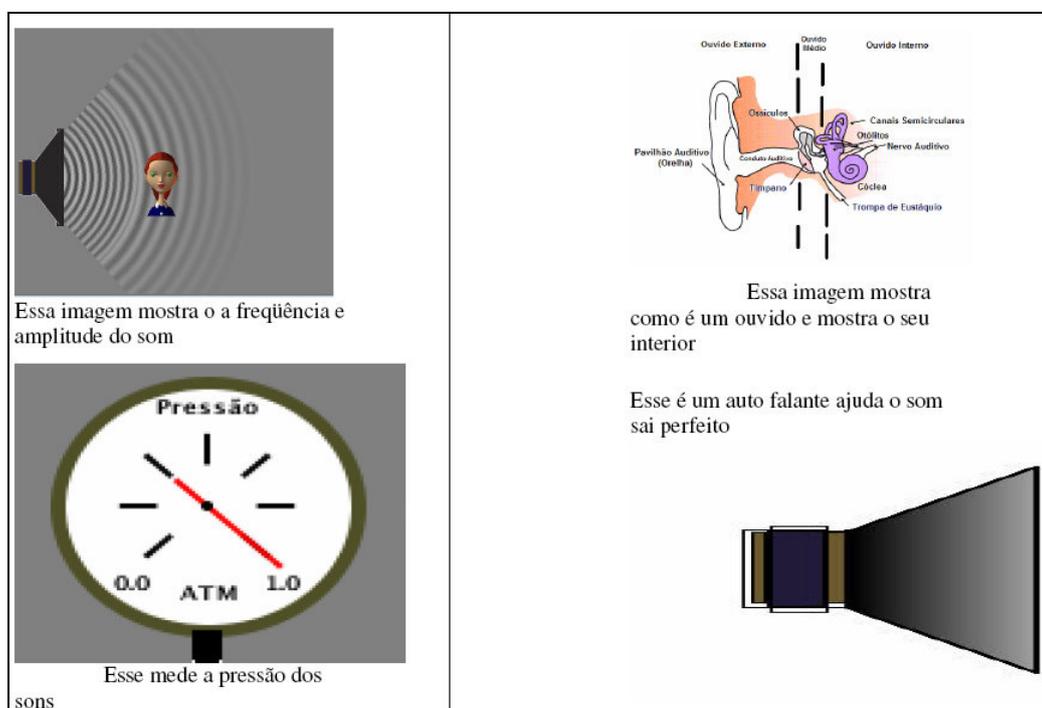


Figura 67 - Imagem do material confeccionado pelo aluno E13.

Os demais alunos (15 ao todo) elaboraram cartazes nos quais se pode perceber que o curso foi avaliado positivamente, pois todos os materiais possuem frases convidando outras pessoas para fazerem o curso. Algumas destas frases:

- Aluno E20: *“Devido a qualidade do curso de física sobre os mistérios dos sons, solicito aos outros alunos que participem também, pois assim terão a oportunidade de aprender um pouco mais sobre a física e de conhecer um pouco melhor os mistérios dos sons”;*
- Aluno E23: *“Veia fazer este curso “o mistério do som”, este é muito bom para os estudos.”;*
- Aluno E18: *“Quer aprender os mistérios do som, quer saber como o som se propaga. * O Som é algo muito interessante de ser estudado sabe por que? NÃO SABE??? ENTÃO VENHA. *Aqui você aprende isso e muito mais”*

Além de evidenciar uma avaliação positiva para com o curso, o cartaz do aluno E01 demonstra a satisfação com o uso dos computadores, que também foi percebida durante a observação das sessões:

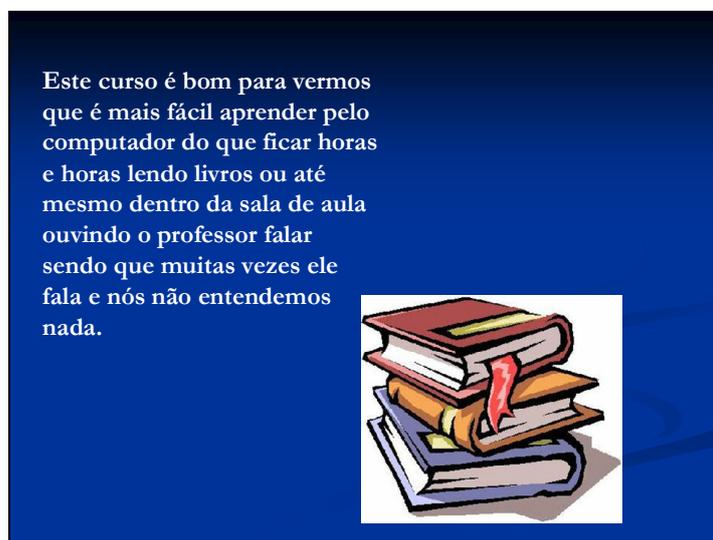


Figura 68 - Lâmina 5 do material elaborado pelo aluno E01.

A figura 69 exhibe o material confeccionado pelo aluno E10. Este aluno, em seu cartaz, além de destacar o uso das novas tecnologias, considerou como positivas outras características presentes no ambiente virtual: conceitos, interação e trabalho em equipe. Em seu cartaz ele apresenta outro aspecto importante ao relacionar o

curso como uma atividade divertida, portanto para esse aluno o estudo do som por meio do ambiente virtual também apresenta um caráter lúdico.

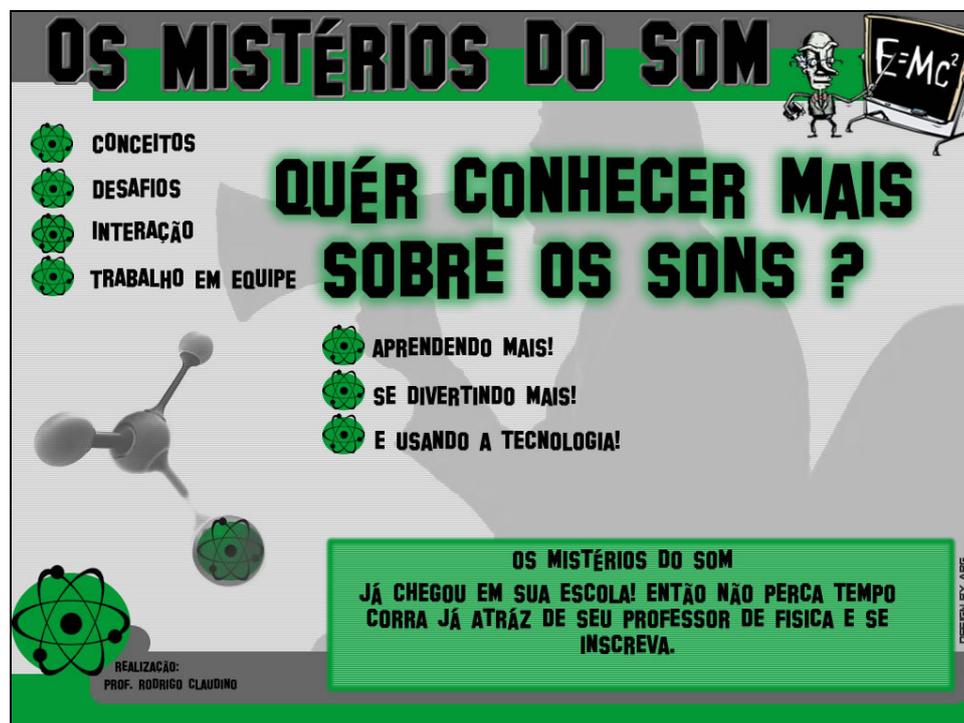


Figura 69 - Material confeccionado pelo aluno E10.

A interação também foi destacada pelo aluno E02, conforme pode ser visto na figura 70:

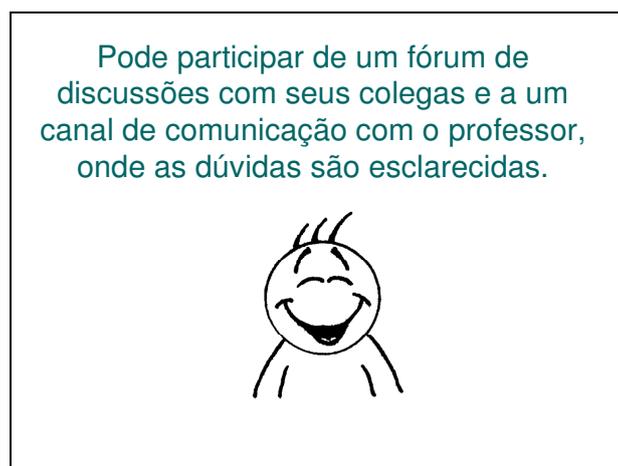


Figura 70 - Lâmina 6 do material elaborado pelo aluno E02.

O material confeccionado pelos alunos também contribuiu para analisar outro aspecto relacionado à aprendizagem, que é a motivação do aluno. De acordo com a TAS um dos fatores essenciais para a ocorrência da aprendizagem é a

disponibilidade do aprendiz em aprender um novo conceito, disponibilidade esta que está diretamente associada à motivação que ele tem em aprender algo novo, por meio da estimulação do impulso cognitivo e do engrandecimento do ego (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 332-337). Para investigar se o ambiente virtual contribuiu para esta estimulação os materiais foram analisados em busca de evidências diretas dos seguintes aspectos: i) apelos cognitivos, isto é, apelos voltados à aprendizagem; ii) alusões aos desafios e iii) apelos emocionais. Estes critérios são considerados como reflexos da motivação e da satisfação pessoal com o curso e suas atividades.

Materiais que possuam frases como as que seguem, foram considerados detentores de apelo cognitivo:

- Aluno E02: *“Neste curso você aprende: Curiosidades sobre os sons; Como ocorre o movimento das ondas; Aprende conceitos importantes de física: Período, frequência, movimento, perturbação, pulsos, ondas e etc.”*;
- Aluno E03: *“Será que você sabe? * O que a onda do mar tem a ver com o som?; * Como o som se propaga?; * O que é frequência; * O que torna o som agudo e grave?; * O que a intensidade sonora faz?”*.

As frases dos materiais elaborados pelos alunos E11 e E24 demonstram referências aos desafios:

- Aluno E11: *“Para quem gosta de desafios”*;
- Aluno E24: *“Venha participar do curso e conhecer “Os Mistérios do som”, encarando os desafios e superá-los, vale apenas descobrir!!!”*.

O material do aluno E01 possui uma frase que exemplifica a presença do apelo emocional: *“Então venha fazer esse curso eu tenho certeza que você vai gostar muitoooooo.”*.

O quadro 11 relaciona os alunos e a presença dos critérios de análise em seu material:

Quadro 11 – Presença dos critérios de análise nos materiais elaborados pelos alunos.

Critério	Alunos
Apelo cognitivo	E01, E02, E03, E10, E11, E15, E18, E20, E23 e E25.
Referência aos desafios	E02, E10, E11, E15 e E24.
Apelo emocional	E01 e E19.

O apelo cognitivo está presente em 66,67% dos materiais, a referência aos desafios em 33,33% e o apelo emocional em 13,33%. Apenas três alunos construíram materiais nos quais não existem evidências diretas dos critérios considerados: E05, E09 e E16.

Considerando que os materiais foram construídos pelos alunos a partir de sua experiência com o ambiente virtual e são a expressão dos fatores e características que eles consideram mais importantes, estes dados sugerem que o ambiente virtual contém elementos que contribuem para a manutenção da motivação. Apesar de a identificação precisa destes elementos motivacionais estar fora do escopo deste trabalho, acredita-se que, além da estratégia de ensino por desafios, o uso de imagens, vídeos, simulações e sons contribua para uma aprendizagem estimulante, em consonância com o relato feito por Machado e Nardi (2006).

8.2. O opinário

O opinário é a última atividade presente no ambiente virtual que os alunos devem realizar. Foram propostas aos alunos as seguintes questões:

1. Antes de fazer este curso você já havia estudado ondas sonoras (som)?;
2. Quais foram os desafios que você mais gostou? Por quê?;
3. Em qual dos desafios você teve mais dificuldade? Por quê?;
4. Você já estudou Física desta maneira? (por desafios);
5. Você acredita que estudando dessa maneira (por desafios) você aprende mais?;
6. Faça uma avaliação de você mesmo. Qual é a nota (de zero a dez) que você se daria? Por quê?;
7. Qual é a nota que você dá para o curso (de zero a dez)? Por quê?;
8. O que você acha que pode ser feito para melhorar o curso?.

Inicialmente serão analisadas as respostas dadas às perguntas relacionadas à proposta de utilização dos recursos tecnológicos que foi adotada para a pesquisa, as questões: 1, 4 e 5.

A primeira questão revela que dentre os quinze alunos do grupo experimental que responderam ao opinário, apenas um (6,67%) já havia estudado o conteúdo de ondas sonoras. Para os demais alunos (93,33%), este era um conteúdo inédito. Estes dados indicam que, a opção por construir um material educacional voltado a conceitos introdutórios sobre ondas sonoras foi adequada.

As respostas dadas à quarta questão mostraram que, para 12 alunos (80,00%), foi a primeira vez em que a Física foi estudada por meio de desafios. As respostas fornecidas à quinta questão foram analisadas e agrupadas de acordo com as seguintes categorias:

- **Sim:** o aluno afirmou que a utilização de desafios proporciona um maior aprendizado;
- **Depende:** na resposta existe a afirmação de que o maior aprendizado depende também da participação e ajuda do professor;
- **Pouco:** o aluno respondeu que se aprende “*aprende um pouco mas aprende*”;

A distribuição de frequências das respostas dos alunos se encontra na tabela 67:

Tabela 67 – Distribuição de respostas à quinta questão do opinário.

Categoria	Frequência	Percentual
Sim	13	86,67%
Depende	1	6,67%
Pouco	1	6,67%
Total	15	100,00%

Os dados coletados por meio das questões 4 e 5 indicam que, no caso da escola em que a pesquisa de campo foi realizada, a utilização de desafios como estratégia de ensino ainda é incipiente e que a grande maioria dos alunos considera esta estratégia como promotora de uma maior aprendizagem.

As questões 2 e 3 visam levantar a opinião dos alunos com relação aos desafios que foram propostos. A análise das respostas fornecidas a estas questões revelou que as respostas de alguns alunos não identificam o desafio que mais gostou ou o que considerou mais difícil, constando apenas a descrição de uma situação ou conceito, no lugar do desafio. Para respostas deste tipo – sem a explicitação do desafio, buscou-se identificar o desafio relacionado ao conceito ou situação presente na resposta. Por exemplo, o aluno E15, respondeu à questão 2 da seguinte maneira:

- “o desafio do erro do filme, porque tinha que prestar muita atenção nos detalhes para saber o que estava errado”;

Apesar de esta resposta não identificar o nome do desafio, é possível identificar o desafio a que o aluno se referia: *O Jogo do Erro*.

A tabela 68 exibe a preferência³⁷ dos alunos em relação aos desafios propostos:

Tabela 68 – Preferência dos alunos em relação aos desafios propostos.

Desafio	Frequência	Percentual
O pernilongo e os sons	6	40,00%
Como uma onda no mar...	6	40,00%
O jogo do erro	3	20,00%
Todos	3	20,00%
Abaixe o volume	2	13,33%
É importante saber!!!	2	13,33%

Dois dados apresentados na tabela 68 chamam a atenção: a atividade *É importante saber!!!* ter sido indicada por dois alunos como seu desafio preferido, pois não foi modelada como um desafio a ser superado pelos alunos. Em segundo lugar, três alunos responderam que gostaram de “*Todos*” os desafios. Como os alunos poderiam estar se referindo a outra atividade além dos desafios, essas respostas não foram contabilizadas como uma indicação para cada um dos desafios.

