



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS DO
NÍVEL MÉDIO QUANTO A POTECIALIDADE PARA
UMA POSSÍVEL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE
FÍSICA AMBIENTAL**

FLAIR JOSÉ CARRILHO SOBRINHO

**PROF. DR. MARCELO SACARDI BIUDES
ORIENTADOR**

**PROF.^a DR.^a IRAMAIA JORGE CABRAL DE PAULO
CO-ORIENTADORA**

Cuiabá, MT
Abril de 2009



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

**ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS DO
NÍVEL MÉDIO QUANTO A POTECIALIDADE PARA
UMA POSSÍVEL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE
FÍSICA AMBIENTAL**

FLAIR JOSÉ CARRILHO SOBRINHO

Dissertação apresentada junto ao programa de pós-graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Física e Meio Ambiente.

**PROF. DR. MARCELO SACARDI BIUDES
ORIENTADOR**

**PROF.^a DR.^a IRAMAIA JORGE CABRAL DE PAULO
CO-ORIENTADORA**

Cuiabá, MT

Abril de 2009

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus que me
guia a cada passo...
À minha família companheira de
todas as horas: à minha esposa
Soilce e ao meu filho Samuel.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Marcelo Sacardi Biudes pela orientação e incentivo constante na minha caminhada acadêmica.
- A Prof.^a Dr.^a Iramaia Jorge Cabral de Paulo pela co-orientação e pelo seu papel fundamental na estruturação e no delineamento desta dissertação e na análise dos dados.
- Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira por ter me dado a grande oportunidade de estar aqui e pela dedicação e empenho em tornar esta pós-graduação em um modelo a ser seguido.
- Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT): Prof. Dr. José Holanda Campelo Júnior, Prof. Dr. Francisco de Almeida Lobo, Prof. Dr. Carlo Ralph de Muis, Prof. Dr. Sérgio Roberto de Paula, Prof.^a Dr.^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, Prof.^a Dr.^a Iramaia Jorge Cabral de Paulo e Prof. Dr. Marcelo Sacardi Biudes.
- A amiga e esposa amada Soilce pelo apoio, companheirismo e auxílio técnico na secretaria da Pós-Graduação em Física Ambiental (UFMT).
- Aos meus amigos Lúcio Ângelo Vidal, Nara Luisa Reis de Andrade, Guilherme Barros Seixas, Segundo Durval Pereira Rezende, Valdirene Vilani, Édina Cristina de Freitas Alves, Franciele Bomfiglio Santanna, Paulo Henrique Zanella de Arruda, Osvaldo Alves Pereira (“Full”) e Vicente Bellaver, pelo companheirismo nos momentos mais difíceis.
- Aos meus companheiros de trabalho e pesquisa: Miguel Jorge Neto e Paulo Henrique Zanella de Arruda.
- A Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), instituição em que trabalho;
- A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

DE FIGURAS	viii
DE QUADROS	xi
.....	xv
.....	xvi
INTRODUÇÃO	1
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
.1 CONCEITO DE CONHECIMENTO	4
.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	5
.2.1 PROCESSOS DINÂMICOS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	11
.2.2 TEORIA DE NOVAK: “UMA PONTE SUAVE ENTRE A TEORIA DE AUSUBEL E AS TEORIAS HUMANISTAS”	13
.2.3 GOWIN E SUA RELAÇÃO TRIÁDICA - ESTRATÉGIA PARA AUSUBEL	13
.2.4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA	15
.3 A FÍSICA DO EFEITO ESTUFA	19
.3.1 DEFININDO TEMPERATURA E CALOR	20
.3.2 TEORIA DO CALOR COMO SUBSTÂNCIA	20
.3.3 TEORIA CINÉTICO-MOLECULAR DA MATÉRIA	22
.3.4 CONCEITO FÍSICO DE TEMPERATURA	23
.3.5 CONCEITOS DE ENERGIA INTERNA E DE EQUILÍBRIO TÉRMICO	23
.3.6 CONCEITO FÍSICO DE CALOR	25
.3.7 TIPOS DE PROPAGAÇÃO DE ENERGIA NA FORMA DE CALOR	26
.3.8 DESCRIÇÃO FÍSICA DE UMA ONDA – UMA INTRODUÇÃO AOS CONCEITOS E DEFINIÇÕES.	31
.3.9 AS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS – SUA INTERAÇÃO COM AS MOLÉCULAS E SUA TRANSFORMAÇÃO EM ENERGIA TÉRMICA	41
.3.9.1 O QUE ACONTECE QUANDO UM CORPO ABSORVE RADIAÇÃO?	42
.3.9.2 A INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO INFRAVERMELHA COM AS MOLÉCULAS	43
.3.9.3 A RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA / VISÍVEL E A EXCITAÇÃO DE ELÉTRONS	46
.3.10 BALANÇO DE RADIAÇÃO TERRA - SOL	49
.3.11 A ATMOSFERA E O EFEITO ESTUFA	51
.3.12 PERTURBAÇÕES NO EFEITO ESTUFA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS	52
.3.13 CONTEXTO GERAL DOS FATORES QUE REGEM O CLIMA E SUAS MUDANÇAS	56

.3.14	MODELOS CIENTÍFICOS E AS INICIATIVAS SOCIAIS.....	59
.4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS.	60
	MATERIAL E MÉTODOS	68
.1	ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO	68
.2	ELABORAÇÃO DE UM TEXTO ALTERNATIVO SOBRE O TEMA “EFEITO ESTUFA” – UMA SUGESTÃO PARA UMA POSSÍVEL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	73
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
.1	LIVRO 1: Física – Ciência e Tecnologia – Volume 2.....	77
.2	LIVRO 2: As Faces da Física – Volume Único.....	86
.3	LIVRO 3: Curso de Física – Volume 2.....	93
.4	LIVRO 4: Física – Termologia, Óptica e Ondas – Volume 2.....	100
.5	LIVRO 5: Física Básica – Volume Único.....	107
.6	LIVRO 6: Física Conceitual – Volume Único.....	114
.7	LIVRO 7: Física – Volume Único	121
.8	LIVRO 8: Imagens da Física – Volume Único.....	128
.9	LIVRO 9: Os Fundamentos da Física – Volume 2	135
.10	LIVRO 10: Física – Série Parâmetros – Volume Único	142
.11	LIVRO 11: Física e Realidade – Volume 2	149
.12	LIVRO 12: Aprendendo Física – Física Térmica e Ondas – Volume 2	156
.13	LIVRO 13: Aulas de Física – Termologia, Óptica e Ondas – Volume 2.....	163
.14	LIVRO 14: Física Fundamental – Novo – Volume Único	170
.15	COMO O EFEITO ESTUFA PODE E DEVE SER TRABALHADO NO NÍVEL MÉDIO – UMA SUGESTÃO PARA UMA POSSÍVEL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	179
	CONCLUSÃO	192
	BIBLIOGRAFIA	195
.1	BIBLIOGRAFIA CITADA	195
.2	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	198

LISTA DE FIGURAS

1: Representação do movimento das moléculas de um gás, segundo a teoria cinético-molecular.....	22
2: Representação de duas amostras de um mesmo gás a diferentes temperaturas.....	24
3: Transferência de energia na forma de calor por movimento horizontal.....	26
4: Transferência de energia na forma de calor por condução.....	27
5: Transferência de energia na forma de calor na atmosfera próxima à superfície por convecção.....	28
6: Transferência de energia na forma de calor por convecção em um líquido.....	28
7: Transferência de energia por irradiação – A mão da pessoa aquece por estar recebendo radiação infravermelha emitida pelo filamento da lâmpada incandescente. Esta radiação emitida interage com as moléculas que constituem a mão da pessoa fazendo com que as mesmas vibrem mais tendo como consequência um aumento de temperatura.....	29
8: Os processos de transferência de energia na forma de calor ocorrem concomitantemente e, em geral, com a predominância de um sobre os outros.....	30
9: Estufa com cobertura de vidro - Plantas e outros objetos dentro dela absorvem parte da luz que entra e, uma vez aquecidos, emitem radiação infravermelha. Como o vidro dificulta a passagem desta radiação emitida, o interior da estufa se aquece.....	31
10: Ondas se propagando na superfície de um meio líquido.....	32
11: Reflexão de ondas de radiofrequência pela ionosfera terrestre.....	34
12: Esquema de reflexão de ondas.....	34
13: Fenômeno da refração.....	35
14: Esquema simplificado do fenômeno “Difração.....	35
15: Difração da luz. (A) - Difração da luz na superfície de um disco óptico. (B) – A difração da luz produz falta de nitidez quando a mesma passa através de um orifício muito pequeno.....	36
16: Esquema do fenômeno interferência.....	37
17: O fenômeno do arco-íris - uma consequência da refração da luz e da dispersão da mesma ao atravessar uma gotícula de água.....	38
18: Polarização de ondas mecânicas.....	38
19: A luz que atravessa um filtro polarizador oscila num único plano.....	39
20: Elementos de uma onda.....	39

21: Espectro Eletromagnético.	41
22: Modos vibracionais possíveis da molécula de CO ₂	44
23: Deformações assimétricas das moléculas de CO ₂ e o CH ₄	44
24: A radiação infravermelha induz um aumento na energia cinética média das moléculas, provocando assim, um aumento nos movimentos de vibração, rotação e translação destas moléculas.	45
25: Esquema representando o aumento de energia cinética das moléculas de água através da vibração, rotação e translação	45
26: Somente as radiações ultravioleta e visível possuem energia suficiente para excitarem os elétrons.	46
27: Possibilidades para o elétron decair ao seu estado inicial.	47
28: Processo da Fluorescência	47
29: Fosforescência.	47
30: O decaimento entre os níveis vibracionais resultará na emissão de radiação infravermelha.	48
31: Comparação entre as intensidades dos espectros da radiação solar e terrestre (W/m²). Em função de sua maior temperatura superficial, o Sol emite cerca de 160 mil vezes mais radiação que a Terra e de comprimentos de onda menores (mais energética).	49
32: Esquema simplificado do efeito estufa.	49
33: A - Distribuição espectral de corpos negros a 6000K e 255K, correspondentes às temperaturas de emissão do Sol e da Terra, respectivamente. B - Porcentagem de absorção atmosférica para a radiação que atravessa a atmosfera.	53
34: Livro 1 - Física – Ciência e Tecnologia – Volume 2.	77
35: Livro 2 - As Faces da Física – Volume Único.	86
36: Livro 3 - Curso de Física – Volume 2.	93
37: Livro 4 - Física – Termologia, Óptica e Ondas – Volume 2.	100
38: Livro 5 - Física Básica – Volume Único.	107
39: Livro 6 - Física Conceitual – Volume Único.	114
40: Livro 7 - Física – Volume Único	121
41: Livro 8 - Imagens da Física – Volume Único.	128
42: Livro 9 - Os Fundamentos da Física – Volume 2	135
43: Livro 10 - Física – Série Parâmetros – Volume Único.	142
44: Livro 11 - Física e Realidade – Volume 2	149
45: Livro 12 - Aprendendo Física – Física Térmica e Ondas – Volume 2	156

46: Livro 13 - Aulas de Física – Termologia, Óptica e Ondas – Volume 2.....	163
47: Livro 14 - Física Fundamental – Novo – Volume Único	170
48: A Terra e sua atmosfera ganham energia quando absorvem a energia radiante vinda do Sol.	179
49: Esquema ilustrando a radiação solar incidente e a radiação térmica ou infravermelha emitida pela Terra.	180
50: Esquema ilustrando a radiação solar incidente, a radiação térmica ou infravermelha emitida pela Terra e sua absorção pelas moléculas dos gases presentes na atmosfera (gases do efeito estufa).....	181
51: “A era do gelo – De pai para filho”	182
52: Estufa com cobertura de vidro	184
53: “Efeito Estufa X Buraco na camada de ozônio”	184
54: “A religião e o aquecimento global”	186
55: Esquema dos processos que ocorrem no Efeito Estufa.....	187
56: Radiação solar incidindo na superfície da Terra e sendo absorvida pelos elétrons constituintes dos corpos e ou substâncias.	188
57: Os elétrons se excitam (energizam) e migram para níveis mais energéticos.....	188
58: Após absorver a radiação solar e ser aquecida, a superfície da Terra emite radiação infravermelha (térmica).....	189
59: A radiação que foi absorvida é emitida na forma de radiação infravermelha devido à liberação de fótons no decaimento dos elétrons para o nível fundamental.	189
60: Radiação infravermelha emitida pela Terra e depois sendo absorvida pelos gases do efeito estufa.	190
61: A radiação infravermelha emitida interage com as moléculas de gases presentes na atmosfera provocando um aumento na energia cinética média destas moléculas (movimentos de vibração, rotação e translação).	190
62: As moléculas dos gases estufa após terem a sua energia cinética média aumentada devido a absorção da radiação emitida pela superfície da Terra, re-emitem a radiação infravermelha para todas as direções. Como consequência, aumenta a temperatura do sistema que as contém.	191

LISTA DE QUADROS

1: Processos do tipo de espectroscopia envolvida nas diferentes radiações eletromagnéticas.....	42
2: Concentrações atuais e aquecimento estufa devido a gases traço.....	54
3: Tempo de residência de alguns gases na atmosfera.	55
4: Concepções dos alunos em: Física; Ciências; Educação Ambiental.	62
5: Concepções dos alunos em: Física; Ciências; Educação Ambiental.	63
6: Propostas Didáticas Metodológicas.	64
7: Análise de Materiais Didáticos.	65
8: Análise de Materiais Didáticos.	66
9: Teoria da Aprendizagem Significativa e o Ensino de Ciências.	67
10: Significados dos itens da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO”.....	69
11: Significados dos itens da dimensão “ESTRUTURA”.	70
12: Significados dos itens da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” ..	71
13: Significados dos itens da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA”.	71
14: Significados dos itens da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA”. ...	72
15: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 1.	78
16: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 1.	80
17: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 1.	83
18: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 1.....	84
19: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 1.....	85
20: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 2.	87
21: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 2.	88
22: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 2.	90
23: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 2.....	91
24: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 2.....	92
25: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 3.	94
26: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 3.	95

27: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 3.	97
28: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 3.....	98
29: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 3.	99
30: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 4.	101
31: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 4.	102
32: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 4.	104
33: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 4.....	105
34: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 4.....	106
35: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 5.	108
36: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 5.....	109
37: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 5.	111
38: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 5.....	112
39: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 5.....	113
40: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 6.	115
41: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” – LIVRO 6.	116
42: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 6.	118
43: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 6.....	119
44: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 6.....	120
45: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 7.	122
46: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 7.....	123
47: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 7.	125
48: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 7.....	126

49: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 7.....	127
50: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” LIVRO 8..	129
51: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 8.....	130
52: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 8.	132
53: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 8.....	133
54: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 8.....	134
55: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 9.	136
56: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 9.....	137
57: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 9.	139
58: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 9.....	140
59: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 9.....	141
60: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 10.	143
61: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 10.....	144
62: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 10.	146
63: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 10.....	147
64: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 10.....	148
65: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 11.	150
66: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 11.....	151
67: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 11.	153
68: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 11.....	154
69: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 11.....	155
70: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 12.	157

71: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 12.....	158
72: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 12.	160
73: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 12.....	161
74: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 12.....	162
75: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 13.	164
76: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 13.....	165
77: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 13.	167
78: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 13.....	168
79: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 13.....	169
80: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 14.	171
81: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 14.....	172
82: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 14.	174
83: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 14.....	175
84: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 14.....	176
85: Resultado geral da análise dos livros de Física do ensino médio quanto à potencialidade significativa frente às questões ambientais.....	178

RESUMO

CARRILHO SOBRINHO, F. J. *Análise de livros didáticos do nível médio quanto à potencialidade para uma possível aprendizagem significativa de física ambiental*. Cuiabá, 2009. 202f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

Discussões de fenômenos ambientais, como o efeito estufa, podem ser realizadas com alunos do ensino médio. Para uma possível aprendizagem significativa desses fenômenos pode-se utilizar de livros didáticos como ferramenta. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar qualitativamente livros didáticos de Física quanto à potencialidade para uma aprendizagem significativa de física ambiental, particularmente o fenômeno “Efeito Estufa”; e propor um texto didático alternativo que contemple os conceitos mais relevantes para a compreensão deste fenômeno à luz dos conceitos cientificamente aceitos e compartilhados pela comunidade científica. Foram analisados qualitativamente livros de Física utilizados como referência principal ou como material de apoio por professores de escolas do ensino médio. Os livros de Física selecionados foram tratados separadamente mesmo havendo falhas semelhantes entre eles. “Quadros de Análise” foram utilizados como instrumento de análise dos livros, dimensionados quanto as formas de comunicação, estrutura, concepções na aprendizagem, história da ciência e abordagem do efeito estufa, compostos por itens de significado lógico e psicológico. De forma sistemática, todos os livros apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual. O conceito de “calor” é aquele que mais se apresentou de forma contraditória, entretanto a maior parte dos livros analisados apresentou coerência na relação entre imagens e o texto. Entre os livros analisados, a maior parte (57%) revelou-se potencialmente significativos e os que não se mostraram potencialmente significativos, embora possuíssem algum significado lógico, pouco ou quase nada evidenciaram características de significado psicológico carecendo totalmente, por exemplo, de atividades experimentais e de pesquisa que levasse o aluno a reformular as suas concepções alternativas.

Palavras – Chave: Física Ambiental, Material Didático, Efeito Estufa.

ABSTRACT

CARRILHO SOBRINHO, F. J. *Analysis of textbooks as the average of the potential for a possible significant learning of environment physics*. Cuiabá, 2009. 202f. Dissertation (master's degree) - Post-Graduate Program in Environmental Physics, Universidade Federal de Mato Grosso.

Discussions of environmental phenomena such as the greenhouse effect, may be carried out with high school students. For a possible significant learning of these phenomena can be used in textbooks as a tool. Thus, this study aimed at assessing quality of textbooks on the physics potential for a significant physical learning environment, particularly the phenomenon "greenhouse effect", and propose an alternative didactic text which includes the concepts more relevant to understanding this phenomenon concepts in the light of scientifically accepted and shared by the scientific community. Were analyzed qualitatively in physics books used as primary or as material support for teachers in schools of education. The books selected for Physics were treated separately even with flaws like these. "Tables of Analysis" was used as a tool for analysis of books, designed as forms of communication, structure, concepts on learning, history of science and approach of the greenhouse effect, consisting of items of logical and psychological significance. Systematic manner, all books had errors and omissions, though unequally. The concept of "heat" is that which is presented more in conflict however, most of the books reviewed were consistent in the relationship between images and text. Among the books reviewed, most (57%) proved to be potentially significant and that were not potentially significant, but have some logical meaning, little or no evidence of significant psychological characteristics totally lacking, for example, experimental activities and research that would lead the student to reformulate their alternative conceptions.

Keywords: Environmental Physics, Teaching Materials, Greenhouse Effect.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, cientistas de todo o mundo têm evidenciados sinais de alterações climáticas e a vida na Terra, por meio de estudos de rochas antigas, geleiras, padrões no crescimento dos anéis das árvores, dados históricos de clima, dados de satélite, mudanças na inclinação do eixo terrestre, correntes oceânicas e erupções vulcânicas. Sabe-se que a temperatura média da Terra variou diversas vezes, naturalmente no decorrer da história.

O mundo vivencia uma época de grandes transformações sociais, econômicas, políticas e ambientais, justamente com progressos técnico-científicos. As tecnologias de ponta, ao substituírem o trabalho humano, podem provocar desemprego e exclusão social, ao mesmo tempo, criam novas frentes de trabalho exigindo novos conhecimentos do modelo de sociedade atual.

A globalização e a especulação financeira, aliadas ao aumento do consumo em busca de conforto, confundido atualmente com qualidade de vida, têm como consequência direta a necessidade crescente de produção de energia, agravando desigualdades sociais e comprometendo de forma quase irreversível os recursos naturais ainda existentes. As consequências, desse modelo de sociedade, são sentidas no meio ambiente que se torna cada vez mais devastado, poluído e frágil.

Há muito tempo, cientistas vêm acumulando evidências de que atividades industriais e agropecuárias estão acelerando as mudanças climáticas. Assim, a ação antrópica, de maneira direta ou indireta, pode contribuir com a alteração do efeito estufa ao lançar gases oriundos da queima de combustíveis fósseis e de outros tipos de gases, podendo, como consequência, levar ao aumento da temperatura global e com isso, aumento no nível dos oceanos, expansão de áreas desertificadas, diminuição da camada de ozônio, chuvas com altos índices de acidez e perda de biodiversidade.

Cada ciência, dentro de suas especificidades com seu código intrínseco, sua lógica interna, métodos próprios de investigação que se expressam nas teorias, nos modelos construídos para interpretar fenômenos que se propõe explicar, contribui para compreensão desses fenômenos na problemática ambiental. Apropriar-se desses códigos, de conceitos e métodos relacionados a cada uma das ciências, podem remeter, em um futuro próximo, a uma ciência ambiental com métodos, códigos e teorias específicos, frutos da visão interdisciplinar que a compreensão dos fenômenos ambientais exige.

Compreender a relação entre as ciências, tecnologias e sociedade, significa ampliar possibilidades de compreensão e participação crítica efetiva nesse mundo dos ecossistemas.

Ao longo dos últimos anos, novas metodologias educacionais emergiram dos avanços técnico-científicos facilitando a dinâmica de ensino-aprendizagem que extrapola o ambiente escolar.

Em um ritmo acelerado, as transformações sócio-político-ambientais vêm impondo, de igual modo, transformações tecnológicas que exigem a permanente revisão e adequação de conceitos, conteúdos e ferramentas de abordagem dos conhecimentos intrínsecos à compreensão da dinâmica dos ecossistemas e suas áreas afins frente às mudanças de atitudes e de emissão de juízo de valor pelos alunos em função dessas transformações e desse processo de rápidas mudanças em que estamos vivenciando.

Existem dois problemas fundamentais no contexto da educação científica, a defasagem de conteúdos abordados no ensino médio em relação à produção científica e a manutenção de um status privilegiado da aprendizagem mecânica, arbitrária, literal e de curta duração em detrimento de uma aprendizagem significativa que tenha sentido para o aluno e que colabore para sua autonomia intelectual.

Durante pouco mais de vinte anos de vivência no ensino médio trabalhando com todos os conteúdos de Física pertinentes a esta etapa de formação, posso inferir, que a prática docente e as relações ensino-aprendizagem que se estabelecem na sala de aula estimulam a aprendizagem mecânica dos conteúdos em virtude do extenso programa a ser cumprido, número de aulas semanais, duração de cada aula, número de alunos em sala e material didático utilizado.

Esses fatores dificultam a interação professor-aluno-material didático que oportuniza trocas de significados que promovam a aprendizagem significativa. A opção freqüente, por parte das escolas, sobretudo aquelas da rede particular de ensino, em utilizar materiais apostilados onde estes potencializam apenas uma aprendizagem mecânica, arbitrária, literal e de curta duração, haja vista que o foco principal é a preparação para os exames vestibulares, são fatores que distanciam a prática pedagógica de uma linha mais construtivista.

Diante disso, esse trabalho tem como objetivo avaliar qualitativamente livros didáticos de Física quanto à potencialidade para uma aprendizagem significativa de física ambiental, particularmente o fenômeno “Efeito Estufa”; e propor um texto didático alternativo que contemple os conceitos mais relevantes para a compreensão deste fenômeno à luz dos conceitos cientificamente aceitos e compartilhados pela comunidade científica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentado o referencial teórico que norteou este trabalho, realizado à luz da teoria da aprendizagem significativa (TAS) e da teoria da aprendizagem significativa crítica (TASC) bem como alguns dos principais fenômenos relacionados às mudanças climáticas globais que se utilizam dos conceitos da Física e de outras áreas afins como um conjunto de subsunções necessários para a sua compreensão e possível aprendizagem significativa.

2.1 CONCEITO DE CONHECIMENTO

Para melhor entendimento, buscamos em Ausubel, Freire e Marques o conceito de conhecimento e a explicação para a sua construção.

O conhecimento ocorre por uma associação de informações inter-relacionadas, partindo de uma estrutura prévia como “um ponto de ancoragem”, na qual novas informações vão interagindo com aquelas que o indivíduo já conhece, resultando numa integração evolutiva em termos de conhecimentos. Com a interação destes novos conhecimentos, o aluno tem a possibilidade de construir o seu conhecimento, relacionando o que já conhecia e o que acaba de conhecer. Esta aprendizagem é tida como significativa, porque o aluno organiza e reorganiza os conhecimentos e suas idéias (AUSUBEL, apud MOREIRA, 1982).

[...] O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre idéias “logicamente” (culturalmente) significativas, idéias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aluno (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos (AUSUBEL, 2003).

Valorizar os conhecimentos prévios dos alunos propicia ao educador compreender o nível em que se encontram no processo de construção do conhecimento, o que nos remete a um aspecto de fundamental importância: o educador passa a ter subsídios teóricos para compreender as formas de construção do conhecimento do educando (FREIRE¹, 1989).

Assim, “ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar possibilidades para a sua construção” (FREIRE², 2000).

O conhecimento pode ser definido como a representação significativa da realidade em que o aluno está inserido. Marques afirma:

[...] o conhecimento não se funda na interpretação intelectual dos fenômenos, mas na determinação de transformá-los para dominá-los. Realiza-se o conhecimento do fenômeno à medida que ele é produzido pelo homem como produto da dupla instrumentalidade: da hipótese conceitual e do instrumento científico que a encara e materializa. Os fenômenos são tecnicamente construídos: não são dados, mas resultados; não descrevem, mas se produzem. No experimento combinam-se a observação metódica indutiva com o uso dos instrumentos adequados, como é o cálculo matemático, indispensável para a explicação ou interpretação (MARQUES, 1993).

Nesse contexto, entende-se que o conhecimento é a capacidade adquirida pelo ser humano de interpretar e operar sobre um conjunto de dados ou informações. Essa capacidade é adquirida por meio de relações que se estabelecem pelo conjunto de dados ou informações, seguida por relações com outras informações e conjuntos e assim sucessivamente, definindo a compreensão sobre tais assuntos.

2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Existem várias teorias da psicologia da aprendizagem, entre elas as teorias da aprendizagem. Elas podem ser genericamente reunidas em duas categorias: as teorias do *condicionamento* e as teorias da *cognição*. Na primeira estão as teorias que definem a aprendizagem pelas conseqüências comportamentais e enfatizam as condições ambientais como forças propulsoras da aprendizagem. Na segunda categoria estão as teorias que conceituam a aprendizagem como um processo de

relação do sujeito com o mundo externo e que tem conseqüências no plano da organização interna do conhecimento (organização cognitiva).

O enfoque deste trabalho foi de avaliar livros didáticos de Física no ensino médio, quanto à potencialidade para uma aprendizagem significativa frente às questões ambientais mais emergentes, portanto, sob uma abordagem cognitivista. Dentre os processos de *compreensão*, *transformação*, *armazenamento* e *uso* da informação envolvidos na cognição, foi enfatizado apenas o da compreensão.

A teoria de aprendizagem de Ausubel et al. (1980) tem como cerne a idéia da *aprendizagem significativa*, definida como um processo onde uma nova informação interage com algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento do aluno. Pode-se dizer que uma aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação é assimilada por meio da interação com conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aluno (AUSUBEL, 2003).

Estes conceitos foram denominados por Ausubel de *subsunçores*. Um subsunçor é um conceito, uma idéia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva do aluno que serve de ‘ancoradouro’ a uma nova informação, permitindo ao indivíduo atribuir-lhe significado.

“A aprendizagem significativa, portanto, caracteriza-se por uma interação (não uma simples associação), entre aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, através das quais estas adquirem significado e são integradas à estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores pré-existentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva.” (MOREIRA, 1999).

Para Ausubel (2003), é possível que a aprendizagem se dê de maneira tal que novas informações sejam adquiridas por um aprendiz sem que nenhuma ou pouca associação seja feita com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aluno, em um processo que se denomina "aprendizagem mecânica". O conceito de aprendizagem mecânica apresentado pode parecer uma contraposição ao conceito de aprendizagem significativa. Não há dicotomias de fato, e sim extremos de um continuum visto que, em algum momento do processo ensino-aprendizagem, pode ser necessário que ocorra aprendizagem mecânica inicial quando se trata de uma área de conhecimento completamente nova ao aluno, onde não há *subsunçores* para que

as novas informações possam ser ancoradas, possibilitando reorganização conceitual em uma reelaboração que proporcione a aprendizagem significativa.

Portanto, não se trata de rejeitar a aprendizagem mecânica e sim de considerá-la possível e necessária, até que o aluno tenha condições de aprender significativamente. Para isso, há necessidade de reelaborar conceitos mais complexos a partir de subsunçores previamente elaborados. Entretanto, Ausubel considera a aprendizagem representacional como significativa. Nesse caso, não há necessidade de começar com aprendizagem mecânica.

A aprendizagem significativa, ao ser externalizada, vem impregnada da leitura de mundo do aluno. É preciso negociação entre professor e aluno para que se tenha pontos básicos conceituais compartilhados que evidenciem a aprendizagem. Portanto, deve-se repensar o processo de avaliação como uma inferência se os alunos assimilaram conceitos, recolhendo informações das mais diversas formas para buscar evidências que possam indicar que houve aprendizagem significativa por parte do aluno.

Entretanto, é preciso que se efetivem condições para que ocorra a aprendizagem significativa. Segundo Ausubel, há duas condições para a ocorrência da aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999):

- a) *Que o material a ser aprendido seja relacionável à estrutura cognitiva do aluno, de maneira não-arbitrária e não-literal, ou seja, o material instrucional deve apresentar os conteúdos estruturados de maneira lógica e psicológica. Um material com essa característica é dito potencialmente significativo.*
- b) *Que o aluno tenha disponível em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados, ou seja, que exista na estrutura cognitiva do aluno conhecimentos organizados e relacionáveis com o novo conteúdo onde esses conceitos estáveis e relacionáveis já existentes na estrutura cognitiva são chamados de subsunçores; ou conceitos âncora ou ainda conceitos de esteio.*
- c) *Que o aluno manifeste uma disposição para relacionar, de uma maneira substantiva e não-arbitrária, o novo material potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva.*

O processo ensino-aprendizagem conduzido de maneira usual se apóia em livros texto. Esses livros são estruturados de modo que os seus tópicos estão encadeados numa seqüência lógica, e cada tópico tem a sua coerência interna. Esse material se diz potencialmente significativo quando o aluno for capaz de relacioná-lo com conhecimentos existentes em sua estrutura cognitiva. Costuma-se dizer que na aprendizagem significativa acontece a transformação do significado lógico de determinado material em significado psicológico. À medida que o aluno internaliza o saber de modo peculiar, transformando o conhecimento em um conteúdo idiossincrático (TAVARES, 2005).

Desse modo se consuma a aprendizagem significativa, de maneira que a nova informação será incorporada na estrutura cognitiva do aluno, usando o seu modo pessoal de fazer isso. O conhecimento anterior do aluno será alterado com a nova informação incorporada, tornando-se mais inclusivo, e o novo conhecimento também se modificará de maneira específica pela absorção do aprendiz (TAVARES, 2005).

Quando se observa um novo corpo de informações o aluno pode decidir absorver esse conteúdo de maneira literal, desse modo a aprendizagem será mecânica, pois este só conseguirá simplesmente reproduzir esse conteúdo de maneira idêntica a aquela que lhe foi apresentada. Nesse caso não existiu uma compreensão da estrutura da informação que lhe foi apresentada, e o aluno não conseguirá transferir o aprendizado da estrutura dessa informação apresentada para a solução de problemas equivalentes em outros contextos (TAVARES, 2008).

No entanto, quando o aluno tem pela frente um novo corpo de informações e consegue fazer conexões entre esse material que lhe é apresentado e o seu conhecimento prévio em assuntos correlatos, ele estará construindo significados pessoais para essa informação, transformando-a em conhecimentos, em significados sobre o conteúdo apresentado. Essa construção de significados não é uma apreensão literal da informação, mas é uma percepção substantiva do material apresentado, e desse modo se configura como uma aprendizagem significativa (TAVARES, 2004).

Há, ainda, a distinção entre a aprendizagem por recepção, ou receptiva, que ocorre quando o que deve ser aprendido é apresentado ao aluno; e a aprendizagem por descoberta, quando o conteúdo a ser aprendido deve ser antes descoberto pelo aluno à medida que se proporcione em situações de ensino e aprendizagem, pistas e

caminhos que possam facilitar tal descoberta. A aprendizagem receptiva não é sinônima de passiva. Ao contrário, deve ser muito ativa cognitivamente, pois o aluno tem que processar a informação e dar-lhe significado. A apresentação do novo conhecimento ao aluno não significa necessariamente aula expositiva, pode ser por meio de materiais didáticos usuais ou por modernos recursos tecnológicos. A questão central é que o ser humano normalmente não necessita descobrir para aprender. Necessita é ter conhecimento prévio adequado e querer relacionar interativamente este conhecimento com o novo conhecimento que lhe é apresentado (PAULO, 2006). A essência do processo de aprendizagem significativa está na interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio.

Outro aspecto relevante da aprendizagem significativa é que em geral a aprendizagem se dá dos conceitos mais gerais para os mais específicos (diferenciação progressiva). Em contrapartida, os conceitos mais específicos se interrelacionam no sentido de tornar mais elaborado o conceito mais geral, de onde partiu o processo de aprendizagem, também chamado reconciliação integrativa (MOREIRA, 1999).

A aprendizagem significativa é um processo que se efetiva a partir de sucessivas interações, os conceitos vão sendo elaborados, desenvolvidos, diferenciados. Nesta perspectiva, a aprendizagem de um conceito é facilitada quando os elementos mais gerais, mais inclusivos de um conceito, são introduzidos em primeiro lugar, e depois este é progressivamente diferenciado em termos de detalhes e especificidades.

Assim, as idéias mais gerais e inclusivas devem ser apresentadas ao se propor a aprendizagem de um conteúdo em aula, e depois apresentar conceitos menos gerais e mais específicos para serem diferenciados progressivamente.