O fato dos desafios *Pernilongo e os sons* e o *Como uma onda no mar...* terem sido os desafios mais citados pelos alunos sugere que os alunos têm uma

³⁷ Os somatórios ultrapassam 15 para a frequência e 100% para o percentual, em decorrência do fato de alguns alunos informarem dois ou mais itens.

predileção por atividades que apresentam uma maior aproximação com o seu cotidiano. O *Pernilongo e os sons* simula uma situação de infestação que se aproxima dos problemas enfrentados com o mosquito da dengue no Estado de Mato Grosso do Sul e o *Como uma onda no mar...* faz uso de um assunto bem familiar aos alunos: o surfe.

Os alunos também indicaram qual o desafio que consideraram o mais difícil. Após a análise de suas respostas, foi obtida a tabela 69³⁸:

Tabela 69 – Desafio considerado como o mais difícil.

Desafio	Frequência	Percentual
O pernilongo e os sons	4	26,67%
O jogo do erro	4	26,67%
Como uma onda no mar...	3	20,00%
Abaixe o volume	2	13,33%
Mapa conceitual	2	13,33%
Nenhum	1	6,67%

Conforme os dados exibidos pela tabela 69, os desafios *O pernilongo e os sons* e *O jogo do erro* são considerados como os desafios mais difíceis. É interessante perceber que, o desafio *O pernilongo e os sons* é, ao mesmo tempo, o desafio que, em geral, os alunos mais gostaram e um dos desafios considerado como o mais difícil. Entretanto, é importante destacar que nenhum aluno que assinalou o desafio *O pernilongo e os sons* como sendo o mais difícil (E02, E05, E24 e E25), o indicou como o desafio que mais havia gostado (E03, E10, E15, E16, E18 e E20) e, assim, não é possível estabelecer uma relação que estabeleça que o aluno goste mais do desafio que considera o mais difícil. No caso do desafio *O jogo do erro*, dos quatro alunos que o consideraram o mais difícil (E01, E15, E18 e E20), apenas um também indicou o *Jogo do erro* como sendo o desafio que mais gostou (E01). Estes dados sugerem que o fato de gostar de determinado desafio ou considerá-lo como o mais difícil é de caráter idiossincrático.

Todavia, seriam válidas as seguintes afirmações: i) o desafio considerado o mais difícil é aquele em que o aluno não se saiu bem; ou ii) o desafio que o aluno mais gostou é aquele em que obteve um desempenho satisfatório?

³⁸ Os somatórios ultrapassam 15 para a frequência e 100% para o percentual, em decorrência do fato de alguns alunos informarem dois ou mais itens.

Para verificar a validade destas afirmações foram consideradas apenas as atividades modeladas como desafio. Esta análise levou em consideração o desempenho médio de cada aluno que indicou um destes desafios como o preferido ou o mais difícil.

A partir desta análise foi possível a elaboração do quadro 12:

Quadro 12 - Mapeamento entre a indicação do desafio como o preferido ou o mais difícil e o desempenho médio do aluno.

<i>Desafio O pernilongo e os sons</i>			
Indicou como o desafio preferido	Desempenho médio	Indicou como o mais difícil	Desempenho médio
E03 e E10	Excelente	E02	Excelente
E16 e E18	Satisfatório	E24 e E25	Satisfatório
E15 e E20	Insatisfatório	E05	Insatisfatório
<i>Desafio Como uma onda no mar...</i>			
Indicou como o desafio preferido	Desempenho médio	Indicou como o mais difícil	Desempenho médio
E05, E09, E10, E18, E20 e E23	Insatisfatório	E03, E10 e E11	Insatisfatório
<i>Desafio O Jogo do erro</i>			
Indicou como o desafio preferido	Desempenho médio	Indicou como o mais difícil	Desempenho médio
E01, E16 e E25	Satisfatório	E01 e E18	Insatisfatório
-----	-----	E15 e E20	Satisfatório
<i>Desafio Abaixar o volume</i>			
Indicou como o desafio preferido	Desempenho médio	Indicou como o mais difícil	Desempenho médio
E03	Excelente	E18	Satisfatório
E10	Satisfatório	E13	Insatisfatório

O quadro 12 não permite a observação de nenhum padrão que valide as afirmações feitas na página 247, ou que permita o estabelecimento de algum tipo de relação entre o desempenho médio e a indicação de determinado desafio como o preferido ou o mais difícil. Esta análise reforça a conclusão de que o fato gostar de determinado desafio ou considerá-lo como o mais difícil é de caráter idiossincrático e, além disso, não tem relação direta com o desempenho obtido.

Retomando os dados apresentados pela tabela 69, tem-se que a indicação do mapa conceitual como o desafio mais difícil por dois alunos é de certa forma, uma surpresa, pois esta atividade não foi modelada como um desafio e não visava a aprendizagem de nenhum conceito ou conteúdo. Entretanto, este dado reforça as dificuldades envolvidas na construção de mapas conceituais (vide *CAPÍTULO VII - Análises dos Mapas Conceituais*, página 206). No caso específico destes estudantes (E09 e E16) as dificuldades enfrentadas durante a confecção do mapa fizeram com que os alunos considerassem a atividade um verdadeiro desafio a ser superado.

As questões 6, 7 e 8 objetivam permitir ao aluno expressar sua avaliação – do curso e de si mesmo, e sugerir melhorias no material educacional. A média obtida para a auto-avaliação foi de 8,07 e para a avaliação do curso foi de 9,77. Na auto-avaliação apenas um aluno se atribuiu nota 10 (E02), sendo que a maioria dos alunos se atribuiu 7,5 (E09, E11, E15 e E25) e a menor nota foi 7,0 (E01, E05 e E13). Algumas respostas dos alunos foram:

- E09: *“7.5, pois acho que ainda a coisas que eu deveria absorver mais do curso!!!”*
- E05: *“eu me avalio uma nota sete por eu nunca tive o conhecimento de aprender física dessa maneira então me considero um bom aluno ao curso oferecido.”;*
- E23: *“8,5 por que eu fiquei internet”;*
- E18: *“8.0 porque eu não entendi algumas coisas.”;*
- E03: *“a minha auto avaliação é 9,0.Porque porque tive algumas dificuldades em alguns temas, com alguns conceitos.Mas aprendi muito, realmente aprendi muitos mistérios a qual eu nem tinha noção.coissas que estão presente na nossa vida e passam despercebidos.”;*
- E10: *“Nota dez, pois consegui aprender tuda a matéria que foi passada pelo professor e resolvi todos os exercicios.”.*

Com relação à avaliação do curso: onze alunos (73,33%) atribuíram nota 10 ao curso, três alunos (20,00%) a nota 9 e um aluno (6,67%) a nota 9,5. As respostas dos alunos que não deram a nota máxima foram:

- E20: “9,0. porque o tempo foi muito pouco, e na minha opinião deveria ter mais tempo, assim nós iríamos aprender muito mais.”
- E25: “9,0 porque acho que tinha que ter uma aula de explicações revisando o que estudamos e tirando nossas dúvidas”;
- E24: “9”;
- E09: “9.5 pois acho que faltou mais explicações auditivas!!!”;

As sugestões que os alunos fizeram para melhorar o curso foram sintetizadas no quadro 13:

Quadro 13 – Sugestões de melhoria dadas pelos alunos.

Aluno	Sugestão
E01	<i>Resumir um pouco mais os textos para que fique mais facil.</i>
E02	<i>O curso já é ótimo, porém acho que deveria propor mais desafios.</i>
E03	<i>algumas sugestões que eu dou seria, a mais experiências, e ate mesmo sobre outros assuntos</i>
E05	<i>aperfeisior mais conhecimento sobre física em que estudamos cada semestre oferecendo como base este curso.</i>
E09	<i>Mais explicações atravez de audio, pois acredito que ouvindo nós aprendemos melhor!</i>
E10	<i>Investimento por parte do poder público, táticas com a divulgação do curso, como banner, e vinhetas para as Rádios Escolares.</i>
E11	<i>o curso ja esta bom</i>
E13	<i>ter um 10 minuto livre no computador</i>
E15	<i>mais divugação para mais alunos</i>
E16	<i>bom eu acho que ta bom de mais da para aprender tranquilo</i>
E18	<i>fazer algumas aulas praticas.não somente enfrente do computador</i>
E20	<i>Que deveria ter sido um pouco mais demorado e que tivesse mais coisas para nós aprendermos.</i>
E23	<i>Nada</i>
E24	<i>ter uma ou duas aulas explicativas revisando o conteúdo acho que assim aprenderíamos mais.</i>
E25	<i>Mostrar as pessoas as ondas sonoras no nosso cotidiano, pois muitas vezes deixamos passar coisas sem nem perceber.</i>

É interessante notar que nenhum aluno sugeriu algo que provoque alguma mudança radical na forma com que o material educacional foi estruturado ou na metodologia de uso do mesmo.

As sugestões dos alunos indicam aspectos que devem ser levados em consideração quando o ambiente virtual for atualizado ou utilizado. Os únicos aspectos que se fazem presentes em mais de uma resposta são: i) ampliar o conteúdo presente no ambiente virtual e ii) aumentar o número de desafios. Estes aspectos serão contemplados quando da atualização do ambiente virtual.

Outro ponto que, apesar de estar presente em apenas uma resposta, será levado em conta na próxima atualização do ambiente é a redução no tamanho dos textos. As sugestões dadas pelos alunos E18 e E24 podem ser atendidas quando houver a incorporação do ambiente virtual como recurso educacional por professores em suas aulas de Ciências ou de Física.

É importante destacar que, mesmo que as perguntas não tenham sido concebidas para investigar o índice de satisfação dos alunos com o curso, as respostas fornecidas às perguntas 7 e 8 sugerem que os alunos ficaram satisfeitos com o curso e que suas expectativas iniciais foram alcançadas.

8.3. Algumas considerações

A ausência de “cartazes” contendo propaganda contrária ao curso e as altas notas atribuídas pelos alunos ao curso, indicam que o ambiente virtual e sua metodologia de utilização foram considerados altamente satisfatórios pelos alunos. Outro indicador da satisfação dos alunos são as poucas sugestões de alterações feitas ao curso. Este alto índice de satisfação sugere que as expectativas dos alunos, para com o curso, foram atingidas.

Apesar de os desafios terem sido referenciados apenas em cinco “cartazes” (33,33%), o opinário revelou que grande parte dos alunos (86,67%) considera que a estratégia de ensino por desafios representa uma possibilidade de melhoria na forma de ensinar e de aprender. Estes dados evidenciam que os desafios propostos por meio das TIC atuaram como estimuladores de motivação tanto para o impulso cognitivo quanto para o engrandecimento do ego, conforme apontaram as análises dos cartazes.

O ambiente virtual e a metodologia de utilização adotada conseguiram, dessa forma, favorecer a motivação dos alunos e atender às suas expectativas. As

poucas sugestões de alterações para melhoria do ambiente virtual serão analisadas e serão contempladas quando o ambiente for atualizado.

A análise das questões 1, 4 e 5 permite evidenciar a pertinência e o caráter inovador da proposta de um ambiente virtual voltado ao ensino e aprendizagem de conteúdos introdutórios sobre ondas sonoras, baseado em atividades modeladas como desafios propostos aos alunos. Além disso, a predileção dos alunos por desafios que se aproximem de seu cotidiano indicam a direção que deve ser tomada quando forem incluídos novos desafios e conteúdos ao ambiente virtual.

CAPÍTULO IX

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROSSEGUIMENTOS

9.1. Considerações finais

Tendo como objeto de pesquisa a influência do uso de tecnologias da informação na aprendizagem de conceitos relacionados às ondas sonoras, em alunos da segunda e terceira série do ensino médio, este trabalho buscou, como objetivo geral, verificar se as tecnologias da informação e comunicação podem ser utilizadas como meios potencialmente significativos para se efetivar a aprendizagem significativa de conceitos introdutórios de Física sobre ondas sonoras. Além disso, adotou como hipóteses de pesquisa:

1. As tecnologias da informação e comunicação são recursos educacionais que facilitam a aprendizagem significativa;
2. A problematização de conceitos físicos na forma de desafios, implementada em um ambiente virtual de aprendizagem se constitui em um material potencialmente significativo para a aprendizagem desses conceitos.

Os objetivos específicos estabelecidos para esta pesquisa foram:

1. Desenvolver um material educacional sob a forma de um ambiente virtual que faça uso de diversos recursos tecnológicos: animações, simulações, fóruns, vídeos e hipertexto;
2. Utilizar no desenvolvimento do material educacional, softwares e recursos gratuitos e disponíveis através da Internet;
3. Disponibilizar o material educacional desenvolvido na Internet;
4. Investigar o perfil da produção científica sobre o uso das tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física, em particular no conteúdo de ondas sonoras;
5. Investigar e analisar os dados coletados para verificar a ocorrência de aprendizagem significativa dos alunos;
6. Investigar e analisar os dados coletados para verificar a existência de eventuais obstáculos epistemológicos;

7. Identificar os obstáculos epistemológicos apresentados pelos alunos durante a tarefa de aprendizagem.

O processo de concepção, modelagem e desenvolvimento do ambiente virtual fez com que os objetivos de 1 a 3 fossem atingidos. O ambiente virtual desenvolvido para ser utilizado como material educacional está repleto de animações, fotos, imagens, simulações e vídeos, que foram disponibilizados nos hipertextos que compõem as trilhas dos desafios e nas páginas da biblioteca. Estes recursos utilizados no desenvolvimento do ambiente virtual, assim como o sistema que gerencia o ambiente (*Moodle*), são gratuitos e podem ser adquiridos sem custos financeiros. Além disso, o ambiente virtual possui um fórum - o *Ponto de Encontro*. O quarto objetivo também foi alcançado visto que o material educacional pode ser acessado a partir do seguinte endereço eletrônico: <http://www.episteme.pro.br/cursos>³⁹.

A revisão de literatura presente no primeiro capítulo (páginas 34 a 46) representa a concretização do quarto objetivo específico, e permitiu identificar algumas características importantes das pesquisas envolvendo o ensino de Física e as tecnologias da informação e comunicação (TIC).

Os resultados das análises dos desafios indicaram que apenas um desafio, o *Como uma onda no mar...*, não foi capaz de favorecer a construção do conhecimento necessário (ondas não transportam matéria) à superação do desafio, por grande parte dos alunos. Neste desafio apenas 12,50% dos alunos responderam de maneira satisfatória à questão principal do desafio. No pós-teste, o desempenho dos alunos do grupo experimental melhorou, mas mesmo assim manteve-se baixo, com 33,33% de rendimentos satisfatórios e excelentes. Este não favorecimento à construção do conhecimento de que as ondas não transportam matéria também foi evidenciado pela análise dos mapas conceituais.

Além disso, as análises do desafio *Como uma onda no mar...* e dos mapas conceituais indicaram a existência do obstáculo epistemológico de que onda transporta matéria. Este obstáculo, decorrente da observação primeira e do conhecimento geral, provavelmente impediu que a grande maioria dos alunos aprendesse o conhecimento em jogo.

Os demais desafios conseguiram favorecer a construção dos conhecimentos em boa parte dos alunos de maneira a garantir o sucesso destes na superação dos

³⁹ Em caso de dúvidas ou dificuldades no acesso, envie um email para: rdiogo@gmail.com.

desafios. O índice de respostas satisfatórias fornecidas a estes desafios - *O jogo do erro*, *O pernilongo e os sons* e *Abaixe o volume*, e a análise dos mapas conceituais permitiu considerá-los como materiais potencialmente significativos e que contribuem para a ocorrência da aprendizagem significativa.

As análises dos desafios *O jogo do erro*, *O pernilongo e os sons* e *Abaixe o volume* indicaram, também, a existência de outros obstáculos, tais como: i) sem vida não há fenômeno sonoro (obstáculo animista); ii) o som como partícula (obstáculo substancialista) e iii) a força do som (que pode ser interpretado como obstáculo verbal ou da experiência primeira). Além disso, foram encontradas concepções já indicadas em pesquisas norte-americanas, tais como a confusão entre as sensações fisiológicas da intensidade sonora e da frequência.

Contraopondo-se as hipóteses de pesquisa aos resultados das análises dos desafios, do pós-teste e dos mapas conceituais, tem-se que a primeira hipótese, para o contexto em que a pesquisa de campo foi realizada, foi verificada. A segunda hipótese foi verificada para os desafios *O Jogo do erro*, *O pernilongo e os sons* e *Abaixe o volume*. Entretanto, para o desafio *Como uma onda no mar...* não foi possível que a segunda hipótese fosse verificada. Esta não verificação da segunda hipótese se justifica pela presença de obstáculos epistemológicos associados aos conceitos científicos que foram problematizados neste desafio, notadamente o obstáculo que concebe as ondas como transportadoras de matéria.

Além das análises diretamente relacionadas aos objetivos e hipóteses, esta pesquisa buscou investigar a motivação e a satisfação dos alunos. Os resultados obtidos por meio das análises dos “cartazes” e do opinário sugerem que o ambiente virtual e a metodologia de utilização adotada conseguiram favorecer a motivação dos alunos e atender às suas expectativas, colaborando ainda mais para a potencialidade do material educacional desenvolvido.

As análises feitas a partir dos desafios, do pós-teste e dos mapas conceituais permitem considerar que os três últimos objetivos específicos também foram alcançados. Pode-se concluir, por meio destas análises, que o objetivo geral da pesquisa foi alcançado, pois foi verificado que as tecnologias da informação e comunicação podem ser utilizadas como meios potencialmente significativos para se efetivar a aprendizagem significativa de conceitos introdutórios de Física sobre ondas sonoras.

A partir dos resultados desta pesquisa não se pretende, entretanto, advogar a favor do computador como uma estratégia ou mesmo um recurso que possa substituir as aulas expositivas e presenciais. O que se pretende é: evidenciar que o computador - quando devidamente utilizado, pode favorecer a construção do conhecimento pelo aluno; e que, desta maneira deve ser considerado como mais um recurso a ser utilizado pelo professor para favorecer a aprendizagem de seus alunos.

A próxima seção apresenta possíveis prosseguimentos desta pesquisa de mestrado.

9.2. Prosseguimentos

9.2.1. Alterações no ambiente virtual

Reafirmando o caráter evolutivo que um ambiente virtual deve ter, a pesquisa constatou algumas alterações que devem ser providenciadas para a próxima versão do ambiente:

- **Ambiente virtual:** i) ampliar o conteúdo presente no ambiente virtual; ii) aumentar o número de desafios; e iii) redução no tamanho dos textos;
- **Desafio abaixo o volume:** alterações no roteiro e na forma de utilização do laboratório virtual (massas e molas), de maneira a minimizar as dificuldades de utilização do mesmo;
- **Organizador prévio:** i) substituição das questões que exigem a análise do movimento dos ponteiros de um relógio analógico, neste caso, por questões que envolvam outros fenômenos periódicos. Essas questões podem ser incluídas em outras situações em que os conceitos de frequência e periodicidade sejam fundamentais; e ii) remoção do conceito de período do organizador prévio.

9.2.2. Propostas de trabalhos futuros

Esta pesquisa de mestrado provocou o surgimento de alguns questionamentos, que podem ser investigados em novas pesquisas:

- O que os professores pensam sobre o ensino de ondas sonoras?

- O que os professores pensam acerca do uso das tecnologias da informação e comunicação como recursos educacionais para o ensino de Física e, em particular de ondas sonoras?
- Como se daria a prática de professores que incorporassem o ambiente virtual em suas atividades didático-pedagógicas?
- Em uma situação de incorporação do ambiente virtual na prática dos professores, os alunos iriam obter uma melhor aprendizagem dos conceitos em questão?
- Como os livros didáticos lidam com a presença cada vez maior das tecnologias da informação e comunicação no ambiente escolar?

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Fabiana Carlos P. de. **Uma alternativa para o ensino de Física Quântica Introdutória, numa perspectiva de aprendizagem significativa, através da utilização do Software "Física Con Ordenador" e de Mapas Conceituais.** 2004. 212 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2004.

ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini de. Educação a distância na internet: abordagens e contribuições dos ambientes digitais de aprendizagem. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, p. 327-340, jul./dez. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022003000200010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 24 dez. 2007

ALVES, Joao Carlos Nogueira. **Uma proposta pedagógica para uso do computador em ambientes de ensino experimental de física.** 2000. 305 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. **Children's misconceptions about Science.** [S.l.], [1998?]. Disponível em: <<http://www.amasci.com/miscon/opphys.html> >. Acesso em: 08 set. 2007.

ANDRE, Marli. Pesquisa em educação: buscando rigor e qualidade. **Caderno de Pesquisa**, São Paulo, n. 113, p. 51-64, jul. 2001 .

ARAÚJO, Ives Solano. **Um estudo sobre o desempenho de alunos de Física usuários da ferramenta computacional Modellus na interpretação de gráficos em cinemática.** 2005. Dissertação (Mestrado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ARAÚJO, I. S.; VEIT., E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física, **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 4, n. 3, p. 5-18, set./dez. 2004. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V4N3/v4n3a1.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2007.

AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional.** Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BACHELARD, Gaston. **O racionalismo aplicado.** Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

_____. **A filosofia do não. Filosofia do novo espírito científico.** 4. ed. Lisboa: Editorial Presença, 1987.

_____. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento.** Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARBETA, V. B.; MARZZULLI, C. R. Experimento Didático para Determinação da Velocidade do Som no Ar, Assistido por Computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 22, n. 4, dezembro de 2000.

BARLETTE, Vania Elisabeth; GUADAGNINI, Paulo Henrique. Estudo exploratório sobre potencialidades das tecnologias de informação de padrão aberto na construção de simuladores para o desenvolvimento de conceitos físicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2005.

BARRETO, Raquel Goulart. Tecnologias na formação de professores: o discurso do MEC. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 29, n. 2, 2003, p. 271-286. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022003000200006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 Out 2007.

BENITO, Julio V. Santos; GRAS-MARTI, Albert; SOLER-SELVA, Vicent F.. Recursos para la enseñanza del péndulo simple: imágenes, mediciones, simulaciones y guías didácticas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 22, n.02, p. 165-189, 2005.

BLEICHER, Lucas. et al. Análise e Simulação de Ondas Sonoras Assistidas por Computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.02, p. 129-133, 2002.

BORGES, Antônio T.; RODRIGUES, Bruno A.. O ensino da física do som baseado em investigações. **ENSAIO - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 1-24, dez. 2005. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v7_n2/ATBR%20-%20Mar%E7o-2005-rev.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - Parte II: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias.** Brasília: MEC, 2000a.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC, 2000b.

_____. **PCN+ - Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.

CAMPBELL, Donald T.; STANLEY, Julian C. **Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa**. São Paulo: E.P.U., 1979.

CASTELLS, Manuel. **A galáxia internet: reflexões sobre internet, negócios e sociedade**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 2004.

CASTRO, Marcus Vasconcelos de; SILVEIRA, Ismar Frango; ARAÚJO, Carlos Fernando. Uma proposta de Ambiente Virtual Colaborativo para o Ensino de Astronomia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2005.

CAVALCANTE, Marisa A.; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues C.. Ondulatória e Acústica através de experimentos assistidos por computador. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas, MG. **Anais...** Jaboticatubas: SBF, 2004. Disponível em: < <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/atas/posteres/po51-39.pdf> >. Acesso em: 10 ago. 2006.

_____. Medindo a Velocidade do Som. **A Física na Escola**, São Paulo, v.4, n.1, p. 29-30, 2003. Disponível em < <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num1/a10.pdf> >. Acesso em 15 set. 2006.

CHAUÍ, Marilena. **Convite à Filosofia**. São Paulo: Ática, 2005.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. **Pesquisa sobre o uso das Tecnologias da Informação e da Comunicação no Brasil : TIC Domicílios e TIC Empresas 2006**. São Paulo : Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2007.

DELIZOICOV, Demétrio. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, Maurício (org.). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. 2. ed. rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2005. p. 125-150.

DEPARTMENT OF PHYSICS (University of Dallas/USA). Misconceptions and preconceptions in introductory physics. In: _____. **Comprehensive Conceptual Curriculum for Physics (C³P)**. Dallas/USA, [2005]. Disponível em: < <http://phys.udallas.edu/C3P/Preconceptions.pdf> >. Acesso em 08 set. 2007.

DIOGO, Rodrigo Claudino; GOBARA, Shirley Takeco. Sociedade, Educação e Ensino de Física no Brasil: do Brasil Colônia ao fim da Era Vargas. In: SIMPÓSIO

NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 17., 2007, São Luís, MA. **Anais...** São Luiz: SBF, 2007. Disponível em: <
<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0629-1.pdf> >.
Acesso em: 09 out. 2007.

DORNELES, Pedro Fernando Teixeira; VEIT, Eliane Angela, MOREIRA, Marco Antonio. **Ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional Modellus.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2005.

EICHLER, Marcelo Leandro; JUNGES, Fernando; PINO, José Claudio Del. Cidade do átomo, um software para o debate escolar sobre energia nuclear. **A Física na Escola**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 17-21, 2006. Disponível em: <
<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num1/v12a06.pdf> >. Acesso em: 03 ago. 2006.

ELIAS, Daniele Cristina Nardo. et al. Análise das propostas de utilização das ferramentas computacionais para o ensino de física no nível médio e superior. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2005.

FAIS, Gilson. **O ensino de Física via telemática: O arcabouço das novas utopias.** 2002. 171 f. Dissertação (Ensino de Ciências - Modalidade Física e Química). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FERREIRA, Carlos Eduardo Dos Reis. **A hipermídia e o ensino de ciências: aplicação para o ensino introdutório do conceito de campo.** 2001. 110 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

FERREIRA, Norma Sandra de Almeida. As pesquisas denominadas “Estado da Arte”. **Educação e Sociedade.** Campinas: CEDES. v. 23, n. 79, p. 257-272, 2002.

FILHO, José Camilo dos Santos. Pesquisa quantitativa versus pesquisa qualitativa: o desafio paradigmático. In: FILHO, José Camilo dos Santos; GAMBOA, Silvio Sanches (org.). **Pesquisa Educacional: quantidade-qualidade.** 3ª ed. São Paulo: Cortez, 2000. p. 13-59.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.25, n.3, p. 259-272, 2003.

FRANCO, Maria Laura P. B.. Porque o conflito entre tendências metodológicas não é falso. **Cadernos de Pesquisa**, n. 66, p. 75-80, ago. 1988.

GARBIN, Elisabete Maria. Cultur@s juvenis, identid@des e internet: questões atuais. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 23, 2003 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-24782003000200009&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 14 Out 2007.

GATTI, Bernadete A.. Implicações e perspectivas da pesquisa educacional no Brasil contemporâneo. **Cadernos de Pesquisa**. São Paulo, n. 113, p.65-81, jul. 2001.

GOBARA, S. T. Mapas Conceituais no Ensino da Física. **Ciência e Cultura** (SBPC), São Paulo, v. 36, n. 6, p. 973-982, 1986.

GOBARA, Shirley Takeco. et al. Estratégias para Utilizar o Programa Prometeus na Alteração das Concepções em Mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.02, p. 134-145, 2002.

_____. O Conceito de ondas na visão dos estudantes. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6.,2007, Florianópolis. **Atas...** Belo Horizonte: ABRAPEC, 2007.

GUIMARÃES, Miriam Brito; TONIDANDE, Sandra Maria Rudella; CERQUEIRA, Valdenice Minatel Melo de. Fazer ciência usando as NTICS: o aluno-autor que aprende criando e produz compartilhando. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5.,2005, Bauru. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2005.

HASSE, Simone Hedwig. A Informática na Educação: Mito ou Realidade. In: LOMBARDI, José Claudinei (org.). **Pesquisa em educação: história, filosofia e temas transversais**. Campinas: Autores Associados; Caçador: UnC, 1999. p. 123-139.

HECKLER, Valmir. **Uso de simuladores e imagens como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de ótica**. 2004. 112 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

HENRIQUE, Luís L. **Acústica Musical**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

_____. **Instrumentos Musicais**. 4. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

HEXSEL, Roberto A. Propostas de Ações de Governo para Incentivar o Uso de Software Livre. **Relatório Técnico do Departamento de Informática da UFPR**,

Curitiba, n. 04, out. 2002. Disponível em <
http://www.inf.ufpr.br/info/techrep/RT_DINF004_2002.pdf>. Acesso em: 21 out.
2007.

HREPIC, Z.; ZOLLMAN, D.; REBELLO, S. Identifying Students' Models of Sound Propagation. In: PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE, 2002, Boise, Idaho. **Proceedings...** Boise: PERC Publishing, 2002. Disponível em <
<http://www.fhsu.edu/~zhrepic/Research/Master/PERC02-IdentifyingStudentModelsofSoundPropagation.pdf>>. Acesso em: 19 dez. 2007.

JAPIASSU, Hilton. **Introdução ao pensamento epistemológico**. 5. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1988.

KROETZ, Danusa Ariete; SERRANO, Agostinho. Uma estratégia de uso combinado de práticas experimentais e simulação computacional para o ensino de teoria cinética dos gases. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5.,2005, Bauru. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2005.

LEVY, P. **O que é o virtual?**. São Paulo: Editora 34, 1996.

LIMA, Gielton de Barros. **Práticas de estudo de alunos mediadas pelo cd-rom física animada-termodinamica no ensino médio**. 2004. 175 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

LINDER, C. J.; ERIKSON, G. L. A study of tertiary physics student's Conceptualizations of Sound. **International Journal of Science Education**, v.11, Special Issues, p. 491-501, 1989.

LINDER, C. J. University physics students' conceptualizations of factors affecting the speed of sound propagation. **International Journal of Science Education**, v. 15, n. 6, p. 655-662, 1993.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A.. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: E.P.U., 1986.

LUNA, Sérgio V. de. O Falso conflito entre tendências metodológicas. **Cadernos de Pesquisa**, n. 66, p. 70-74, ago. 1988.

MACHADO, Daniel Iria; NARDI, Roberto. Avaliação de uma Proposta de Software Hiperídia para o Ensino de Física Moderna. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5.,2005, Bauru. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2005.

_____. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia. **Revista Brasileira de Ensino de Física.**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 473-485, 2006.

MACHADO, Daniel Iria; SANTOS, Plácida L. V. Amorim da Costa. Avaliação da hipermídia no processo de ensino e aprendizagem da física: o caso da gravitação. **Ciência e Educação**, São Paulo, v. 10, n.01, p. 75-100, 2004.

MARTINS, André Ferrer Pinto. **Concepções de estudantes acerca do conceito de tempo: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard**. 2004. 215 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MASETTO, Marcos T. Mediação Pedagógica e o Uso da Tecnologia. In: MORAN, José M.; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda A.. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas, SP: Papirus, 2000. p. 133-172.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.22, n.02, p. 77-86, 2002.

MOLES, Abraham A. **Arte e computador**. Porto: Afrontamento, 1990.

MOODLE. **Moodle - A Free, Open Source Course Management System for Online Learning**. Disponível em < <http://moodle.org/> >. Acesso em 21 out. 2007a.