Ausubel advoga a idéia de que é mais fácil para os seres humanos captar aspectos diferenciados de um todo, anteriormente apreendido e mais inclusivo, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas, a organização do corpo de conhecimento na mente de um indivíduo é uma estrutura hierárquica na qual as idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura e progressivamente incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.

Dessa forma, os novos conceitos e informações são captados e retidos mais eficazmente, quando já estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno idéias mais inclusivas e relevantes para servir como subsunçores.

A reconciliação integrativa é um processo inerente à aprendizagem significativa uma vez que, se os conceitos são apresentados dentro de uma estrutura hierárquica de grau de inclusividade à medida que ocorre a diferenciação é possível promover uma reintegração dos conceitos mais específicos para os mais gerais em uma dinâmica “descida” e “subida” promovendo resignificações conceituais (PAULO, 2006).

Segundo Ausubel (2000), na aprendizagem significativa, adquirir uma informação resulta em mudança no subsunçor onde se ancora como na própria informação. Essa aprendizagem pode se dar de três formas diferentes:

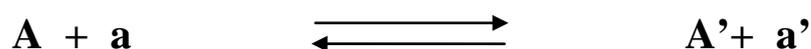
- *Aprendizagem representacional:* quando o aluno estabelece uma relação entre símbolo e referente. Normalmente este símbolo é uma palavra.
- *Aprendizagem de conceitos:* quando o aluno constrói conceitos para uma dada informação. Não deixa de ser também uma aprendizagem representacional, mas os conceitos são representados por símbolos mais genéricos ou categóricos que representam abstrações e com eles formamos proposições. Enfim, pode-se dizer que tanto na aprendizagem de conceitos como na representacional, a tarefa é aprender significativamente o que palavras isoladas ou combinadas representam.
- *Aprendizagem proposicional:* quando a tarefa passa a ser aprender o significado de idéias em forma de proposições. Para se aprender o significado de uma proposição verbal, é preciso que se tenha aprendido os significados dos termos que a formam. Assim, antes que a aprendizagem proposicional se dê, é necessário que se tenha por base a aprendizagem representacional e a conceitual.

2.2.1 PROCESSOS DINÂMICOS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo Ausubel (2000), existem diversos processos mediante os quais a aprendizagem significativa ocorre. Tais processos se referem à dinâmica da estrutura cognitiva, ou seja, como a estrutura cognitiva muda com o tempo. Assim, o aluno adquire idéias genéricas por meio de experiências, vivências, descoberta, em um processo chamado *formação de conceitos*.

Este ocorre mais frequentemente em crianças em idade pré-escolar ou por *assimilação de conceitos*, relacionando novos atributos recebidos a idéias já relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva, de modo não-arbitrário e não-literal, o que ocorre mais frequentemente ao longo do processo de escolarização, e progressivamente passa a predominar em indivíduos adolescentes e adultos.

Uma vez que uma nova informação é assimilada, tanto ela quanto o conceito subsunçor a ela relacionado, já não são mais os mesmos. Ambos são modificados, ou reformulados, durante o processo de assimilação. Nessa etapa, tanto os conceitos subsunçores (A) e as informações originais (a), quanto os correspondentes reformulados (A' e a') coexistem, e são dissociáveis, tais como os produtos e reagentes de uma reação química (PAULO, 2006):



Enquanto o subsunçor e a informação relevante originais são dissociáveis, o resultado da assimilação – subsunçor e informação modificados – fazem parte de um todo. Essa etapa é denominada de *fase de retenção*, uma vez que a nova informação pode ser recuperada com características que a identificam e a distinguem da idéia-âncora.

Concomitante à fase de retenção, inicia-se um processo – chamado *obliteração* – em que **a'** acaba perdendo identidade, restando apenas **A'**. Trata-se da *assimilação obliteradora*, em que à nova informação (**a**) resta o papel de modificar, enriquecer e reelaborar o conceito subsunçor (**A**), não ficando incorporada, com identidade, na estrutura cognitiva.

Pode-se dizer, que nesse caso, apesar de desempenhar um papel importante no processo de assimilação, a informação **a** é “esquecida”. Contudo, não se trata de esquecimento no sentido usual do termo, pois, de alguma maneira, a nova informação “está dentro do subsunçor” (MOREIRA E MASINI, 1982).

Outra distinção importante com relação ao processo de subsunção é aquela que Ausubel estabelece entre *subsunção subordinada* e *subsunção superordenada*. No primeiro processo, a nova idéia ou proposição é incorporada à estrutura cognitiva mediante subsunção sob um conceito mais inclusivo.

Existem duas categorias distintas de subsunção subordinada: a subsunção *derivativa*, onde a informação **a** diz respeito simplesmente a um exemplo específico de um conceito mais genérico; e a subsunção *correlativa*, onde a nova informação contém elementos que não correspondem exatamente às características do conceito subsunçor inclusivo correspondente. A subsunção superordenada é oposta à subordinada em relação ao grau de inclusividade de **A** e **a**. Na subsunção superordenada, é a nova informação que possui o caráter mais inclusivo.

“Vamos tomar como exemplo os conceitos de conservação de energia e quantidade de movimento. Para os alunos de cursos de graduação em Física, estes são **dois** conceitos bastante inclusivos e transversais a todo o conhecimento físico: **eles** valem tanto para a Mecânica Clássica como para o Eletromagnetismo, a Termologia e a Mecânica Quântica. Contudo, ao compreender a Teoria da Relatividade Especial, o aprendiz verifica que os dois conceitos são, na verdade, diferentes aspectos de um mesmo conceito: a conservação do quadri vetor energia-momento. Surge, portanto, mediante um processo de subsunção superordenada, um conceito ainda mais inclusivo. Este, por sua vez, pode servir de subsunçor para a compreensão de que diferentes grandezas físicas do mundo tridimensional são diferentes aspectos de grandezas mais genéricas do mundo quadridimensional relativístico: Assim, espaço e tempo passam a se constituir no espaçotempo, campos elétricos e magnéticos no campo eletromagnético, etc” (PAULO, 2006).

A subsunção superordenada, ou aprendizagem superordenada, ocorre também quando o aluno percebe relações, semelhanças e diferenças entre conhecimentos já adquiridos e constrói novos conhecimentos mais abrangentes que passam a subordinar os primeiros. É um tipo menos freqüente de aprendizagem significativa.

2.2.2 TEORIA DE NOVAK: “UMA PONTE SUAVE ENTRE A TEORIA DE AUSUBEL E AS TEORIAS HUMANISTAS”.

A teoria de Novak estabelece uma ponte suave entre a teoria de Ausubel e as teorias humanistas. Quando Ausubel enfatiza que para que ocorra a aprendizagem significativa é fundamental que o aprendiz se disponha a aprender, neste momento, pode-se perceber nuances de que é relevante aquilo que o indivíduo sente. Entretanto, é Novak que fundamenta sua teoria da educação na premissa de que o ser humano pensa, sente e atua.

Portanto as experiências de aprendizagem potencialmente significativas para o aluno são aquelas que o levam a um engrandecimento pessoal, proporcionando ao mesmo tempo um certo domínio conceitual que lhe permita o uso eficiente na solução de problemas reais, do dia a dia. Espera-se que passe a existir certa “cumplicidade” entre o educador e o educando, que se estabeleça um processo de confiabilidade naquilo que o educador se propõe a ensinar e o educando se propõe a aprender (PAULO, 2006).

Segundo Moreira (1999), qualquer evento educativo é, de acordo com Novak, uma ação para trocar significados (pensar) e sentimentos entre o aluno e o professor. A troca de significados envolve sentimentos e ações, cujo objetivo principal é a aprendizagem significativa de um novo conceito que possa ser compartilhado com a comunidade na qual o aluno está inserido, portanto um novo conhecimento contextualmente aceito.

A teoria de Novak expande a teoria de Ausubel, uma vez que evidencia a importância da relação professor/aluno e da cumplicidade necessária para que o processo ensino-aprendizagem efetivamente se concretize e evolua.

2.2.3 GOWIN E SUA RELAÇÃO TRIÁDICA - ESTRATÉGIA PARA AUSUBEL

Em sua teoria da educação, Gowin propõe uma relação triádica entre professor, materiais educativos e aluno. Este cuidado em dar relevância ao material corrobora a idéia de aprendizagem significativa.

Segundo Gowin, aluno e professor buscam compartilhar significados a partir de um dado material didático proposto, mas ambos têm papéis distintos e importantes no processo. Ao professor cabe levantar concepções que o aluno já possui a partir de suas experiências e vivências para mudar significados utilizando os materiais educativos do currículo, verificar se o aluno tem captado significados de maneira tal que possam ser compartilhados pela comunidade de usuários (PAULO, 2006).

Enquanto isso não ocorre cabe ao professor apresentar de outra forma os significados aceitos no contexto da matéria a ser ensinada. Por outro lado, cabe ao aluno atuar intencionalmente no sentido de captar o significado dos materiais educativos, devolver ao professor este significado que, se não estiver coerente de maneira a ser compartilhado pela comunidade de usuários, deve ser novamente analisado mediante uma nova atuação do professor (PAULO, 2006).

O mais importante neste processo, além do compartilhar de significados, é a relevância do material instrucional que, ao ser escolhido, requer conhecimento e sensibilidade por parte do professor, no sentido de apresentar condições facilitadoras no processo ensino-aprendizagem e também um compartilhar de responsabilidades (PAULO, 2006).

O aluno tem responsabilidade de aprender, ou não, de maneira significativa, uma vez que os significados captados já tenham sido compartilhados com o professor. Nesta relação triádica, fica evidente que, na teoria de Gowin, são evidenciadas as condições para que, segundo Ausubel, aconteça o relacionar de maneira não-arbitrária e não-literal à estrutura cognitiva, novos conceitos àqueles já existentes, ou seja, para que a aprendizagem seja significativa: que o material instrucional seja potencialmente significativo e que o aluno apresente uma disposição para aprender.

A teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, complementada por Novak e Gowin, evidencia uma interface cognitivista e humanista ao propor que se considere aquilo que o aluno já sabe como ponto de partida para um evento educativo e também considerar os sentimentos que permeiam as relações “professor-aluno-material didático” como um aspecto fundamental para que ocorra aprendizagem.

A teoria da aprendizagem significativa se completa com a teoria da aprendizagem significativa crítica. Essa nova abordagem considera fatores também relevantes no processo de construção do conhecimento na sociedade contemporânea, como a velocidade e o fluxo de informações que permeiam o cotidiano moderno e a necessidade cada vez mais premente de selecionar o que é relevante e que deve ser aprendido como uma fundamentação para a continuidade da construção e compreensão do conhecimento científico.

2.2.4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

Para aprender de maneira significativa, o aluno deve de maneira não arbitrária e não literal, interagir o novo conhecimento ao conhecimento já existente em sua estrutura cognitiva. Este conhecimento prévio é a variável que mais influencia na aprendizagem

(MOREIRA, 1982).

Outro aspecto importante a ser lembrando é a questão do metachecimento, ou seja, o aprendiz deve refletir sobre seus próprios processos de aprendizagem. (NOVAK E GOWIN, 1984).

Se a importância da construção conceitual de maneira significativa é inquestionável, a dinâmica de aprender a aprender também o é. Entretanto, uma das bases da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, Novak e Gowin é que o aluno deve desejar aprender significativamente, mas como motivá-lo?

O caminho mais indicado talvez seja a “Aprendizagem Significativa Crítica” (MOREIRA, 2000).

Sua proposta subjacente ao conceito de ensino subversivo de Postman e Weingartner (1969) enfatiza que a motivação para aprender não se dá apenas no sentido de propor estratégias e recursos didáticos e sugere que o importante também é que o aluno perceba como relevante o novo conhecimento a ser construído e produzido utilizando de maneira substantiva e não arbitrária os seus subsunçores.

Uma aprendizagem assim construída permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela.

(...) É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar se dominar por ela, manejar a informação, sem se sentir impotente sobre a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem se tornar tecnófilo. (MOREIRA, 2000).

Para facilitar a aprendizagem significativa crítica, o autor sugere nove princípios (MOREIRA, 2005):

- 1. Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas.** – O papel do professor é preferencialmente o de ensinar a perguntar do que fornecer respostas, uma vez que uma boa pergunta (não arbitrária e não literal) requer a utilização do conhecimento prévio de maneira significativa. Dada a grande quantidade de informações com que o aluno interage, com generalidades, especificidades ou trivialidades disponibilizadas pelos meios de comunicação em geral, tais como: TV, revistas, jornais, internet, cinema, rádio, é fundamental que ele saiba selecionar e que questões são relevantes para a sua aprendizagem (saber perguntar). É nesse momento que ele desenvolve uma percepção crítica a respeito da sociedade e do contexto em que está inserido.
- 2. Princípio da não adoção do livro-texto. Aprender a partir de distintos materiais educativos.** – Neste ponto o autor defende a utilização de outros recursos que podem ser disponibilizados para o evento educativo tais como documentos, artigos científicos, contos, histórias, poemas e uma infinidade de possibilidades portadoras de informações acerca de um determinado tema. É obvio que a utilização desse aparato literário requer habilidade de exploração por parte do professor e do aluno para extrair e aprofundar no conhecimento que se deseja construir. Em geral, o livro-texto é utilizado como único recurso que encerra o conhecimento científico como verdade única e acabada. Ao utilizar outros recursos, o aluno desenvolve capacidade de leitura e contextualização do conhecimento.

3. Princípio do aluno como perceptor e representador. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. – Os alunos não são meros receptores de informações. Ao receber uma nova informação, o aluno a percebe e a representa mentalmente, de forma única, de acordo com suas percepções prévias. Somente é possível se estabelecer uma aprendizagem significativa crítica se o professor considerar o aluno como um perceptor e, a partir de então, um representador do mundo e daquilo que lhe é ensinado.

4. Princípio do conhecimento como linguagem. Aprender que a linguagem está implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. É no evento educativo que as linguagens específicas, com simbologia própria, de cada área do conhecimento são apresentadas aos alunos. Considerando o aluno como um perceptor, aprender uma linguagem específica de um determinado conhecimento abre novas perspectivas de representação.

5. Princípio da consciência semântica. Aprender que o significado está nas pessoas e não nas palavras. – O significado das palavras é atribuído pelas pessoas a partir de suas experiências prévias, portanto o aluno deve conseguir atribuir significado às palavras. A palavra é um símbolo, não se tratando da coisa em si. As palavras são utilizadas para significar as coisas, e tais significados mudam com o tempo. No evento educativo, o aluno e o professor negociam significados a partir do material didático. A consciência semântica pode levar o aprendiz a minimizar a causalidade, vislumbrar possibilidades entre o certo e o errado, permitindo escolhas ao invés de mera aceitação da realidade posta.

6. Princípio da aprendizagem pelo erro. Aprender que o homem aprende corrigindo os seus erros. – Aprender significativamente é ter certa tranquilidade em aceitar que o erro é um processo importante na aprendizagem. A superação do erro decorre de sua percepção. Ao punir o erro, a escola estabelece que o conhecimento seja definitivo e encerra em si verdades absolutas. A história da ciência está repleta de exemplos de que o conhecimento é provisório o método científico está baseado na superação sistemática do erro.

7. Princípio da desaprendizagem. Aprender a desaprender, a não usar conceitos, estratégias irrelevantes para a sobrevivência. – Uma vez que um novo conhecimento interage com o conhecimento prévio já existente na estrutura

cognitiva, essa interação não necessariamente ocorre de forma a favorecer a aprendizagem. Alguns conhecimentos prévios podem dificultar ou mesmo impedir a aprendizagem de um novo conhecimento. Desaprender não significa apagar determinado tipo de conhecimento prévio (até porque se houve aprendizagem significativa isso não vai ocorrer), trata-se de não utilizá-lo como subsunçor. Tal princípio é particularmente importante pois nos encontramos em um mundo em rápida transformação, onde os conceitos e estratégias previamente aprendidos podem se tornar obsoletos. Assim é crucialmente importante identificar quais conhecimentos prévios são relevantes para as novas demandas.

8. Princípio da incerteza do conhecimento. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos de pensar. – De certa forma, trata-se este princípio de uma síntese dos princípios anteriores, onde a ênfase se dá ao fato de o conhecimento humano não é expresso em termos de verdades absolutas. Isso se reflete no âmbito das definições, perguntas e metáforas, que são os elementos fundamentais na construção de uma visão de mundo. Perguntas são instrumentos de percepção. Definições e metáforas são instrumentos para pensar e são válidos apenas dentro de um contexto.

9. Princípio da não utilização do quadro de giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade das estratégias de ensino. – Em geral, é no quadro de giz que, com sua autoridade, o professor reproduz o seu saber muitas vezes livresco, resolve exercícios tradicionais que devem ser cobrados em avaliações posteriores, acarretando uma média que classifica e, muitas vezes, estigmatiza o aluno. As atividades utilizadas como estratégias de ensino devem ser colaborativas, para que seja encorajada a troca de significados entre os alunos e professor, bem como o papel de mediador deste último. Portanto, de nada adianta substituir o quadro de giz por outras técnicas de aula expositiva, mesmo utilizando “tecnologias de ponta” como o *data show*, filmes educativos e retroprojetores.

Portanto, a Aprendizagem Significativa Crítica evidencia a importância, em dias atuais, proporcionar ao aluno condições para a construção de conhecimentos em uma perspectiva de criticidade, de perceber o que é relevante para a sua participação efetiva em um mundo em constante e acelerada transformação de conceitos e valores.

Importante ressaltar que é preciso subverter, permitir ao sujeito aprendiz, receber/perceber/construir e reconstruir seu conhecimento.

2.3 A FÍSICA DO EFEITO ESTUFA

As questões ambientais têm sido amplamente discutidas nos últimos tempos. Um dos temas mais abordados é o Efeito Estufa. Sua presença é constante em revistas e jornais, o que é bom por se tratar de um problema ambiental importante.

Por ser uma questão que pode interferir nas condições ambientais do planeta e na vida do ser humano, é importante a correta compreensão da sua dimensão, causas e conseqüências. Assim, os meios de comunicação e os autores de textos didáticos devem ser cautelosos quanto à qualidade das informações transmitidas sobre o Efeito Estufa, especialmente quanto à responsabilidade antropogênica na sua possível intensificação, como isso pode ser evitado e, sobretudo, a sua correta conceituação.

Neste sentido, a conceituação de qualquer assunto pode e deve ser tratada de forma mais clara e coerente com o conhecimento científico, explicitando-se os aspectos mais básicos, para que o aluno possa sentir-se seguro em todo processo em que se dá a aprendizagem significativa.

O Efeito Estufa, que tem sido um assunto discutido nas escolas e envolve um conjunto de fatores físico-químicos e ambientais interativos; que no nosso entendimento, infelizmente não tem recebido a devida atenção, sendo por diversas vezes, tratados com descuido por vários autores como, de fato, verificaremos ao longo dos resultados obtidos da análise dos livros de Física.

O efeito estufa é um processo no qual a radiação proveniente do Sol, ao ser absorvida pelos corpos ou substâncias na Terra, é convertida e emitida para a atmosfera na forma de radiação térmica ou infravermelha. Alguns gases presentes na atmosfera podem absorver parte desta radiação e reemitir-la, também, na forma infravermelha (radiação térmica). Resumidamente, esta é a definição para o efeito estufa, mas dentro deste processo há muitos outros temas técnico-científicos e fenômenos envolvidos, que pretendemos discutir-los a seguir de forma simples e básica, porém com a devida profundidade que o tema exige focando sempre os alunos do ensino médio.

2.3.1 DEFININDO TEMPERATURA E CALOR

Muitos livros do ensino médio e superior, principalmente aqueles cuja versão é uma tradução da obra original em inglês, além de textos encontrados em paradidáticos, artigos científicos, publicações em jornais e revistas especializadas, monografias, dissertações e até teses de doutorado, trazem e usam as palavras “temperatura” e “calor” de maneira equivocadas trazendo conseqüências negativas para o aprendizado do leitor desprevenido. Assim, optamos em iniciar a discussão das bases físicas que permitam a compreensão de alguns fenômenos relacionáveis às mudanças climáticas globais, em particular o “Efeito Estufa”, apresentando uma síntese simplificada, porém satisfatória, da “teoria do calor como substância”, da “teoria cinético-molecular da matéria”, “dos conceitos físicos de temperatura, energia interna, equilíbrio térmico e do calor” para, finalmente, definirmos com propriedade “temperatura” e “calor”.

Os textos correspondentes aos itens (2.3.2) ao (2.3.6) foram extraídos e adaptados a partir dos originais:

1. FILHO, A. G.; TOSCANO, C.; **Física & Realidade** – São Paulo: Editora Scipione, 2002. – (Série Parâmetros).
2. SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E.; **Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula** – Cad. Bras. Ens. Fís., v. 25, n. 3: p. 383-396, dez. 2008.

2.3.2 TEORIA DO CALOR COMO SUBSTÂNCIA

No século XVIII, o calor era considerado uma espécie de substância invisível, ou mais precisamente um tipo de fluido, da mesma forma que a luz, a eletricidade e o flogístico (fluido que se imaginava como responsável pela combustão). Quanto maior a quantidade desse fluido “calor” em um objeto, maior seria sua temperatura. Num ambiente isolado, o objeto poderia guardar essa substância “calor”, mantendo sua temperatura constante. Colocados em contato, dois objetos a diferentes temperaturas trocariam o fluido “calor” do “mais quente” para o “mais frio”, ou seja, daquele que possuía maior temperatura para aquele que possuía menor temperatura até que fosse

atingido o equilíbrio térmico entre eles. Quando tal estado era alcançado, imaginava-se que a passagem dessa substância cessava.

Partilhavam dessa crença o químico escocês Joseph Black (1728-1799), o químico francês Antoine Lavoisier (1743-1794), o físico suíço Pierre Prévost (1751-1839) e o físico francês Sadi Carnot (1796-1839). Essa teoria considerava ainda que o fluido “calor” era atraído pela matéria e que sua quantidade total era constante: não podia ser criado nem destruído.

Embora a teoria do calor como uma substância conseguisse explicar satisfatoriamente o processo em que dois objetos a temperaturas diferentes atingem o equilíbrio térmico, havia alguns problemas. Por exemplo: era preciso admitir que essa substância não tivesse massa, pois mesmo objetos muito aquecidos não apresentavam maior massa do que quando a uma temperatura menor. Desse modo, a substância “calor”, também denominada calórico, era muito especial: penetrava facilmente na matéria, era atraída por ela, sua quantidade total era fixa e não possuía massa.

A intenção de toda teoria física, porém, é explicar satisfatoriamente a maior quantidade de fenômenos. Como a teoria do calórico poderia explicar o aquecimento provocado pelo atrito entre dois objetos?

Quando esfregamos as mãos, por exemplo, elas vão sendo gradativamente aquecidas. O mesmo se verifica quando furamos um metal com uma broca. Esses processos de aquecimento estão relacionados ao atrito entre objetos. Situação semelhante foi verificada, no século XVIII, por Benjamin Thompson (conde de Rumford), que trabalhava numa fábrica de canhões. O conde verificou que, ao fazer um furo no cano do canhão, produzia-se um grande aquecimento, o que significava que a quantidade de calórico estava aumentando. A hipótese de que todo aquele calórico já estivesse lá levaria à conclusão de que o canhão deveria derreter antes mesmo de iniciado o furo. Foi o próprio Rumford quem reelaborou o conceito de calor como movimento das partículas que constituíam os materiais. Apesar disso, a teoria do calor como substância foi aceita pelos cientistas durante todo o século XVIII.

2.3.3 TEORIA CINÉTICO-MOLECULAR DA MATÉRIA

Essa teoria foi elaborada principalmente durante o século XIX pelo físico britânico-americano Benjamin Thompson (conde de Rumford, 1753-1814), pelo físico alemão Rudolf Clausius (1822-1888) e pelo físico matemático escocês James Clerk Maxwell (1831-1879), a teoria cinético-molecular buscou explicar inicialmente do que é constituída a matéria no estado gasoso e como ela está organizada. Posteriormente, devido a seu sucesso, ela possibilitou a compreensão da matéria nos outros estados: o líquido e o sólido. A palavra “cinético” – ou “cinética” – tem origem grega e significa movimento.

Os físicos que a elaboraram partiram de duas hipóteses: a) a de que a matéria no estado gasoso seja formada de minúsculas partículas, denominadas moléculas, com tamanho da ordem de 10^{-8} cm; e b) a de que, nesse estado, tais moléculas estejam em movimento aleatório ou desordenado. Ou seja, o enorme conjunto de moléculas que formam um gás se movimentaria ao acaso. Ainda segundo essa teoria, as moléculas de um gás estariam completamente separadas umas das outras, não havendo interação entre elas, menos nos curtíssimos instantes em que elas colidem entre si, alterando sua trajetória (Figura 1).

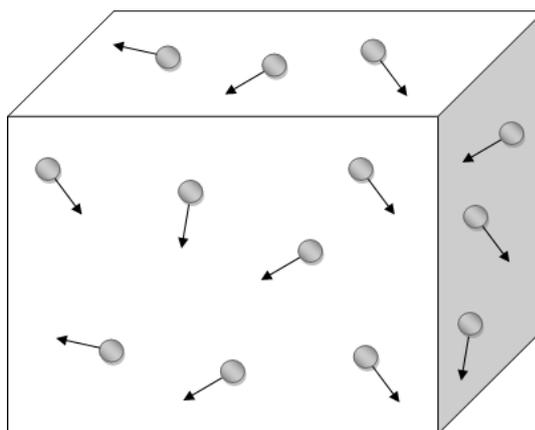


Figura 1: Representação do movimento das moléculas de um gás, segundo a teoria cinético-molecular

De acordo com essas hipóteses, era possível descrever o comportamento dos gases e compreender suas propriedades: a) o fato de não apresentarem forma ou volume definidos era explicado porque as moléculas, de um gás, não estariam ligadas umas às outras; b) a compressão dos gases era explicada pela grande distância que haveria entre suas moléculas; e c) o fato de eles apresentarem baixa densidade, também era devido à separação existente entre suas moléculas.

2.3.4 CONCEITO FÍSICO DE TEMPERATURA

De que depende a velocidade das moléculas em um gás?

A hipótese de que as moléculas de um gás estejam em constante movimento aleatório permite algumas considerações sobre suas velocidades. Esse movimento depende exclusivamente da temperatura do gás, e por esse motivo é denominado “movimento térmico desordenado”. À temperatura ambiente, por exemplo, a velocidade média das moléculas de um gás é da ordem de 500 m/s.

Quando a temperatura de um gás aumenta, a velocidade média de suas moléculas também aumenta, e vice-versa. A temperatura, a velocidade das moléculas e sua energia cinética média são conceitos que estão intimamente relacionados. Assim, a temperatura de um gás é a medida do grau de agitação das moléculas que o constituem: desde muito intenso (quando a temperatura é muito alta) até mínimo (quando a temperatura é muito baixa).

2.3.5 CONCEITOS DE ENERGIA INTERNA E DE EQUILÍBRIO TÉRMICO

Um gás ideal, segundo o modelo cinético-molecular, é composto de moléculas em movimento separadas uma das outras e sem interação entre si. Do ponto de vista energético, podemos dizer que tais moléculas têm uma energia cinética constante, em média, se não houver mudança de temperatura. A energia cinética total de suas moléculas é a energia interna do gás, também chamada de energia térmica.

Se duas amostras de um mesmo gás, separadas em dois recipientes (Figura 2), têm igual número de moléculas, mas temperaturas iniciais diferentes, então as energias cinéticas médias de suas moléculas são também diferentes. A amostra que estiver a uma temperatura maior tem moléculas com energia cinética média maior, e vice-versa.

O mesmo ocorre com a energia interna do gás, que também é maior na amostra que possui temperatura mais alta, embora a energia interna não dependa só da temperatura. Se a quantidade de moléculas da amostra for aumentada, a energia interna também aumentará, mesmo que a temperatura se mantenha constante.

Se colocarmos as duas amostras em contato, abrindo o registro, indicado na figura 2 em sua região central, as moléculas com maior movimento irão ocupar novo espaço, colidindo com as mais lentas e trocando energia cinética.

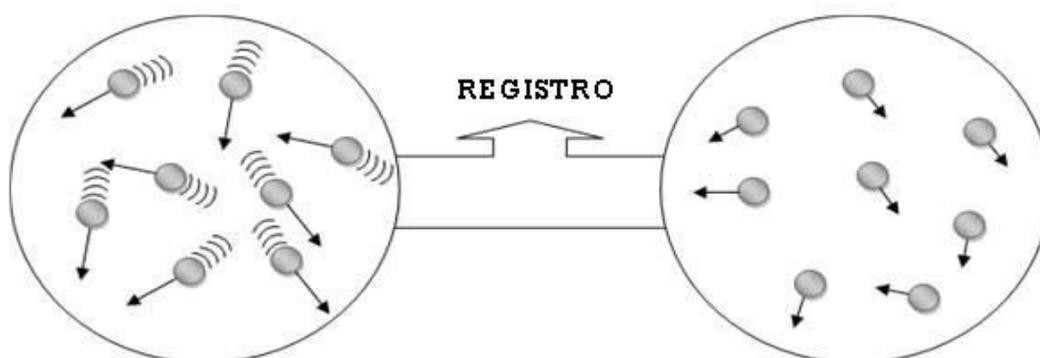


Figura 2: Representação de duas amostras de um mesmo gás a diferentes temperaturas

O resultado desse processo é que, após certo tempo, a energia cinética média das moléculas é a mesma. É exatamente nisso que consiste o conceito de equilíbrio térmico na teoria cinético-molecular da matéria. Assim, temperatura, energia interna e equilíbrio térmico são conceitos que fazem parte da teoria cinético-molecular da matéria e só podem ser compreendidos a partir da idéia de que a matéria é constituída de moléculas em movimento. Para uma determinada substância, o grau de agitação (energia cinética média) de suas moléculas está associado a sua *temperatura* e a somatória das energias médias dessas moléculas corresponde a sua *energia interna*. O *equilíbrio térmico* entre duas substâncias ocorre quando a energia cinética média de suas moléculas é a mesma, ou seja, quando possuem a mesma temperatura.

2.3.6 CONCEITO FÍSICO DE CALOR

Por que a energia interna de um gás aumenta quando ele é aquecido?

Quando um gás recebe energia, a velocidade média de suas moléculas aumenta. Conseqüentemente, a energia cinética total das moléculas do gás aumenta, ou seja, sua energia interna sofre um acréscimo. O efeito perceptível é o aumento da temperatura do gás, uma vez que ela representa uma forma indireta de medir sua energia cinética média. Essa mudança de temperatura ocorre porque o gás recebe *energia* de uma fonte que está a uma temperatura maior que a dele.

Também vimos que, quando duas amostras de gás a temperaturas diferentes são colocadas em contato, o equilíbrio térmico é atingido após uma troca de energia entre elas. Assim, sempre que existir uma diferença de temperatura entre dois sistemas ou objetos, certa quantidade de energia é transferida do objeto “mais quente” (maior temperatura) para o “mais frio” (menor temperatura). Portanto, fisicamente, *calor* é a transferência de energia de um objeto ou sistema para outro, devido exclusivamente à diferença de temperatura entre eles.

Note, então, que existem duas maneiras de transferir energia de um sistema para outro: através do *trabalho* realizado por uma força e através do *calor*. Nesse caso, só haverá transferência de energia quando houver diferença de temperatura entre os sistemas. Depois de atingido o *equilíbrio térmico*, esta transferência cessa.

Vamos analisar o exemplo de uma pessoa esfregando as mãos, usando os conceitos de trabalho e calor. O trabalho realizado pela força muscular transfere energia para as mãos. Parte dessa energia aparece como energia cinética das mãos, que se movem, e a outra parte é transferida para suas moléculas, aumentando sua energia cinética média e, conseqüentemente, sua temperatura.

Quando a pessoa deixa de atritar as mãos, a sua temperatura superficial diminui. O ambiente está a uma temperatura menor que a das mãos, e assim há transferência de energia das mãos para ele. O resultado é uma diminuição da energia cinética média das moléculas das mãos, portanto, de sua temperatura.

O significado físico da palavra “calor” não é o mesmo daquele usado geralmente no dia-a-dia ou ainda, em alguns textos especializados. É comum, por exemplo, uma pessoa dizer que está com calor. Como vimos, fisicamente, o calor não

está nos objetos ou sistemas. Trata-se de um nome dado a um modo de se transferir energia de um sistema para outro devido, exclusivamente, à diferença de temperatura entre eles.

A energia total que as moléculas de um sistema possuem é considerada sua *energia interna*, e não seu calor. As frases: “Estou com calor”; “A superfície terrestre reflete calor”; “O calor é absorvido” etc., não têm significado físico.

Nesta reflexão, vale o comentário:

(...) “Na Física, o termo *calor* sempre se refere a uma *transferência de energia de um corpo ou sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura existente entre eles, nunca indica a quantidade de energia contida em um sistema particular*”. (YOUNG E FREEDMAN, 2006):

2.3.7 TIPOS DE PROPAGAÇÃO DE ENERGIA NA FORMA DE CALOR

Vimos que calor é a transferência de energia de um sistema para outro devido, exclusivamente, a diferença de temperatura entre eles. Esta transferência pode ocorrer de três formas: por **convecção**, por **condução** e por **irradiação**.

Nos fenômenos atmosféricos, por exemplo, costuma-se incluir a **advecção**, ou seja, o processo em que há a transferência de energia na forma de calor por movimento horizontal. Aplica-se principalmente à transmissão da energia na forma de calor por meio do movimento horizontal do ar atmosférico (Figura 3).



Figura 3: Transferência de energia na forma de calor por movimento horizontal

Fonte: <http://www.aos.wisc.edu/~aalopez/aos101/wk5/advection.jpg>.

Por exemplo, a massa de ar em movimento horizontal, ocorrendo transferência de energia na forma de calor das latitudes baixas para as altas.

A **condução** ocorre dentro de uma substância ou entre substâncias que estão em contato físico direto. Na condução a energia cinética dos átomos e moléculas (isto é, a energia térmica) é transferida por colisões entre átomos e moléculas vizinhas (Figura 4).

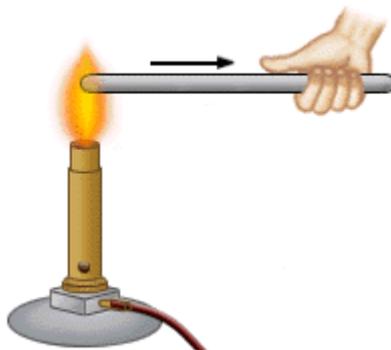


Figura 4: Transferência de energia na forma de calor por condução

Fonte: http://www.educationalelectronicsusa.com/p/images/heat_a.gif.

A energia flui das temperaturas mais altas (moléculas com maior energia cinética) para as temperaturas mais baixas (moléculas com menor energia cinética). A capacidade das substâncias de conduzir energia térmica (condutividade) varia consideravelmente. Geralmente os sólidos são melhores condutores que líquidos, e líquidos são melhores condutores que gases. Num extremo, metais são excelentes condutores de energia térmica e no outro extremo, o ar é um péssimo condutor de energia térmica.

Conseqüentemente, a condução só é importante entre a superfície da Terra e o ar diretamente em contato com a superfície. Como meio de transferência de calor para a atmosfera como um todo, a condução é o menos significativo e pode ser omitido na maioria dos fenômenos meteorológicos.

A **convecção** somente ocorre em líquidos e gases. Consiste na transferência de energia na forma de calor dentro de um fluido através de movimentos do próprio fluido. A energia na forma de calor recebida pela camada mais baixa da atmosfera através de radiação ou condução é mais freqüentemente transferida por convecção. A convecção ocorre como conseqüência de diferenças na densidade do ar. Quando a energia na forma de calor é

conduzida da superfície relativamente quente para o ar sobrejacente, este último torna-se mais quente que o ar vizinho.

Uma massa de ar com temperatura mais elevada é menos densa que uma massa de ar com temperatura menor. Esta massa de ar com temperatura menor e mais densa desce e desloca a massa de ar com temperatura maior e menos densa para cima. O ar a temperatura menor é então aquecido pela superfície e o processo é repetido (Figura 5). A convecção nos líquidos ocorre de maneira análoga (Figura 6).



Figura 5: Transferência de energia na forma de calor na atmosfera próxima à superfície por convecção

Fonte: <http://mabryonline.org/blogs/woolsey/images/convection3-2.jpg>.

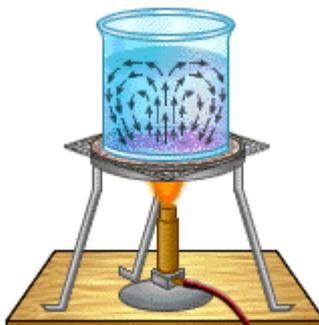


Figura 6: Transferência de energia na forma de calor por convecção em um líquido

Fonte: http://www.educationalelectronicsusa.com/p/images/heat_b.gif.

A energia do Sol, que aquece nosso planeta, por exemplo, viaja pelo espaço interplanetário. Essa transmissão de energia não é feita nem por convecção nem por condução, porque não há um meio material entre o Sol e a Terra. A energia chega até nós por um tipo de radiação, que se propaga tanto na matéria como na ausência dela. Essa forma de transmissão de energia é denominada **irradiação** (Figura 7).



Figura 7: Transferência de energia por irradiação – A mão da pessoa aquece por estar recebendo radiação infravermelha emitida pelo filamento da lâmpada incandescente. Esta radiação emitida interage com as moléculas que constituem a mão da pessoa fazendo com que as mesmas vibrem mais tendo como consequência um aumento de temperatura.

Fonte: http://farm3.static.flickr.com/2332/2197390360_5c6a8223aa.jpg.

Quando colocamos a mão próxima a um objeto muito quente, como uma lâmpada de filamento acesa, um aquecedor elétrico ligado ou uma fogueira, sentimos a transferência de energia por irradiação. Isso acontece com todos os objetos com temperatura superior ao meio, mesmo que esteja ocorrendo condução ou convecção.

Na realidade esses processos ocorrem concomitantemente e, em geral, com a predominância de um sobre os outros. Se a temperatura do objeto é muito alta, a transferência de energia é muito maior pelo processo de irradiação (Figura 8).

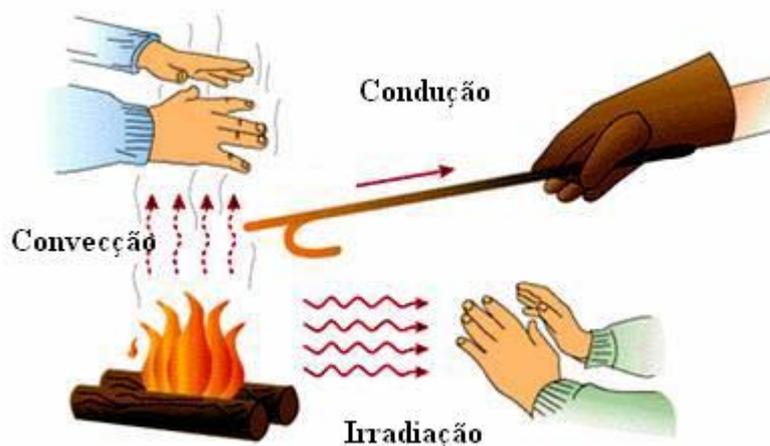


Figura 8: Os processos de transferência de energia na forma de calor ocorrem concomitantemente e, em geral, com a predominância de um sobre os outros.

Fonte: <http://www.beodom.com/assets/images/blog/principles-thermal-insulation/heat-transmittance-means.jpg>.

A irradiação está associada à natureza eletromagnética da matéria. A radiação ao atingir um objeto, aumenta a vibração das partículas elétricas no interior de suas moléculas e, conseqüentemente, aumenta a energia cinética média dessas partículas. O resultado macroscópico é a temperatura do objeto aumentar.

A emissão de radiação também está associada à vibração de partículas carregadas. A rapidez com que a energia é irradiada ou absorvida depende da temperatura e das características da superfície do objeto. As superfícies escuras, rugosas, ou opacas, irradiam e absorvem energia mais rapidamente que as claras e polidas.

Existem vários tipos de radiações: radiação visível (luz), radiação ultravioleta, raios X, raios gama, etc. Aquela que aquece os objetos é denominada radiação infravermelha ou radiação térmica. Existem materiais, como o vidro, que dificultam a passagem da radiação térmica, mas permitem a passagem de luz. Numa estufa com cobertura de vidro, as plantas e outros objetos dentro dela absorvem parte da luz que entra e, uma vez aquecidos, emitem radiação infravermelha. Como o vidro dificulta a passagem desta radiação emitida, o interior da estufa se aquece (Figura 9).

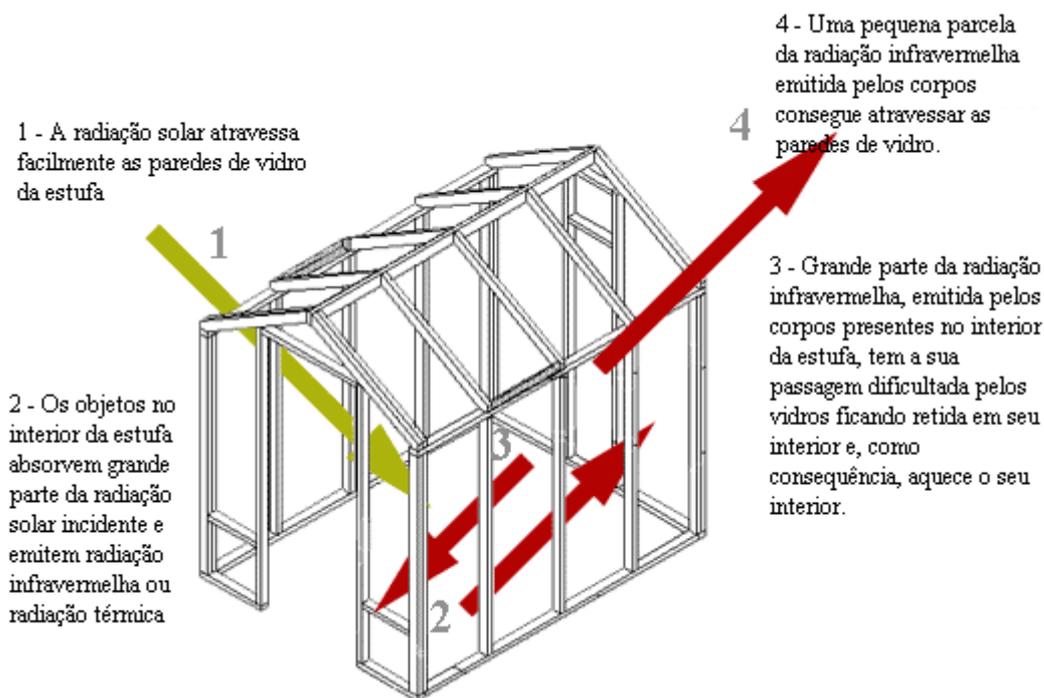


Figura 9: Estufa com cobertura de vidro - Plantas e outros objetos dentro dela absorvem parte da luz que entra e, uma vez aquecidos, emitem radiação infravermelha. Como o vidro dificulta a passagem desta radiação emitida, o interior da estufa se aquece.

2.3.8 DESCRIÇÃO FÍSICA DE UMA ONDA – UMA INTRODUÇÃO AOS CONCEITOS E DEFINIÇÕES.

O que é uma onda?

Intuitivamente, quando se fala em onda, nos lembramos das ondas do mar e é, provavelmente, a primeira associação que se faz. No entanto as ondas estão presentes em todo o lado. Muitas delas não as vemos, pois elas propagam-se também no ar. Por meio das ondas podemos receber a luz solar, assistir à televisão ou falar ao celular. Os sons provenientes da música ou de uma conversa são também ondas.

Vamos considerar um exemplo simples: uma pequena pedra que cai na água (Figura 10).



Figura 10: Ondas se propagando na superfície de um meio líquido

Fonte: “Wikimedia Commons, um acervo de conteúdo livre da Wikimedia Foundation by Roger McLassus - improved by DemonDeLuxe, Sep 2006”.

Neste caso fizemos uma perturbação à água que se encontrava em repouso absoluto. Em física, uma **onda** é uma perturbação oscilante de alguma grandeza física no espaço e periódica no tempo. A oscilação espacial é caracterizada pelo comprimento de onda e a periodicidade no tempo é medida pela frequência da onda, que é o inverso do seu período. Estas duas grandezas estão relacionadas pela velocidade de propagação da onda.

Fisicamente, uma *onda é um pulso energético que se propaga através do espaço ou através de um meio* (líquido, sólido ou gasoso). Segundo alguns estudiosos e até agora observado, nada impede que uma onda magnética se propague no vácuo ou através da matéria, como é o caso das ondas eletromagnéticas no vácuo ou dos neutrinos através da matéria, onde as partículas do meio oscilam à volta de um ponto médio mas não se deslocam.

Exceto pela radiação eletromagnética, e provavelmente as ondas gravitacionais, que podem se propagar através do vácuo, as ondas existem em um meio cuja deformação é capaz de produzir forças de restauração através das quais elas viajam e podem transferir energia de um lugar para outro sem que qualquer das partículas do meio seja deslocada, isto é, a onda não transporta matéria. Há, entretanto, oscilações sempre associadas ao meio de propagação.

Uma onda pode ser longitudinal quando a oscilação ocorre na direção da propagação, ou transversal quando a oscilação ocorre na direção perpendicular à direção de propagação da onda.

Meios de propagação

Mas o que se entende por meio?

No dia-a-dia ouvimos habitualmente a expressão meio de comunicação. Pode ser um jornal, a rádio ou a televisão. Mas as notícias não constituem o meio. Na verdade, o meio é o que permite que estas circulem de um ponto para outro. Para uma onda acontece o mesmo.

O meio é o que permite à onda deslocar-se no espaço. As ondas mecânicas correspondem à propagação de perturbações do meio material (feito de matéria). Contudo, se o meio não for material, então as ondas mecânicas não podem se propagar (base do conceito popular “*o som não se propaga no vácuo*”).

Num caso simples como as ondas sonoras, estas se propagam habitualmente pelo ar apesar de também se poderem propagar num sólido ou num líquido. O som é, por definição, vibração da matéria. Para ondas eletromagnéticas, como a luz, o meio pode ser o vácuo ou ausência de matéria, pois essas ondas propagam-se através do meio e não são a propagação de perturbações do meio. Podem ser usados outros meios, mas habitualmente estes influenciam as ondas que se propagam nele, levando a propriedades conhecidas como, por exemplo, a **reflexão** e a **refração**.

Propriedades características

Todas as ondas tem um comportamento comum em situações padrões. Todas as ondas tem as seguintes características:

A **Reflexão** diz respeito quando uma onda volta para a direção de onde veio, devido à batida em material reflexivo. Em física o fenómeno da **reflexão** consiste na mudança da direcção de propagação da energia (desde que o ângulo de incidência não seja 0°). Consiste no retorno da energia incidente em direcção à região de onde ela é oriunda, após entrar em contato com uma superfície reflectora. A energia pode tanto estar manifestada na forma de ondas como transmitida através de partículas. Por isso, a reflexão é um fenómeno que pode se dar por um carácter eletromagnético, óptico ou sonoro (Figuras 11 e 12).

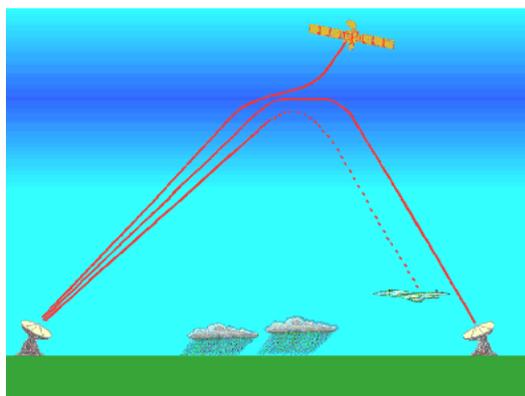


Figura 11: Reflexão de ondas de radiofrequência pela ionosfera terrestre.

Fonte: <http://www.dae.inpe.br/iono/entrada.htm>.

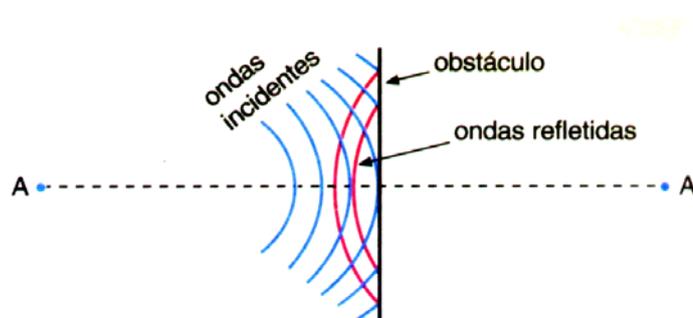


Figura 12: Esquema de reflexão de ondas.

Fonte: ww2.unime.it/.../ondulatoria/ondas.htm.

A **Refração** está relacionada à mudança da direção das ondas, devido à entrada em outro meio. Assim, quando uma onda se propaga passando de um meio para outro, ela sofrerá uma mudança de velocidade e direção de propagação. Quando dizemos que uma onda se refratou ao passar de um meio para outro, queremos dizer que sua velocidade foi alterada e sua direção sofreu uma mudança de sentido, passando obliquamente para o outro meio. Portanto, a velocidade da onda varia, o comprimento de onda varia, mas a frequência permanece sempre igual, pois é característica da fonte emissora (Figura 13).

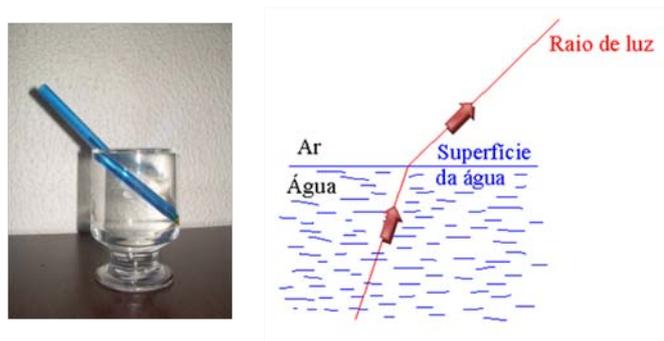


Figura 13: Fenômeno da refração

A *Difração* é um fenômeno que ocorre com as ondas quando elas passam por um orifício ou contornam um objeto cuja dimensão é da mesma ordem de grandeza que o seu comprimento de onda (Figura 14).

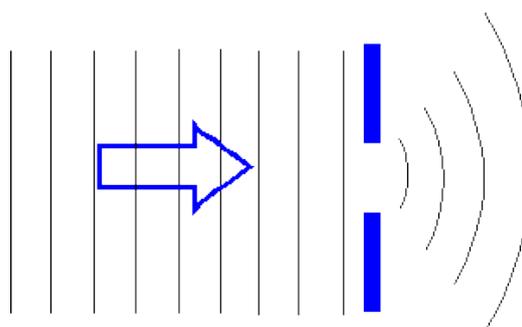


Figura 14: Esquema simplificado do fenômeno “Difração

Fonte: <http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/of/difracao.gif>.

Como este desvio na trajetória da onda, causado pela difração, depende diretamente do comprimento de onda, este fenômeno é usado para dividir, em seus componentes, ondas vindas de fontes que produzem vários comprimentos de onda.

Para a luz visível, usa-se uma rede de difração, formada por uma superfície refletiva ou transparente em que se marcam vários sulcos, bem próximos uns dos outros (décimos ou centésimos de milímetro, pois o comprimento de onda da luz é da ordem de $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ – o metro dividido em 10 milhões de partes). Exemplos destas redes e suas propriedades: quando se olha um tecido de trama fina contra uma lâmpada distante, quando olhamos o reflexo num CD ou quando olhamos a Lua através de uma nuvem, vemos faixas ou halos coloridos, devido à difração da luz por pequenos obstáculos (Figura 15).

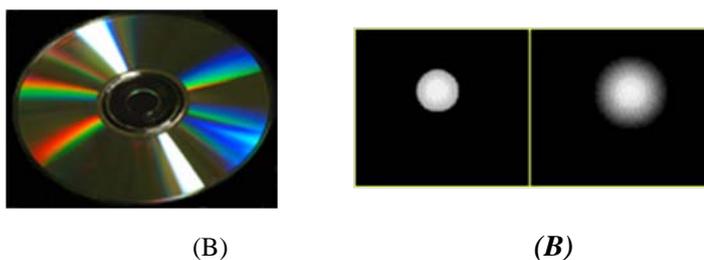


Figura 15: Difração da luz. (A) - Difração da luz na superfície de um disco óptico. (B) – A difração da luz produz falta de nitidez quando a mesma passa através de um orifício muito pequeno.

Fontes: (A) http://www.fazendovideo.com.br/difração_CD_menor.jpg;

(B) <http://www.fazendovideo.com.br/difração%20circular%20horiz.jpg>

A **Interferência** é um fenômeno descrito pelo cientista inglês Thomas Young, sendo que este fenômeno representa a superposição de duas ou mais ondas num mesmo ponto. Esta superposição pode ter um caráter de aniquilação, quando as fases não são as mesmas (interferência destrutiva) ou pode ter um caráter de reforço quando as fases combinam (interferência construtiva). Exemplo: Quando escutamos música em nosso lar, percebemos que certos locais no recinto é melhor para se ouvir a música do que outros. Isto é porque nestes pontos as ondas que saem dos dois alto-falantes sofrem interferência construtiva. Ao contrário, os locais onde o som está ruim de ouvir é causado pela interferência destrutiva das ondas. Assim, **Interferência** é a adição ou subtração das amplitudes das ondas, dependendo da fase das ondas em que ocorre a superposição (Figura 16).

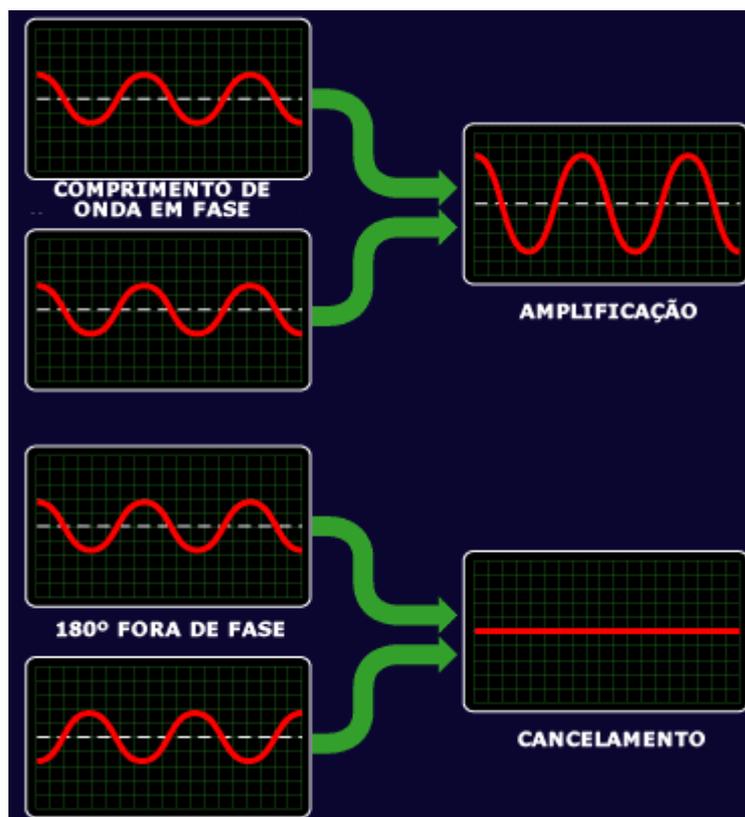
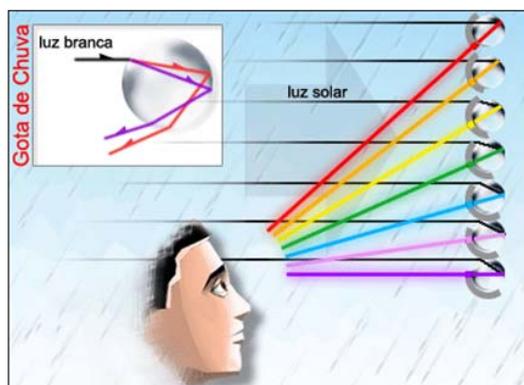


Figura 16: Esquema do fenômeno interferência.

Fonte: <http://static.hsw.com.br/gif/hologram-11.gif>.

A *dispersão* na óptica é o fenômeno que causa a separação de uma onda em várias componentes espectrais com diferentes frequências, por causa da dependência da velocidade da onda com sua frequência, ao se mudar a densidade do meio, ondas de diferentes frequências irão tomar diversos ângulos na refração. Portanto, a dispersão é a separação de uma onda em outras de diferentes frequências (Figura 17).



(A)



(B)

Figura 17: O fenômeno do arco-íris - uma consequência da refração da luz e da dispersão da mesma ao atravessar uma gotícula de água.

Fontes: (A) – <http://cepa.if.usp.br/e-fisica/imagens/optica/basico/cap07/fig11.gif>;

(B) – <http://hietanen.typepad.com/photos/hawaii/rainbow.jpg>.

Polarização - Quando a luz é emitida por alguma fonte, ela apresenta-se em infinitos planos de propagação. Entretanto, podemos fazer com que ela vibre em apenas um plano, bastando para isto um filtro. A este fenômeno damos o nome de **polarização**. Somente ondas transversais podem ser polarizadas. Ondas não polarizadas podem oscilar em qualquer direção no plano perpendicular à direção de propagação. Ondas polarizadas no entanto oscilam em apenas uma direção perpendicular à linha de propagação (Figura 18).

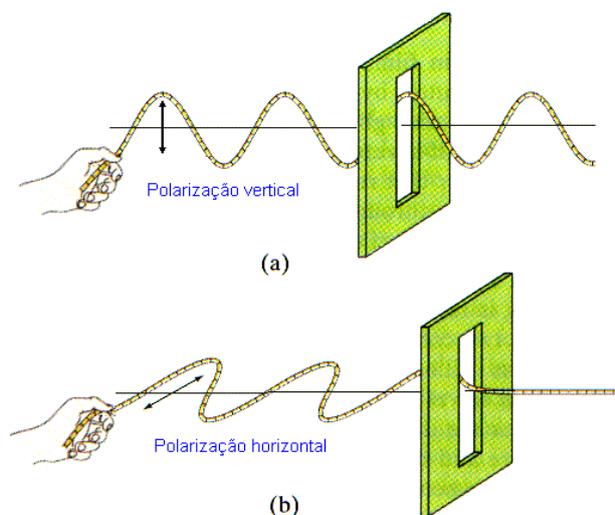


Figura 18: Polarização de ondas mecânicas.

Fonte: <http://www.unb.br/iq/kleber/EaD/Fisica-4/Aulas/Aula-17/fig17-5.gif>.

Exemplo: Se colocarmos um segundo filtro polarizador a seguir ao primeiro, e os planos de polarização dos dois filtros coincidirem, a luz atravessará os dois filtros, ficando polarizada nesse plano. Mas se os planos dos dois filtros forem perpendiculares, nenhuma parte da luz polarizada pelo primeiro filtro conseguirá passar através do segundo, ou seja, não se conseguirá ver nenhuma imagem através dos filtros (Figura 19).

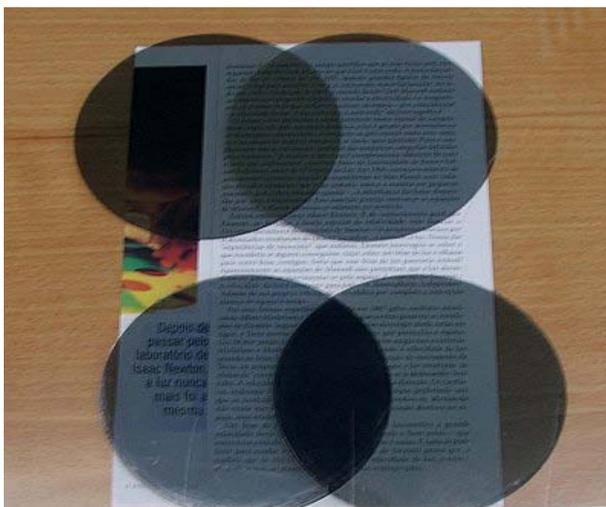


Figura 19: A luz que atravessa um filtro polarizador oscila num único plano.

Fonte: <http://fisica.fe.up.pt/luz/polarizacao.jpg>.

Ondas podem ser descritas usando um número de variáveis, tais como a frequência (f), comprimento de onda (λ), amplitude (A) e período (T) (Figura 20).

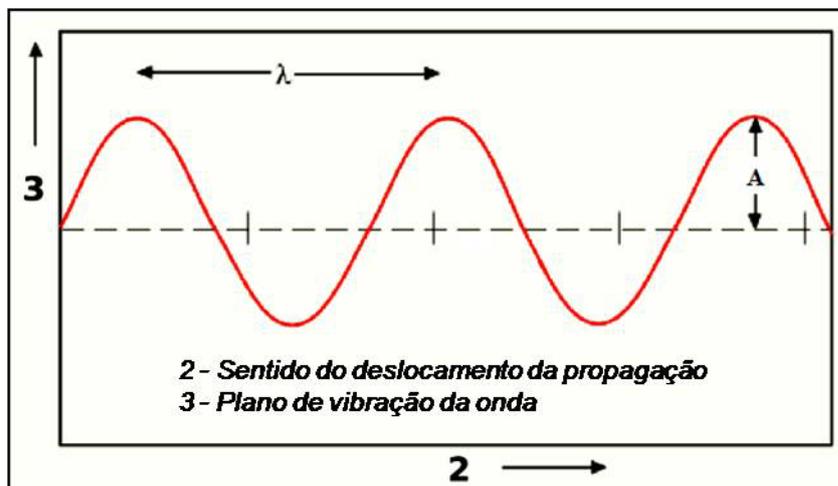


Figura 20: Elementos de uma onda

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Wave-i18n.png>.

A amplitude de uma onda é a medida da magnitude de um distúrbio em um meio durante um ciclo de onda. Por exemplo, ondas em uma corda têm sua amplitude expressada como uma distância (metros), ondas de som como pressão (pascal) e ondas eletromagnéticas como a amplitude de um campo elétrico (volts por metro). A amplitude pode ser constante (neste caso a onda é uma onda contínua), ou pode variar com tempo e/ou posição.

O período é o tempo (T) de um ciclo completo de uma oscilação de uma onda. A frequência (f) é o inverso do período, ou seja, é o número de oscilações completas por uma unidade de tempo (exemplo: um segundo), e é expressa em hertz (Equação 1).

$$(1). \quad f = \frac{1}{T}$$

Quando ondas são expressas matematicamente, a frequência angular ω (ômega) em radianos por segundo, é constantemente usada. Relacionada com a frequência f em:

$$(2). \quad f = \frac{\omega}{2\pi}$$

A equação universal da onda

A forma mais simples desta equação é dada por:

$$(3). \quad V = \lambda \cdot f$$

V é a velocidade da onda, λ é o comprimento de onda (a letra do alfabeto grego λ chama-se "lambda", sendo equivalente fonético do "l" latino) e f é a frequência de onda.

2.3.9 AS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS – SUA INTERAÇÃO COM AS MOLÉCULAS E SUA TRANSFORMAÇÃO EM ENERGIA TÉRMICA

Os diferentes tipos de radiações são classificados de acordo com o comprimento de onda e/ou a frequência da onda. Para diferenciar as radiações, utiliza-se o espectro eletromagnético (Figura 21).

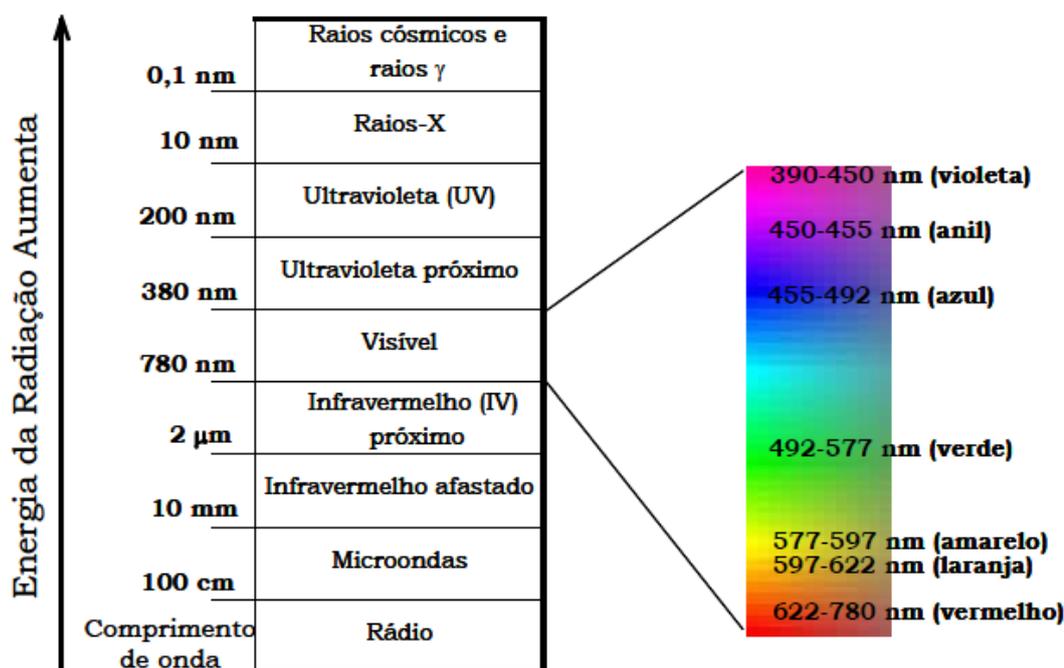


Figura 221: Espectro Eletromagnético.

Cada radiação possui um comprimento de onda (λ) específico, havendo uma diferença de energia entre estas radiações. Uma molécula pode absorver “diferentes radiações”. Dependendo da energia da radiação absorvida, diferentes fenômenos poderão ocorrer com a molécula. De uma forma geral, a espectroscopia estuda a interação da radiação eletromagnética com a matéria, sendo um dos principais objetivos determinar os níveis de energia de átomos e ou moléculas. No caso da radiação infravermelha, as energias envolvidas estão diretamente relacionadas com os estados vibracionais moleculares. Quando uma onda na faixa do infravermelho tem uma energia igual à diferença de energia entre dois estados vibracionais, há uma forte absorção da radiação pelo material. Medindo-se esta absorção, tem-se o

espectro de absorção no infravermelho e daí podem-se obter informações a respeito das ligações químicas e grupos moleculares. Fotoeletrônica de Raios X, Eletrônica de Ultra Violeta e Luz Visível, Vibracional, Rotacional, referem-se aos tipos de espectroscopia.

O Quadro 1 mostra os processos que ocorrem nas moléculas ao absorverem “diferentes radiações” e o tipo de espectroscopia envolvida:

Quadro 1: Processos do tipo de espectroscopia envolvida nas diferentes radiações eletromagnéticas.

<i>Radiação</i>	<i>Processo</i>	<i>Espectroscopia</i>
Raios γ	Energia muito alta. O elétron é excitado e removido da molécula (radiações ionizantes).	Fotoeletrônica de Raios - X
Raios - X		
Ultravioleta	Alta energia, suficiente para fazer os elétrons das moléculas se excitarem para níveis mais energéticos.	Eletrônica de Ultra Violeta e Luz Visível
Luz Visível		
Infravermelho	Energia suficiente para fazer as ligações químicas vibrarem e distorcer ângulos moleculares.	Vibracional
Microondas	Energia baixa, mas suficiente para fazer as moléculas transladarem, girarem e algumas vibrarem.	Rotacional

2.3.9.1 O QUE ACONTECE QUANDO UM CORPO ABSORVE RADIAÇÃO?

No efeito estufa, as radiações envolvidas são as que ocorrem nas regiões do ultravioleta, visível e infravermelho do espectro eletromagnético, analisaremos apenas estes tipos de radiações.