MOODLE. **Documentação em Português**. Disponível em < <http://docs.moodle.org/pt/> >. Acesso em: 21 out. 2007b.

MOODLE. **Stats**. Disponível em < <http://moodle.org/stats/> >. Acesso em: 21 out. 2007c.

MOODLE. **Moodle Sites on Brazil**. Disponível em < <http://moodle.org/sites/index.php?country=BR> >. Acesso em: 21 out. 2007d.

MORAN, José Manuel. Como utilizar a Internet na educação. **Ciências da Informação**, Brasília, v. 26, n. 2, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651997000200006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 out. 2007.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre: Impressos Portão, 2005.

_____. **Mapas conceituais & Diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006.

MOREIRA, Marco Antônio; BUCHWEITZ, Bernardo. **Mapas conceituais: instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo**. São Paulo: Moraes, 1987.

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie F.. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

NOGUEIRA, José de Souza. et al. Utilização do Computador como Instrumento de Ensino: Uma Perspectiva de Aprendizagem Significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.22, n.04, p. 517-522, 2000.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J.. La Teoría Subyacente a los Mapas Conceptuales y a Cómo Construirlos. **Reporte Técnico IHMC CmapTools - Florida Institute for Human and Machine Cognition**, Florida, jan. 2006. Disponível em: <<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2007.

NOVAK, J.D.; GOWIN, B. **Aprender a aprender**. 2.ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1999.

PIETROCOLA, M. Contribuição: visibilidade social e contatos com a área de educação. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 8., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBF, 2002. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/viii/PDFs/MR1_3.pdf>. Acesso em 04 jan. 2008.

PRETTO, Nelson; PINTO, Cláudio da Costa. Tecnologias e novas educações. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 31, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-24782006000100003&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 14 out. 2007.

REZENDE, Flávia. As novas tecnologias na prática pedagógica sob a perspectiva construtivista. **ENSAIO - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, 2000.

_____. Desenvolvimento e avaliação de um sistema hipermídia para facilitar a reestruturação conceitual em mecânica básica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n.02, 2001.

ROSA, Paulo Ricardo da Silva. O uso de computadores no Ensino de Física. Parte I: Potencialidade e Uso Real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.17, n.02, p. 182-195, 1995.

SANTOS, Antônio Vanderlei dos; SANTOS, Selan Rodrigues dos; FRAGA, Luciane Machado. Sistema de Realidade Virtual para Simulação e Visualização de Cargas Pontuais Discretas e seu Campo Elétrico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.02, p. 185-195, 2002.

SANTOS, Graciela; OTERO, Maria Rita; FANARO, Maria de los Angeles. ¿Cómo usar software de simulación en clases de física?. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n.01, 2000.

SANTOS, Edméa Oliveira dos; OKADA, Alexandra Lilavati Pereira. A Construção de Ambientes Virtuais de Aprendizagem: por autorias gratuitas e gratuitas no ciberespaço. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 26., 2003, Poços de Caldas. ANPED, 2003.

SILVA, Helena et al. Inclusão digital e educação para a competência informacional: uma questão de ética e cidadania. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 34, n. 1, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19652005000100004&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 14 out. 2007.

SILVA, Henrique César da; FILHO, Jaime Luiz Colares. Imagens interativas no ensino de física: construção e realidade. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas, MG. **Anais...** Jaboticatubas: SBF, 2004. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/atas/comunicacoes/co71-3.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2006.

SILVA, Wilton Pereira. et al. Velocidade do Som no Ar: Um Experimento Caseiro com Microcomputador e Balde D'água. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.25, n.1, p. 74-80, 2003.

_____. Um software para experimentos sobre batimento de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n.01, 2004. Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/ccf/port/21-1/artpdf/a5.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2006.

SOUZA, Carlos Alberto. **Investigação-ação escolar e resolução de problemas de física: o potencial dos meios tecnológico-comunicativos**. 2004. 317 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SOUZA, Vinícius C. de Assis; JUSTI, Rosária da Silva; FERREIRA, Poliana Flávia Maia. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v.11, n.1, 2006. Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol12/n1/v12_n1_a1.htm >. Acesso em 01 jan. 2008.

VALENTE, José Armando. Mudanças na sociedade, mudanças na educação: o fazer e o compreender. In: VALENTE, José Armando (org.). **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: Nied, 2002. p. 29-48.

ANEXOS

Anexo A - Modelo do questionário para avaliação do perfil tecnológico e das necessidades cognitivas e curiosidades dos alunos sobre o som.



Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Departamento de Física

Prezado (a) aluno (a),

Estamos propondo algumas questões envolvendo a palavra “som”, seu significado e alguns aspectos da vida moderna. As suas respostas são importantes para a pesquisa que estamos desenvolvendo para melhorar o ensino de Física. O objetivo dessas questões é fornecer informações que serão úteis para o desenvolvimento de um material educacional. Não é preciso colocar o seu nome na folha de resposta.

Obrigado pela sua participação.

Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da UFMS

Identificação

Tenho _____ anos, estudo em uma escola: () particular ou () pública e estou cursando o ___ ano do ensino médio do período () matutino ou () vespertino ou () noturno.

Questões

1. Você já estudou ondas sonoras? () Não () Sim, na série: _____
 2. A palavra som faz você pensar em que? (Escreva tudo o que surgir no seu pensamento.).
 3. Escreva o que você sempre quis saber sobre o “som” e não teve coragem de perguntar.
 4. Você acessa a internet? () Não () Sim Onde?

- Caso você acesse a internet, responda as questões de 5 a 13. Caso não acesse, vá para a questão 14.*
5. Quantas vezes você acessa a internet?
() Todos os dias () Cinco vezes por semana () Quatro vezes por semana
() Três vezes por semana () Uma ou duas vezes por semana ()
Outro: _____
 6. Em média quanto tempo você fica conectado em cada acesso (em horas)?

 7. O que você faz quando está conectado? Enumere, de 1 a 3, as três opções que você mais utiliza.
() Conversas (messenger, gtalk, skype etc.) () Jogos online () Escutar música
() Assistir vídeo () Participar de fórum () Salas de bate-papo (UOL e outros) () Canais de chat
() Outro: _____
 8. Você já utilizou a internet para estudar, fazer pesquisas ou trabalhos escolares?
() Não () Sim, frequentemente () Sim, algumas vezes
() Sim, poucas vezes () Sim, uma única vez



Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Departamento de Física

9. Algum professor já teve aulas de Física no laboratório de informática?
() Não () Sim, freqüentemente () Sim, algumas vezes () Sim, uma única vez
10. Você tem e-mail? () Não () Sim
11. Você usa o orkut (ou semelhantes)? () Não () Sim
12. Acessou ou “escreveu” em algum “blog”?
() Não acessei () Acessei e não escrevi. () Acessei e escrevi.
13. Acessou ou “escreveu” em alguma página “wiki” (como a Wikipédia)?
() Não acessei. () Acessei e não escrevi. () Acessei e escrevi.
14. Você tem celular?
() Eu não tenho celular
() Sim
Qual é o tipo de toque do seu celular? () Monofônico () Polifônico
O seu celular possui?
() MP3 Player () Rádio () Máquina fotográfica () Gravador de vídeo
15. Você tem “mp3 player”?
() Eu não tenho “mp3 player”
() Sim

Anexo B - Modelo do questionário respondido pelo coordenador da sala de tecnologia.



Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Departamento de Física

Ao coordenador técnico do laboratório de informática da Escola Estadual Waldemir Barros da Silva,

Estamos realizando uma pesquisa que visa produzir materiais educacionais que incorpora o uso de computadores, voltado para a melhoria do ensino de Física. Para atingir esse objetivo, solicitamos uma colaboração de vossa senhoria nos respondendo algumas questões sobre as condições de uso e técnicas do laboratório de informática de sua escola. O objetivo dessas questões é fornecer informações sobre as condições físicas do laboratório e também sobre as condições de uso do mesmo.

Obrigado pela sua participação.

Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da UFMS

1. Existe laboratório de informática em sua escola? () Sim () Não

Caso a resposta seja afirmativa, responda às demais perguntas:

2. Quantos laboratórios ou salas de informática sua escola possui?

() Um () Dois () Três ou mais

3. Quantos computadores existem no laboratório de informática? (no caso de possuir mais de um laboratório, especifique quantas máquinas cada laboratório possui)

4. Os computadores estão em boas condições?

() Não () Sim () Outro: _____

5. Quais são os periféricos que os computadores do laboratório de informática possuem?

() Leitor de CD () Drive para disquete () Caixas de Som

() Placas de Som () Entradas USB

() Outros: _____

6. Qual é o "tamanho" da memória RAM dos computadores: (Mb = Mega byte)

() 64 Mb () 128 Mb () 256 Mb () Outro: _____

7. Qual o sistema operacional instalado nos computadores:

() Windows 98 () Windows 2000 () Windows XP

() Linux () Outro: _____

8. Os computadores possuem disco rígido (HD)?

() Não () Sim, com a seguinte capacidade: _____

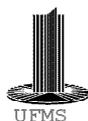
9. É possível instalar novos programas (softwares grátis/livres) nos computadores?

() Sim () Sim, mediante autorização da secretária de educação

() Não () Outro: _____

10. Os computadores do laboratório possuem acesso à internet? () Sim () Não

11. O laboratório de informática pode ser utilizado para oferecer um curso para os alunos?



Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Departamento de Física

Sim Não Outro: _____

12. Enumere as principais dificuldades apresentadas pelos **professores** no uso do laboratório de informática:

- Manuseio do computador Planejamento de atividades
 Metodologia não adequada Atividades inadequadas ao tempo disponível
 Número de máquinas insuficiente falta de domínio dos conhecimentos técnicos
 Pouca familiaridade com os recursos (softwares, sites etc.)
 Outro: _____

13. Enumere as principais dificuldades observadas nos alunos para o uso do laboratório:

- Manuseio do computador Indisciplina
 Desinteresse pelas atividades propostas pelo professor
 Acesso a outros sites e recursos
 Outro: _____

14. Os alunos podem acessar ou utilizar os seguintes softwares/sites:

- MSN messenger, gtalk ou skype Orkut Jogos online
 Sites impróprios para menores de 18 anos Blogs Salas de bate-papo (chat)
 Ferramentas de busca (Google, Yahoo, Alta Vista etc.)
 Webmail (Hotmail, gmail etc.)
 Outro: _____

Anexo D - Termo de consentimento livre e esclarecido.



Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação
Centro de Ciências Humanas e Sociais - Curso de Mestrado em Educação

UFMS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa que está sendo realizada por Rodrigo Claudino Diogo, acadêmico do curso de Mestrado em Educação da UFMS. Leia com atenção este termo e se você estiver de acordo assine no final deste.

A finalidade deste estudo é verificar se o uso das novas tecnologias (computadores e internet), como recurso didático, pode melhorar o ensino e o aprendizado de Física, em particular, de ondas sonoras. Poderão participar desta pesquisa somente estudantes regulares dos segundo e terceiro anos do ensino médio, de escolas da rede pública de ensino do Estado de Mato Grosso do Sul.

Você participará de algumas aulas na sala de informática, onde será utilizado material educativo baseado no uso das novas tecnologias e será submetido a testes de conhecimento sobre ondas sonoras, durante os meses de julho e agosto de 2007. Além dos testes, você também será submetido a uma entrevista. Participarão desta pesquisa cerca de 50 alunos, que também serão avaliados e entrevistados.

Ao participar desta pesquisa você estará contribuindo para uma possível melhoria no processo de ensino-aprendizagem de ondas sonoras.

Para perguntas ou problemas referentes ao estudo envie um e-mail para Rodrigo Claudino Diogo (rdiogo@gmail.com). Para perguntas sobre seus direitos como participante no estudo entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFMS no telefone 3345-7000 - Ramal 2299.

Lembre-se que a sua participação no estudo é voluntária. Você pode escolher não fazer parte do estudo, ou pode desistir a qualquer momento. A desistência na participação desta pesquisa não irá proibi-lo de participar de novos estudos. Você poderá ser solicitado para sair do estudo se não cumprir os procedimentos previstos ou atender as exigências estipuladas. Você receberá uma via assinada deste termo de consentimento.

Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e que sou voluntário a tomar parte neste estudo.

Assinatura do voluntário

_____ Campo Grande, _____ de _____

Assinatura do responsável (caso o voluntário seja menor de idade):

Assinatura do pesquisador

_____ Campo Grande, _____ de _____

Anexo E - Ficha de inscrição no curso.

Ficha de Inscrição - Curso: “Os mistérios do som”	
Nome completo:	

Idade: _____ anos.	Endereço de e-mail: _____
Série em que estuda: <input type="checkbox"/> 2 ^a <input type="checkbox"/> 3 ^a	
Período: <input type="checkbox"/> Matutino <input type="checkbox"/> Vespertino <input type="checkbox"/> Noturno	
Horário em fará o curso:	
<input type="checkbox"/> 09h40min às 10h40min <input type="checkbox"/> 14h00min às 15h00min <input type="checkbox"/> 17h00min às 18h00min	
Assinatura:	
_____	_____
Aluno	Responsável (caso menor de idade)

Anexo F - Horários do curso.

Horário do Curso			
 	    	    	
Matutino Equipe: Copérnico De 30 de julho a 10 de agosto 09h40min às 10h40min	Vespertino A Equipe: Newton De 30 de julho a 10 de agosto 13h50min às 15h05min	Vespertino B Equipe: Einstein De 30 de julho a 10 de agosto 15h45min às 17h00min	Vespertino C Equipe: Galileu De 30 de julho a 10 de agosto 17h15min às 18h15min
Cheguem com cinco minutos de antecedência. Maiores informações com o Rodrigo (rdriogo@gmail.com).			
    			

Anexo G - Crachá.



Anexo H - Modelo do pós-teste.

Nome: _____

1. (UNESP- Modificado) Pesquisadores da UNESP, investigando os possíveis efeitos do som em mudas de feijão, verificaram que sons agudos podem prejudicar o crescimento dessas plantas, enquanto que os sons mais graves, aparentemente não interferem no processo. [Ciência e Cultura, 42 supl.:180-1, julho 1990]. Nesse experimento o interesse dos pesquisadores fixou-se principalmente em qual variável física?

- velocidade de propagação
- intensidade sonora
- amplitude
- frequência
- não sei

2. (UFRS 96) Dois sons no ar com a mesma altura diferem em intensidade. O mais intenso tem, em relação ao outro:

- apenas maior frequência.
- apenas maior amplitude.
- maior amplitude e maior frequência
- maior amplitude e maior período
- não sei

3. O sistema solar é composto por vários corpos celestes. Vários desses corpos celestes possuem atmosfera, tais como a Terra, Marte, Vênus etc.. Outros desses corpos celestes não possuem atmosfera. Entre eles está a Lua, que é nosso satélite natural. Por que a Lua é às vezes descrita como um "planeta silencioso"?

4. Você e um amigo estavam conversando sobre a Física do som. O seu amigo te diz: "Quando você fala, as partículas de ar se movem da sua boca até o ouvido de quem escuta." Essa frase não está de acordo com as leis da Física. Qual é o erro?

Série: _____

6. Leia a tirinha abaixo e depois responda a pergunta:



Fernando Gonsalez, <http://niquelhausa.terra.com.br>

Aqui, o vampiro é acordado pelos gritos ultra-sônicos dos morcegos. Uma pessoa normal seria incomodada pelos gritos ultra-sônicos dos morcegos? Por quê?