A propriedade da molécula de interagir com radiação infravermelha está intimamente relacionada às suas ligações químicas. As ligações no interior das moléculas vibram, devido a diferenças de eletronegatividade entre os átomos que a

compõe. Esses movimentos moleculares, conhecidos como modos vibracionais, são característicos para cada tipo específico de molécula.

A radiação eletromagnética com frequência de onda específica é absorvida e muda a frequência de vibração da ligação entre os átomos da molécula. Quando esta molécula retorna ao estado inicial, libera energia absorvida (Princípio da Conservação de Energia).

O Dióxido de Carbono, por exemplo, absorve radiação infravermelha de comprimento de onda entre 13 e 18 μ m. Assim, a molécula de CO₂ interage com a radiação proveniente da superfície terrestre e a reemite em todas as direções. Parte dessa energia retorna à superfície do planeta e, em função disso, a temperatura da Terra se mantém constante (aproximadamente 15°C).

O Dióxido de Carbono não é o gás de maior “poder estufa”, mas devido ao seu aumento de sua quantidade, é considerado o mais atuante no processo de aquecimento global.

2.3.9.2 A INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO INFRAVERMELHA COM AS MOLÉCULAS

A radiação infravermelha, cujo comprimento de onda está na faixa de 1 a 100 μ m, “não tem energia suficiente para provocar excitação dos elétrons, mas faz com que os átomos, ou grupos de átomos vibrem com maior rapidez e com maior amplitude em torno das ligações covalentes que os unem” (SOLOMONS, 1996). Por exemplo, a molécula de CO₂, quando absorve a radiação infravermelha, pode vibrar de quatro formas (Figura 22):

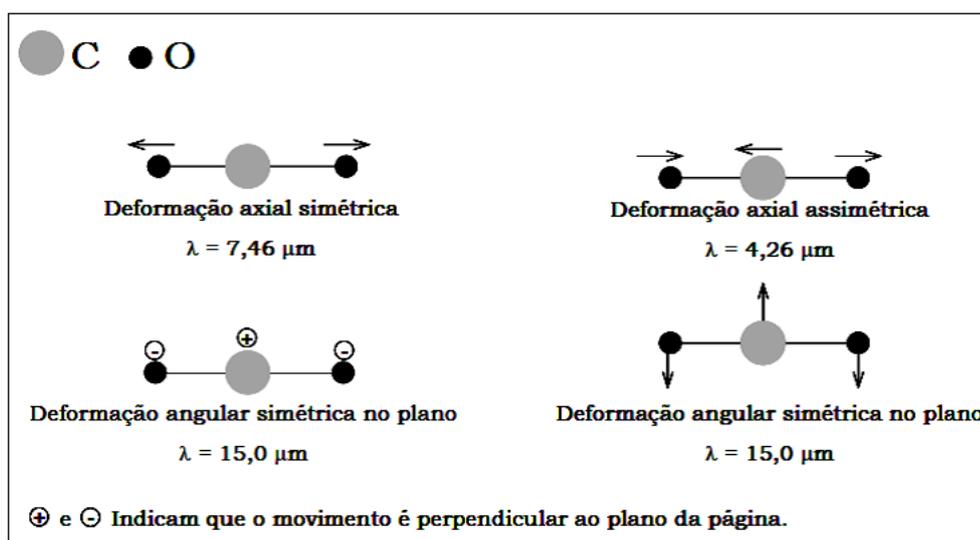


Figura 22: Modos vibracionais possíveis da molécula de CO₂.

A radiação infravermelha pode induzir às deformações assimétricas das moléculas, conseqüentemente, elas poderão então criar momentaneamente um dipolo eletromagnético, como mostra a Figura 23 para o CO₂ e o CH₄:

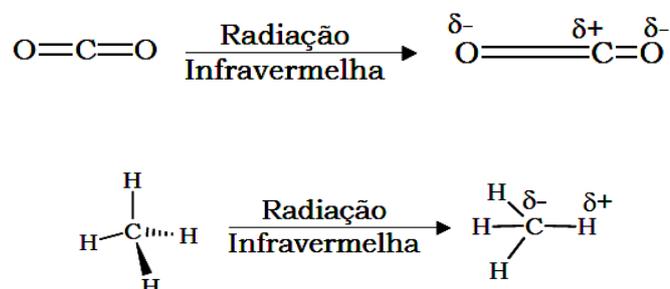
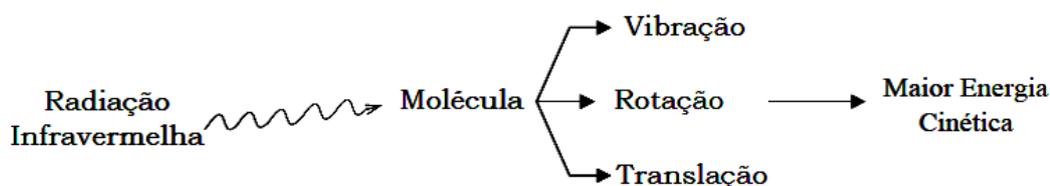


Figura 23: Deformações assimétricas das moléculas de CO₂ e o CH₄.

O oxigênio e o nitrogênio, por serem moléculas diatômicas com o mesmo átomo, não absorvem a radiação infravermelha, pois não se deformam como o CH₄ e o CO₂. Entretanto, na alta atmosfera estas moléculas podem sofrer choques com elétrons e prótons energéticos, por exemplo, dos ventos solares, provocando aquecimento nesta região da atmosfera. A radiação infravermelha induz um aumento na energia cinética média das moléculas, provocando assim, aumento nos movimentos de vibração, rotação e translação destas moléculas (Figura 24).



$$E_{\text{cinética}} = E_{\text{vibracional}} + E_{\text{translacional}} + E_{\text{rotacional}}$$

Figura 24: A radiação infravermelha induz um aumento na energia cinética média das moléculas, provocando assim, um aumento nos movimentos de vibração, rotação e translação destas moléculas.

A energia cinética média das moléculas está diretamente relacionada à temperatura do sistema. Quanto maior a temperatura, maior a energia cinética média destas moléculas e vice-versa. Assim, quando um gás, por exemplo, vapor d'água é aquecido, (Figura 25b) a energia cinética dos átomos ou moléculas que o compõem, será maior do que o sistema que está a uma temperatura menor (Figura 25a). Então, as moléculas irão: transladar, girar e vibrar com maior intensidade.

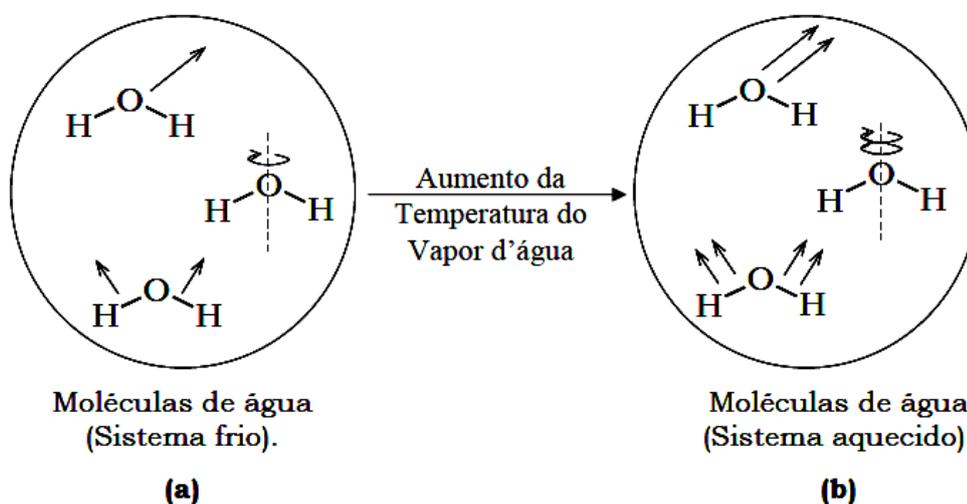


Figura 25: Esquema representando o aumento de energia cinética das moléculas de água através da vibração, rotação e translação

Podemos concluir, então, que quando uma substância é aquecida suas moléculas passam a “agitar-se” com maior intensidade. Da mesma forma, a radiação infravermelha pode ser absorvida e aumentar a energia cinética média, provocando um aumento na vibração, rotação e translação das moléculas, ocorrendo assim, um aumento de temperatura e no volume ocupado por elas.

2.3.9.3 A RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA / VISÍVEL E A EXCITAÇÃO DE ELÉTRONS

Quando um corpo recebe radiação visível ou ultravioleta, ele absorve uma quantidade de energia necessária para excitar seus elétrons de um nível fundamental (menor energia) para um nível excitado (maior energia). “A absorção molecular nas regiões do ultravioleta e do visível depende da estrutura eletrônica da molécula” (SILVERSTEIN *et al.*, 1979).

Primeiramente, vamos analisar a Figura 26 em que um elétron está no seu nível fundamental (1). Ao absorver certa quantidade de energia este elétron é excitado para um nível mais energético (2). Somente as radiações, ultravioleta e visível, possuem energia suficiente para excitarem os elétrons.

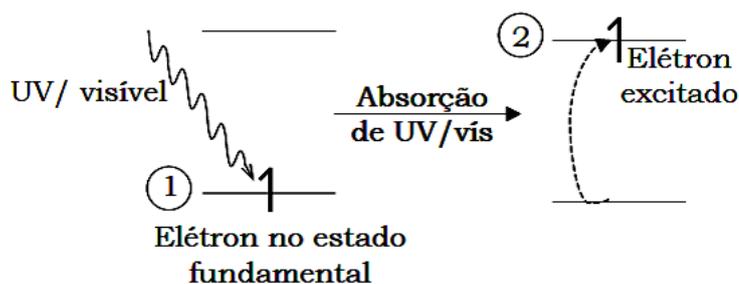


Figura 26: Somente as radiações ultravioleta e visível possuem energia suficiente para excitarem os elétrons.

Entretanto, este elétron não fica excitado por muito tempo e tende a decair para seu estado fundamental (mais estável).

E como esta energia absorvida é dissipada?

Existem três possibilidades para o elétron decair ao seu estado inicial (Figura 27):

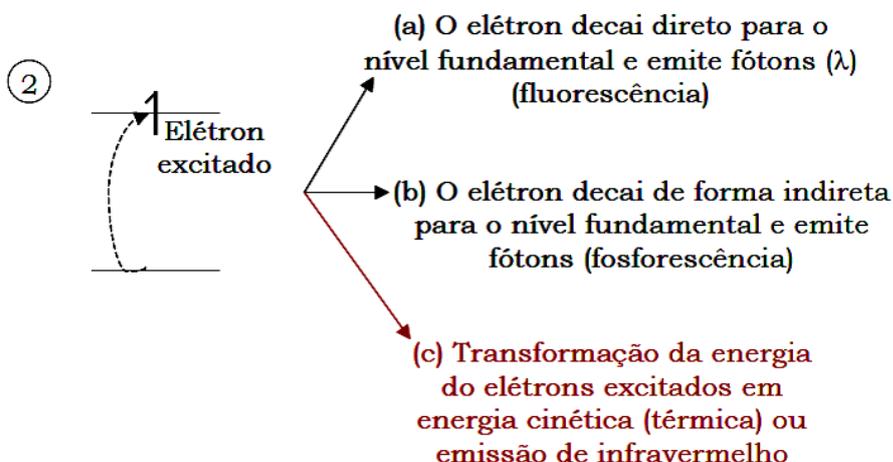


Figura 27: Possibilidades para o elétron decair ao seu estado inicial.

- (a) O elétron decai diretamente para o seu nível fundamental e emite um fóton de mesma energia do fóton absorvido. Este fenômeno é conhecido como fluorescência (Figura 28).

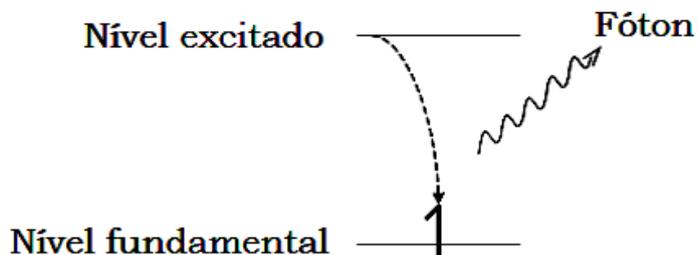


Figura 28: Processo da Fluorescência

- (b) O elétron pode decair de forma indireta, para níveis intermediários antes de atingir o nível fundamental. Decaindo com um tempo maior do que a fluorescência. Este fenômeno é conhecido como fosforescência (Figura 29).

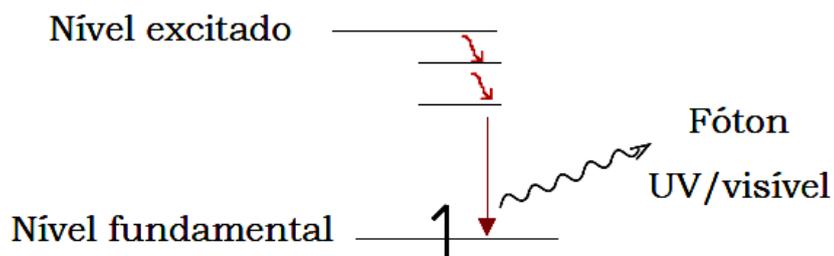


Figura 29: Fosforescência.

- (c) O elétron diminui sua energia, decaindo gradativamente em níveis vibracionais do estado excitado. Este decaimento da energia do elétron pode se transformar em duas formas de energia: (i) Energia cinética molecular (vibração, rotação e translação) ou (ii) emissão de radiação infravermelha (IV).

No primeiro caso (i), a energia do elétron excitado será transformada em energia cinética. Conseqüentemente, a molécula passará a ter movimentos de vibração, rotação e translação. Este aumento da energia cinética da molécula resultará em um aumento de temperatura. No segundo caso (ii), o decaimento entre os níveis vibracionais resultará na emissão de radiação infravermelha (Figura 30).

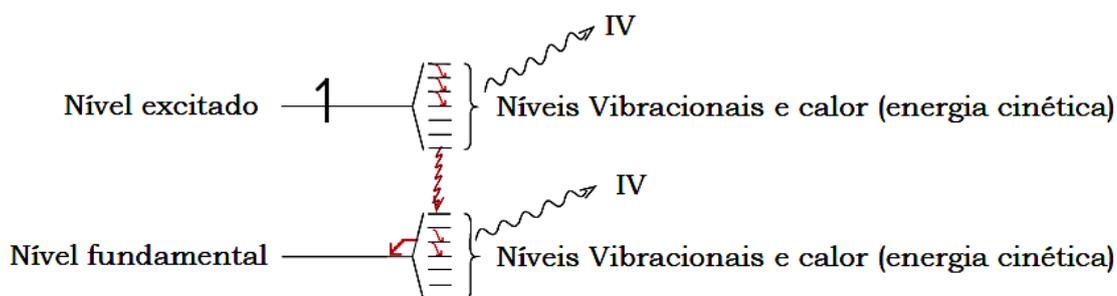


Figura 30: O decaimento entre os níveis vibracionais resultará na emissão de radiação infravermelha.

Assim, podemos entender como ocorre a transformação da radiação proveniente do Sol (essencialmente ultravioleta e visível) em infravermelha (um dos principais processos responsáveis pelo efeito estufa), como mostra a Figura 32. Esta transformação ocorre devido a um gasto de energia (Figura 31) que é utilizada para movimentar todos os processos na Terra.

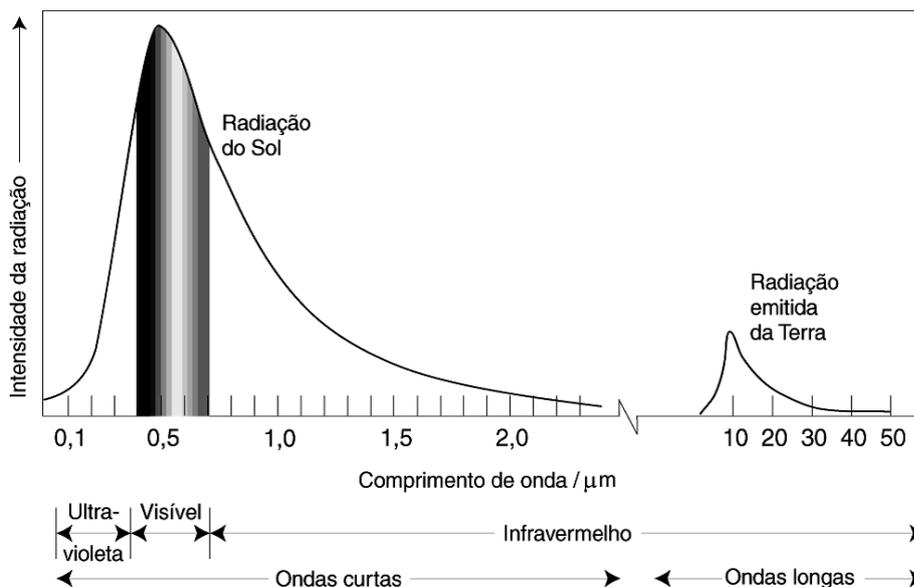


Figura 31: Comparação entre as intensidades dos espectros da radiação solar e terrestre (W/m^2). Em função de sua maior temperatura superficial, o Sol emite cerca de 160 mil vezes mais radiação que a Terra e de comprimentos de onda menores (mais energética).

Fonte: Adaptado de Lutgens e Tarbuck, 1998, p. 34

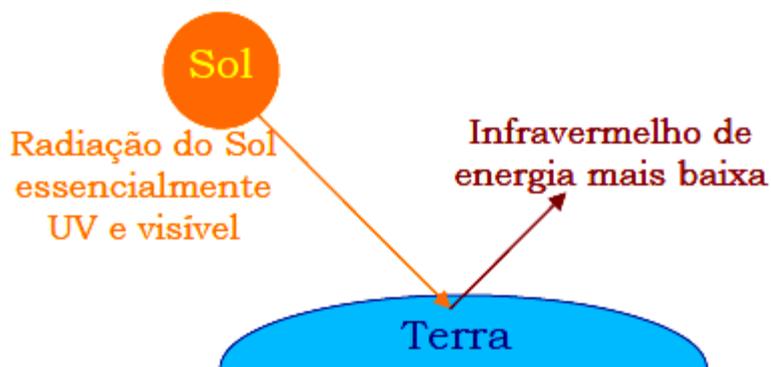


Figura 32: Esquema simplificado do efeito estufa.

2.3.10 BALANÇO DE RADIAÇÃO TERRA - SOL

Toda a energia disponível na Terra, basicamente, vem do Sol. Considerando-se o sistema Terra-Sol, pode-se obter um modelo para estimar a temperatura média da superfície terrestre, usando a teoria de emissão e absorção de radiação por corpo negro.

O espectro do Sol é parecido com o de um corpo negro a uma temperatura de, aproximadamente, 6000K e emite radiação principalmente na faixa de 0,2 a 4 m (ondas curtas), com máximo na região da luz visível. A Terra tem um espectro parecido com o de um corpo negro a uma temperatura de 300K e emite radiação na faixa de 4 a 100 m (ondas longas), com máximo na faixa do infravermelho (Figura 33 – página 53)

A potência irradiada por unidade de área para um corpo negro (E_B) é dada pela equação 4:

$$(4). \quad E_B = \sigma \cdot T^4$$

em que σ é a constante de Stefan-Boltzmann (O seu valor é $5,6704 \times 10^{-8} \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}$) e T a temperatura absoluta do corpo.

A Terra absorve a radiação solar (E_A) a uma taxa de:

$$(5). \quad E_A = \frac{1}{4} \cdot S \cdot (1 - \alpha)$$

Na qual, S é a taxa de radiação solar que chega ao topo da atmosfera terrestre, chamada de constante solar. Sua medida por satélites varia entre 1365 a 1372 Wm^{-2} (RAMANATHAN et al., 1989); α é a fração de radiação refletida pela superfície e atmosfera terrestres (albedo); o fator 1/4 deve-se à distribuição dessa energia sobre a superfície terrestre. Veja que o disco da Terra que intercepta a radiação solar tem área πR^2 . Mas a energia distribui-se pela superfície esférica da Terra ($4\pi R^2$). Portanto,

$$(6). \quad \frac{\pi \cdot R^2}{4 \cdot \pi R^2} = \frac{1}{4}$$

Considerando-se que, em um ciclo onde a Terra tem uma temperatura média constante, ela está em equilíbrio térmico (aproximadamente o que ocorre em um ciclo anual), pode-se igualar a eq. (5) com a eq. (4), resultando na equação (7).

$$(7). \quad \frac{1}{4} S(1 - \alpha) = \sigma \cdot T^4$$

Como o albedo terrestre vale aproximadamente 0,30, a temperatura calculada pela eq. 7 é de 255K, ou seja, 18°C negativos. Esse valor é cerca de 33K menor que o observado (~15°C), dessa forma, somente pelo balanço de radiação Terra-Sol não basta para explicar a temperatura média da superfície terrestre.

2.3.11 A ATMOSFERA E O EFEITO ESTUFA

Incluindo-se na análise do balanço de transferência de energia a presença da atmosfera e os processos que nela ocorrem, é que se consegue explicar a energia adicional retida pela terra e, conseqüentemente, sua maior temperatura superficial média.

Na atmosfera acontecem processos de troca de energia térmica importantes para o clima terrestre, como a condução de calor, a convecção e a interação da radiação eletromagnética com os gases e partículas que compõem a atmosfera. Neste último caso, pode ocorrer absorção ou algum processo de espalhamento que dependem de fatores como o comprimento de onda da radiação, a composição química dos componentes envolvidos e o tamanho das partículas. O resultado líquido dessa interação é um aquecimento adicional da superfície terrestre, possibilitando que a sua temperatura média global seja cerca de 15°C ao invés daqueles inóspitos 18°C negativos calculados apenas pelo equilíbrio Terra-Sol (eq. 7).

As moléculas de vapor de água, o dióxido de carbono e alguns outros gases absorvem radiação eletromagnética, apresentando uma eficiência de absorção relativamente menor para a radiação solar (ondas curtas), do que para a radiação vinda da superfície da Terra (ondas longas). Esses gases atmosféricos aquecidos também emitem radiação, a qual se dirige em parte para a terra e em parte para o

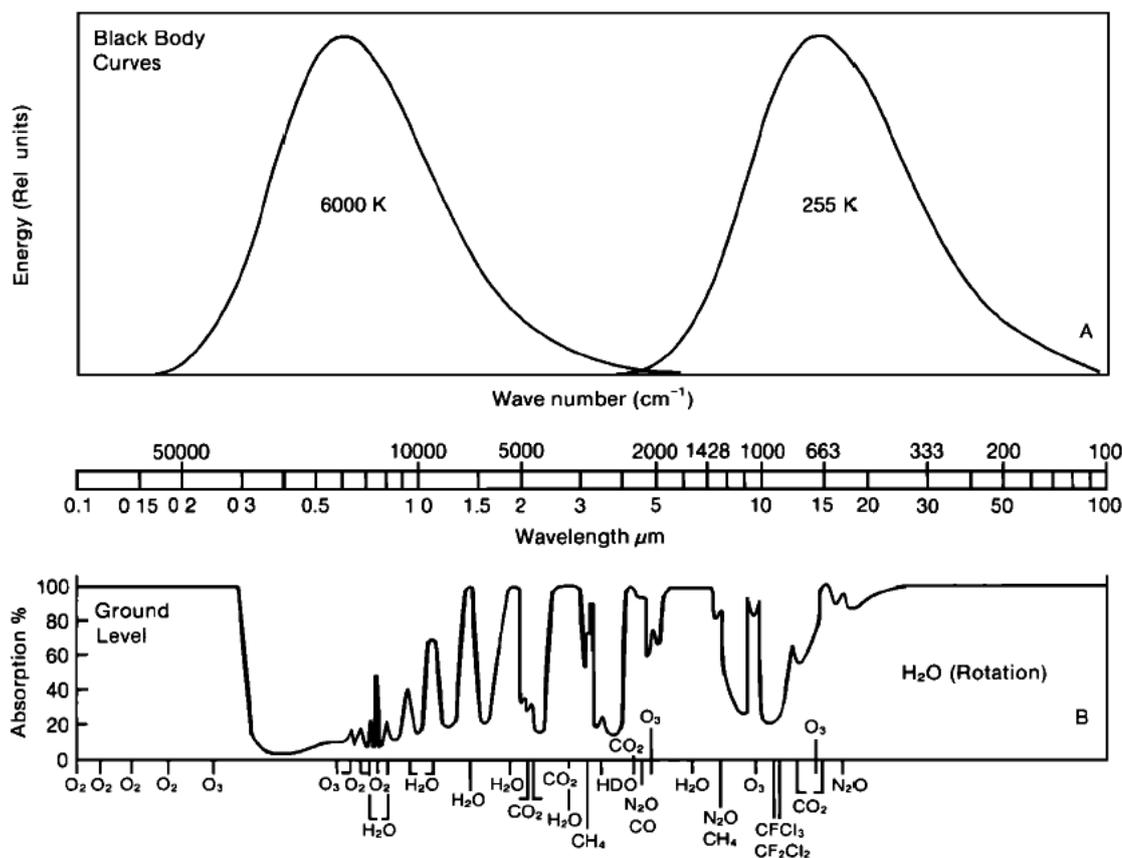
espaço. O aquecimento adicional da superfície terrestre por esse processo é chamado de Efeito Estufa. Como se pode perceber, ele contribui para uma condição climática essencial ao desenvolvimento da biosfera terrestre.

2.3.12 PERTURBAÇÕES NO EFEITO ESTUFA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

Gases atmosféricos que retêm relativamente pouca radiação solar, enquanto absorvem com maior eficiência a radiação emitida pela superfície da Terra, são chamados de gases estufa. Os mais importantes têm ocorrência natural e são o vapor de água, dióxido de carbono, ozônio, metano e óxido nitroso.

Na Figura (33-A) percebe-se que sob a curva de emissão de corpo negro a 6000K (aproximadamente o espectro do Sol), a maior parte da radiação emitida encontra-se em comprimento de onda de luz visível e uma parte bem menor em comprimento de onda de ultravioleta.

Comparando-se as duas partes da figura 33, nota-se que ocorre uma grande absorção da luz ultravioleta pelo O_3 e O_2 (na camada de ozônio) e a luz visível atravessa uma atmosfera quase transparente, atingindo a superfície terrestre. Analisando-se da mesma forma, a parte referente ao espectro de corpo negro a 255K (aproximadamente o espectro de emissão da Terra), nota-se que grande parte da radiação é em comprimento de ondas longas (infravermelho) e, nessa faixa, a absorção por gases como vapor de água e dióxido de carbono é grande. Nesta região estão indicadas linhas de absorção de outros gases estufa (Figura 33-B).



* **Energy (Intensidade - Em unidades relativas de potência/unidade de área / μm).** A escala para os corpos negros a 6000 K e a 255 K são diferentes, de modo a poderem ser observados, na mesma figura, os efeitos de absorção para os dois espectros de irradiação. Destaque-se que o máximo de intensidade da distribuição espectral solar, recebida no topo da atmosfera terrestre, é cerca de 60 vezes superior aquele do espectro de radiação da terra.

** **Wavelength (comprimento de onda - μm)** em escala logarítmica.

Figura 33: A - Distribuição espectral de corpos negros a 6000K e 255K, correspondentes às temperaturas de emissão do Sol e da Terra, respectivamente. B - Porcentagem de absorção atmosférica para a radiação que atravessa a atmosfera.

Fonte: MITCHELL, 1989.

No Quadro 2 tem-se a concentração dos gases na atmosfera e a parcela de retenção de energia de cada um deles para o Efeito Estufa (cujo total é de cerca de 155 Wm⁻²). Percebe-se que o vapor de água participa com 65% do efeito, o CO₂ com 32% e os demais gases com apenas 3%. Portanto, o vapor de água é o principal gás estufa e que o CO₂ é o segundo em importância, com uma contribuição que é a metade do primeiro.

Quadro 2: Concentrações atuais e aquecimento estufa devido a gases traço.

Gás	Concentração (ppm)	Aquecimento estufa (W.m^{-2})	Varição desde o ano 1750 até \cong 2000 (W.m^{-2})
<i>Vapor de Água (H_2O)</i>	$\cong 3000$	$\cong 100$	
<i>Dióxido de Carbono (CO_2)</i>	345	$\cong 50$	1.46
<i>Metano (CH_4)</i>	1.7	1.7	0.48
<i>Óxido Nitroso (N_2O)</i>	0.30	1.3	0.15
<i>Ozônio (O_3) na Troposfera</i>	10×10^{-3} à 100×10^{-3}	1.3	0.35
<i>CFC 11</i>	0.22×10^{-3}	0.06	0.06
<i>CFC 12</i>	0.38×10^{-3}	0.12	0.12
<i>Todos Halocarbonos</i>		0.34	0.34

Fontes: MITCHELL, 1989; IPCC, 2001.

A maior preocupação tem sido com mudanças relativamente recentes e ponderáveis nas concentrações de gases, devido a atividades antropogênicas. Isso foi observado mais intensamente após a Revolução Industrial onde a crescente necessidade de geração de energia elétrica, o sistema de transporte, o aquecimento de ambientes internos dentre outros fatores relacionados, basearam-se no consumo de energia obtida pela queima de combustíveis fósseis, principal recurso energético empregado até hoje.

A maior fonte antropogênica de gases estufa é o dióxido de carbono, além do que o uso de combustíveis fósseis é responsável por emissões de metano e outros compostos orgânicos também responsáveis pelo agravamento do Efeito Estufa.

A atividade entérica é outra fonte grande de metano. O aumento das concentrações de O_3 na troposfera, também se deve particularmente às reações fotoquímicas que se processam com produtos e resíduos do uso de combustíveis fósseis.

Avalia-se que a temperatura média da Terra esteja aumentando e os modelos climáticos têm relacionado isto ao aumento da concentração dos gases estufa. A última coluna do Quadro 2 mostra a variação na retenção de energia devido ao incremento observado na concentração de gases estufa desde o ano 1750.

Enquanto a contribuição do CO_2 no efeito total (penúltima coluna) é $\cong 30$ vezes maior que a do metano, sua parcela no incremento observado (última coluna) é apenas 3 vezes maior que a do metano. Portanto, para fins de deslocamentos de tendências climáticas, o que pesa mais são os correspondentes deslocamentos nas concentrações e nos diferentes fatores climáticos.

Deve-se considerar, ainda, que a contribuição de um gás nesse efeito depende do comprimento de onda no qual ele absorve radiação, de sua concentração, de sua intensidade de absorção por molécula, de quão fortemente os outros gases concorrem com ele nos mesmos comprimentos de onda e do seu tempo de residência na atmosfera.

A absorção pelo vapor de água e dióxido de carbono é tão forte que outros gases que absorvem em comprimentos de onda similares contribuirão muito pouco com o Efeito Estufa, a não ser que tenham concentrações parecidas. Entretanto, existe uma região do espectro de ondas longas, de 8 a 12 μm , conhecida como janela atmosférica, onde a absorção por vapor de água e CO_2 é fraca. Outros gases traço como ozônio, o Clorofluorcarbono (CFC), metano e óxido nitroso têm bandas de absorção nessa região ou próximo dela e contribuem significativamente para o aprisionamento de radiação, apesar das baixas concentrações (Quadro 3).

Quadro 3: Tempo de residência de alguns gases na atmosfera.

Gases	Tempo de Residência (anos)
<i>CO_2</i>	50 - 200
<i>CH_4</i>	12
<i>N_2O</i>	120
<i>CFC-11</i>	50
<i>HALON-1301</i>	65
<i>HCFC-22</i>	12
<i>HCFC-134a</i>	15

Fonte: BAIRD, 2002.

Note-se, portanto, que não há uma resposta linear da temperatura ao aumento de gases estufa. Mas não há dúvida que isto produza uma maior retenção de radiação na atmosfera, apesar de que, por si só, isso pode não ser suficiente para produzir um

aumento da temperatura superficial terrestre. O balanço energético global do planeta é complexo e a concentração dos gases é apenas um dos componentes que o influenciam.

2.3.13 CONTEXTO GERAL DOS FATORES QUE REGEM O CLIMA E SUAS MUDANÇAS

Os Modelos Climáticos Globais têm estimado a intensificação do Efeito Estufa causadas pelas emissões antropogênicas. Avalia-se como consequência que desde 1861 a temperatura média da Terra subiu ($0,6 \pm 0,2$)°C (IPCC, 2001).

Mesmo se as concentrações dos gases estufa parassem de aumentar, elas continuariam contribuindo para uma tendência de aquecimento do planeta, porque alguns gases têm uma vida média longa e, assim, permanecem atuando na atmosfera por um longo tempo após sua emissão.

As possíveis consequências desse aquecimento seriam o derretimento da água congelada na cobertura de montanhas e em geleiras, elevação dos oceanos devido a esse derretimento e à expansão térmica da água, aumento da quantidade de nuvens, vapor de água e, conseqüentemente, da quantidade de chuvas, alteração das características do ambiente em diferentes regiões etc.

Essas são as tendências avaliadas como mais prováveis e não certas absolutas. Da mesma forma, mesmo que seja muito provável, não é absolutamente certo que as mudanças climáticas sejam de origem antropogênica e não oscilações naturais do clima. Note-se, ainda, que mesmo a variação detectada da temperatura média da superfície terrestre (0,6°C) é um valor muito próximo das incertezas de medida. Apenas recentemente a comunidade científica passou a considerar que este é um sinal que se diferencia do ruído de medida.

Vejamos um pouco melhor a complexidade do problema.

No item Balanço radioativo Terra-Sol, vimos que a energia ou radiação solar que chega é balanceada pela radiação terrestre que sai, considerando-se um ciclo global médio. Mas, a maior incidência de radiação na faixa equatorial gera uma circulação atmosférica global que, juntamente com as correntes marinhas, redistribui energia em direção aos pólos.

Qualquer alteração na radiação recebida do Sol ou perdida para o espaço, ou mudanças na redistribuição dentro da atmosfera ou entre esta, a terra e os oceanos, pode afetar o clima. Chama-se forçante uma mudança na energia da radiação líquida disponível no sistema Terra-atmosfera. Ela será positiva ou negativa na medida em que propiciar aquecimento ou resfriamento do sistema, respectivamente. Os “gases estufa”, portanto, têm representado uma forçante positiva.

Porém, o próprio uso de combustíveis fósseis que gera esses gases também propicia a formação de partículas que podem espalhar a radiação solar, sendo esta uma forçante negativa. Entretanto, o material particulado provocado pela queima (negro de fumo ou fuligem), absorve radiação com alta eficiência, por isso é forçante positiva. Na maioria dos casos avalia-se que os aerossóis troposféricos tendem a produzir uma forçante negativa e provocar um resfriamento.

Exemplos disto são os aerossóis de sulfatos que aumentam a capacidade de a atmosfera espalhar a radiação solar antes que ela possa atingir a superfície terrestre. Eles também participam da formação de nuvens, podendo alterar a área de cobertura por nuvens ou tipos de nuvens formadas (CHARLSON et al., 1994).

As nuvens representam um dos principais fatores de incerteza nos modelos climáticos. Alterações nos padrões das nuvens poderão produzir um efeito de aquecimento ou resfriamento, dependendo das características que prevaleçam. Por exemplo, o albedo (reflexão da luz pela superfície) é uma forçante negativa, enquanto a energia térmica liberada na condensação do vapor de água é uma forçante positiva.

Harries (2000) comenta que tipicamente as nuvens representam uma forçante média de -20 W.m^{-2} , mas que predições recentes de alguns modelos têm dado valores entre 0 e -30 W.m^{-2} .

Avalia-se que a dimensão dessa incerteza pela forçante total positiva, é de $2,4 \text{ W.m}^{-2}$ estimada para os principais gases estufa (H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2O e O_3), listados no Quadro 2.

Erupções vulcânicas são ocasionais, podendo gerar grandes forçantes negativas cujos efeitos podem persistir por alguns anos. A radiação solar recebida pela Terra também sofre oscilações lentas e características. Uma delas está associada

ao número de manchas solares, que têm apresentado picos progressivos em ciclos de 11 anos, com amplitude de $\cong 0,1\%$.

Há variações com períodos mais longos (19.000, 24.000, 41.000 e 100.000 anos) relacionadas a mudanças na distância Terra-Sol, devido às perturbações induzidas por outros planetas e pela lua. O ciclo de 100.000 anos é atribuído a variações na excentricidade da órbita terrestre (SEINFELD E PANDIS, 1998).

Estas mudanças têm que ser consideradas nos modelos climáticos, avaliando-se que foram importantes na definição de variações climáticas em um passado mais distante.

Há, ainda, uma série de efeitos de realimentação positiva ou negativa, que podem intensificar ou atenuar mudanças de temperatura. Maiores temperaturas, por exemplo, provocam maior taxa de vapor de água na atmosfera, o que por sua vez intensificaria o Efeito Estufa. Mas isso pode, ainda, alterar o padrão das nuvens, gerando uma realimentação negativa (XAVIER E KERR, 2004).

A resposta do clima às forçantes tem várias escalas de tempo. A grande capacidade térmica dos oceanos e o ajuste dinâmico das placas de gelo, por exemplo, determinam hoje um fator de inércia que pode chegar a milhares de anos até que se observe a resposta às forçantes (positivas ou negativas). Ou seja, qualquer fator que interfira no balanço radioativo terrestre acaba introduzindo alterações nos padrões do clima, em escala global ou regional (XAVIER E KERR, 2004).

(...) Para distinguir mudanças climáticas antropogênicas de variações naturais, é necessário identificar o sinal antropogênico contra o ruído de fundo da variabilidade climática natural. Portanto, qualquer mudança climática causada por ações antropogênicas estará embutida nas variações climáticas naturais que ocorrem em uma série de escalas de tempo e espaço. A variabilidade climática pode acontecer como um resultado de alterações naturais nas forçantes do sistema climático, por exemplo, variações na radiação solar recebida e mudanças na concentração de aerossóis provenientes de erupções vulcânicas. Variações naturais também podem ocorrer na ausência de mudanças nas forçantes externas, como resultado de interações

complexas entre componentes do sistema climático, por exemplo, o acoplamento entre atmosfera e oceanos (IPCC, 2001).

Essa é uma síntese importante para esta parte da discussão, extraída dos relatórios do último encontro do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Esses relatórios são fontes de consulta fundamentais sobre essa questão e fornecem dados atualizados do sistema climático e do trabalho desenvolvido pelos principais grupos científicos internacionais que atuam nesta área.

2.3.14 MODELOS CIENTÍFICOS E AS INICIATIVAS SOCIAIS

Modelos climáticos em seu estágio atual estimam que haverá aquecimento global com suas presumíveis e desastrosas conseqüências. Mas está claro, também, que esta não é uma evolução inexoravelmente definida e que há incertezas apreciáveis nessas previsões.

Independentemente da racionalidade científica com que analisamos o problema, a possibilidade de que ocorram catástrofes é algo presente no imaginário popular. Isso é resultado da percepção que as pessoas têm das profundas alterações que a humanidade tem introduzido sobre a face da Terra. Suas conseqüências localizadas são perceptíveis e determinadas, como impermeabilização do solo e conseqüentes alagamentos, efeito ilha de calor, malefícios da poluição do ar, stress urbano etc. É intuitivo, portanto, que desastres globais também estejam se delineando, mesmo que possa haver ainda muitas incertezas quanto aos resultados oferecidos pelos modelos científicos (XAVIER E KERR, 2004).

Se estes modelos estiverem corretos quanto à avaliação das interferências antropogênicas sobre o clima, é imprescindível uma ação rápida para controle das emissões dos gases estufa. Esta ação envolveria uma intervenção radical na principal base energética da sociedade, que se fundamenta na queima de combustíveis fósseis, principalmente na produção direta de energia e transportes. Isso afetaria os interesses imediatistas de lucro de todo sistema capitalista de produção e comércio de mercadorias.

Não há dúvidas de que as incertezas existem, mas se as previsões se concretizarem, os danos econômicos e sociais projetados serão muito superiores aos ganhos que poucos terão acumulado ao ignorarem o controle da parcela antropogênica do Efeito Estufa (XAVIER E KERR, 2004).

Independente das incertezas, quanto às mudanças climáticas e seus efeitos, não há dúvidas quanto aos danos advindos das mesmas ações antropogênicas que geram os gases do efeito estufa. A produção de energia, os transportes e outras fontes de gases do efeito estufa, geram outros poluentes e danos à saúde humana e ao meio ambiente em geral.

Neste sentido, estima-se que 700 mil mortes anuais são relacionadas à poluição atmosférica, sendo a maior parte acoplada aos processos que geram gases estufa (CIFUENTES et al., 2001).

O trabalho aponta outros benefícios adicionais à saúde que o controle da emissão de gases estufa traria.

Está claro que se a catástrofe climática tem doses de incerteza, a catástrofe cotidiana da poluição do ar e degradação ambiental é bastante concreta e palpável. Minimizá-las significaria também, prevenir os danos ainda maiores que podem advir das mudanças climáticas.

2.4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

Apresentamos aqui, a revisão bibliográfica considerada importante para delinear a nossa pesquisa. Optou-se por uma apresentação em forma de quadro a fim de evidenciarmos os aspectos mais importantes. Assim, criamos critérios de agrupamento onde as propostas de trabalho (artigos, monografias, dissertações e teses) foram categorizadas.

As categorias criadas foram:

- I. Concepções dos alunos em: Física; Ciências; Educação ambiental.
- II. Propostas didáticas metodológicas.
- III. Análise de materiais didáticos.
- IV. Teoria da aprendizagem significativa e o ensino de ciências.

Para cada categoria foi criado um quadro composto por colunas onde se dispôs:

- O título do trabalho;
- O(s) autor(es);
- Os objetivos do trabalho;
- O referencial teórico educacional explícito;
- A amostra;
- O instrumento de análise;
- Os resultados e/ou conclusões relevantes.

Quadro 4: Concepções dos alunos em: Física; Ciências; Educação Ambiental.

TÍTULO	AUTOR(ES) / FONTE(S)	OBJETIVOS	REFERENCIAL TEÓRICO (EXPLÍCITO)	AMOSTRA / DURAÇÃO	INSTRUMENTO DE ANÁLISE	RESULTADOS / CONCLUSÕES RELEVANTES
A CONCEPÇÃO DOS ALUNOS SOBRE A FÍSICA DO ENSINO MÉDIO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO	Elio C. Ricardo; Janaína C. A. Freire / Revista Brasileira de Ensino de Física, abr./jun./2007, n° 2, p. 251-265	Realizar um estudo exploratório a respeito das concepções dos alunos do ensino médio acerca da disciplina de física e elaborar um cenário de investigação para futuros professores de física.	—	Alunos do nível médio / Não preciso.	Entrevistas com alunos do nível médio; Registros feitos através de um questionário aberto.	<ul style="list-style-type: none"> • A forma como a física escolar é apresentada aos alunos não garante a aplicação de explicações científicas na compreensão de determinadas situações, mesmo as didáticas, prevalecendo às concepções espontâneas e/ou as representações sociais. • Ao que parece, a relação entre a física e a matemática não é clara entre aqueles que ensinam essas disciplinas na escola. Assim, não é de se estranhar a dificuldade dos alunos em diferenciar a física da matemática. Já foi dito que uma das causas pode ser a forma como os livros didáticos costumam apresentar à física, excessivamente presa a aplicação de fórmulas. • Admitir que boa parte dos problemas de aprendizagem da física se localiza no domínio da matemática reflete um posicionamento epistemológico ingênuo, acaba-se por atribuir a segunda a função de instrumento da primeira. Essa é uma visão parcial, pois há dificuldades de aprendizagem que são inerentes a física e podem ter origem, por exemplo, nas concepções espontâneas dos alunos.

Quadro 5: Concepções dos alunos em: Física; Ciências; Educação Ambiental.

TÍTULO	AUTOR(ES) / FONTE(S)	OBJETIVOS	REFERENCIAL TEÓRICO (EXPLÍCITO)	AMOSTRA	INSTRUMENTO DE ANÁLISE	RESULTADOS / CONCLUSÕES RELEVANTES
AQUECIMENTO GLOBAL NA CONCEPÇÃO DE ALUNOS DE UMA 8ª SÉRIE DO ENSINO FUNDAMENTAL	Mara Luciane Kovalski; Ana Tiyomi Obara / Periódico eletrônico: Fórum Ambiental da alta paulista – Volume 3 – 2007.	Investigar quais as concepções de alunos do ensino fundamental de uma escola pública, localizada no município de Maringá-PR, com relação ao fenômeno do aquecimento global.	—	Alunos do ensino fundamental de uma turma de 8ª série (escola pública).	Entrevista com alunos do ensino fundamental de uma turma de 8ª série; Registros feitos através de um Questionário.	<ul style="list-style-type: none"> Podemos observar neste trabalho é que os alunos possuem uma visão muito superficial do tema aquecimento global. O mesmo discurso catastrófico e alarmista que é veiculado pela mídia foi observado nas respostas dos alunos. Expressões como “É o fim do mundo” trazem implícito um sentimento de medo e impotência, diante do fenômeno. Identificar as concepções a respeito das questões socioambientais é de fundamental importância para o desenvolvimento da educação ambiental, na perspectiva de orientar e formar sujeitos que desenvolvam e se apropriem de atitudes críticas e participativas, frente à complexa realidade ambiental vigente. Discussões relativas a temas ambientais necessitam de mudanças das práticas pedagógicas tradicionais para que possam ser trabalhadas de maneira interdisciplinar pelo professor na escola, despertando no aluno interesse e motivação. Para que isso ocorra é necessário que o professor tenha uma boa formação. O aquecimento global e tantos outros problemas ambientais que hoje afligem a comunidade científica só vão ter realmente um significado para nossos alunos, quando a mídia, o ensino de ciências e a educação em geral conseguirem efetivamente superar as inúmeras lacunas e resistências que separam o conhecimento científico do cotidiano ambiental.

Quadro 6: Propostas Didáticas Metodológicas.

TÍTULO	AUTOR(ES) / FONTE(S)	OBJETIVOS	REFERENCIAL TEÓRICO (EXPLÍCITO)	AMOSTRA	INSTRUMENTO DE ANÁLISE	RESULTADOS / CONCLUSÕES RELEVANTES
CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA: UTILIZAÇÃO DA QUESTÃO AMBIENTAL	Fabrcio Mendes Damasceno; Carlos Eduardo Novo Gatts / Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física – Painel nº 100	Utilizar exemplos e problemas de cunho ambiental como objetos para promover, de forma direta ou subliminar, a assimilação de conceitos de Física.	—	Alunos do Ensino Médio do noturno de uma escola pública.	Entrevista com alunos do ensino médio; Registros feitos através de um questionário.	<ul style="list-style-type: none"> Foi possível transmitir conhecimentos básicos sobre Meio Ambiente e, contextualizar esses conceitos com a Física, conscientizando os estudantes quanto às suas responsabilidades com o Meio Ambiente e desmistificando a Física como algo a se temer ou algo impossível de se compreender. A partir do momento que os estudantes participam das aulas com suas críticas e sugestões, suas dúvidas ficam esclarecidas e o professor tem uma maior liberdade no que concerne aos conteúdos, não apenas transmitindo o conhecimento de fórmulas e questões de vestibulares, mas proporcionando a assimilação de conteúdos que estarão presentes no cotidiano dos estudantes.
O ENSINO DA MUDANÇA DE FASE: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR ENTRE A FÍSICA E O MEIO AMBIENTE	C. E. da Silva; A. J. Marques / Anais do XVI SNEF 2005	Apresentar a interdisciplinaridade entre a Física e o estudo do Meio Ambiente de maneira didática e objetiva, conforme diretrizes dos PCN e PCN +, enfatizando o Meio Ambiente como tema transversal no Ensino Fundamental e como disciplina curricular do Ensino Médio.	—	Conteúdos de Física e do estudo do Meio Ambiente.	Diretrizes dos PCN e PCN +	<ul style="list-style-type: none"> Discutimos que gás é a substância gasosa cuja temperatura se encontra acima de um nível térmico que é específico para cada substância, chamada temperatura crítica, e não pode passar ao estado líquido por meio de variação de pressão, o que caracteriza um processo irreversível. Vapor é a substância gasosa que se encontra abaixo da temperatura crítica e pode condensar-se por simples compressão, o que caracteriza um processo reversível. Diz respeito à conservação da energia no processo de mudança de fase que ocorre dentro do ciclo hidrológico e que na Física é visto como mudança de fase e calor latente de transformação, mas que de modo geral, é interpretado como uma simples mudança climática.

Quadro 7: Análise de Materiais Didáticos.

TÍTULO	AUTOR(ES) / FONTE(S)	OBJETIVOS	REFERENCIAL TEÓRICO (EXPLÍCITO)	AMOSTRA	INSTRUMENTO DE ANÁLISE	RESULTADOS / CONCLUSÕES RELEVANTES
A DISCUSSÃO DO EFEITO ESTUFA NOS LIVROS DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO E SUPERIOR	Cristina Neres da Silva / <i>13º Encontro Nacional de Química (ENEQ)</i>	Avaliar como os livros didáticos de Química atuais conceituam o mecanismo do efeito estufa e como este processo é ilustrado.	—	Cinco livros didáticos de Química e dois para-didáticos do ensino médio, dois artigos da <i>Química Nova na Escola</i> e quatro livros de Química do ensino superior.	Observações diretas sobre como os mecanismos do efeito estufa são abordados e como este processo é ilustrado.	<ul style="list-style-type: none"> Pela análise dos livros, observamos que o efeito estufa é discutido de forma superficial, simplificada e confusa. As explicações em geral levam a conclusões distorcidas e com frequência trazem erros conceituais. Os esquemas induzem os alunos a pensarem que o efeito estufa é um processo físico simples de reflexão, desconsiderando sua natureza físico-química.
MEIO AMBIENTE E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE CRÍTICA DOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DE ENSINO FUNDAMENTAL	Francisco José Pegado Abílio; Alberto José Tabosa Vila; Alexandrina Maria Suassuna de Andrade; Ana Karla Araújo Montenegro / I Semana Científica do Centro de Educação, 2005, João Pessoa. Semana Científica do Centro de Educação, 2005.	O objetivo principal do trabalho foi de avaliar de forma crítica como os temas e/ou conceitos sobre Meio Ambiente e Educação Ambiental são tratados nos Livros Didáticos de Ciências no nível Fundamental, não só referentes aos conteúdos, mas também com relação aos procedimentos metodológicos propostos e as atividades relacionadas à preservação e/ou conservação dos Recursos Naturais.	—	Vinte e quatro Livros Didáticos (LDs) de Ciências do Nível Fundamental	Critérios do PNLD (Programa Nacional do Livro Didático) (2004).	<ul style="list-style-type: none"> De uma maneira geral nos LDs de Ciências os temas sobre Meio Ambiente e Educação Ambiental são tratados de forma superficial. Verificou-se que 100% dos livros que apresentam Capítulos sobre Educação Ambiental e/ou sobre Meio Ambiente, apenas trazem conteúdos referente a Ciência Ecologia, trabalhando temas como: Biosfera, Ecossistemas, Populações, Adaptações dos seres vivos, Produtores Primários e Pirâmides Ecológicas.

Quadro 8: Análise de Materiais Didáticos.

TÍTULO	AUTOR(ES) / FONTE(S)	OBJETIVOS	REFERENCIAL TEÓRICO (EXPLÍCITO)	AMOSTRA	INSTRUMENTO DE ANÁLISE	RESULTADOS / CONCLUSÕES RELEVANTES
O CONTRIBUTO DOS MANUAIS DE FÍSICA PARA O ENRIQUECIMENTO CONCEPTUAL DOS ALUNOS	Paula Neves; Jorge António Valadares / Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências. Porto Alegre : ABRAPEC, Vol. 4, n.º 2 (maio/ago. 2004), 15 p.	Fomentar uma análise crítica construtiva sobre a forma de analisar as potencialidades didáticas dos manuais de Física.	—	Um capítulo dos três manuais de Física do 9º ano de escolaridade mais adotado em Portugal.	Quadros de análise compostos pelas seguintes áreas relevantes no ensino das ciências : História da Ciência; Concepções na aprendizagem; Formas de Comunicação e Linguagem na Educação Científica; Estrutura facilitadora da aprendizagem.	<ul style="list-style-type: none"> Para que um manual escolar cumpra, na sua plenitude, o seu papel, isto é, para que seja um instrumento capaz de contribuir para um enriquecimento global dos alunos que por ele estudam, é necessário ter em consideração diversos aspectos. Um destes aspectos tem a ver com o rigor científico. Este deve estar sem dúvida, presente na definição dos conceitos, princípios, leis e teorias. Por outro lado, as formas de comunicação utilizadas, deverão ser adequadas: os textos deverão ser claros e apropriados à faixa etária a que se destinam; a simbologia deverá também ser alvo de rigor por parte dos autores; e as imagens presentes no manual deverão estar em comunhão com o texto.
A ANÁLISE DO EFEITO ESTUFA EM TEXTOS PARADIDÁTICOS E PERIÓDICOS JORNALÍSTICOS	Maria Emília Rehder Xavier; Américo Sansigolo Kerr / Caderno Catarinense de Ensino de Física, Brasil, v. 21, n. 3, p. 325-349, 2004.	O objetivo do trabalho foi de avaliar o tratamento dado ao Efeito Estufa em revistas e jornais não científicos de grande circulação e em livros para-didáticos.	—	Revistas e jornais não científicos de grande circulação e livros para-didáticos.	Observações diretas sobre como os mecanismos do efeito estufa são abordados.	<ul style="list-style-type: none"> Foram discutidas falhas encontradas nesses textos e como elas podem afetar a formação dos conceitos sobre essa questão nos alunos e na população em geral. A grande maioria dos textos jornalísticos analisados apresentou um tratamento inadequado do Efeito Estufa e sua relação com mudanças climáticas globais. Os textos mostraram-se permeados por uma visão catastrofista, causada pela confusão entre o que é o efeito principal e o que são suas variações, carecendo de rigor científico no tratamento do assunto.

Quadro 9: Teoria da Aprendizagem Significativa e o Ensino de Ciências.

TÍTULO	AUTOR(ES) / FONTE(S)	OBJETIVOS	REFERENCIAL TEÓRICO (EXPLÍCITO)	AMOSTRA	INSTRUMENTO DE ANÁLISE	RESULTADOS / CONCLUSÕES RELEVANTES
COMO FACILITAR A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E RIGOROSA DA FÍSICA	Jorge Valadares / Conferências do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física	Pretende-se discutir porque tem havido tanto insucesso no ensino da Física e que fazer, em termos didáticos, para combater o mesmo.	—	Questionário	Respostas às discussões sobre questões mais específicas frente ao insucesso no ensino da Física.	<ul style="list-style-type: none"> Para facilitar a aprendizagem significativa e rigorosa da Física é necessário rigor científico por parte do professor e dos materiais que utiliza. Porém, a competência científica só por si não chega, até porque o aluno, o construtor ativo da sua aprendizagem, grande e último responsável por ela, possui pré-concepções que foram aprendidas significativamente e que constituirão um bloqueio à aprendizagem rigorosa se não for adotada uma teoria construtivista adequada como é a TAS, num ambiente construtivista de aprendizagem, com três alicerces fundamentais interatuantes entre si: o aluno e o papel que deve desempenhar, o professor e o papel que deve desempenhar e as interações sociais que devem ser privilegiadas.
DESENVOLVIMENTO DE UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE HIDROSTÁTICA VOLTADA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	Alice Scherer da Costa / VII Encontro sobre investigação na escola., 2007, Porto Alegre.	Analisar o desenvolvimento de uma proposta de exploração na unidade de Hidrostática integrada com a vivência trazida pelos estudantes, com o questionamento da teoria (observação/reflexão) interligada com a prática (ação), como forma de construção do conhecimento significativo.	Conhecimentos Prévios e Aprendizagem Significativa.	Estudantes do Ensino Médio provenientes de uma escola estadual da zona rural.	Uso de experimentos que contribuem para discutir as dúvidas dos alunos.	<ul style="list-style-type: none"> O professor foi um elemento moderador e facilitador no processo ensino-aprendizagem. Ele teve um papel reflexivo, buscando nos alunos os conhecimentos prévios e os problemas que os motivaram para a observação, reflexão e ação. Os alunos passaram a expor suas idéias de modo mais claro e objetivo, com o uso de alguns termos científicos, o que mostrou uma melhoria na linguagem oral e escrita. Os conceitos de Hidrostática foram incorporados como ferramentas para a tomada de decisões e a ação na comunidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

Como instrumento de análise dos livros, utilizou-se um procedimento fundamentado em Neves et. al., (2004), adaptado para os objetivos deste trabalho. Uma nova dimensão foi acrescentada: “Abordagem do Efeito Estufa” cujos parâmetros de análise foram as “Imagens” e a “Linguagem Verbal Escrita”. A composição dos itens ficou assim apresentada:

1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.
2. No livro o tema é abordado superficialmente.
3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.
4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.
5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.
6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Os “Quadros de Análise” apresentados a seguir, contemplam dimensões de análise importantes dos livros didáticos e foram estruturados de maneira a contemplar tanto o significado lógico quanto o psicológico. O conteúdo de Física nos livros didáticos do ensino médio é, quase por definição, logicamente significativo. Raramente se observa a ausência de significado lógico e quando ocorre, é observado, com frequência, nas listas de exercícios propostos aos alunos como tarefa onde a

seqüência estruturada que contemplaria o desenvolvimento dos conceitos de forma compreensível não é observada.

Embora os autores dos referidos “Quadros” não tenham especificado de que natureza estes itens se enquadram, até mesmo porque não há um consenso quanto à natureza (significado) das características presentes nos materiais didáticos, haja vista que o significado psicológico é de natureza inteiramente idiossincrática. Portanto, à nossa maneira de ver, sentir, reagir diante do material analisado somado a experiência em sala de aula adquirida ao longo de pouco mais de vinte anos, julgamos o significado dos itens nos quadros da seguinte maneira:

O “Quadro 10” possui a dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO”;

Quadro 10: Significados dos itens da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO”.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO				
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTENS	SIGNIFICADO	
			LÓGICO	PSICOLÓGICO
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.	X	X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.	X	X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.	X	X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.	X	X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.	X	
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo é assinalado no texto.	X	

A **norma internacional ISO 31** (quantidades e unidades, International Organization for Standardization, 1992) é o guia de estilo mais respeitado em todo o mundo para a utilização de unidades de medida e fórmulas envolvendo estas, em documentos científicos e educacionais.

Na maioria dos países, as notações utilizadas em livros escolares de matemática e ciências seguem precisamente as orientações fornecidas pela ISO 31.

A **simbologia é rigorosa** quando obedece à norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas devem estar escritos em itálico.

O “Quadro 11” possui a dimensão “ESTRUTURA”;

Quadro 11: Significados dos itens da dimensão “ESTRUTURA”.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEMS	SIGNIFICADO		
			LÓGICO	PSICOLÓGICO	
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.	X		
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.	X		
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.	X		
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.	X		
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.	X		
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.	X		
		Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.	X	
			8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.	X	
	Organizadores		9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.	X	
			10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.	X	

O “Quadro 12” possui a dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM”;

Quadro 12: Significados dos itens da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM”

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM				
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEMS	SIGNIFICADO	
			LÓGICO	PSICOLÓGICO
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.		X
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.		X
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.		X
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.	X	

O “Quadro 13” possui a dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA”;

Quadro 13: Significados dos itens da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA”.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA				
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEMS	SIGNIFICADO	
			LÓGICO	PSICOLÓGICO
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.	X	
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.	X	
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.	X	
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.	X	
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.	X	

O “Quadro 14” a “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA”.

Quadro 14: Significados dos itens da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA”.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA				
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEMS	SIGNIFICADO	
			LÓGICO	PSICOLÓGICO
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.	X	X
	Linguagem Verbal Escrita	2. No livro o tema é abordado superficialmente.	X	
		3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.	X	
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.	X	
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.	X	
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.	X	

Na seção 4.15 deste trabalho, apresentamos uma sugestão de como o “Efeito Estufa” pode e deve ser trabalhado no ensino médio.

Ao analisar os livros de Física do ensino médio, utilizando os referidos “Quadros de análise”, procurou-se identificar os itens de cada quadro ao longo de todo livro didático e qualificando cada item de cada quadro em “Não/Nunca”; “Um pouco/Raras vezes”; “Muitas vezes/Sempre”, de forma a evidenciar como estes itens são observados nos livros de Física.

Assim, um livro que apresentasse, na sua maior parte ou em seu todo, significados lógicos e, principalmente, psicológicos, foi classificado como “potencialmente significativo”. O livro em que foi observado o significado lógico na sua maior parte e não se observou o significado psicológico, foi classificado como “não potencialmente significativo”.

Na seção 4.1 do capítulo 4, apresentamos os resultados da análise dos livros mostrando as ponderações feitas para a classificação dos livros em “potencialmente

significativo” ou “não potencialmente significativo” de acordo com a qualificação de cada item de cada quadro em “Não/Nunca”; “Um pouco/Raras vezes”; “Muitas vezes/Sempre”.

3.2 ELABORAÇÃO DE UM TEXTO ALTERNATIVO SOBRE O TEMA “EFEITO ESTUFA” – UMA SUGESTÃO PARA UMA POSSÍVEL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.

O aquecimento global, cuja principal causa é o agravamento do efeito estufa, tem sido muito divulgado e discutido. Por isso, este tema vem sendo cada vez mais abordado nos livros didáticos. Em especial, os livros de Física do ensino médio reservam normalmente um espaço muito pequeno para a discussão deste tema. Por esta razão, os livros optam por simplificar o mecanismo do “Efeito Estufa” gerando uma série de conceitos alternativos com ilustrações tendenciosas.

Apesar de sua importância e do interesse geral por parte de professores e alunos do ensino médio, os modelos apresentados para a discussão do tema são superficiais, distorcidos e em alguns casos equivocados.

A principal dificuldade em explicar o efeito estufa com bases mais científicas seja a necessidade de se entender como a radiação eletromagnética interage com a matéria e se transforma através de processos de absorção e emissão. O efeito estufa envolve processos de absorção e emissão das diferentes formas de radiação eletromagnética, onde uma radiação mais energética pode ser absorvida por um corpo e ser transformada em outro tipo de radiação, com energia mais baixa. Pela falta de um modelo adequado que expliquem estes processos, muitos livros didáticos acabam por simplificar o assunto, dando origem a um processo de memorização e repetição.

Os modelos utilizados são falhos e não discutem os processos envolvidos no “Efeito Estufa”. Um tema como esse que pode afetar profundamente a vida do ser humano e a habitabilidade do nosso planeta deveria ser tratado dentro dos bons padrões da divulgação científica.

Existem alguns pontos importantes que não são abordados nos livros e que podemos questioná-los:

- Como a radiação do Sol, principalmente na região do ultravioleta e visível, é absorvida pelos corpos e substâncias na Terra?
- Como a radiação infravermelha é produzida. Ocorre absorção da radiação ultravioleta e visível, mas é emitida para a atmosfera apenas radiação infravermelha. Como isso acontece?
- As radiações ultravioleta, visível e infravermelha – como elas são transformadas em energia térmica?

Assim, para que possamos propor uma abordagem sobre como o tema “Efeito Estufa” pode e deve ser trabalhado no ensino médio, elencamos a seguir alguns conceitos básicos e introdutórios que os alunos devem ter ancorados em sua estrutura cognitiva ou seja, quais os subsunçores necessários. Subsunçores estes que podem ser adquiridos parte deles no ensino fundamental II no 8º e 9º anos e outros nas séries iniciais do ensino médio. Desta forma, sugerimos que o tema “Efeito Estufa”, na forma e profundidade que vamos propor logo a seguir, seja trabalhado na 2ª ou 3ª série do ensino médio.

- a) Conhecer a estrutura básica e simplificada do átomo;
- b) Saber conceituar, definir e diferenciar fisicamente temperatura e calor. Para isto, os conceitos básicos que antecedem a este saber devem estar estruturados na seguinte seqüência lógica:
 - Teoria do calor como substância – descrição histórica
 - Teoria cinético-molecular da matéria – descrição básica e simplificada
 - Conceito físico e a definição de temperatura
 - Conceitos de energia interna e de equilíbrio térmico – descrição básica e simplificada
 - Conceito físico e a definição de calor
- c) Ter conhecimento de como a energia, na forma de calor, pode ser transferida;
- d) Saber identificar os componentes físicos ou variáveis de uma onda – descrição física de uma onda;
- e) Conhecer os tipos de radiações eletromagnéticas, como ocorre a sua interação com as partículas dos corpos ou substâncias e a sua conseqüente transformação em energia térmica (radiação infravermelha).

No intuito de apresentar o tema “Efeito Estufa” e os processos que nele ocorrem com maior profundidade, incluímos alguns conceitos importantes que não são discutidos nas escolas de ensino médio ou, porque não constam no programa habitual dos livros didáticos de Física ou ainda, porque parte destes conceitos importantes são citados em outras disciplinas como geografia e química muito embora muitos deles se referem a fenômenos de natureza física.

Assim, fizemos alguns quadros chamados “APRENDENDO UM POUCO MAIS” e “DETALHANDO UM POUCO MAIS” em que citamos os conceitos e esquemas gráficos necessários para que o aluno possa entender o “Efeito Estufa” e os processos que dele fazem parte.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os livros de Física selecionados foram tratados separadamente mesmo que em alguns casos houvesse falhas semelhantes entre eles como será apresentado na análise a seguir. Foram analisados 14 livros de Física utilizados como referência principal ou como material de apoio pelos professores das escolas do ensino médio.

Para Ausubel, o caráter lógico e psicológico do material didático / instrucional é uma condição importante para promover a aprendizagem significativa. É na interação professor-aluno-material que trocas de significados acerca de um corpo de conhecimento ocorrem resultando, provavelmente, em construção de conhecimento. Ao analisar os livros didáticos quanto a uma possível aprendizagem significativa frente aos problemas ambientais mais emergentes como o “Efeito Estufa”, procurou-se identificar o “significado lógico” e “psicológico” como características da potencialidade dos materiais didáticos frente à aprendizagem significativa, ou seja, os conteúdos devem estar organizados de tal maneira que permitam o desenvolvimento dos conceitos de modo “não arbitrário” e “não literal”, sendo passível de serem aprendidos de modo compreensível (significado lógico) e, o aluno deverá dispor de subsunçores adequados para poder transformar o significado lógico do material a aprender em significado psicológico, ou seja, deve relacionar de maneira “substantiva” e “não arbitrária” o conteúdo a ser aprendido à sua estrutura cognitiva. Dessa maneira, o significado psicológico é uma experiência inteiramente idiossincrática, quero dizer, é a maneira de ver, sentir, reagir, própria de cada pessoa diante do material que lhe é apresentado.

Contudo, nos livros didáticos em especial, nota-se algumas características que se apresentam como uma crescente tentativa editorial para estimular a leitura dos conteúdos científicos. Nesta tentativa motivacional, parece estar mais relacionada com o sentido psicológico do que com o sentido lógico do material.

Na análise de um material didático, o significado psicológico pode ser caracterizado por:

- ✓ Um pequeno texto, uma frase ou um questionamento motivacional, ou seja, uma afirmação ou mesmo uma pergunta que chame a atenção do aluno, pois, o mesmo, ao lê-los, consegue de forma substantiva, não arbitrária e não

literal, relacioná-la à sua estrutura cognitiva ou ainda, consegue buscar subsunçores necessários para a sua compreensão ou a uma emissão de juízo de valor a respeito. Assim, estes subsunçores podem ser reformulados e a nova informação passa a fazer parte de sua estrutura cognitiva.

- ✓ Uma imagem ou uma figura caricata (charges) fortemente relacionada ao tema a ser estudado, uma atividade de pesquisa ou de cunho experimental onde, da mesma forma dita anteriormente, remeta o aluno aos seus conhecimentos prévios de forma que, ao retomá-los, possa relacioná-los ao novo conhecimento alterando ou acrescentando significados a sua estrutura cognitiva.