7. (UFMS-modificada) Para sentirmos o cheiro de alguma substância, é necessário que algumas moléculas dessa substância sejam inaladas. Se um vidro de perfume for aberto no canto (A) de uma sala fechada (sem vento), e se estivermos em um outro canto (B) diametralmente oposto, levará algum tempo para sentirmos o cheiro desse perfume. Imagine que colocamos um alto-falante ligado no canto (A) e atrás do vidro de perfume, de maneira que ele esteja direcionado para o canto (B), conforme a figura abaixo.

Nome: _____

5. Leia a tirinha abaixo:



Copyright © 1999 Mauricio de Souza Produções Ltda. Todos os direitos reservados.

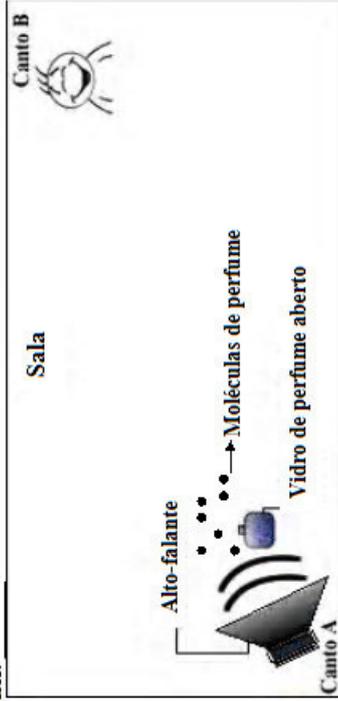
Nos primeiro e terceiro quadros, o violão está emitindo sons. No segundo quadro o violão não está emitindo som.

a. Por que o Cascão jogou o sapato no Cebolinha?

b. O que faz o violão emitir os sons?

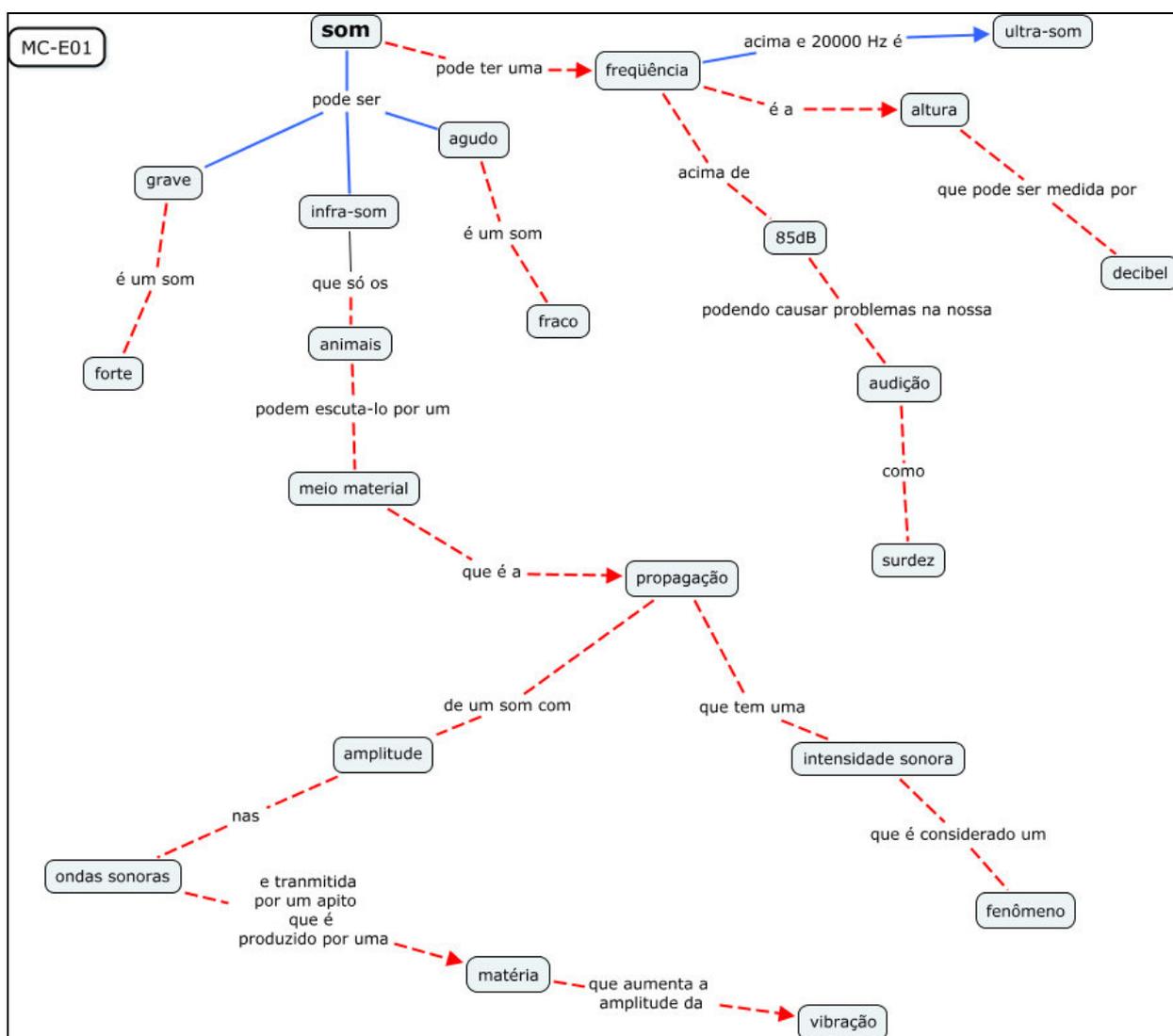
c. O que acontece com as cordas do violão enquanto o violão emite sons?

Série: _____

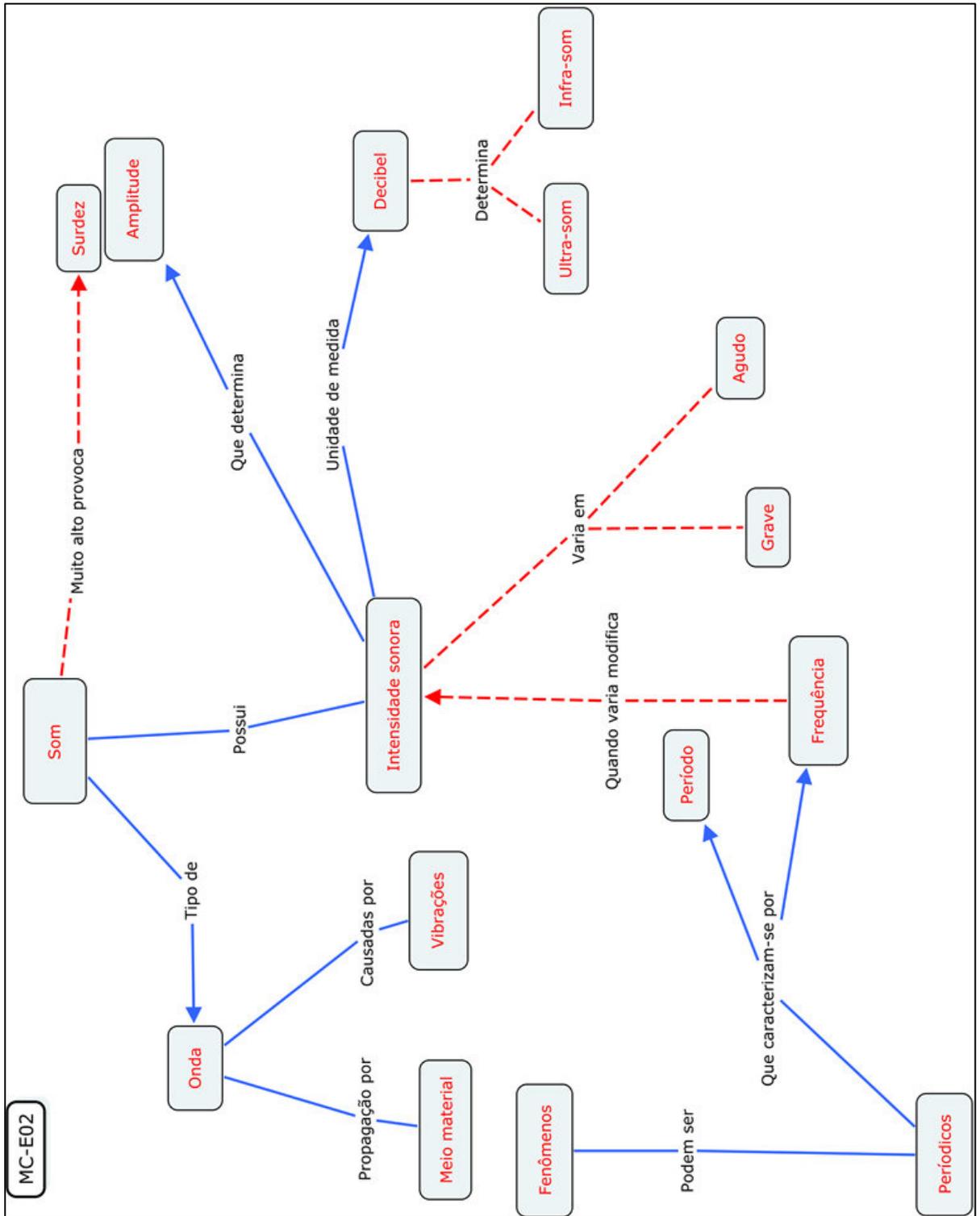


O som do alto-falante ajuda a espalhar melhor as moléculas de perfume? Por quê?

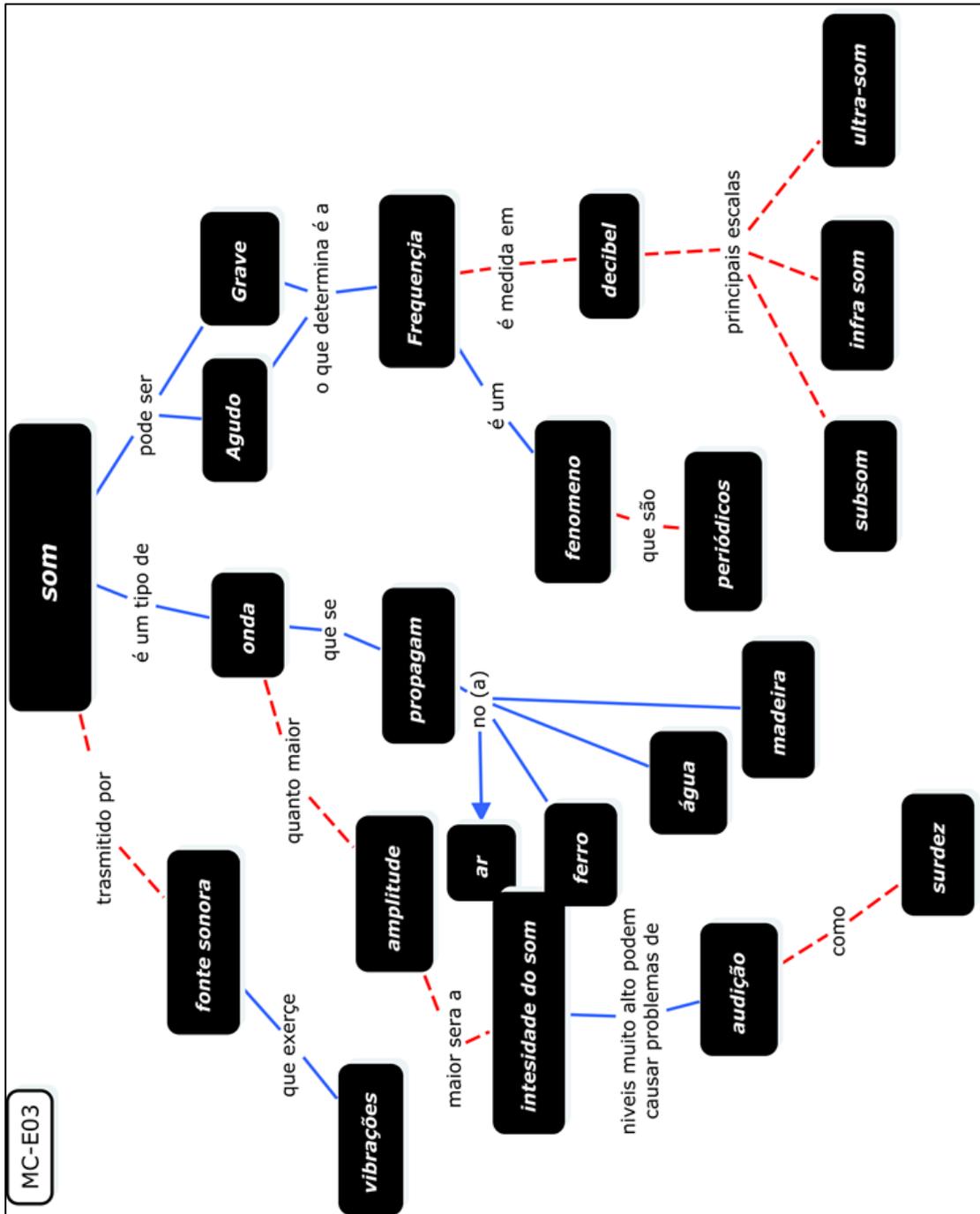
Anexo I - Mapas conceituais confeccionados pelos alunos.



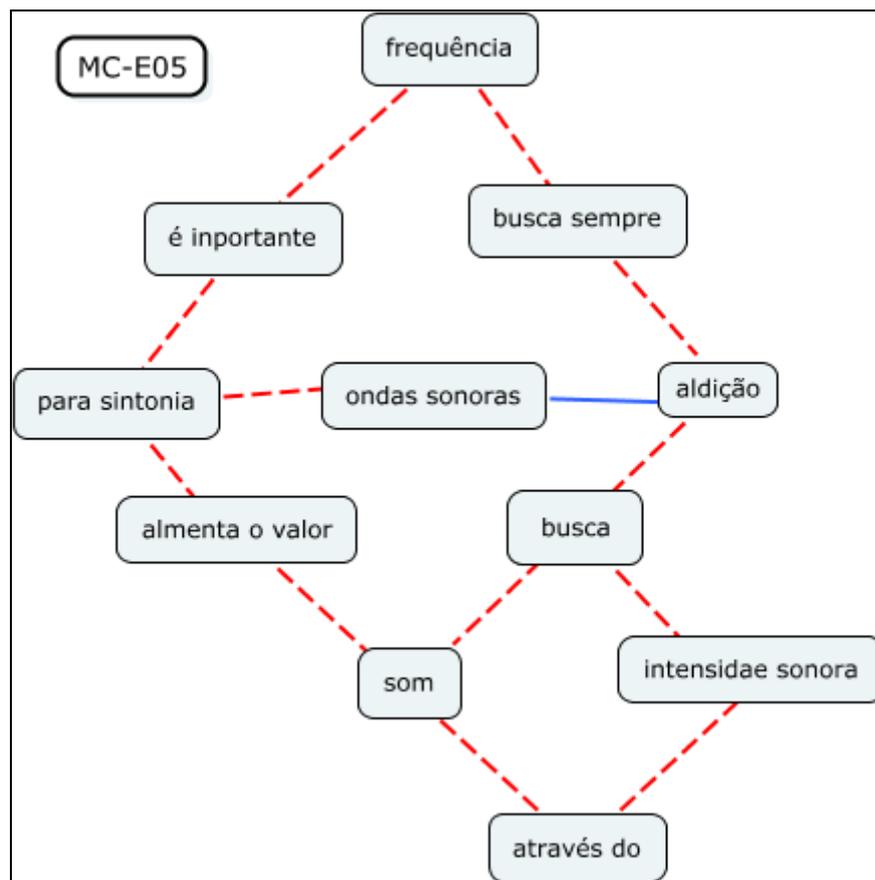
Mapa Conceitual 1 - Mapa conceitual elaborado pelo aluno E01.