4.1 LIVRO 1: Física – Ciência e Tecnologia – Volume 2.

PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. M. A., **Física – Ciência e Tecnologia – Volume 2.** – 1ª Edição – São Paulo, 2005 – Reimpresso em 2008



Figura 34: Livro 1 - Física – Ciência e Tecnologia – Volume 2.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 15).

Neste aspecto o material revelou-se coerente em relação às imagens e o texto. As imagens são “chamativas” e quase sempre estão relacionadas a um fato do cotidiano do aluno. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em quase todo volume, se mostra rigorosa obedecendo à norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas devem estar escritos em itálico.

A **norma internacional ISO 31** (quantidades e unidades, International Organization for Standardization, 1992) é o guia de estilo mais respeitado em todo o mundo para a utilização de unidades de medida e fórmulas envolvendo estas, em documentos científicos e educacionais. Na maioria dos países, as notações utilizadas em livros escolares de matemática e ciências seguem precisamente as orientações fornecidas pela ISO 31.

Portanto, nesta análise, verifica-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 15: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 1.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.			X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.			X
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.			X

** Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 16).

Nesta dimensão, o livro se mostra, em parte, logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar um índice remissivo, um glossário e uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.

Embora estes itens não tenham sido observados nesta obra, a sua ausência não descaracteriza totalmente o significado lógico da mesma, porém, em contrapartida, tornaria a obra com maior facilidade de acesso aos termos mais específicos e permitiria, ao aluno, uma revisão dos principais conceitos abordados na unidade temática.

Outro fato observado é que os autores poderiam explorar mais e melhor o item que diz respeito à revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem. Este item poderia favorecer ao aluno, a retomada de subsunções que estivessem inicialmente separados na estrutura cognitiva hierarquizando-os e relacionando-os ao novo conhecimento.

Quadro 16: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 1.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.	X		
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.	X		
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.			X
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.	X		
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.			X
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.			X
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.		X	

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM (Quadro 17).

Raramente o livro faz referência às concepções alternativas dos alunos embora, através de figuras, atividades de pesquisa e exemplos relacionáveis ao seu dia-a-dia, leve em conta as suas idéias sobre os fenômenos cotidianos.

Estas atividades de pesquisa juntamente com as poucas atividades experimentais propostas, podem propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso. Há a necessidade de uma melhor adequação implementando-as ou reelaborando-as para que estas atividades se configurem, realmente, como estratégias para ultrapassar as concepções alternativas.

De forma sistemática, quase todos os livros, incluindo este, apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual. O conceito de “calor” é aquele que mais se apresenta de forma contraditória.

É apresentado, ainda que superficialmente, o desenvolvimento histórico do conceito de calor apresentando a teoria do calor como substância (o “calórico”), chega-se a conclusão de que o calor não é algo que um corpo ou substância tenha ou deixe de ter, afirmam que as expressões “Estou com calor”; “Estou com frio”; “O calor de um corpo” ou ainda, “O calor é a energia que uma substância recebe” são fisicamente incorretas mas, quando definem calor, cometem erros conceituais ou usam frases que ainda carregam historicamente a idéia do calórico. Por exemplo, neste livro a definição é dada por: “*Calor é a energia que se transfere entre corpos a diferentes temperaturas*”.

Aparentemente esta definição parece estar correta, porém, calor não é a energia em si, mas sim, o processo que descreve como a energia se transfere. Nesta definição percebe-se que está implícita a idéia do calórico, pois se calor fosse a energia, esta pode ser armazenada então, calor pode ser armazenado, ou seja, algo que um corpo pode conter.

Calor, portanto, é o nome que se dá a um dos tipos (processos) de transferência de energia (A definição mais detalhada será dada a seguir.). De acordo com a “**ISO 31 – 4**” (quantidades e unidades, International Organization for Standardization, 1992) que trata do conceito e a definição de “Calor” e vários

trabalhos publicados, destacando: “**Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de Calor na sala de aula**” de Osmar Henrique Moura da Silva, e Carlos Eduardo Laburú; afirmam que...

... “*O calor é a forma de inserir energia térmica entre dois corpos que se vale da diferença de temperaturas existente entre eles. Não é correto afirmar que um corpo tem mais calor que outro; o calor é uma forma de transferir energia de um sistema para outro, sem transporte de massa, e que não corresponde à execução de um trabalho mecânico sendo que, esta transmissão de energia, se dá exclusivamente em função da diferença de temperatura entre os dois sistemas. Todo corpo tem uma certa quantidade de energia interna que está relacionada ao movimento contínuo de seus átomos ou moléculas e às forças interativas entre essas partículas. Os sólidos, líquidos ou gases apresentam constante movimento (vibrações) em suas partículas. A soma dessas vibrações de um corpo constitui a energia térmica do mesmo. Esta energia interna é diretamente proporcional à temperatura do objeto. Quando dois ou mais corpos ou fluidos em diferentes temperaturas entram em interação (por contato, ou radiação), eles trocam energia térmica até a temperatura ser equalizada. Portanto, o processo em que a quantidade de energia térmica que se transfere enquanto houver diferença de temperatura entre os sistemas, é chamado de “calor”.*

Vale, nesta reflexão, o comentário de Young e Freedman (2006, p. 113):

“*Na Física, o termo calor sempre se refere a uma transferência de energia de um corpo ou sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura existente entre eles, nunca indica a quantidade de energia contida em um sistema particular.*”

Portanto, nesta análise, verifica-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens mesmo que ainda: apresente erros e omissões, igual àquele descrito anteriormente; não apresente, satisfatoriamente, as referências às concepções alternativas dos alunos, pois, esta última, pode e deve ser uma tarefa do professor: “Investigar as concepções alternativas dos alunos e fazer referências a elas em seu plano de ensino na medida em que o mesmo acontece”.

Quadro 17: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 1.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.		X	
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.		X	
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.			X
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 18)

Nesta dimensão, o livro se mostra logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes ao longo dos temas abordados.

Outro fato é que, raramente e de forma não muito evidenciada, o livro faz referência ao papel da comunidade científica e que, quando apresenta a evolução histórica dos conceitos realçando as concepções erradas, o livro o faz apenas para os conceitos de temperatura e calor.

Embora estes itens não tenham sido observados nesta obra de forma adequada, este fato não descaracteriza totalmente o significado lógico da mesma. O professor pode, para suprir esta deficiência, propor atividades de pesquisa, sugerir alguns filmes cuja realidade ilustre o momento histórico que os cientistas produziram as suas teorias e promover uma discussão entre os alunos fazendo um vínculo entre o filme, o(s) cientista(s) e sua obra científica.

Quadro 18: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 1.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.			X
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.		X	
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.		X	
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.	X		
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.		X	

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro 19).

Nesta dimensão, o livro não se mostrou potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado superficialmente e de forma incompleta; não há figuras ou esquemas que ilustram este fenômeno; há uma breve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Quadro 19: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 1.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.	X		
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.			X
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.	X		
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.	X		
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.	X		
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.		X	

Resultado quanto à potencialidade à aprendizagem significativa:

O livro, por possuir significado lógico e psicológico na maioria dos “quadros de análise”, é **potencialmente significativo**.

4.2 LIVRO 2: As Faces da Física – Volume Único

CARRON, W.; GUIMARÃES, O.; **As Faces da Física – Volume Único**. Editora Moderna – 2ª Edição – São Paulo, 2002.

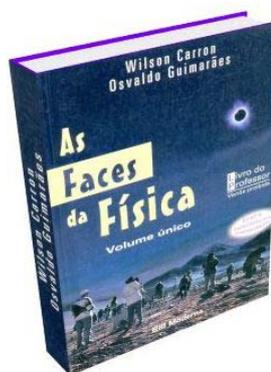


Figura 35: Livro 2 - As Faces da Física – Volume Único.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 20).

Neste aspecto o material revelou-se, em grande parte, coerente em relação às imagens e o texto. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em quase todo volume, se mostra rigorosa obedecendo à norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas devem estar escritos em itálico.

Portanto, nesta análise, observou-se o significado lógico nos seus respectivos itens.

Quadro 20: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 2.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.			X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.			X
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.			X

** Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 21)

Nesta dimensão, o livro é, em parte, logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar um índice remissivo, um glossário e uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática. Embora estes itens não tenham sido observados nesta obra, a sua ausência não descaracteriza totalmente o significado lógico da mesma, porém, em contrapartida, tornaria a obra com maior facilidade de acesso aos termos mais específicos e permitiria, ao aluno, uma revisão dos principais conceitos abordados na unidade temática. Outro fato observado é que os autores poderiam explorar mais e melhor o item que diz respeito à revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem. Este item poderia favorecer ao aluno, a retomada de subsunções que estivessem inicialmente separados na estrutura cognitiva hierarquizando-os e relacionando-os ao novo conhecimento.

Quadro 21: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 2.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.	X		
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.	X		
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.			X
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.	X		
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.			X
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.			X
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.	X		

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM (Quadro 22).

O livro não faz referência às concepções alternativas dos alunos e raramente, através de figuras e exemplos relacionáveis ao seu dia-a-dia, leva em conta as suas idéias sobre os fenômenos cotidianos.

Poderia propor e explorar atividades de pesquisa e atividades experimentais que pudessem ajudar os alunos a ultrapassar as concepções alternativas. Estas atividades de pesquisa juntamente com as atividades experimentais, podem propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso.

De forma sistemática, quase todos os livros, incluindo este, apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual. O conceito de “calor” é aquele que mais se apresenta de forma contraditória. Não é apresentado o desenvolvimento histórico do conceito de calor e quando definem calor, cometem erros conceituais ou usam frases que ainda carregam historicamente a idéia do calórico.

Por exemplo, neste livro a definição é dada por: *“Quando dois corpos com temperaturas diferentes são colocados em contato, a energia térmica transfere-se espontaneamente do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Essa energia térmica em trânsito, provocada por uma diferença de temperatura, é denominada calor.*

Mais uma vez, aparentemente, esta definição parece estar correta, porém, calor não é a energia em si, mas sim, o processo em que se dá a transferência da energia. Nesta definição, também se percebe que está implícita a idéia do calórico (Uma explicação mais detalhada foi apresentada anteriormente).

Portanto, nesta análise, verifica-se o significado lógico mas, o significado psicológico é raramente observado nos seus respectivos itens.

Quadro 22: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 2.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.		X	
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.	X		
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.	X		
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 23).

Nesta dimensão, o livro se mostra logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes ao longo dos temas abordados.

Outro fato é que, raramente e de forma não muito evidenciada, o livro faz referência ao papel da comunidade científica e que, quando apresenta a evolução histórica dos conceitos, o livro o faz apenas no final de cada unidade temática através de um texto chamado “leitura complementar” não realçando as concepções erradas.

Embora estes itens não tenham sido observados nesta obra de forma adequada, este fato não descaracteriza totalmente o significado lógico da mesma.

Quadro 23: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 2.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.		X	
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.		X	
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.			X
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.	X		
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.		X	

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro 24)

Nesta dimensão, o livro se mostrou não potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado superficialmente e de forma incompleta; a figura que ilustra este fenômeno não é adequada; há apenas uma citação quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Quadro 24: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 2.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.	X		
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.			X
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.	X		
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.	X		
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.	X		
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.	X		

Resultado quanto a potencialidade à aprendizagem significativa:

Embora o livro possua significado lógico, deixa muito a desejar quanto ao significado psicológico carecendo de figuras e esquemas que possam chamar a atenção do aluno para o tema que se pretende ensinar e de atividades experimentais e de pesquisa que o leve a reformular as suas concepções alternativas. Concluímos que este material **não é potencialmente significativo**.

4.3 LIVRO 3: Curso de Física – Volume 2

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.; **Curso de Física – Volume 2**. Editora Scipione – 6ª Edição – São Paulo, 2005 – 2ª Impressão, 2007.



Figura 36: Livro 3 - Curso de Física – Volume 2.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 25).

Neste aspecto o material revelou-se coerente em relação às imagens e o texto. As imagens são “chamativas”, com forte apelo ao tema e sempre estão relacionadas a um fato do cotidiano do aluno. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em todo volume, se mostra rigorosa obedecendo à norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas devem estar escritos em itálico. A **norma internacional ISO 31** (quantidades e unidades, International Organization for Standardization, 1992) é o guia de estilo mais respeitado em todo o mundo para a utilização de unidades de medida e fórmulas envolvendo estas, em documentos científicos e educacionais. Na maioria dos países, as notações utilizadas

em livros escolares de matemática e ciências seguem precisamente as orientações fornecidas pela ISO 31.

Portanto, nesta análise, observou-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 25: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 3.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.			X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.			X
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.			X

** Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 26).

Nesta dimensão, o livro é logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar um índice remissivo e um glossário. Embora estes itens não tenham sido observados nesta obra, a sua ausência não descaracteriza totalmente o significado lógico da mesma, porém, em contrapartida, tornaria a obra com maior facilidade de acesso aos termos mais específicos.

Quadro 26: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 3.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.	X		
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.	X		
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.			X
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.			X
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.			X
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.			X
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.			X

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM (Quadro 27)

O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos através de figuras, atividades de pesquisa e exemplos relacionáveis ao seu “dia-a-dia”, leva em conta as idéias que os alunos têm sobre os fenômenos cotidianos.

Estas atividades de pesquisa juntamente com as atividades experimentais propostas, são muito bem exploradas nesta obra e podem propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso.

De forma sistemática, quase todos os livros, incluindo este, apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual. O conceito de “calor” é aquele que mais se apresenta de forma contraditória. Também é apresentado o desenvolvimento histórico do conceito de calor apresentando a teoria do calor como substância (o “calórico”), chega-se a conclusão de que o calor não é algo que um corpo ou substância tenha ou deixe de ter, afirmam que as expressões “Estou com calor”; “Estou com frio”; “O calor de um corpo” ou ainda, “O calor é a energia que uma substância recebe” são fisicamente incorretas mas, quando definem calor, cometem erros conceituais ou usam frases que ainda carregam historicamente a idéia do calórico. Por exemplo, neste livro a definição é dada por: “*Calor é a energia transferida de um corpo para outro em virtude, unicamente, de uma diferença de temperatura entre eles*”. Aparentemente esta definição parece estar correta, porém e a rigor, calor não é a energia em si, mas sim, o processo de transferência em que ela ocorre. Nesta definição, também se percebe que está implícita a idéia do calórico (A definição mais detalhada foi apresentada anteriormente).

Portanto, nesta análise, verifica-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens mesmo que ainda apresente erros como àquele descrito acima.

Quadro 27: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 3.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.			X
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.			X
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.			X
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 28).

Nesta dimensão, o livro é logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar de forma evidenciada, a referência ao papel da comunidade científica.

Quadro 28: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 3.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.			X
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.			X
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.			X
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.			X
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.		X	

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro29).

Nesta dimensão, o livro não é potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado superficialmente e de forma incompleta; não há figuras ou esquemas que ilustrem este fenômeno.

Quadro 29: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 3.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.	X		
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.			X
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.			X
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.	X		
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.		X	
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.	X		

Resultado quanto a potencialidade à aprendizagem significativa:

O livro, por possuir significado lógico e psicológico em quase todos os “quadros de análise”, é **potencialmente significativo**.

4.4 LIVRO 4: Física – Termologia, Óptica e Ondas – Volume 2

PARANÁ, D. N. S.; **Física – Termologia, Óptica e Ondas – Volume 2**. Editora Ática – 7ª Edição – São Paulo, 1999.

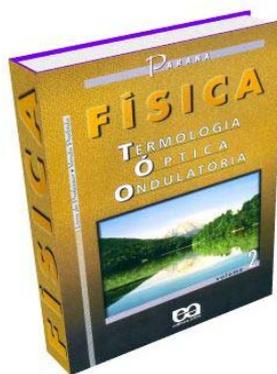


Figura 37: Livro 4 - Física – Termologia, Óptica e Ondas – Volume 2

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 30).

Neste aspecto o material revelou-se coerente em relação às imagens e o texto. As imagens são “chamativas” e sempre estão relacionadas a um fato do cotidiano do aluno. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em todo volume, é rigorosa obedecendo à norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas devem estar escritos em itálico. A **norma internacional ISO 31** (quantidades e unidades, International Organization for Standardization, 1992) é o guia de estilo mais respeitado em todo o mundo para a utilização de unidades de medida e fórmulas envolvendo estas, em documentos científicos e educacionais. Na maioria dos países, as notações utilizadas em livros escolares de matemática e ciências seguem precisamente as orientações fornecidas pela ISO 31.

Portanto, nesta análise, observou-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 30: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 4.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.			X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.			X
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.			X

** Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 31)

Nesta dimensão, o livro é logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar um índice remissivo. Embora este item não tenha sido observado nesta obra, a sua ausência não descaracteriza o significado lógico da mesma, porém, em contrapartida, tornaria a obra com maior facilidade de acesso aos termos mais específicos.

Quadro 31: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 4.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.	X		
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.			X
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.			X
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.		X	
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.			X
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.	X		
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.			X

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM (Quadro 32).

O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos através de figuras, atividades de pesquisa e exemplos relacionáveis ao seu “dia-a-dia”, leva em conta as idéias que os alunos têm sobre os fenômenos cotidianos.

Estas atividades de pesquisa juntamente com as atividades experimentais propostas, são bem exploradas nesta obra e podem propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso.

De forma sistemática, quase todos os livros, incluindo este, apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual. O conceito de “calor” é aquele que mais se apresenta de forma contraditória.

É apresentado o desenvolvimento histórico do conceito de calor apresentando a teoria do calor como substância (o “calórico”) e quando definem calor, cometem erros conceituais ou usam frases que ainda carregam historicamente a idéia do calórico. Por exemplo, neste livro a definição é dada por: “*Calor é a energia transferida de um corpo para outro em consequência da diferença de temperatura entre eles*”.

Aparentemente esta definição parece estar correta, porém e a rigor, calor não é a energia em si, mas sim, o processo em que essa transferência de energia se dá. Nesta definição, também se percebe que está implícita a idéia do calórico (A definição mais detalhada foi apresentada anteriormente).

Portanto, nesta análise, observou-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens mesmo que ainda apresente erros como àquele descrito acima.

Quadro 32: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 4.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.			X
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.			X
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.			X
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 33)

Nesta dimensão, o livro se mostra logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar, de forma evidenciada, a referência ao papel da comunidade científica.

Quadro 33: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 4.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.			X
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.		X	
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.			X
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.	X		
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.		X	

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro 34).

Nesta dimensão, o livro não se mostrou potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado superficialmente e de forma incompleta; não há figuras ou esquemas que ilustram este fenômeno.

Quadro 34: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 4.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.	X		
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.			X
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.			X
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.		X	
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.	X		
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.		X	

Resultado quanto a potencialidade à aprendizagem significativa:

O livro, por possuir significado lógico e psicológico na maioria dos “quadros de análise”, é **potencialmente significativo**.

4.5 LIVRO 5: Física Básica – Volume Único

FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; **Física Básica – Volume Único**. Editora Atual – 2ª Edição – São Paulo, 2004.

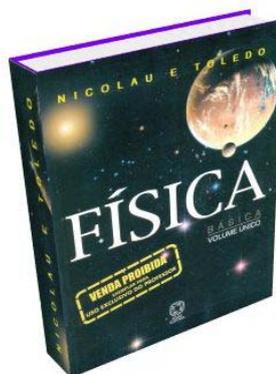


Figura 38: Livro 5 - Física Básica – Volume Único

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 35)

Neste aspecto o material é, em grande parte, coerente em relação às imagens e o texto. As imagens são “chamativas” e quase sempre estão relacionadas a um fato do cotidiano do aluno. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em quase todo volume, não é rigorosa, ou seja, não segue a norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas deveriam estar escritos em itálico.

Portanto, nesta análise, observou-se, em grande parte, o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 35: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 5.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.		X	
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.			X
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.	X		

** Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 36).

Nesta dimensão, o livro não se mostra estruturado adequadamente para uma possível aprendizagem significativa. O fato de não apresentar um índice remissivo, um glossário, uma bibliografia, uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática, os objetivos que o aluno deverá atingir além de, raramente, fazer uma revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem, concluímos, nesta análise, que este material não é logicamente significativo.

Quadro 36: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 5.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.	X		
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.	X		
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.	X		
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.	X		
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.		X	
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.	X		
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.			X

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM(Quadro 37).

O livro não faz referência às concepções alternativas dos alunos e raramente, através de figuras e exemplos relacionáveis ao seu dia-a-dia, leva em conta as suas idéias sobre os fenômenos cotidianos.

Poderia propor e explorar atividades de pesquisa e atividades experimentais que pudessem ajudar os alunos a ultrapassar as concepções alternativas. Estas atividades de pesquisa juntamente com as atividades experimentais, podem propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso.

De forma sistemática, quase todos os livros, incluindo este, apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual. O conceito de “calor” é aquele que mais se apresenta de forma contraditória.

Não é apresentado o desenvolvimento histórico do conceito de calor e quando definem calor, cometem erros conceituais ou usam frases que ainda carregam historicamente a idéia do calórico. Por exemplo, neste livro a definição é dada por: *“Calor é uma forma de energia em trânsito, determinada pela diferença de temperatura entre dois sistemas”*.

Mais uma vez, aparentemente, esta definição parece estar correta, porém, a rigor, calor não é uma forma de energia. Nesta definição percebe-se que está implícita a idéia do calórico (A definição mais detalhada foi apresentada anteriormente).

Portanto, nesta análise, observou-se, em grande parte, o significado lógico mas, o significado psicológico é raramente observado nos seus respectivos itens.

Quadro 37: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 5.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.		X	
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.	X		
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.	X		
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 38).

Nesta dimensão, o livro não é logicamente significativo, pois, não apresenta leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes ao longo dos temas abordados embora cite os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos, não faz referência ao papel da comunidade científica e raramente aborda a evolução histórica dos conceitos e quando o faz, as concepções errôneas não são mencionadas.

Embora estes itens não tenham sido observados nesta obra de forma adequada, o professor pode, para suprir esta deficiência, propor atividades de pesquisa, sugerir alguns filmes cuja realidade ilustre o momento histórico que os cientistas produziram as suas teorias e promover uma discussão entre os alunos fazendo um vínculo entre o filme, o(s) cientista(s) e sua obra científica.

Quadro 38: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 5.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.		X	
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.		X	
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.			X
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.	X		
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.	X		

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro 39).

Nesta dimensão, o livro não é potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado superficialmente e de forma incompleta; não há figuras que ilustrem este fenômeno; não há citação quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Quadro 39: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 5.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.	X		
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.			X
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.		X	
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.	X		
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.	X		
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.	X		

Resultado quanto a potencialidade à aprendizagem significativa:

Embora o livro possua algum significado lógico, deixa muito a desejar quanto ao significado psicológico carecendo de atividades experimentais e de pesquisa que leve o aluno a reformular as suas concepções alternativas. Concluímos que este material **não é potencialmente significativo**.

4.6 LIVRO 6: Física Conceitual – Volume Único

HEWITT, P. G.; **Física Conceitual – Volume Único**. Editora Bookman – 9ª Edição – Porto Alegre, 2002.



Figura 39: Livro 6 - Física Conceitual – Volume Único

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 40).

Neste aspecto o material é coerente em relação às imagens e o texto.

As imagens são “chamativas”, com forte apelo ao tema e sempre estão relacionadas a um fato do cotidiano do aluno. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em todo volume, é rigorosa obedecendo à norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas devem estar escritos em itálico. A **norma internacional ISO 31** (quantidades e unidades, International Organization for Standardization, 1992) é o guia de estilo mais respeitado em todo o mundo para a utilização de unidades de medida e fórmulas envolvendo estas, em documentos científicos e educacionais. Na maioria dos países, as notações utilizadas

em livros escolares de matemática e ciências seguem precisamente as orientações fornecidas pela ISO 31.

Portanto, nesta análise, observou-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 40: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 6.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.			X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.			X
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.			X

** Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 41).

Nesta dimensão, o livro se mostra logicamente significativo observando positivamente todos os itens do quadro.

Quadro 41: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” – LIVRO 6.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.			X
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.			X
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.			X
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.			X
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.			X
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.			X
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.			X

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM (Quadro 42).

O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos através de figuras, atividades de pesquisa e exemplos relacionáveis ao seu “dia-a-dia”, leva em conta as idéias que os alunos têm sobre os fenômenos cotidianos.

Estas atividades de pesquisa juntamente com as atividades experimentais propostas, são muito bem exploradas nesta obra e podem propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso.

De forma sistemática, quase todos os livros, incluindo este, apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual. O conceito de “calor” é aquele que mais se apresenta de forma contraditória.

É apresentado o desenvolvimento histórico do conceito de calor apresentando a teoria do calor como substância (o “calórico”), chega-se a conclusão de que o calor não é algo que um corpo ou substância tenha ou deixe de ter, afirmam que as expressões “Estou com calor”; “Estou com frio”; “O calor de um corpo” ou ainda, “O calor é a energia que uma substância recebe” são fisicamente incorretas mas, quando definem calor, cometem erros conceituais ou usam frases que ainda carregam historicamente a idéia do calórico. Por exemplo, neste livro a definição é dada por: “*Calor é a energia em trânsito de um corpo a uma temperatura mais alta para outro a uma temperatura mais baixa*”.

Aparentemente esta definição parece estar correta, porém e a rigor, calor não é a energia em si, mas sim, o processo em que a energia se transfere. Nesta definição, também se percebe que está implícita a idéia do calórico (A definição mais detalhada foi apresentada anteriormente).

Portanto, nesta análise, observou-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens mesmo que ainda apresente erros como àquele descrito acima.

Quadro 42: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 6.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.			X
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.			X
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.			X
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 43).

Nesta dimensão, o livro se mostra logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar de forma evidenciada, leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o tema em estudo e a referência ao papel da comunidade científica.

Quadro 43: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 6.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.			X
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.			X
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.			X
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.		X	
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.		X	

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro 44).

Nesta dimensão, o livro se mostrou, em grande parte, potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado com certa profundidade, mas ainda de forma incompleta; há apenas uma figura que ilustra este fenômeno de maneira simplificada. Há uma breve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Quadro 44: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 6.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.		X	
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.		X	
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.	X		
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.		X	
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.		X	
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.		X	

Resultado quanto a potencialidade à aprendizagem significativa:

O livro, por possuir significado lógico e psicológico em todos os “quadros de análise”, concluímos que este material é **potencialmente significativo**.

4.7 LIVRO 7: Física – Volume Único

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S.; Física – Volume Único. Editora Atual – 2ª Edição – São Paulo, 2005.



Figura 40: Livro 7 - Física – Volume Único

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 45).

Neste aspecto o material é coerente em relação às imagens e o texto.

As imagens quase sempre estão relacionadas a um fato do cotidiano do aluno. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em quase todo volume, raramente se mostra rigorosa não obedecendo à norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas deveriam estar escritos em itálico.

Portanto, nesta análise, observou-se, em grande parte, o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 45: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 7.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.			X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.		X	
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.			X

** Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 46).

Nesta dimensão, o livro não se mostra logicamente significativo observando o fato que não apresenta um índice remissivo, um glossário, uma bibliografia, uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática e os objetivos que o aluno deverá atingir em cada unidade temática.

Outro fato observado é que os autores poderiam explorar mais e melhor o item que diz respeito à revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem. Este item poderia favorecer ao aluno, a retomada de subsunçores que estivessem inicialmente separados na estrutura cognitiva hierarquizando-os e relacionando-os ao novo conhecimento.

Quadro 46: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 7.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.	X		
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.	X		
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.	X		
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.	X		
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.			X
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.	X		
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.	X		

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM (Quadro 47).

O livro não faz referência às concepções alternativas dos alunos embora, através de figuras e de pequenos textos relacionáveis ao seu dia-a-dia, leve em conta as suas idéias sobre os fenômenos cotidianos.

O material não apresenta atividades de pesquisa e, praticamente, nem atividades experimentais. Estas atividades poderiam propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso. Neste sentido, há a necessidade de uma reformulação das unidades temáticas.

De forma sistemática, quase todos os livros, incluindo este, apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual. O conceito de “calor” é aquele que mais se apresenta de forma contraditória trazendo implicitamente a idéia do calórico. Neste material, a definição de calor é dada por: “... *uma forma de energia que se transmite de um corpo a outro em razão da diferença de temperatura. Essa energia só é chamada calor enquanto está sendo transferida (energia em trânsito). Depois que ela é absorvida pelo corpo não pode ser chamada de calor. Não é correto falar em calor contido num corpo*”.

Portanto, nesta análise, o significado lógico e psicológico não são observados nos seus respectivos itens.

Quadro 47: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 7.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.		X	
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.	X		
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.		X	
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 48).

Nesta dimensão, o livro não se mostra logicamente significativo. Observa-se que este material não apresenta leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes ao longo dos temas abordados, raramente e de forma não muito evidenciada o livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados, não apresenta a evolução histórica dos conhecimentos e nem tão pouco faz referências à comunidade científica comprometendo a abordagem da ciência como um processo histórico e social em construção.

Quadro 48: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 7.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.		X	
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.	X		
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.		X	
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.	X		
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.	X		

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro 49).

Nesta dimensão, o livro não se mostrou potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado superficialmente e de forma incompleta; há uma figura que ilustra este fenômeno de forma simplificada; não há uma discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Quadro 49: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 7.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.		X	
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.			X
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.	X		
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.	X		
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.	X		
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.	X		

Resultado quanto a potencialidade à aprendizagem significativa:

Embora o livro possua algum significado lógico, deixa muito a desejar quanto ao significado psicológico carecendo totalmente de atividades experimentais e de pesquisa que leve o aluno a reformular as suas concepções alternativas. Concluimos que este material **não é potencialmente significativo**.

4.8 LIVRO 8: Imagens da Física – Volume Único

AMALDI, U.; **Imagens da Física – Volume Único**. Editora Scipione – 1ª Edição Brasileira – São Paulo, 1995.

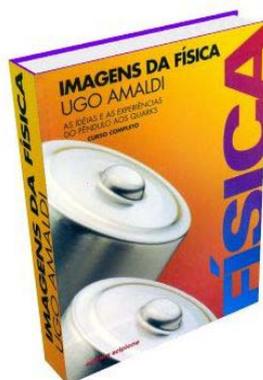


Figura 41: Livro 8 - Imagens da Física – Volume Único

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 50).

Neste aspecto o material é coerente em relação às imagens e o texto.

As imagens quase sempre estão relacionadas a um fato do cotidiano do aluno. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em quase todo volume, raramente é rigorosa não obedecendo à norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas deveriam estar escritos em itálico.

Portanto, nesta análise, observou-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 50: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” LIVRO 8.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.			X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.		X	
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.			X

* *Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 51).

Nesta dimensão, o livro se mostra, em parte, logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar um glossário, uma bibliografia e textos complementares sobre temas tratados.

Outro fato observado é que os autores poderiam explorar mais e melhor o item que diz respeito à revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem. Este item poderia favorecer ao aluno, a retomada de subsunções que estivessem inicialmente separados na estrutura cognitiva hierarquizando-os e relacionando-os ao novo conhecimento.

Quadro 51: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 8.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.			X
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.	X		
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.	X		
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.			X
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.	X		
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.			X
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.		X	

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM (Quadro 52).

O livro não faz referência às concepções alternativas dos alunos embora, raramente, através de figuras e de poucos exemplos relacionáveis ao seu dia-a-dia, leve em conta as suas idéias sobre os fenômenos cotidianos.

O material não apresenta atividades de pesquisa e nem atividades experimentais. Estas atividades poderiam propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso. Neste sentido, há a necessidade de uma reformulação das unidades temáticas.

De forma sistemática, quase todos os livros, incluindo este, apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual.

O conceito de “calor” é aquele que mais se apresenta de forma contraditória e quando definem calor, cometem erros conceituais ou usam frases que ainda carregam historicamente a idéia do calórico. Por exemplo, neste livro a definição de calor é dada de diversas formas onde uma contradiz à outra. Vejamos: (1) *“O calor não é uma nova forma de energia, mas um modo de transferência de energia”*; (2) *“O calor é, portanto, uma transferência de energia entre dois corpos que inicialmente apresentam temperaturas diferentes”*.

Até aqui, é o único livro que definiu fisicamente correto o “calor”, ou seja, é um processo e não a energia em si. Mas se contradiz quando afirma que... (3) *“Em outras palavras, calor é energia em trânsito”*; ou ainda... (4) *“Quando colocamos em contato dois corpos que apresentam temperaturas diferentes, a passagem de calor ocorre por condução”*.

Portanto, nesta análise, raramente se observa o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 52: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 8.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.		X	
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.	X		
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.	X		
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 53).

Nesta dimensão, o livro não é logicamente significativo, pois, não se observa a presença de leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes ao longo dos temas abordados, o livro não faz referências ao papel da comunidade científica, raramente cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados comprometendo a perspectiva da ciência como um processo histórico e social.

Outro fato é que este material não apresenta a evolução histórica dos conceitos realçando as concepções erradas.

Quadro 53: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 8.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ITENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.		X	
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.	X		
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.		X	
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.	X		
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.	X		

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro 54)

Nesta dimensão, o livro não é potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado superficialmente e de forma incompleta; há uma figura que ilustra este fenômeno de forma simplificada e sem legendas; não há uma discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Quadro 54: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 8.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.		X	
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.			X
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.			X
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.	X		
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.	X		
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.	X		

Resultado quanto a potencialidade à aprendizagem significativa:

Embora o livro possua algum significado lógico, deixa muito a desejar quanto ao significado psicológico carecendo totalmente de atividades experimentais e de pesquisa que leve o aluno a reformular as suas concepções alternativas. Concluimos que este material **não é potencialmente significativo**.

4.9 LIVRO 9: Os Fundamentos da Física – Volume 2

JUNIOR, F. R.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; **Os Fundamentos da Física – Volume 2**. Editora Moderna – 7ª Edição – São Paulo, 1999.



Figura 42: Livro 9 - Os Fundamentos da Física – Volume 2

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 55).

Neste aspecto, o material é coerente em relação às imagens e o texto. As imagens são “chamativas”, com forte apelo ao tema e sempre estão relacionadas a um fato do cotidiano do aluno. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em todo volume, é rigorosa obedecendo à norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas devem estar escritos em itálico.