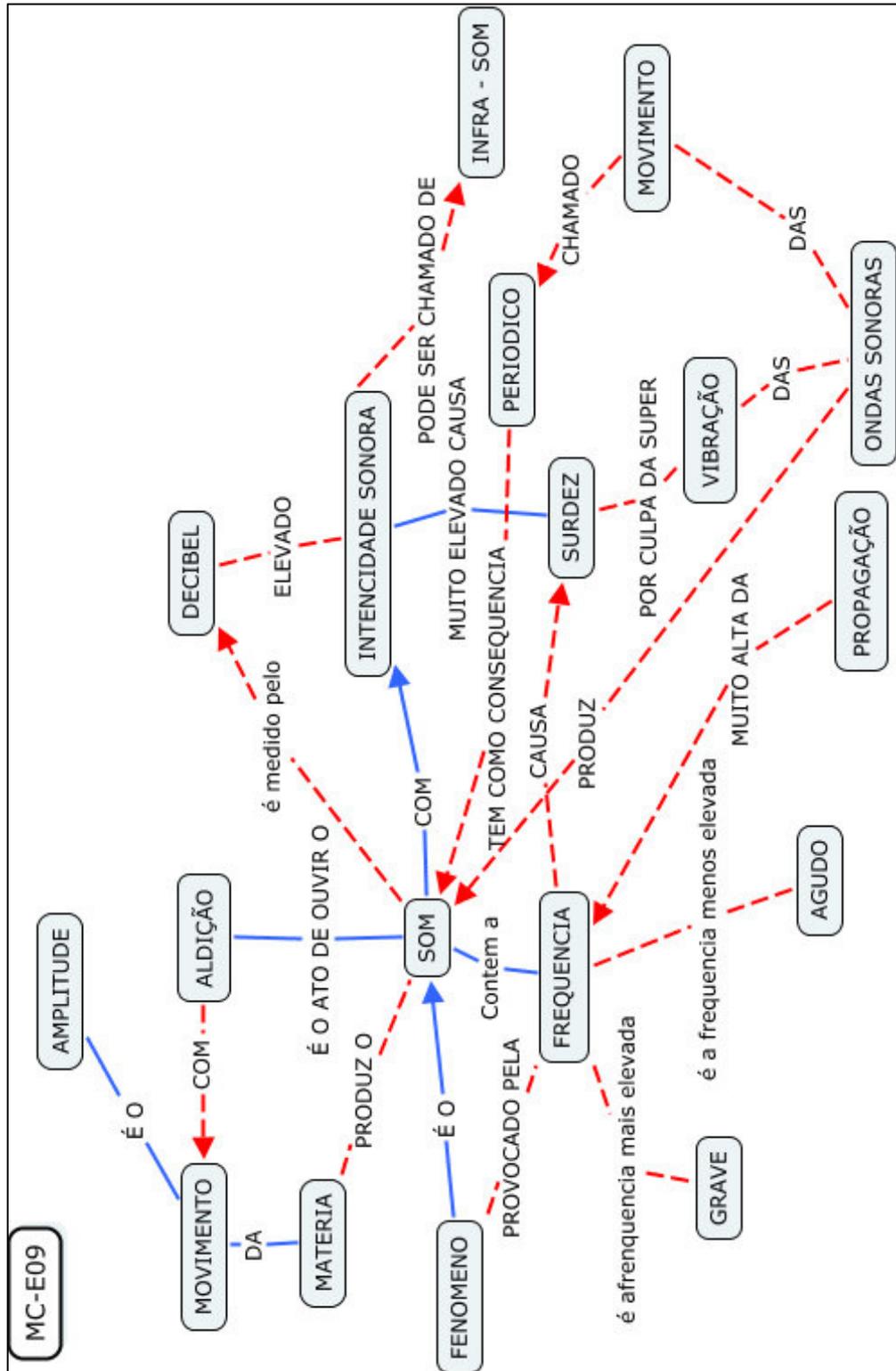
Mapa Conceitual 2 - Mapa conceitual elaborado pelo aluno E02.



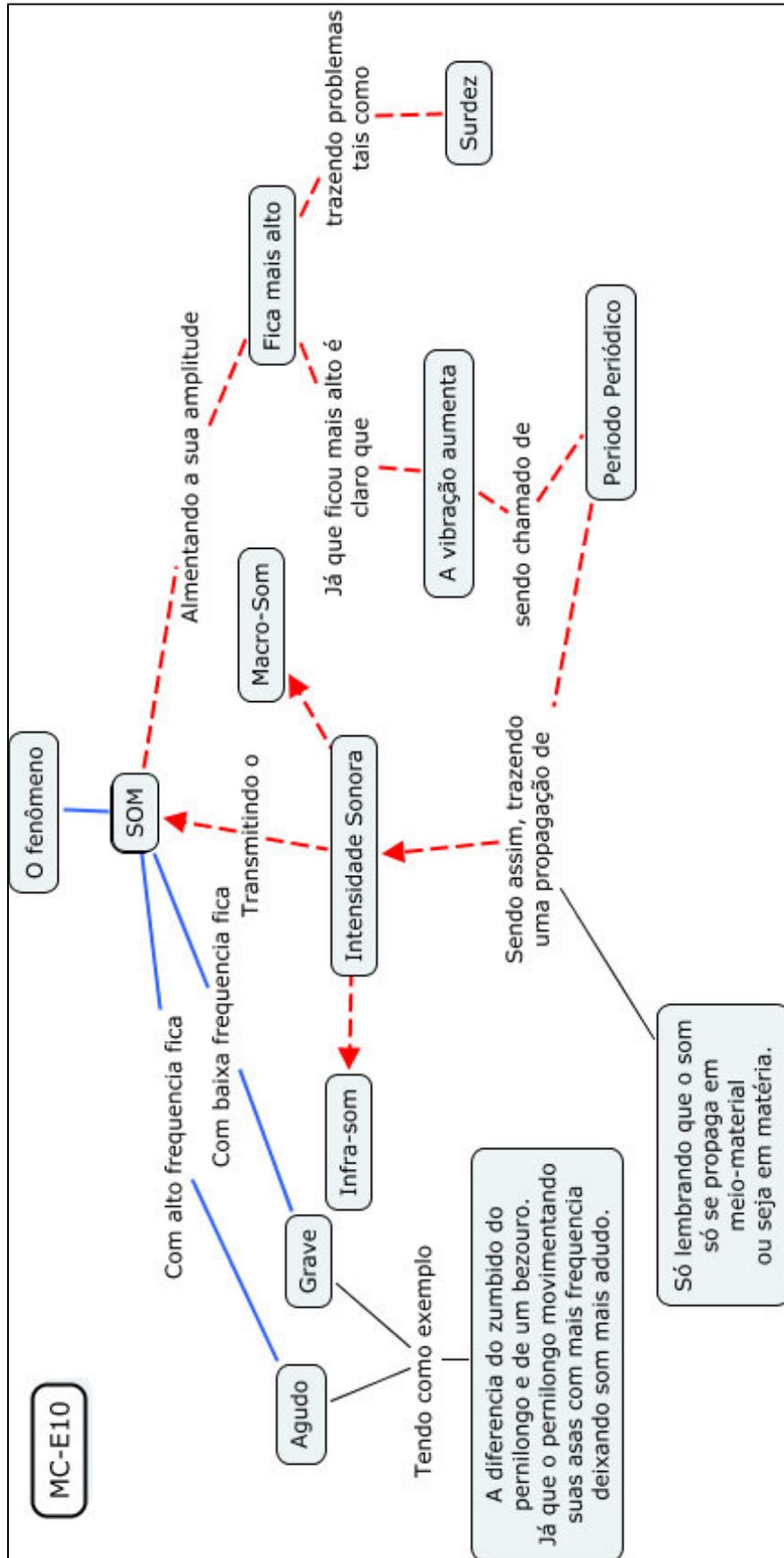
Mapa Conceitual 3 - Mapa conceitual elaborado pelo aluno E03.



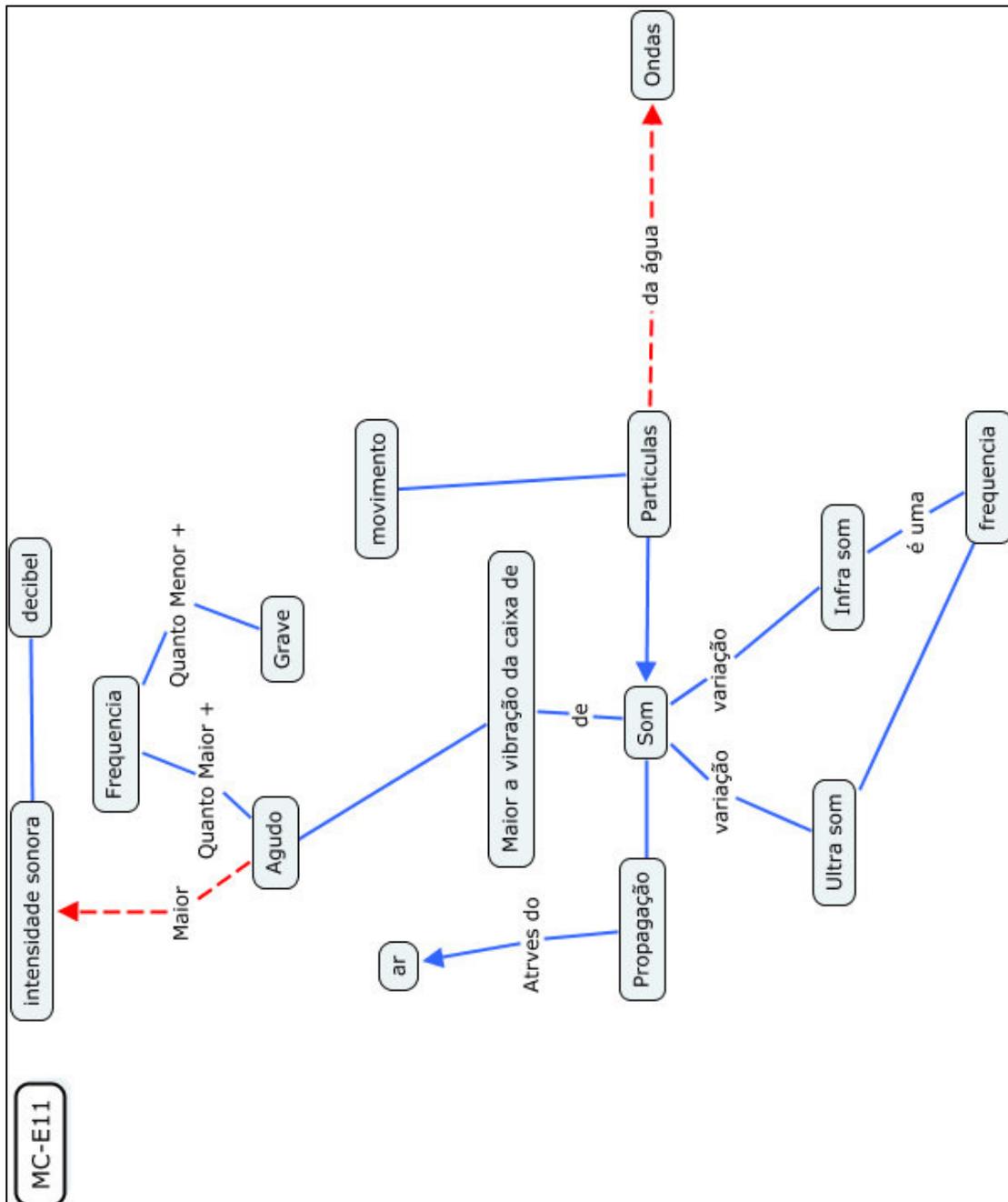
Mapa Conceitual 4 - Mapa elaborado pelo aluno E05.



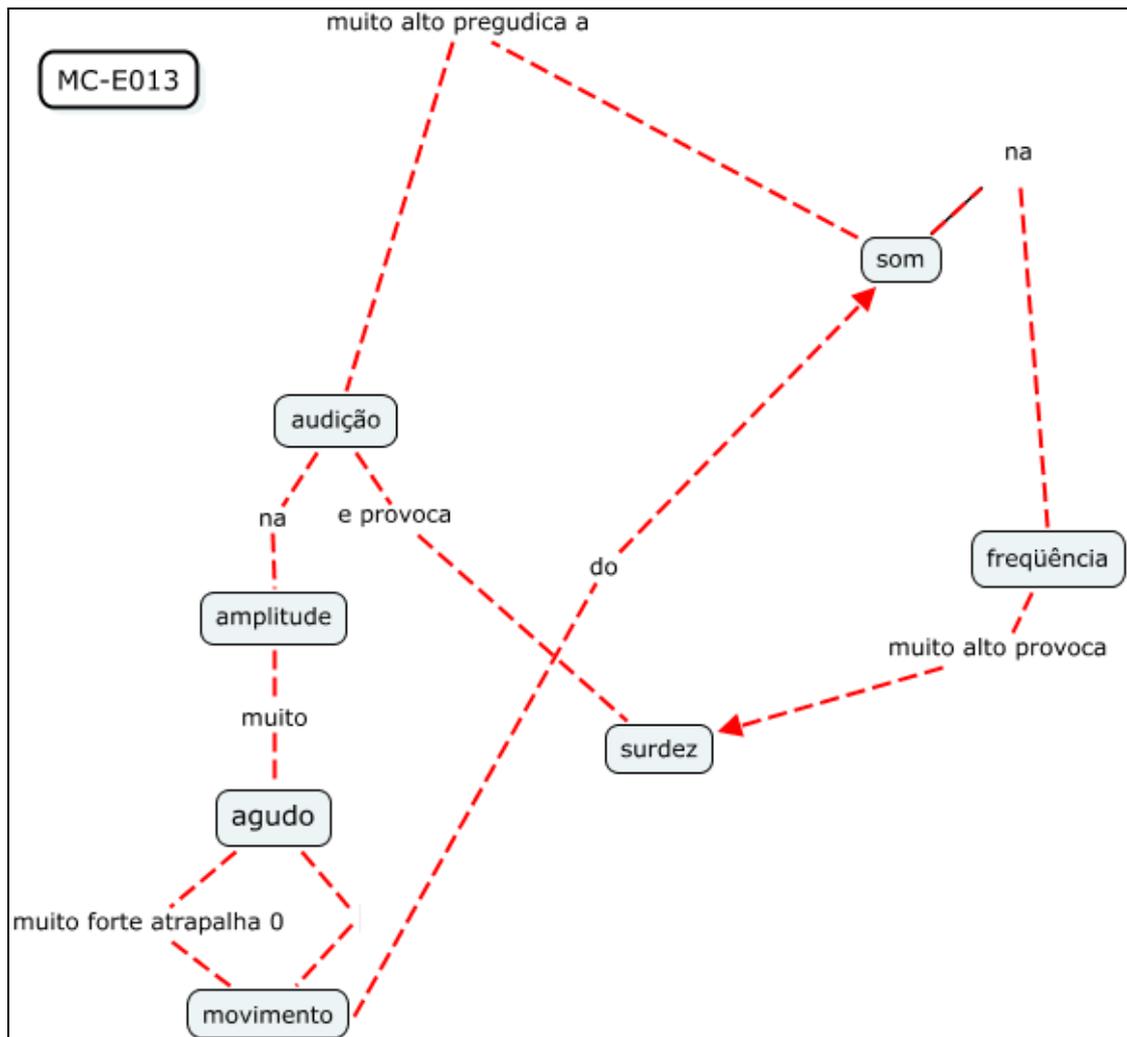
Mapa Conceitual 5 - Mapa elaborado pelo aluno E09.



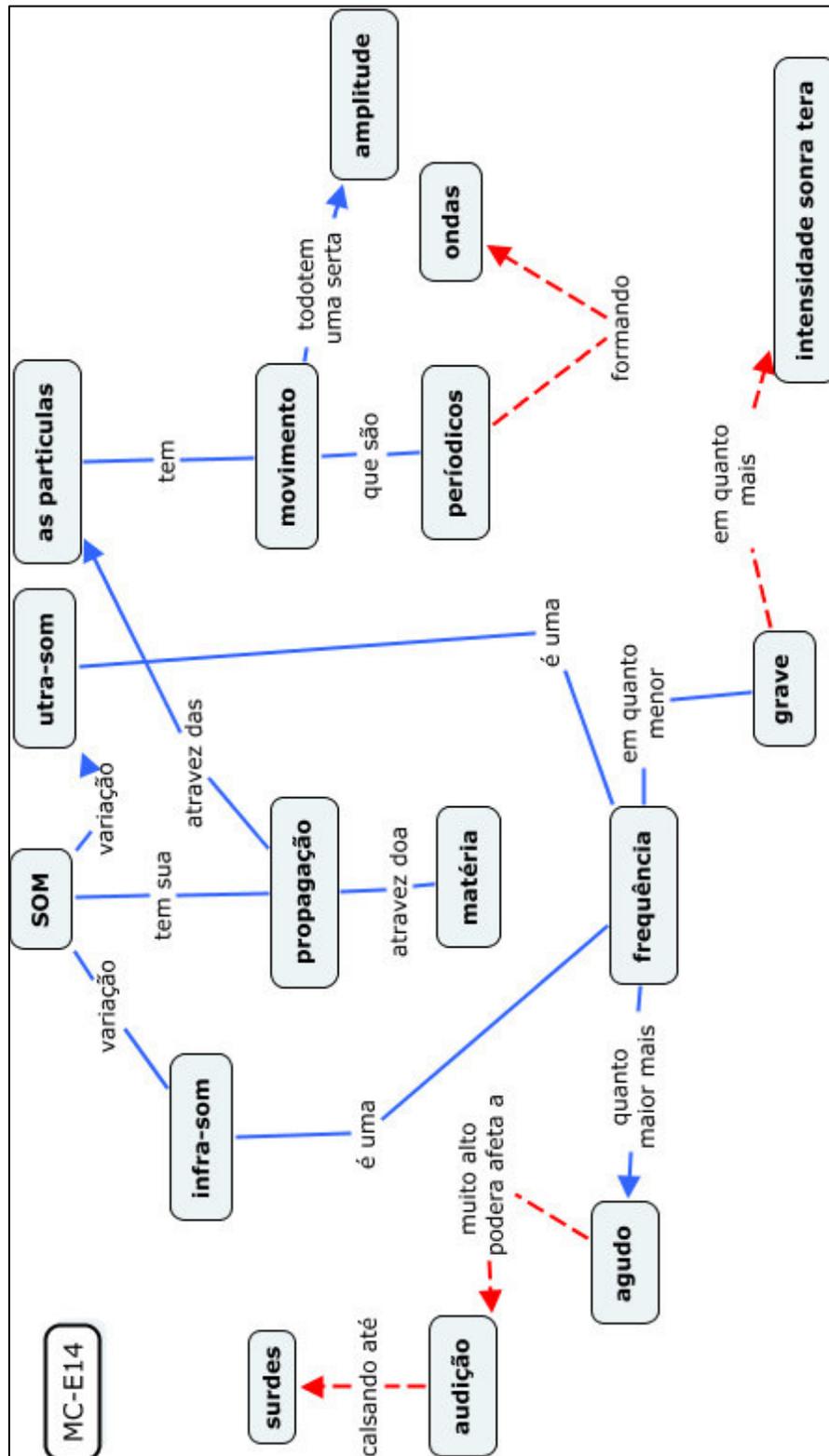
Mapa Conceitual 6 - Mapa elaborado pelo aluno E10.



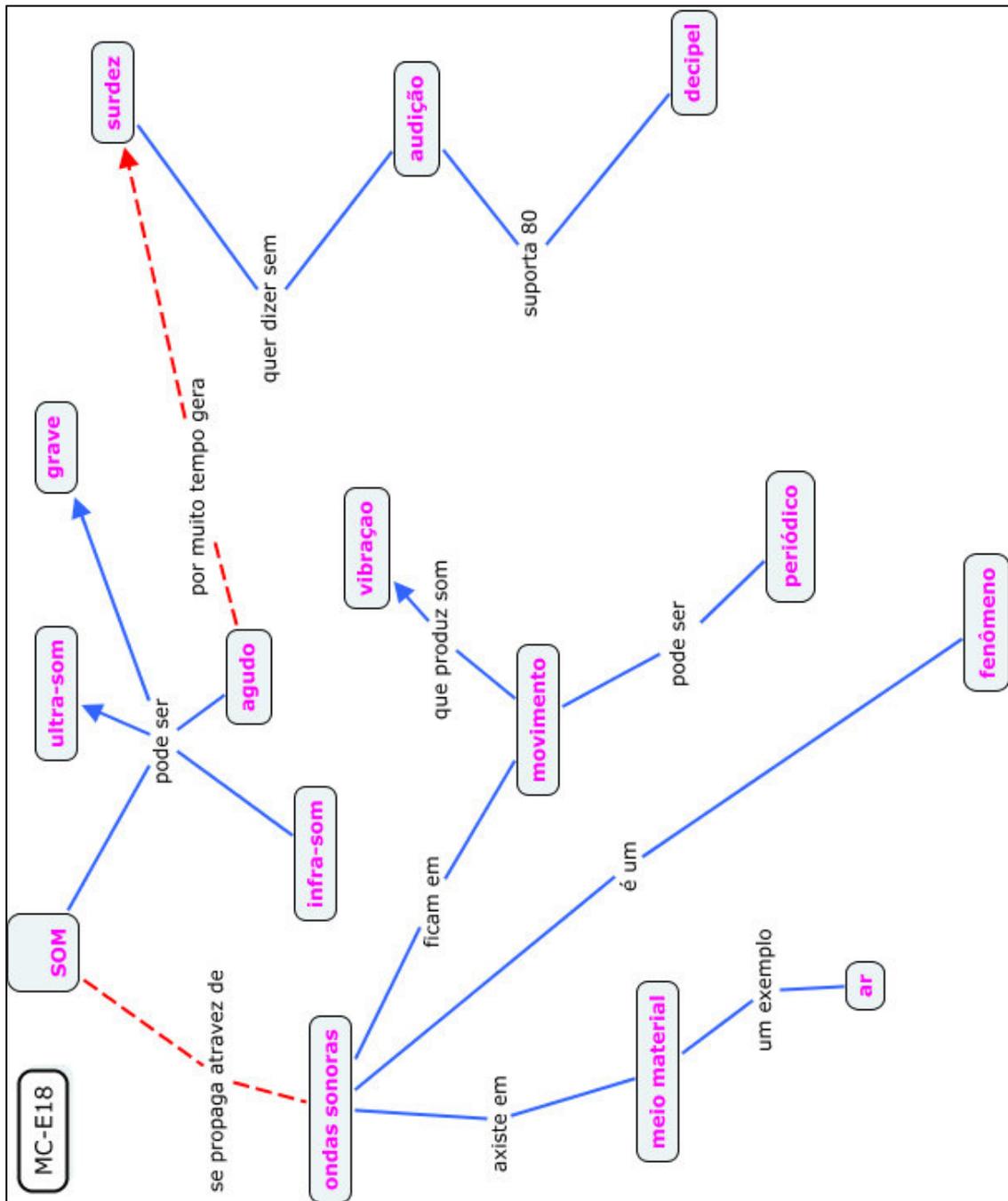
Mapa Conceitual 7 - Mapa elaborado pelo aluno E11.



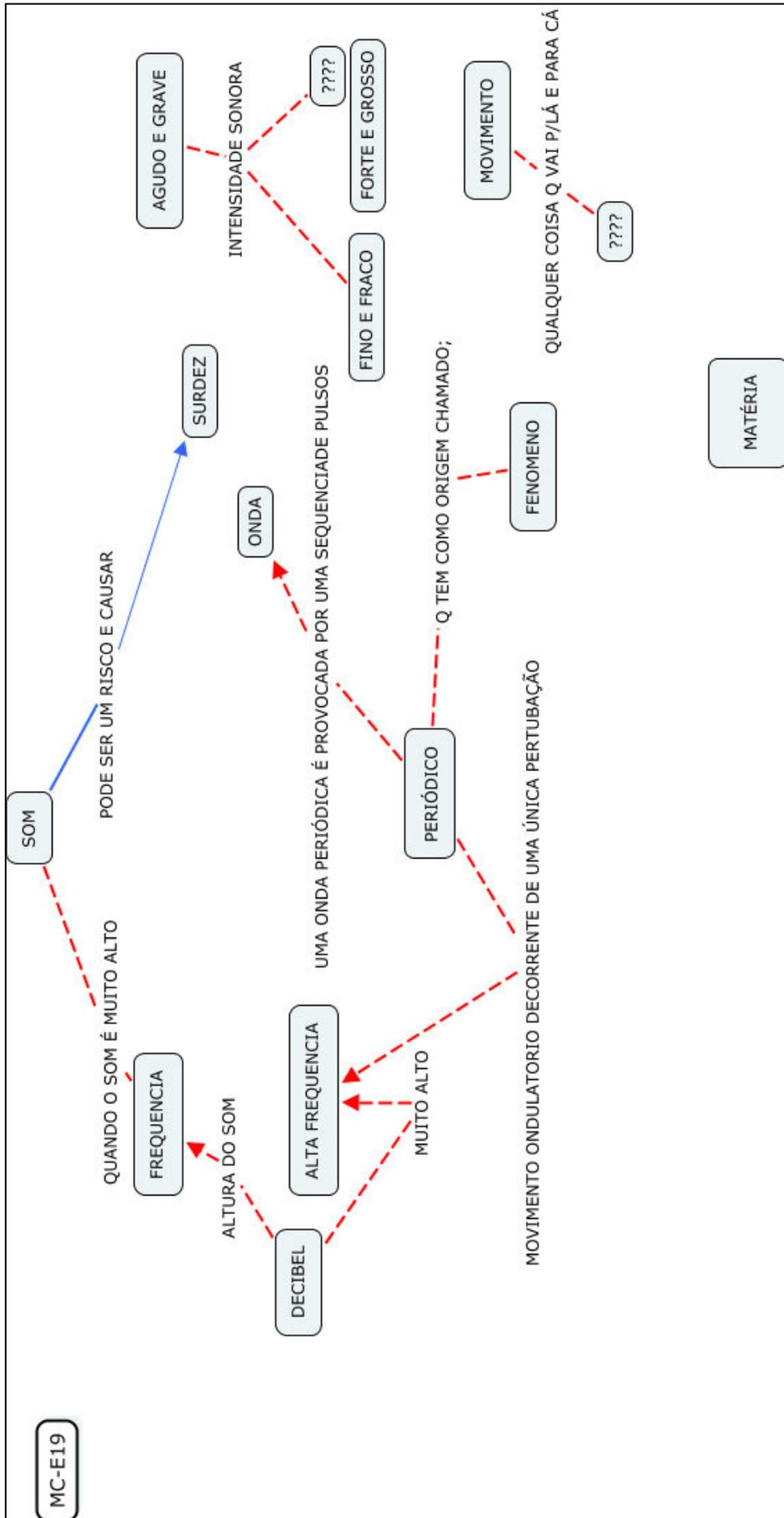
Mapa Conceitual 8 - Mapa elaborado pelo aluno E13.



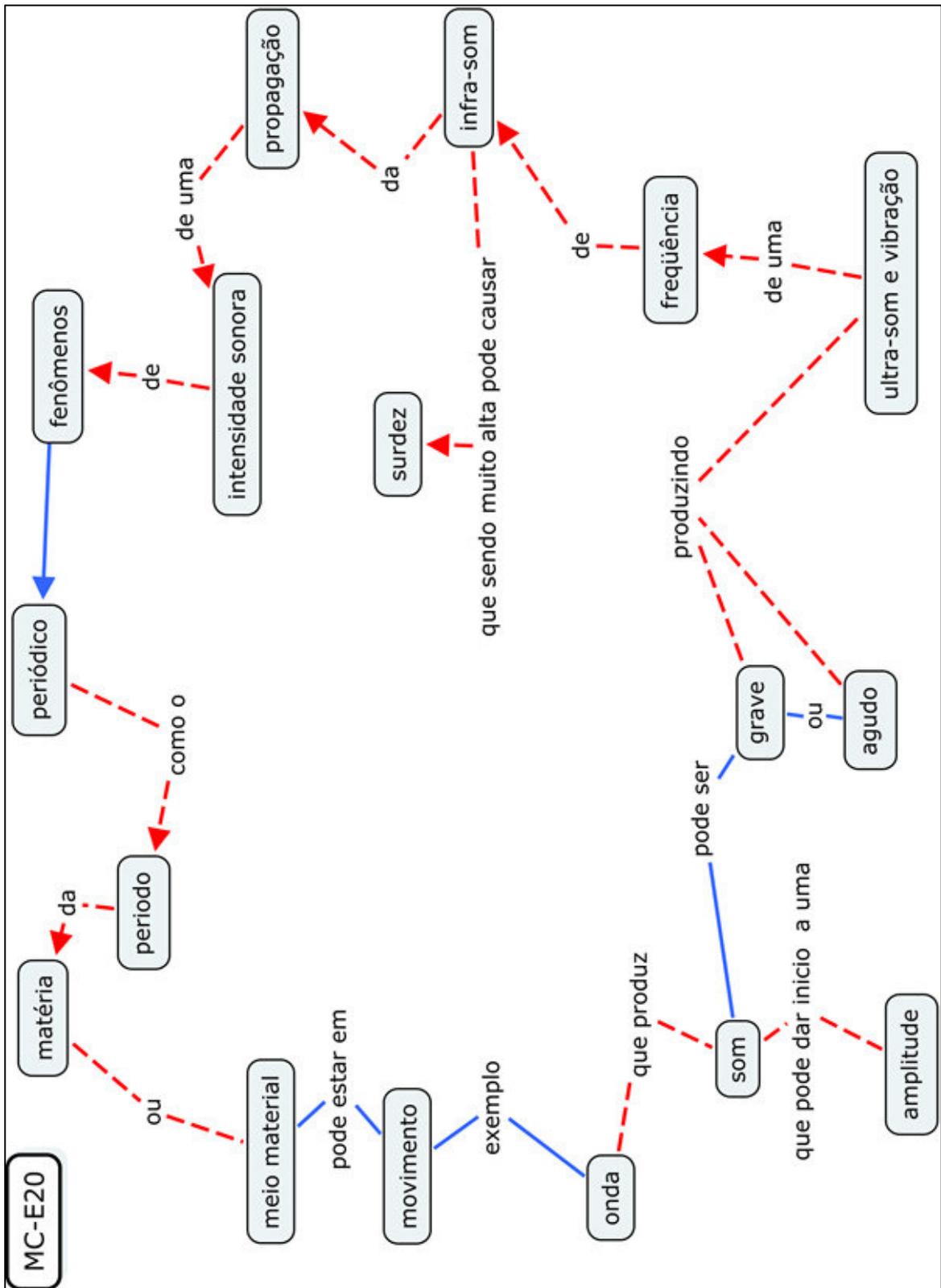
Mapa Conceitual 9 - Mapa elaborado pelo aluno E14.