Portanto, nesta análise, observou-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 55: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 9.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEMS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.			X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.			X
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.			X

** Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 56).

Nesta dimensão, o livro é, em grande parte, logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar um índice remissivo e uma síntese das idéias chave no final de cada unidade temática.

Outro fato observado é que os autores poderiam explorar mais e melhor o item que diz respeito à revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem. Este item poderia favorecer ao aluno, a retomada de subsunçores que estivessem inicialmente separados na estrutura cognitiva hierarquizando-os e relacionando-os ao novo conhecimento.

Quadro 56: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 9.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.	X		
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.		X	
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.			X
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.	X		
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.			X
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.			X
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.		X	

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM (Quadro 57).

O livro raramente faz referência às concepções alternativas dos alunos através de figuras e exemplos relacionáveis ao seu “dia-a-dia”, leva em conta as idéias que os alunos têm sobre os fenômenos cotidianos, porém, os autores poderiam explorar mais e melhor as atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas dos alunos tais como as atividades de pesquisa e experimental.

Estas atividades de pesquisa juntamente com as atividades experimentais, podem propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso.

De forma sistemática, quase todos os livros, incluindo este, apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual. O conceito de “calor” é aquele que mais se apresenta de forma contraditória.

É apresentado o desenvolvimento histórico do conceito de calor apresentando a teoria do calor como substância (o “calórico”), chega-se a conclusão de que o calor não é algo que um corpo ou substância tenha ou deixe de ter, afirmam que as expressões “Estou com calor”; “Estou com frio”; “O calor de um corpo” ou ainda, “O calor é a energia que uma substância recebe” são fisicamente incorretas mas, quando definem calor, cometem erros conceituais ou usam frases que ainda carregam historicamente a idéia do calórico. Por exemplo, neste livro a definição é dada por: “*Calor é energia térmica em trânsito entre corpos a diferentes temperaturas*”.

Aparentemente esta definição parece estar correta, porém e a rigor, calor não é a energia em si, mas sim, o processo em que a energia se transfere. Nesta definição, também se percebe que está implícita a idéia do calórico (A definição mais detalhada foi apresentada anteriormente).

Portanto, nesta análise, observou-se, em parte, o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 57: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 9.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.			X
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.		X	
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.		X	
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 58).

Nesta dimensão, o livro se mostra logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar, de forma evidenciada, a referência ao papel da comunidade científica.

Quadro 58: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 9.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.			X
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.			X
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.			X
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.			X
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.		X	

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro 59).

Nesta dimensão, o livro não se mostrou potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado superficialmente e de forma incompleta; há uma figura que ilustra a estufa de vidro de forma simplificada; não há uma discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Quadro 59: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 9.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.	X		
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.			X
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.			X
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.	X		
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.	X		
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.	X		

Resultado quanto a potencialidade à aprendizagem significativa

O livro, por possuir significado lógico e psicológico na maioria dos “quadros de análise”, concluímos que este material é **potencialmente significativo**.

4.10 LIVRO 10: Física – Série Parâmetros – Volume Único

FILHO, A. G.; TOSCANO, C.; **Física – Série Parâmetros – Volume Único**. Editora Scipione – 1ª Edição – São Paulo, 2002.



Figura 43: Livro 10 - Física – Série Parâmetros – Volume Único

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 60).

Neste aspecto o material é coerente em relação às imagens e o texto.

As imagens são “chamativas”, com forte apelo ao tema e sempre estão relacionadas a um fato do cotidiano do aluno. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em todo volume, é rigorosa obedecendo à norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas devem estar escritos em itálico. A **norma internacional ISO 31** (quantidades e unidades, International Organization for Standardization, 1992) é o guia de estilo mais respeitado em todo o mundo para a utilização de unidades de medida e fórmulas envolvendo estas, em documentos científicos e educacionais. Na maioria dos países, as notações utilizadas em livros escolares de matemática e ciências seguem precisamente as orientações fornecidas pela ISO 31.

Portanto, nesta análise, observou-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 60: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 10.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEMS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.			X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.			X
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.			X

** Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 61).

Nesta dimensão, o livro se mostra, em grande parte, logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar um índice remissivo e um glossário. Embora estes itens não tenham sido observados nesta obra, a sua ausência não descaracteriza totalmente o significado lógico da mesma, porém, em contrapartida, tornaria a obra com maior facilidade de acesso aos termos mais específicos.

Quadro 61: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 10.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEMS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.	X		
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.	X		
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.			X
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.			X
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.			X
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.			X
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.			X

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM (Quadro 62).

O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos através de figuras, atividades experimentais e exemplos relacionáveis ao seu “dia-a-dia” levando em conta as idéias que os alunos têm sobre os fenômenos cotidianos.

Estas atividades experimentais propostas, são bem exploradas nesta obra e podem propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso.

Dos livros analisados, este é um dos poucos que define fisicamente correto o calor. É apresentado com a devida profundidade o desenvolvimento histórico do conceito de calor apresentando a teoria do calor como substância (o “calórico”), chega-se a conclusão de que o calor não é algo que um corpo ou substância tenha ou deixe de ter, afirmam que as expressões “Estou com calor”; “Estou com frio”; “O calor de um corpo” ou ainda, “O calor é a energia que uma substância recebe” são fisicamente incorretas.

A definição é dada por: “*Calor é a transferência de energia de um objeto ou sistema para outro, devido, exclusivamente, à diferença de temperatura entre eles*”. Note que os autores referenciam o calor como um processo de transferência de energia e não como a energia em si.

Portanto, nesta análise, observou-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 62: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 10.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.			X
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.			X
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.			X
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 63).

Nesta dimensão, o livro é logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar de forma evidenciada, leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o tema em estudo e a referência ao papel da comunidade científica.

Quadro 63: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 10.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.			X
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.			X
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.			X
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.		X	
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.		X	

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro 64).

Nesta dimensão, o livro se mostrou, em parte, potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado com certa profundidade, mas de forma incompleta; há apenas uma figura que ilustra este fenômeno de maneira simplificada. Há uma breve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Quadro 64: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 10.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.		X	
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.			X
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.	X		
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.		X	
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.	X		
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.	X		

Resultado quanto a potencialidade à aprendizagem significativa

O livro, por possuir significado lógico e psicológico em todos os “quadros de análise”, concluímos que este material é **potencialmente significativo**.

4.11 LIVRO 11: Física e Realidade – Volume 2

FILHO, A. G.; TOSCANO, C.; **Física e Realidade – Volume 2**. Editora Scipione – 1ª Edição – São Paulo, 1997.



Figura 44: Livro 11 - Física e Realidade – Volume 2

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 65).

Neste aspecto o material é coerente em relação às imagens e o texto.

As imagens são “chamativas”, com forte apelo ao tema e sempre estão relacionadas a um fato do cotidiano do aluno. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em todo volume, é rigorosa obedecendo à norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas devem estar escritos em itálico. A **norma internacional ISO 31** (quantidades e unidades, International Organization for Standardization, 1992) é o guia de estilo mais respeitado em todo o mundo para a utilização de unidades de medida e fórmulas envolvendo estas, em documentos científicos e educacionais.

Na maioria dos países, as notações utilizadas em livros escolares de matemática e ciências seguem precisamente as orientações fornecidas pela ISO 31.

Portanto, nesta análise, observou-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 65: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 11.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEMS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.			X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.			X
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.			X

** Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 66).

Nesta dimensão, o livro se mostra, em grande parte, logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar um glossário. Embora este item não tenha sido observado nesta obra, a sua ausência não descaracteriza totalmente o significado lógico da mesma, porém, em contrapartida, tornaria a obra com maior facilidade de acesso aos termos mais específicos.

Quadro 66: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 11.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEMS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.			X
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.	X		
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.			X
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.			X
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.			X
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.			X
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.			X

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM (Quadro 67).

O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos através de figuras, atividades experimentais e exemplos relacionáveis ao seu “dia-a-dia” levando em conta as idéias que os alunos têm sobre os fenômenos cotidianos.

Estas atividades experimentais propostas, são bem exploradas nesta obra e podem propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso.

Dos livros analisados, este definiu fisicamente correto o calor. É apresentado com a devida profundidade o desenvolvimento histórico do conceito de calor apresentando a teoria do calor como substância (o “calórico”), chega-se a conclusão de que o calor não é algo que um corpo ou substância tenha ou deixe de ter, afirmam que as expressões “Estou com calor”; “Estou com frio”; “O calor de um corpo” ou ainda, “O calor é a energia que uma substância recebe” são fisicamente incorretas. A definição é dada por: “*Calor é a transferência de energia de um objeto ou sistema para outro, devido, exclusivamente, à diferença de temperatura entre eles*”. Note que os autores referenciam o calor como um processo de transferência de energia e não como a energia em si.

Portanto, nesta análise, observou-se o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 67: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 11.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.			X
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.			X
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.			X
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 68).

Nesta dimensão, o livro é logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar de forma evidenciada, leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o tema em estudo e a referência ao papel da comunidade científica.

Quadro 68: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 11.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.			X
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.			X
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.			X
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.		X	
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.		X	

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro 69).

Nesta dimensão, o livro se mostrou, em parte, potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado com certa profundidade, mas de forma incompleta; há apenas uma figura que ilustra este fenômeno de maneira simplificada. Há uma breve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Quadro 69: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 11.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.		X	
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.			X
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.	X		
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.		X	
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.	X		
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.	X		

Resultado quanto a potencialidade à aprendizagem significativa

O livro, por possuir significado lógico e psicológico em todos os “quadros de análise”, concluímos que este material é **potencialmente significativo**.

4.12 LIVRO 12: Aprendendo Física – Física Térmica e Ondas – Volume 2

CHIQUETTO, M.; VALENTIM, B.; PAGLIARI, E.; **Aprendendo Física – Física Térmica e Ondas – Volume 2**. Editora Scipione – 1ª Edição – São Paulo, 1996.



Figura 45: Livro 12 - Aprendendo Física – Física Térmica e Ondas – Volume 2

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 70).

Neste aspecto o material é coerente em relação às imagens e o texto.

As imagens são “chamativas” e quase sempre estão relacionadas a um fato do cotidiano do aluno. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em todo volume, pouco se mostra rigorosa não obedecendo à norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas deveriam estar escritos em itálico.

Portanto, nesta análise, observou-se, em grande parte, o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 70: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 12.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEMS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.			X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.		X	
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.			X

** Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 71).

Nesta dimensão, o livro é logicamente significativo observando positivamente em quase todos os itens do quadro com ressalvas ao fato de não apresentar um glossário e os objetivos de cada unidade temática que o aluno deverá atingir. A ausência destes itens não descaracteriza, por completo, o significado lógico do material. O professor pode e deve suprir esta deficiência propondo a utilização de um bom dicionário e, quanto aos objetivos, apresentá-los no início do estudo da unidade temática.

Quadro 71: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 12.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEMS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.			X
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.	X		
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.			X
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.			X
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.			X
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.	X		
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.			X

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM (Quadro 72).

O livro raramente faz referência às concepções alternativas dos alunos, mas, leva em conta as idéias que os alunos têm sobre os fenômenos cotidianos através de figuras e de excelentes exemplos relacionáveis ao seu “dia-a-dia”, porém, os autores poderiam propor atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas dos alunos tais como as atividades de pesquisa e experimental.

Estas atividades de pesquisa juntamente com as atividades experimentais propostas, podem propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso.

De forma sistemática, quase todos os livros, incluindo este, apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual. O conceito de “calor” é aquele que mais se apresenta de forma contraditória. É apresentado o desenvolvimento histórico do conceito de calor apresentando a teoria do calor como substância (o “calórico”), mas quando definem calor, cometem erros conceituais ou usam frases que ainda carregam historicamente a idéia do calórico. Por exemplo, neste livro a definição é dada por: “A *energia que se transfere das moléculas de um corpo para as moléculas de outro, por eles terem temperaturas diferentes, chama-se calor*”.

Aparentemente esta definição parece estar correta, porém e a rigor, calor não é a energia em si, mas sim, o processo em que a energia se transfere. Nesta definição, também se percebe que está implícita a idéia do calórico (A definição mais detalhada foi apresentada anteriormente).

Portanto, nesta análise, observou-se, em parte, o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens mesmo que ainda apresente erros como àquele descrito acima.

Quadro 72: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 12.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.			X
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.		X	
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.		X	
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 73).

Nesta dimensão, o livro é, em parte, logicamente significativo observando apenas o fato de não fazer referências ao papel da comunidade científica. Raramente se observa a evolução histórica dos conceitos importantes, porém, não faz referências às concepções errôneas históricas. O livro traz um fascículo que contempla leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para os temas abordados.

Quadro 73: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 12.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.		X	
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.		X	
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.			X
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.			X
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.	X		

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro 74).

Nesta dimensão, o livro não é potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado superficialmente e de forma incompleta; há uma figura que ilustra este fenômeno de forma simplificada e sem legendas adequadas; não há uma discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Quadro 74: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 12.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.		X	
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.			X
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.			X
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.	X		
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.	X		
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.	X		

Resultado quanto a potencialidade à aprendizagem significativa

O livro, por possuir significado lógico e psicológico na maioria dos “quadros de análise”, é **potencialmente significativo**.

4.13 LIVRO 13: Aulas de Física – Termologia, Óptica e Ondas – Volume 2

FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; **Aulas de Física – Termologia, Óptica e Ondas – Volume 2**. Editora Scipione – 7ª Edição – São Paulo, 2003.



Figura 46: Livro 13 - Aulas de Física – Termologia, Óptica e Ondas – Volume 2

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 75).

Neste aspecto o material é, em grande parte, coerente em relação às imagens e o texto. As imagens são “chamativas” e a maior parte delas estão relacionadas a um fato do cotidiano do aluno. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em quase todo volume, não se mostra rigorosa, ou seja, não segue a norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas deveriam estar escritos em itálico.

Portanto, nesta análise, observou-se, em grande parte, o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 75: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 13.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.			X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.		X	
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.	X		

** Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 76).

Nesta dimensão, o livro não é estruturado adequadamente para uma possível aprendizagem significativa. O fato de não apresentar um glossário, uma bibliografia, uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática, os objetivos que o aluno deverá atingir além de não fazer uma revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem, concluímos, nesta análise, que este material não é logicamente significativo.

Quadro 76: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 13.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEMS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.			X
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.	X		
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.	X		
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.	X		
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.			X
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.	X		
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.	X		

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM (Quadro 77).

O livro não faz referência às concepções alternativas dos alunos e raramente, através de figuras e exemplos relacionáveis ao seu dia-a-dia, leva em conta as suas idéias sobre os fenômenos cotidianos. Poderia propor e explorar atividades de pesquisa e atividades experimentais que pudessem ajudar os alunos a ultrapassar as concepções alternativas.

Estas atividades de pesquisa juntamente com as atividades experimentais, podem propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso.

De forma sistemática, quase todos os livros, incluindo este, apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual. O conceito de “calor” é aquele que mais se apresenta de forma contraditória. Não é apresentado o desenvolvimento histórico do conceito de calor e quando definem calor, cometem erros conceituais ou usam frases que ainda carregam historicamente a idéia do calórico. Por exemplo, neste livro a definição é dada por: “*Calor é energia térmica em trânsito entre corpos a diferentes temperaturas*”. Nesta definição percebe-se que está implícita a idéia do calórico e, mais uma vez, a rigor, calor não é a energia em si, mas sim, o processo de transferência desta energia (A definição mais detalhada foi apresentada anteriormente).

Portanto, nesta análise, observou-se, em parte, o significado lógico mas, o significado psicológico é pouco observado nos seus respectivos itens.

Quadro 77: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 13.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.		X	
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.	X		
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.	X		
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 78).

Nesta dimensão, o livro não é logicamente significativo, pois, não apresenta leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes ao longo dos temas abordados embora, raramente, cite os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos, não faz referência ao papel da comunidade científica e não aborda a evolução histórica dos conceitos. Desta forma, compromete a perspectiva da ciência como um processo social em construção.

Quadro 78: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 13.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.		X	
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.	X		
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.		X	
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.	X		
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.	X		

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro 79).

Nesta dimensão, o livro não é potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado superficialmente e de forma incompleta; há três figuras que tentam ilustrar este fenômeno, mas todas sem legendas; há uma breve citação quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Quadro 79: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 13.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.	X		
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.			X
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.	X		
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.	X		
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.	X		
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.			X

Resultado quanto a potencialidade à aprendizagem significativa:

Embora o livro possua algum significado lógico, deixa muito a desejar quanto ao significado psicológico carecendo de atividades experimentais e de pesquisa que leve o aluno a reformular as suas concepções alternativas. Concluímos que este material **não é potencialmente significativo**.

4.14 LIVRO 14: Física Fundamental – Novo – Volume Único

BONJORNO, J. R.; BONJORNO, R. A.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. M.; **Física Fundamental – Novo – Volume Único**. Editora FTD – 2ª Edição – São Paulo, 1999.

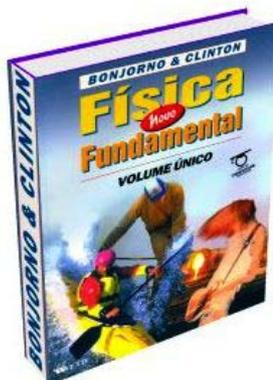


Figura 47: Livro 14 - Física Fundamental – Novo – Volume Único

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO (Quadro 80).

Neste aspecto o material é, em grande parte, coerente em relação às imagens e o texto. As imagens são “chamativas” e a maior parte delas estão relacionadas a um fato do cotidiano do aluno. A linguagem verbal escrita é simples e clara.

A simbologia, em quase todo volume, não é rigorosa, ou seja, não segue a norma “ISO 31”, pois de acordo com esta norma os símbolos das grandezas deveriam estar escritos em itálico.

Portanto, nesta análise, observou-se, em grande parte, o significado lógico e psicológico nos seus respectivos itens.

Quadro 80: Quadro de análise da dimensão “FORMAS DE COMUNICAÇÃO” - LIVRO 14.

DIMENSÃO – FORMAS DE COMUNICAÇÃO					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Linguagem Visual	Imagens	1. No livro as imagens estão próximas do local onde são referenciadas no texto.			X
		2. No livro há relação entre cada imagem e o texto.			X
		3. No livro as imagens são acompanhadas de legendas adequadas.			X
Linguagem Verbal Escrita	Linguagem	4. No livro a linguagem é simples e clara.			X
	Simbologia	5. No livro a simbologia é rigorosa.		X	
	Vocabulário	6. No livro o vocabulário novo* é assinalado no texto.		X	

** Pertinente ao formalismo acadêmico onde é compartilhado pela comunidade científica.*

DIMENSÃO – ESTRUTURA (Quadro 81).

Nesta dimensão, o livro é, em parte, logicamente significativo observando apenas o fato de não apresentar um índice remissivo, um glossário, uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática e os objetivos que o aluno deverá atingir em cada unidade temática. Embora estes itens não tenham sido observados nesta obra, a sua ausência não descaracteriza totalmente o significado lógico da mesma, porém, em contrapartida, tornaria a obra com maior facilidade de acesso aos termos mais específicos e permitiria, ao aluno, uma revisão dos principais conceitos abordados na unidade temática. Os autores poderiam propor uma revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem. Este item poderia favorecer ao aluno, a retomada de subsunçores que estivessem inicialmente separados na estrutura cognitiva hierarquizando-os e relacionando-os ao novo conhecimento.

Quadro 81: Quadro de análise da dimensão “ESTRUTURA” - LIVRO 14.

DIMENSÃO – ESTRUTURA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEMS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Facilitadores Técnicos	Índices	1. O livro apresenta um índice geral de modo a facilitar o acesso a qualquer conteúdo.			X
		2. O livro apresenta um índice remissivo de modo a facilitar o acesso o acesso a qualquer assunto.	X		
	Glossário	3. O livro apresenta um glossário.	X		
	Bibliografia	4. O livro apresenta bibliografia.			X
Facilitadores Pedagógicos	Sínteses	5. O livro apresenta uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática.	X		
	Textos Complementares	6. O livro apresenta textos complementares sobre temas tratados.			X
	Questões	7. O livro apresenta questões para ilustração de conceitos e para a consolidação da aprendizagem.			X
		8. O livro apresenta questões para auto-avaliação.			X
	Organizadores	9. O livro apresenta para cada unidade temática os objetivos que o aluno deverá atingir.	X		
		10. O livro faz a revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.	X		

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM (Quadro 82).

O livro não faz referência às concepções alternativas dos alunos embora, através de figuras e de bons exemplos relacionáveis ao seu dia-a-dia, leve em conta as suas idéias sobre os fenômenos cotidianos. Poderia propor e explorar atividades experimentais que pudessem ajudar os alunos a ultrapassar as concepções alternativas.

Estas atividades experimentais, podem propiciar um começo na mudança das concepções que os alunos trazem e que pode se concretizar em grande parte ou até por completo, ao longo do curso.

De forma sistemática, quase todos os livros, incluindo este, apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual. O conceito de “calor” é aquele que mais se apresenta de forma contraditória. Não é apresentado o desenvolvimento histórico do conceito de calor e quando definem calor, cometem erros conceituais ou usam frases que ainda carregam historicamente a idéia do calórico. Por exemplo, neste livro a definição é dada por: “*Calor é a transferência de energia térmica entre corpos que se encontram em temperaturas diferentes*”. Fisicamente, esta definição está correta, porém há uma contradição quando os autores afirmam que calor é uma forma de energia. Neste sentido, percebe-se que está implícita a idéia do calórico e, mais uma vez, a rigor, calor não é a energia em si, mas sim, o processo de transferência desta energia (A definição mais detalhada foi apresentada anteriormente).

Portanto, nesta análise, observou-se, em parte, o significado lógico mas, o significado psicológico é pouco observado nos seus respectivos itens.

Quadro 82: Quadro de análise da dimensão “CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM” - LIVRO 14.

DIMENSÃO – CONCEPÇÕES NA APRENDIZAGEM					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepções Prévias	Idéias dos alunos anteriores à aprendizagem	1. O livro tem em conta as idéias que os alunos possuem como resultado da sua vida do dia-a-dia.		X	
Concepções Alternativas	Concepções alternativas dos alunos à partida	2. O livro faz referência às concepções alternativas dos alunos.	X		
	Atividades destinadas a ultrapassar as concepções alternativas	3. O livro inclui atividades que podem ajudar a ultrapassar as concepções alternativas.		X	
Concepções Erradas	Erros e omissões	4. O livro possui erros científicos e omissões.		X	

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA (Quadro 83).

Nesta dimensão, o livro não é logicamente significativo, pois, não apresenta leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes ao longo dos temas abordados embora cite os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos, não faz referência ao papel da comunidade científica e não aborda a evolução histórica dos conceitos. Desta forma, compromete a perspectiva da ciência como um processo social em construção.

Quadro 83: Quadro de análise da dimensão “HISTÓRIA DA CIÊNCIA” - LIVRO 14.

DIMENSÃO – HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTENS	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Concepção de Ciência Transmitida	Perspectiva processual e social da Ciência	1. O livro proporciona uma perspectiva da Ciência como um processo social em construção.		X	
	Evolução Conceptual	2. O livro apresenta a evolução histórica dos conceitos importantes, realçando as concepções errôneas históricas.	X		
O Papel dos Cientistas da Comunidade Científica	Cientistas	3. O livro cita os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados.			X
		4. O livro possui leituras biográficas sobre os cientistas mais relevantes para o campo em estudo.	X		
	Comunidade Científica	5. O livro faz referências ao papel da comunidade científica.	X		

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA (Quadro 84).

Nesta dimensão, o livro não é potencialmente significativo quanto à abordagem do efeito estufa. O tema é abordado superficialmente e de forma incompleta; há uma figura que ilustra este fenômeno de forma razoável; há uma breve citação quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.

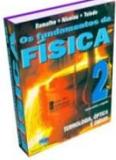
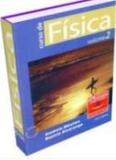
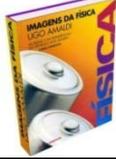
Quadro 84: Quadro de análise da dimensão “ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA” - LIVRO 14.

DIMENSÃO – ABORDAGEM DO EFEITO ESTUFA					
CATEGORIAS	PARÂMETROS	ÍTEM	Escala		
			Não / Nunca	Um pouco / Raras vezes	Muitas vezes / Sempre
Tratamento do Tema	Imagens	1. O livro apresenta imagens e/ou esquemas que ilustram adequadamente o “Efeito Estufa”.		X	
		2. No livro o tema é abordado superficialmente.			X
	Linguagem Verbal Escrita	3. No livro a apresentação do “Efeito Estufa” foi feita como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.	X		
		4. No livro houve diferenciação entre o que é a contribuição do vapor d água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.	X		
		5. No livro os processos que ocorrem no “Efeito Estufa” foram explicados de forma completa e adequada.	X		
		6. No livro houve discussão quanto às incertezas nas mudanças do “Efeito Estufa” e nas correspondentes projeções de conseqüências.	X		

Resultado quanto a potencialidade à aprendizagem significativa:

Embora o livro possua, em parte, significado lógico, deixa a desejar quanto ao significado psicológico carecendo de atividades experimentais e de pesquisa que leve o aluno a reformular as suas concepções alternativas. Concluimos que este material **não é potencialmente significativo.**

Quadro 85: Resultado geral da análise dos livros de Física do ensino médio quanto à potencialidade significativa frente às questões ambientais.

RESULTADO GERAL DA ANÁLISE DOS LIVROS QUANTO A POTENCIALIDADE À APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA							
LIVROS	POTENCIALIDADE	LIVROS	POTENCIALIDADE	LIVROS	POTENCIALIDADE	LIVROS	POTENCIALIDADE
LIVRO1 	<i>SIGNIFICATIVO</i>	LIVRO 5 	<i>NÃO SIGNIFICATIVO</i>	LIVRO 9 	<i>SIGNIFICATIVO</i>	LIVRO 13 	<i>NÃO SIGNIFICATIVO</i>
LIVRO 2 	<i>NÃO SIGNIFICATIVO</i>	LIVRO 6 	<i>SIGNIFICATIVO</i>	LIVRO 10 	<i>SIGNIFICATIVO</i>	LIVRO 14 	<i>NÃO SIGNIFICATIVO</i>
LIVRO 3 	<i>SIGNIFICATIVO</i>	LIVRO 7 	<i>NÃO SIGNIFICATIVO</i>	LIVRO 11 	<i>SIGNIFICATIVO</i>		
LIVRO 4 	<i>SIGNIFICATIVO</i>	LIVRO 8 	<i>NÃO SIGNIFICATIVO</i>	LIVRO 12 	<i>SIGNIFICATIVO</i>		

4.15 COMO O EFEITO ESTUFA PODE E DEVE SER TRABALHADO NO NÍVEL MÉDIO – UMA SUGESTÃO PARA UMA POSSÍVEL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

O EFEITO ESTUFA

A Terra e sua atmosfera ganham energia quando absorvem a energia radiante vinda do Sol. Isso aquece o planeta (Figura 48).

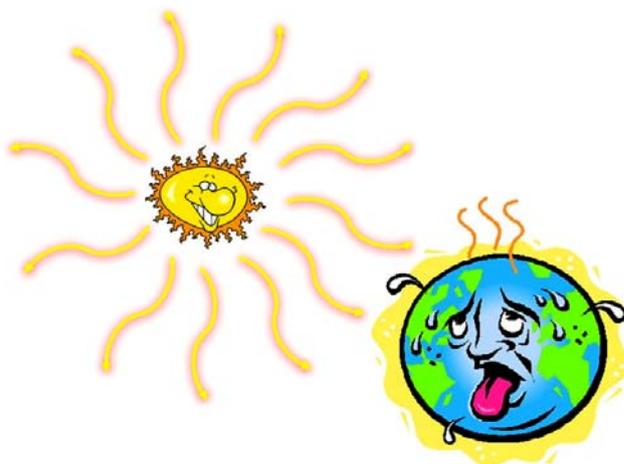


Figura 48: A Terra e sua atmosfera ganham energia quando absorvem a energia radiante vinda do Sol.

A Terra, por sua vez, ao absorver parte da radiação solar, basicamente a luz visível, emite radiação térmica ou infravermelha sendo que a maior parte da qual acaba escapando para o espaço exterior. Processo este que será descrito mais adiante.

A absorção e a emissão prosseguem a taxas iguais até produzirem uma temperatura média de equilíbrio.

Nos últimos 500.000 anos a temperatura média da Terra flutuou entre 19° C e 27° C, e presentemente está no ponto máximo, 27° C. A temperatura da Terra aumenta quando aumenta a incidência de energia ou quando diminui o escape da radiação terrestre.

O *Efeito Estufa* é o aquecimento da atmosfera mais baixa, o efeito dos gases atmosféricos sobre o balanço entre a radiação solar e a radiação terrestre. Por causa da alta temperatura do Sol, a radiação solar é formada por ondas de alta frequência – ultravioleta, luz visível e ondas da parte mais alta da região de infravermelho do

espectro eletromagnético. A atmosfera é “transparente” a grande parte dessa radiação, especialmente à luz visível, de modo que a radiação solar alcança facilmente a superfície da Terra onde é absorvida. A superfície terrestre, por sua vez, “re-irradia” parte dessa energia. Mas como a temperatura da superfície terrestre é relativamente menor que a superfície do Sol, ela “re-irradia” a energia em baixas frequências – principalmente nos comprimentos de onda mais longos do infravermelho (Figura 49).

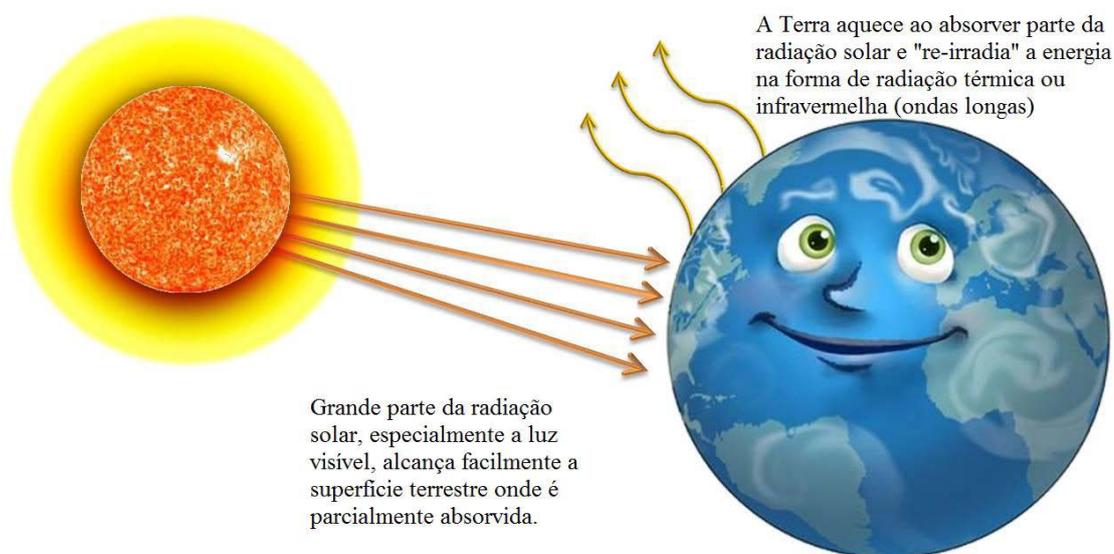


Figura 49: Esquema ilustrando a radiação solar incidente e a radiação térmica ou infravermelha emitida pela Terra.

Determinados gases atmosféricos tais como vapor d água, gás carbônico (CO_2), metano (CH_4), ozônio (O_3), óxidos do nitrogênio (N_yO_x) como o óxido nitroso (N_2O), perfluorcarbonetos (PFC's) mas principalmente o vapor d água e o gás carbônico (ou dióxido de carbono), absorvem e “re-emitem” grande parte dessa radiação de comprimento de onda longo de volta para a Terra (Figura 50).

A radiação de comprimento de onda longo, que praticamente não escapa da atmosfera terrestre, ajuda a mantê-la aquecida favorecendo a manutenção de toda a biosfera. Esse processo, certamente, é muito bom, pois sem ele a Terra seria gélida – cerca de -18°C .