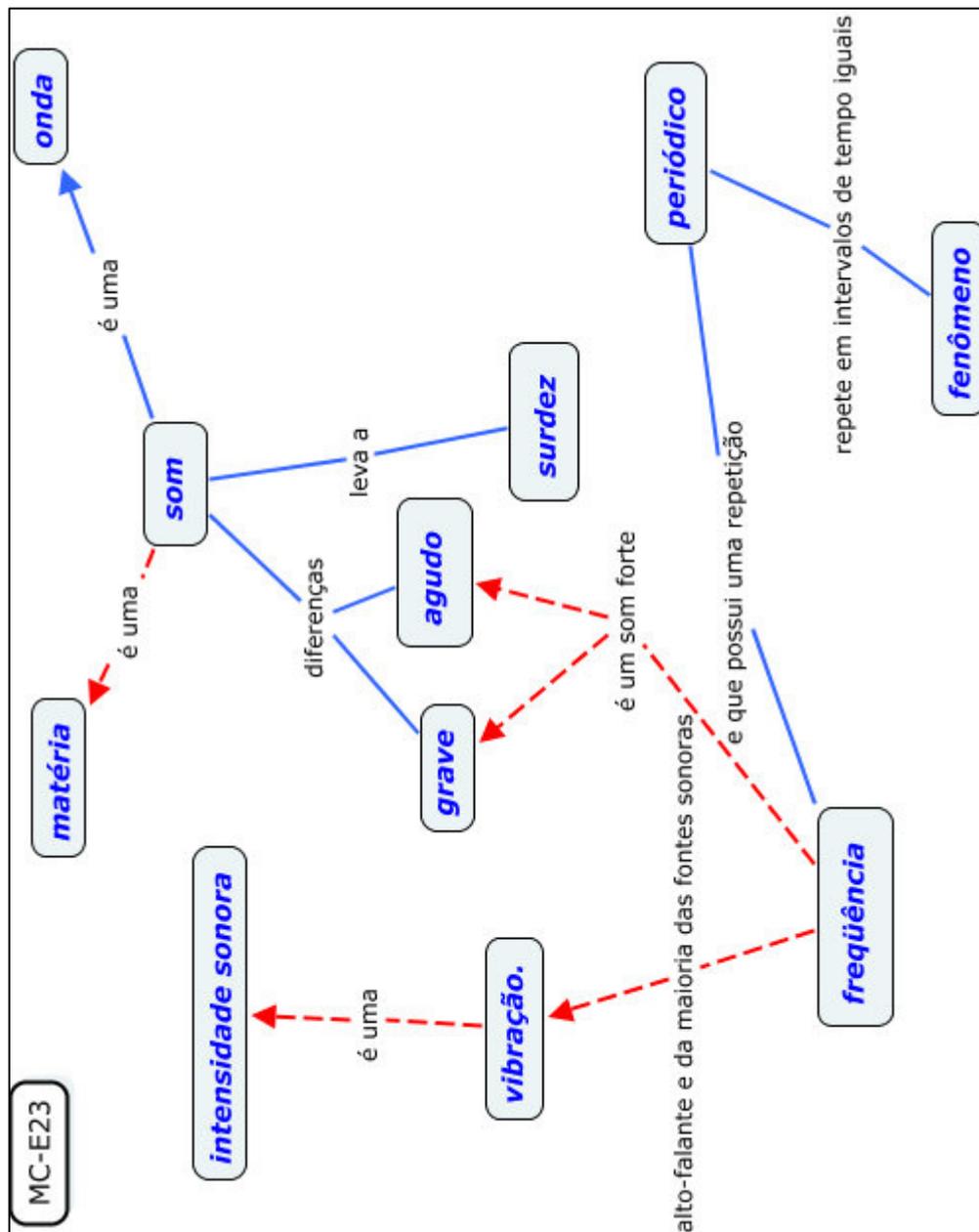
Mapa Conceitual 12 - Mapa elaborado pelo aluno E18.



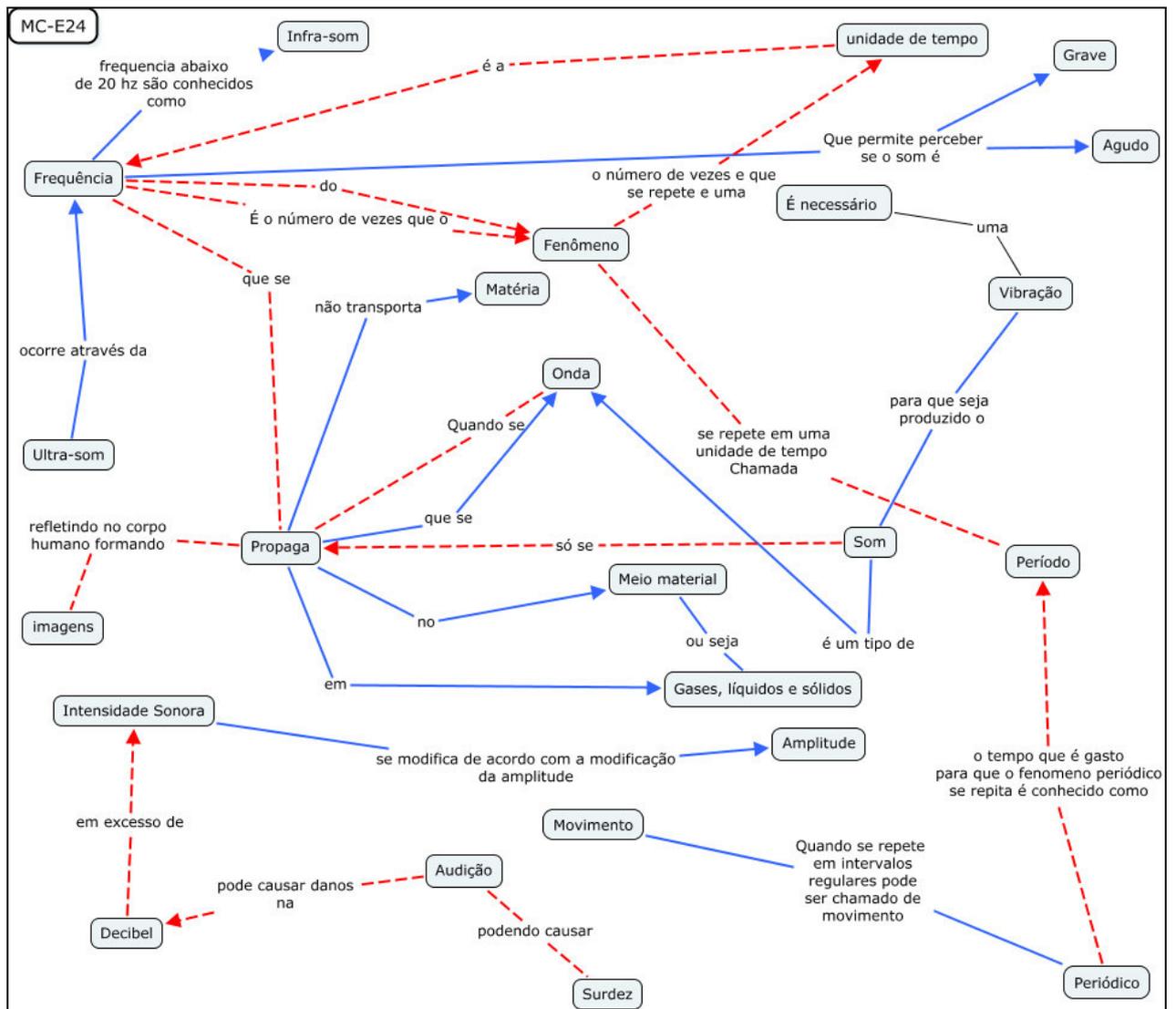
Mapa Conceitual 13 - Mapa elaborado pelo aluno E19.



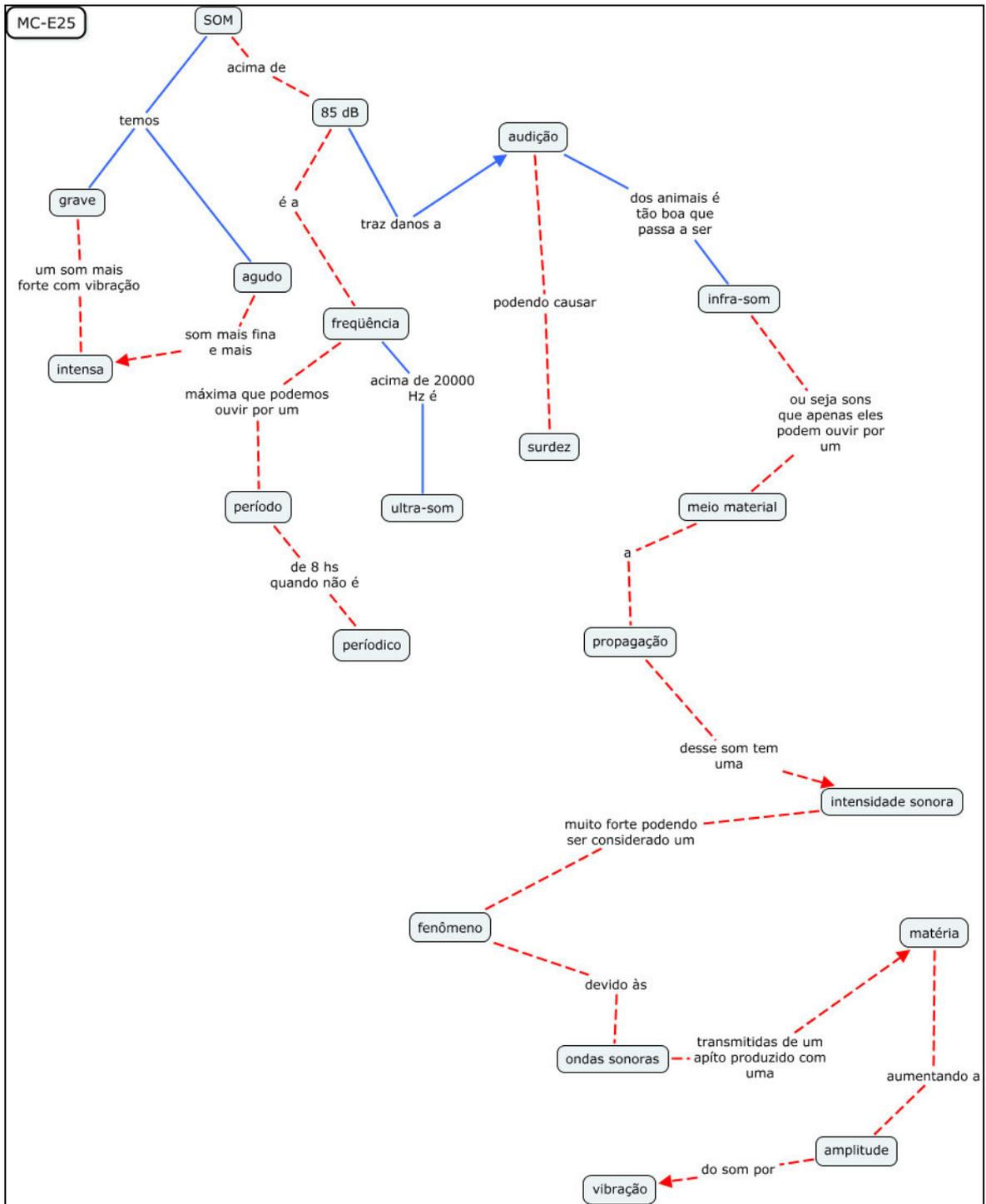
Mapa Conceitual 14 - Mapa elaborado pelo aluno E20.



Mapa Conceitual 15 - Mapa elaborado pelo aluno E23.



Mapa Conceitual 16 - Mapa elaborado pelo aluno E24.



Mapa Conceitual 17 - Mapa elaborado pelo aluno E25.

Anexo J - Ficha para análise qualitativa dos conhecimentos presentes nos mapas conceituais.

Mapa	O som é um tipo de onda.	O som não transporta matéria ao se propagar.	O som necessita de um meio material para se propagar.	A frequência é uma característica do som.	Há uma relação entre infra-som e frequência.	Há uma relação entre ultra-som e frequência.	Há uma relação entre grave e frequência.	Há uma relação entre agudo e frequência.	A intensidade sonora é uma característica do som.	Há uma relação entre amplitude e intensidade sonora.	Níveis elevados de intensidade sonora podem causar problemas auditivos.
MC-E01	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como frase (seqüência).	Modelado na estrutura.	Não foi identificado.	Modelada como proposição.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado por forte e fraco.	Não foi identificado.	Não foi identificado.
MC-E02	Modelado como proposição.	Não foi identificado.	Modelado como proposição.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como proposição.	Modelado como proposição.
MC-E03	Modelado como proposição.	Não foi identificado.	Modelado como proposição.	Modelado como frase (seqüência).	Modelado como frase (seqüência).	Modelado como frase (seqüência).	Modelado como proposição.	Modelado como proposição.	Não foi identificado.	Modelado como frase (seqüência).	Modelado como frase (seqüência).
MC-E05	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.
MC-E09	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como proposição.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como proposição.	Modelado como proposição.	Não foi identificado.	Modelado como proposição.	Não foi identificado.
MC-E10	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como frase (seqüência).	Modelado na estrutura.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como frase (seqüência).	Modelado como frase (seqüência).	Modelado na estrutura.	Não foi identificado.	Não foi identificado.
MC-E11	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como proposição.	Modelado como frase (seqüência).	Modelado como proposição.	Modelado como proposição.	Modelado como proposição.	Modelado como proposição.	Não foi identificado.	Modelado na estrutura.	Não foi identificado.
MC-E13	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como frase (seqüência).	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.
MC-E14	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como frase (seqüência).	Modelado na estrutura.	Modelado como proposição.	Modelado como proposição.	Modelado como proposição.	Modelado como proposição.	Modelado como proposição.	Não foi identificado.	Não foi identificado.
MC-E15	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado na estrutura.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como proposição.	Não foi identificado.	Modelado como proposição.	Não foi identificado.

Mapa	O som é um tipo de onda.	O som não transporta matéria ao se propagar.	O som necessita de um meio material para se propagar.	A frequência é uma característica do som.	Há uma relação entre infra-som e frequência.	Há uma relação entre ultra-som e frequência.	Há uma relação entre grave e frequência.	Há uma relação entre agudo e frequência.	A intensidade sonora é uma característica do som.	Há uma relação entre amplitude e intensidade sonora.	Níveis elevados de intensidade sonora podem causar problemas auditivos.
MC-E16	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como frase (seqüência).	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado na estrutura.	Não foi identificado.	Não foi identificado.
MC-E18	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como frase (seqüência).	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.
MC-E19	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado na estrutura.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado por forte e fraco.	Não foi identificado.	Não foi identificado.
MC-E20	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado na estrutura.	Modelado na estrutura.	Modelado como frase (seqüência).	Modelado na estrutura.	Modelado na estrutura.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.
MC-E23	Modelado como proposição.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado na estrutura.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado na estrutura.	Modelado na estrutura.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Não foi identificado.
MC-E24	Modelado como proposição.	Modelado como frase (seqüência).	Modelado como frase (seqüência).	Modelado na estrutura.	Modelado como proposição.	Modelado como proposição.	Modelado como proposição.	Modelado como proposição.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como proposição.
MC-E25	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado como proposição.	Modelado na estrutura.	Não foi identificado.	Modelado como proposição.	Não foi identificado.	Não foi identificado.	Modelado por forte e fraco.	Modelado como frase (seqüência).	Modelado na estrutura.