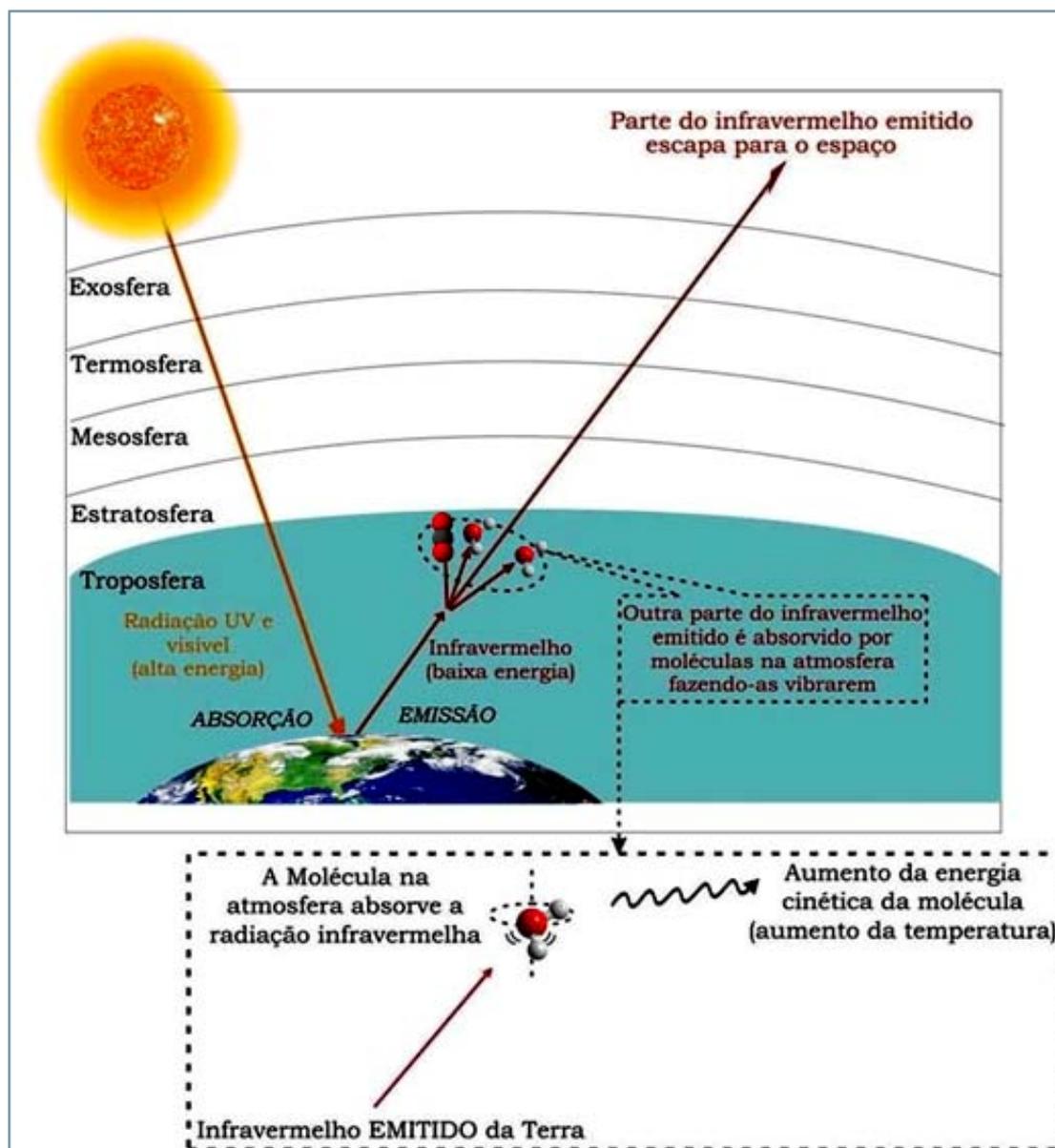


Figura 50: Esquema ilustrando a radiação solar incidente, a radiação térmica ou infravermelha emitida pela Terra e sua absorção pelas moléculas dos gases presentes na atmosfera (gases do efeito estufa).

Nosso problema ambiental atual é que o excesso de certos gases atmosféricos como aqueles citados anteriormente chamados “gases do efeito estufa” destacando o vapor d’água e o gás carbônico sendo que este último oriundo da queima de combustíveis fósseis pelas indústrias e automóveis, pela decomposição de antigas florestas de áreas inundadas, pela queima de grandes áreas florestais e, por incrível que pareça, pelas fezes de animais em criações extensivas, retém energia a mais e tornam a Terra quente demais.

Portanto, de novo, parte do efeito estufa pode ser precisamente o que a Terra precisa para prevenir uma próxima idade do gelo. Mas ainda não dispomos de informação suficiente a respeito para ter certeza.



Figura 51: “A era do gelo – De pai para filho”

O efeito estufa atmosférico recebeu este nome a partir das estufas de vidro usadas pelos fazendeiros e floristas para “prender” a energia solar. O vidro é transparente às ondas da luz visível, mas opaco à radiação infravermelha. O vidro atua como uma espécie de válvula unidirecional. Ele permite que a luz visível entre na estufa, mas impede a radiação de comprimento de onda mais longo de deixá-la.

Assim, as radiações da luz solar de comprimentos de onda curtos atravessam o telhado de vidro da estufa e são absorvidos pelo solo, pelos objetos ali presentes e pelas plantas em seu interior. O solo, os objetos e as plantas, por sua vez, emitem ondas de infravermelho (comprimento de onda longo). Essa energia não consegue atravessar o vidro e sair, o que aquece o interior da estufa. Curiosamente, nas estufas dos fazendeiros e floristas, a energia térmica é mantida principalmente pela capacidade do vidro de impedir que as correntes de convecção misturem o ar exterior a temperatura menor com o ar interior a temperatura maior (Figura 52).

APRENDENDO UM POUCO MAIS



- As radiações ultravioleta e visível, ao incidirem nas substâncias e nos corpos, excitam os elétrons das substâncias e dos corpos ao absorverem estas energias radiantes.
- A energia destes elétrons excitados (“energizados”) provoca:
 - (i) Um aumento da energia cinética das moléculas e, como consequência, promove o aquecimento do corpo ou substância que contém estas partículas energizadas;
 - (ii) A emissão de radiação infravermelha após serem aquecidos.
- Uma parte da radiação que incide na Terra é usada para aquecer a superfície da Terra e a outra parte é transformada em uma radiação de menor energia, chamada de radiação infravermelha.
- Há, também, uma parcela que é refletida pela superfície.
- Algumas moléculas podem absorver a radiação infravermelha e aumentar sua energia cinética, adquirindo movimentos de vibração, translação e rotação. Este aumento na energia cinética das moléculas provoca um aumento de temperatura do sistema que as contém.
- Apenas algumas moléculas podem absorver a radiação infravermelha, por exemplo: CO_2 , H_2O , CH_4 , N_2O que são as moléculas que participam do efeito estufa.

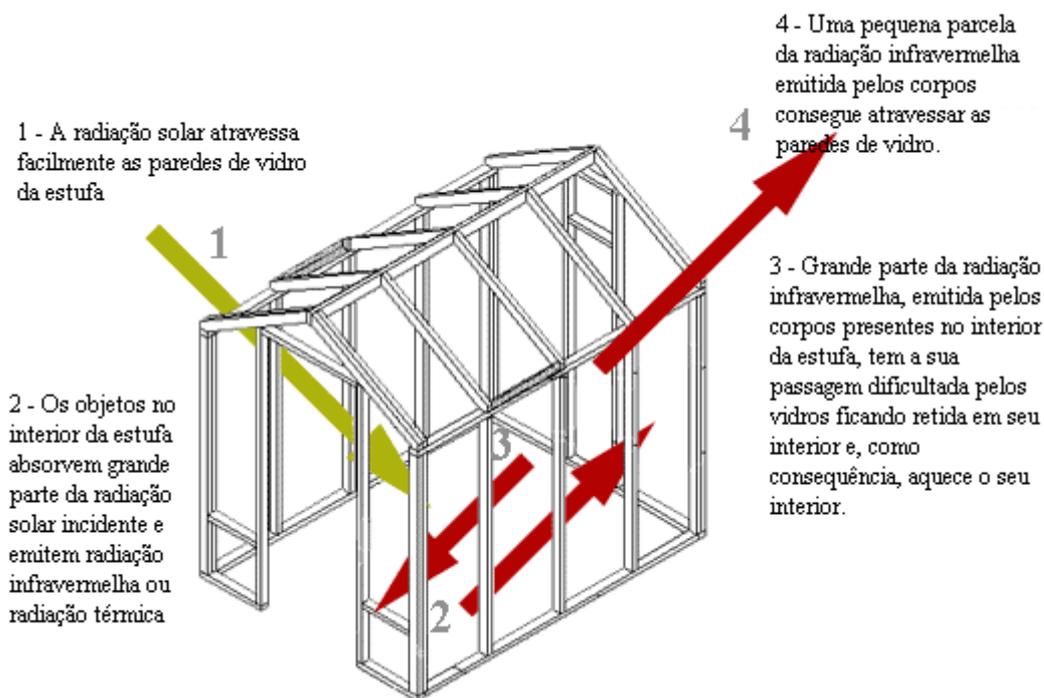


Figura 52: Estufa com cobertura de vidro

O solo, as plantas e outros objetos dentro dela absorvem parte da luz que entra e, uma vez aquecidos, emitem radiação infravermelha. Como o vidro dificulta a passagem desta radiação emitida, o interior da estufa se aquece. De maneira relativamente simples e guardada as devidas diferenças entre o “efeito estufa atmosférico e aquele que ocorre numa estufa de vidro, é assim que este fenômeno acontece.



Figura 53: “Efeito Estufa X Buraco na camada de ozônio”

Fonte: [184TTP://img2.blogcu.com/images/l/i/f/lifepage/warming-cartoon.jpg](http://img2.blogcu.com/images/l/i/f/lifepage/warming-cartoon.jpg).

DETALHANDO OS PROCESSOS QUE OCORREM NO “EFEITO ESTUFA”

Mas como se dá a transformação da radiação de ondas curtas em radiação de ondas longas?

APRENDENDO UM POUCO MAIS



- De uma forma geral, chamamos de “espectroscopia” o estudo da interação da radiação eletromagnética com a matéria sendo um dos principais objetivos determinar os níveis de energia de átomos e ou moléculas.
- Cada radiação possui um comprimento de onda (λ) específico, havendo uma diferença de energia entre estas radiações. Uma molécula pode absorver “diferentes radiações”. Dependendo da energia da radiação absorvida, diferentes fenômenos poderão ocorrer com a molécula.
- As ligações no interior das moléculas vibram devido a diferenças de eletronegatividade entre os átomos que a compõe. Esses movimentos moleculares, conhecidos como modos vibracionais, são característicos para cada tipo específico de molécula.
- A radiação eletromagnética, com frequência de onda específica, ao ser absorvida, muda a frequência de vibração da ligação entre os átomos da molécula. Quando esta retorna ao estado inicial, libera a energia absorvida (Princípio da Conservação de Energia).

<i>Radiação</i>	<i>Processo</i>
Raios γ	Energia muito alta. O elétron é excitado e removido da molécula (radiações ionizantes).
Raios - X	
Ultravioleta	Alta energia, suficiente para fazer os elétrons das moléculas se excitarem para níveis mais energéticos.
Luz Visível	
Infravermelho	Energia suficiente para fazer as ligações químicas vibrarem e distorcer ângulos moleculares.
Microondas	Energia baixa, mas suficiente para fazer as moléculas transladarem, girarem e algumas vibrarem.

DETALHANDO UM POUCO MAIS

- O Dióxido de Carbono (CO_2) absorve radiação infravermelha de comprimento de onda entre 13 e $18\mu\text{m}$ assim, a molécula de CO_2 interage com a radiação proveniente da superfície terrestre e a “re-emite” em todas as direções. Parte dessa energia retorna à superfície do planeta e, em função disso, a temperatura da Terra se mantém constante (aproximadamente 15°C).
- O Dióxido de Carbono não é o gás de maior poder “estufa”, mas devido ao seu aumento em termos de quantidade, é considerado o mais atuante no processo de aquecimento global.



Figura 54: “A religião e o aquecimento global”

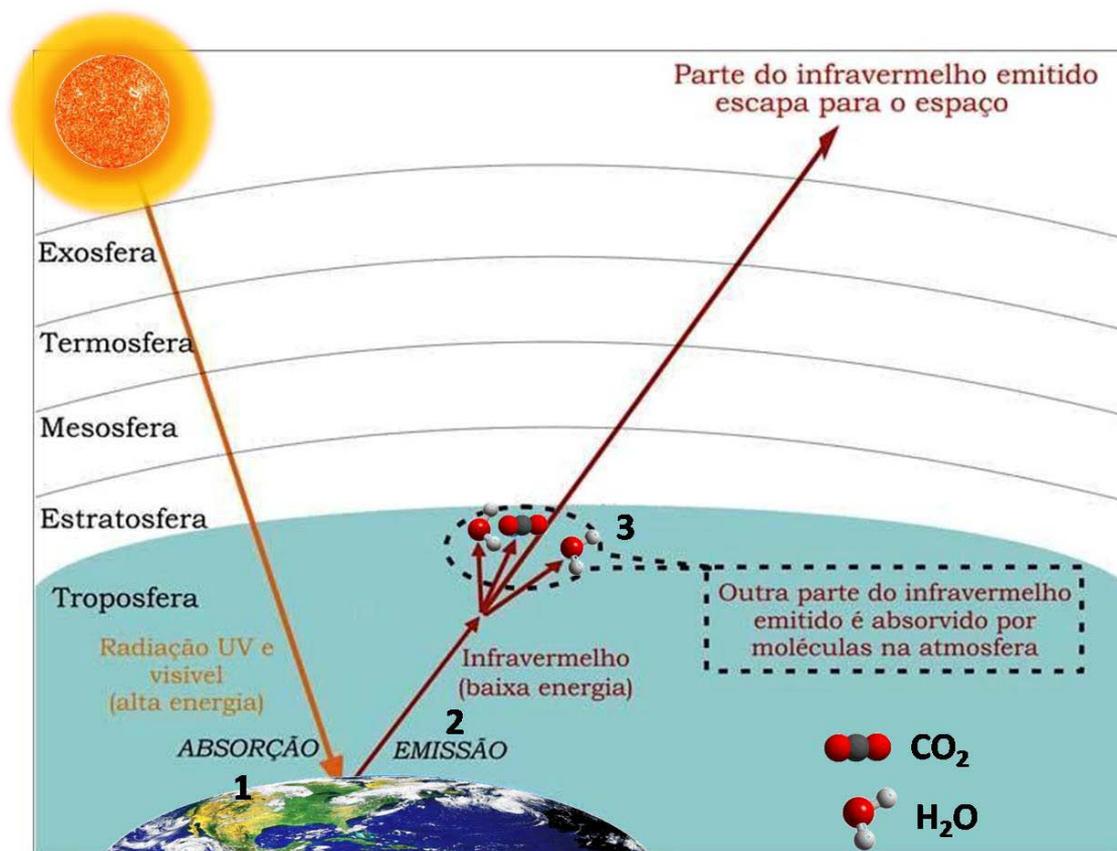


Figura 55: Esquema dos processos que ocorrem no Efeito Estufa.

- (1). Nesta etapa do processo, a pequena parcela da radiação ultravioleta (UV), que ainda consegue atingir a superfície da Terra, e a luz visível (vis) são absorvidas pelos elétrons de um corpo ou substância que se encontra na superfície terrestre. Os elétrons, por sua vez, se excitam (energizam) e migram para níveis mais energéticos e, que ao decaírem para o nível fundamental, liberam fótons:

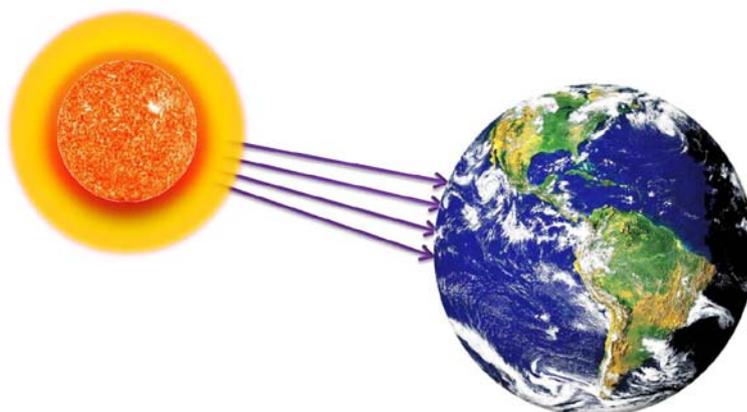


Figura 56: Radiação solar incidindo na superfície da Terra e sendo absorvida pelos elétrons constituintes dos corpos e ou substâncias.

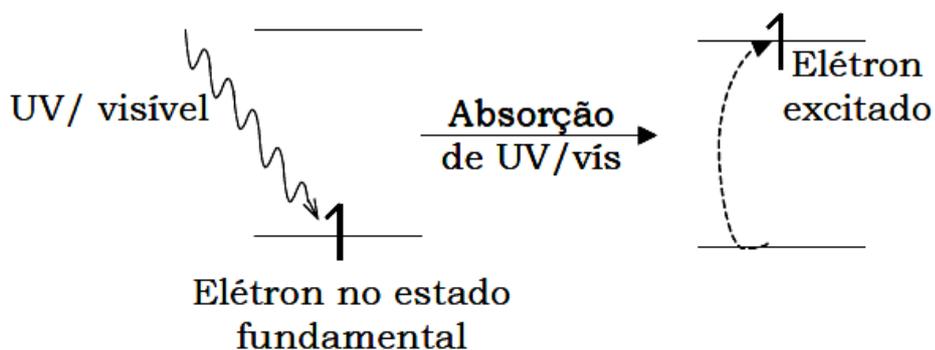


Figura 57: Os elétrons se excitam (energizam) e migram para níveis mais energéticos.

(2). Nesta segunda etapa, a radiação que foi absorvida é emitida na forma de radiação infravermelha devido à liberação de fótons no decaimento dos elétrons para o nível fundamental:

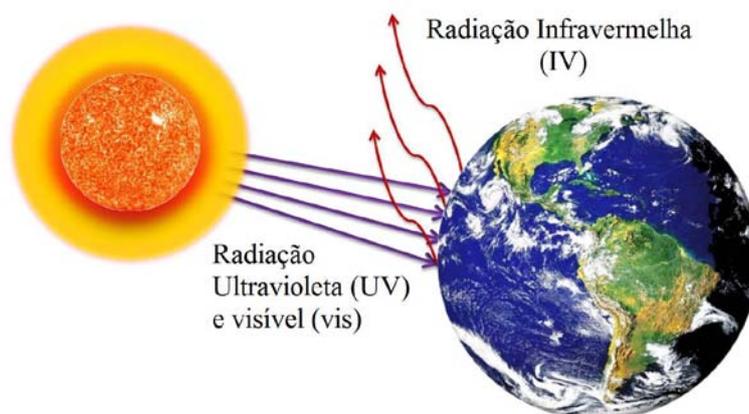


Figura 58: Após absorver a radiação solar e ser aquecida, a superfície da Terra emite radiação infravermelha (térmica).

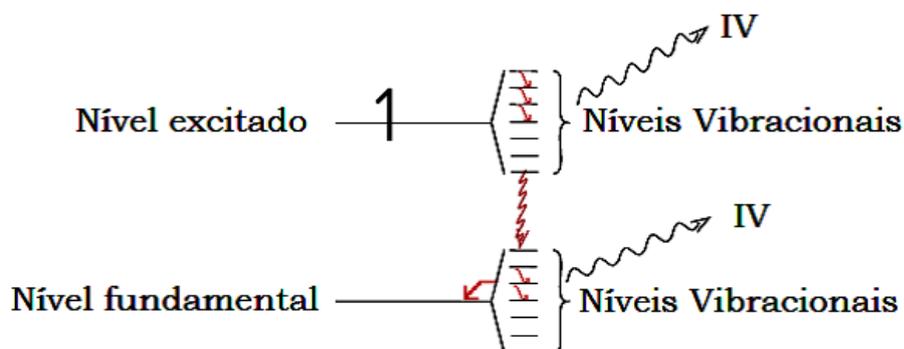


Figura 59: A radiação que foi absorvida é emitida na forma de radiação infravermelha devido à liberação de fótons no decaimento dos elétrons para o nível fundamental.

- (3). Nesta terceira etapa a radiação infravermelha emitida interage com as moléculas de gases presentes na atmosfera. Esta interação provoca um aumento de energia cinética média destas moléculas (movimentos de vibração, rotação e translação) excitando (energizando) os elétrons das moléculas e promovendo-os para níveis mais energéticos. Ao retornarem para os níveis de origem, liberam a energia absorvida na forma de fótons caracterizando a re-emissão da radiação infravermelha. O efeito macroscópico disto é um aumento na temperatura do sistema que contém estas moléculas:

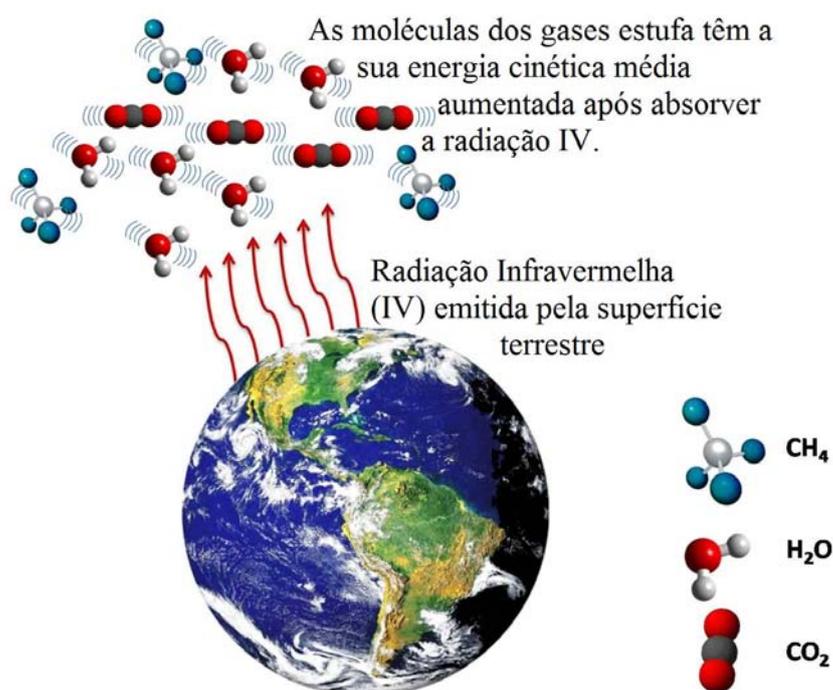


Figura 60: Radiação infravermelha emitida pela Terra e depois sendo absorvida pelos gases do efeito estufa.

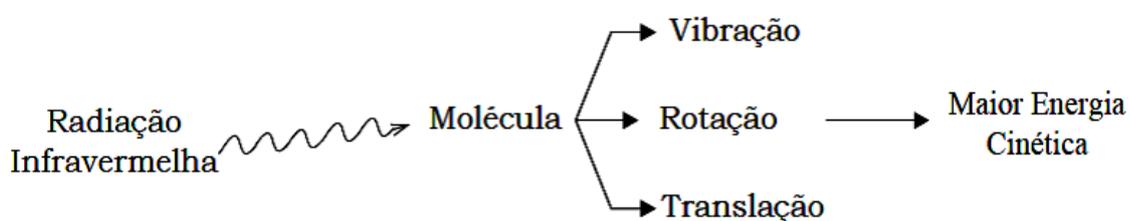


Figura 61: A radiação infravermelha emitida interage com as moléculas de gases presentes na atmosfera provocando um aumento na energia cinética média destas moléculas (movimentos de vibração, rotação e translação).

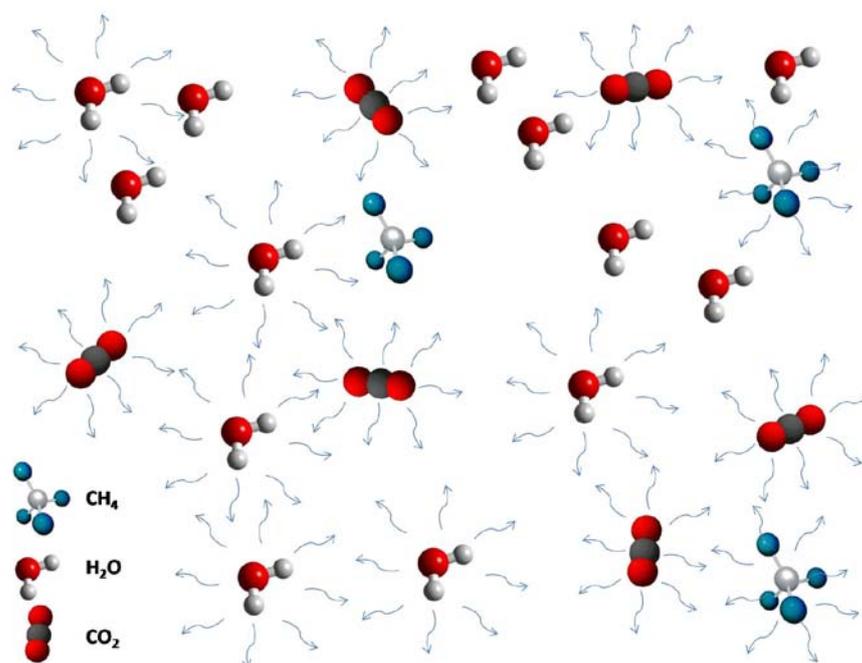


Figura 62: As moléculas dos gases estufa após terem a sua energia cinética média aumentada devido a absorção da radiação emitida pela superfície da Terra, re-emitem a radiação infravermelha para todas as direções. Como consequência, aumenta a temperatura do sistema que as contém.

5 CONCLUSÃO

Ao analisar os livros didáticos quanto a uma possível aprendizagem significativa frente aos problemas ambientais mais emergentes como o “Efeito Estufa”, verificamos que a maioria deles possui “significado lógico” e “psicológico”. Nos livros, o significado psicológico pôde ser observado por meio de uma imagem ou uma figura caricata (charges) fortemente relacionada ao tema a ser estudado; atividades de pesquisa ou de cunho experimental; um pequeno texto; uma frase ou um questionamento “chamativo”, ou seja, uma afirmação ou mesmo uma pergunta que chamava a atenção do aluno para o tema a ser estudado. De forma sistemática, quase todos os livros apresentaram erros e omissões, ainda que de modo desigual. O conceito de “calor” é aquele que mais se apresentou de forma contraditória, em contrapartida, quase todos os livros analisados se mostraram coerente na relação entre imagens e o texto. Dos livros analisados, aqueles que não se mostraram potencialmente significativos, embora possuíssem algum significado lógico, falharam quanto ao significado psicológico carecendo totalmente de atividades experimentais e de pesquisa que levasse o aluno a reformular as suas concepções alternativas.

O instrumento de análise dos livros foi bastante objetivo e permitiu tirar algumas conclusões:

- No que respeita à dimensão **Concepções na Aprendizagem**, a maioria dos livros apresentaram atividades que podem ajudar os alunos a ultrapassar as concepções alternativas referenciando-as sempre que oportuno.
- Quanto à dimensão **História da Ciência**, verificamos que os livros não demonstraram a preocupação em fazer referências ao papel da

comunidade científica embora, a maioria deles, abordaram a ciência numa perspectiva de um processo social em construção.

- No que respeita à dimensão **Formas de Comunicação**, há aspectos positivos a destacar como sejam, por exemplo: a coerência entre as imagens e o texto, o fato da linguagem verbal escrita empregue em quase todos os livros se revelarem simples e clara e, também, a simbologia se mostrar rigorosa estando de acordo com a norma internacional ISO-31, ou seja, os símbolos das grandezas estavam escritos em itálico.
- No que se refere à dimensão **Estrutura**, não se observou diferenças significativas entre os livros que tiveram a preocupação de contemplar diversos aspectos favoráveis tais como o fato de apresentarem um índice geral, uma bibliografia, a presença de textos complementares sobre temas tratados, questões para ilustração de conceitos e para a consolidação de aprendizagem além de questões de auto-avaliação. Contudo, os autores poderiam ter incluído ou explorado mais alguns facilitadores técnicos e pedagógicos como o uso de um índice remissivo, um glossário, a apresentação de uma síntese das idéias-chave no final de cada unidade temática e uma revisão de pré-requisitos necessários à aprendizagem.
- Finalmente, no que se refere à dimensão **Abordagem do Efeito Estufa**, apenas dois livros se destacaram dos demais: Livro 6 – Física Conceitual; Livro 11 – Física e Realidade. Embora o tema tenha sido abordado com certa profundidade, ainda se mostrou incompleto principalmente no que diz respeito às explicações detalhadas dos processos envolvidos e nas ilustrações sobre o efeito estufa.
- Para os demais livros, e de maneira geral, o tema foi abordado muito superficialmente sem a mínima preocupação em apresentar a descrição dos processos envolvidos, figuras ou esquemas corretos e adequados, a distinção entre o efeito natural e o “maléfico”, não houve a diferenciação na contribuição que cada gás do efeito estufa exerce sobre o fenômeno além de não haver uma discussão quanto às incertezas nas mudanças do efeito estufa e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Sabedores de que a intenção de se utilizar um instrumento único de análise da qualidade dos livros de uma disciplina científica, seja esta qual for, é uma tarefa complicada e utópica, utilizamos este instrumento e apresentamos os resultados a partir dele. Com isso pretendemos promover uma análise crítica construtiva sobre a forma de analisar as potencialidades didáticas dos livros de Física. Esperamos que esta análise conjunta contribua para que os livros de Física venham a desempenhar melhor o seu papel de facilitadores do enriquecimento conceitual dos alunos. A finalidade é que os livros, no futuro, proporcionem mais e melhores capacidades aos alunos e contribuam para uma imagem epistemologicamente mais correta das ciências físicas em particular.

6 BIBLIOGRAFIA

6.1 BIBLIOGRAFIA CITADA

AUSUBEL, D. P.; **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H.; **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BAIRD, C.; **Química Ambiental**. 2ª edição, 2002.

CHARLSON, R. J., WIGLEY, T. M. L.; **Sulfate aerosol and climatic change – Scientific American**, p. 28-35, February 1994.

CIFUENTES, L. et al.; **Hidden health benefits of greenhouse gas mitigation – Science**, v. 293, p. 1257-1259, August 2001.

COSTA, ALICE SCHERER DA; **Desenvolvimento de uma proposta para o ensino de hidrostática voltada para a aprendizagem significativa**. Dissertação – Porto Alegre: PUCRS, 2007, p. 1-82.

FILHO, A. G.; TOSCANO, C.; **Física & Realidade** – São Paulo: Editora Scipione, 2002. – (Série Parâmetros).

FREIRE¹, J. B.; **Educação de corpo inteiro: teoria e prática da Educação Física**. Scipione – São Paulo 1989.

FREIRE², P.; **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa**. 27ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2000.

HARRIES, J. E.; **Physics of the Earth's energy balance, Contemporary Physics**, p. 309-322, vol. 41, n° 5, 2000.

IPCC, TECHNICAL SUMMARY of the Working Group I Report, 2001. **IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change**: <http://www.ipcc.ch>.

ISO – **Standards Handbook: Quantities and units**. 3rd ed., International Organization for Standardization, Geneva, 1993, 345 p.

LUTGENS, F.K. e TARBUCK, E.J.; **The atmosphere**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 7ª ed. – 1998.

MARQUES, MARIO OSÓRIO.; **Conhecimento e modernidade em reconstrução**. Unijuí, 1993, p. 42.

MITCHELL, J.; **The greenhouse effect and climate change – Reviews of Geophysics**, p. 117, fev.1989.).

MOREIRA, M. A. (1999). **Aprendizagem Significativa**. Coleção Publicações Acadêmicas do CESPE/UnB. Série Fórum Permanente de Professores. Brasília: Editora da Universidade de Brasília.

MOREIRA, M. A. (2005); **Aprendizagem Significativa Crítica** – Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre.

MOREIRA, M. A.; (2000); **Aprendizagem Significativa Subversiva** – Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Peniche, Portugal – 11 a 15 de setembro de 2000. Página 35

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S.; **Aprendizagem Significativa, A Teoria de David Ausubel** - Editora Moraes - São Paulo (1982).

MOREIRA, M. A.; **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999. 195 p.

MOREIRA, M. A.; **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983, p. 1-189.

NEVES, P.; VALADARES, J. A.; **O contributo dos manuais de Física para o enriquecimento conceptual dos alunos (“The contribution of Physics’ manuals to conceptual enrichment of students”)** – II Encontro Iberoamericano sobre Investigação Básica em Educação em Ciências, Burgos, Espanha, setembro de 2004.

NOVAK, J. D.; GOWIN, R.; (1984) – **Aprender a Aprender** – Plátano Edições Técnicas – Lisboa. Página 23.

PAULO, I. J. C.; **A aprendizagem significativa crítica de conceitos da mecânica quântica segundo a interpretação de Copenhague e o problema da diversidade de propostas de inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio** – Tese de doutorado, Universidade de BURGOS / Espanha; Setembro, 2006.

POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C.; (1969) – **Teaching as a subversive activity** – New York – Dell Publishing Co.

RAMANATHAN, V.; BARKSTRM, B. R.; HARRISON, E. F.; **Climate and the earth's radiation budget** – *Physics Today*, p. 22-32, May 1989.

SEINFELD, J. H.; **Atmospheric chemistry and physics of air pollution** – 1ª ed. USA: John Wiley & Sons, 1986.

SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N.; **Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change**, J. Wiley, New York, 1998.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E.; **Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula** – *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v. 25, n. 3: p. 383-396, dez. 2008.

SILVERSTEIN, R. M.; BASSLER, G. C. e MORRILL, T. C.; **Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos** – 3ª ed. Rio de Janeiro, 1979.

SOLOMONS, T. W. G.; **Química Orgânica 1** – 6ª ed. Rio de Janeiro, 1996.

TAVARES, R.; (2004) – **Aprendizagem Significativa** – *Revista Conceitos* - Nº 55; Página 10. Disponível em: http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v13/cec_v13-1_m318229.pdf.

TAVARES, R.; (2005) – **Animações interativas e mapas conceituais**. Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física – 2005

TAVARES, R.; (2008) – **Aprendizagem significativa e o ensino de ciências**. *Ciências e Cognição*. Páginas: 13, 94-100. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org>.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, F. A.; **Física II – Termodinâmica e Ondas**. 10^a. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2006.

6.2 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

FILHO, A. G.; TOSCANO, C.; **Física & Realidade** – São Paulo: Editora Scipione, 2002. – (Série Parâmetros).

NEVES, P.; VALADARES, J. A.; **O contributo dos manuais de Física para o enriquecimento conceptual dos alunos (“The contribution of Physics’ manuals to conceptual enrichment of students”)** – II Encontro Iberoamericano sobre Investigação Básica em Educação em Ciências, Burgos, Espanha, setembro de 2004.

PAULO, I. J. C.; **A aprendizagem significativa crítica de conceitos da mecânica quântica segundo a interpretação de Copenhague e o problema da diversidade de propostas de inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio** – Tese de doutorado, Universidade de BURGOS / Espanha; Setembro, 2006.

SILVA, C. N.; **A discussão do Efeito Estufa nos livros de Química do Ensino Médio e Superior** – Monografia apresentada junto à disciplina Estágio / Monografia em ensino de química – Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais; Novembro, 2006.

SILVA, L. F.; CARVALHO, L. M. DE; **A temática ambiental e o processo educativo: O ensino de Física a partir de temas controversos.** – **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial, novembro de 2007.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E.; **Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula** – **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 25, n. 3: p. 383-396, dez. 2008.

XAVIER, M. E. R.; KERR, A. S.; **A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos.** In: **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**. Florianópolis, v. 21, n. 3, dez 2004, p. 325-349.