

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

JAN TORRES LIMA

A contextualização da astronomia no ensino da termodinâmica

Porto Alegre

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

JAN TORRES LIMA

Dissertação realizada sob orientação da Prof^a Dr^a. Daniela Pavani Borges e do Prof^o Dr. Fernando Lang da Silveira, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre
2016

AGRADECIMENTOS

À professora Daniela Pavani pelas reuniões, sugestões e contribuições que resultaram no produto educacional apresentado nesta dissertação;

Ao professor Fernando Lang pelos ensinamentos e disponibilidade de esclarecer dúvidas;

À professora Eliane Veit pela presteza em resolver problemas;

A todos os professores MPEF pelas excelentes aulas ofertadas;

Ao colega Jeferson Barp pelas ideias que originaram na proposta desta dissertação.

Aos colegas do mestrado profissional pelas inúmeras conversas, almoços, cafés e churrascos realizados.

À minha esposa pelo companheirismo, apoio e compreensão despendidos ao longo da minha trajetória acadêmica, compartilhando dificuldades e êxitos.

RESUMO

Um dos desafios dos professores de física do ensino médio é realizar práticas que despertem o interesse dos alunos pelas aulas. O uso de tecnologias da informação e comunicação (TIC's), a apresentação de experimentos e de temas interessantes, como a astronomia são excelentes estratégias. Entretanto, nem sempre professores dispõem de tempo ou conhecimento para realizá-las. Desta forma, contextualizamos a astronomia dentro dos conteúdos de termodinâmica, desenvolvendo um produto educacional composto por: i) slides, vídeos, animações e simulações; ii) apostilas dos alunos; iii) guias pedagógico de orientação ao professor. O referencial teórico adotado foi a aprendizagem significativa de Ausubel. Nela, a aprendizagem ocorre quando uma nova informação se relaciona com conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz de modo não-literal e não-arbitrário. Uma das condições para se aprender significativamente é a predisposição do aprendiz em relacionar a nova informação com outra relevante da sua estrutura cognitiva. Este produto educacional foi aplicado em alunos do segundo ano do ensino médio da escola estadual Jardim Planalto, do município de Esteio-RS, de setembro a dezembro de 2014, totalizando dezoito períodos. A avaliação dos alunos ocorreu ao longo da aplicação do produto, utilizando questões, exercícios e mapas conceituais existentes nas apostilas. Para investigar se os alunos aprenderam significativamente, aplicamos um teste final de concepções alternativas em termodinâmica e astronomia e propomos a construção de um mapa conceitual em grupo. Os resultados obtidos demonstraram que o uso de temas que despertam a curiosidade dos alunos, como astronomia, aliados ao uso tecnologias de informação e comunicação, demonstração de experimentos e apostilas aumentam o interesse e conseqüentemente a participação dos alunos nas atividades propostas em sala de aula.

Palavras-chave: Astronomia; Aprendizagem Significativa, Termodinâmica.

ABSTRACT

One of the challenges of high school physics teachers is to develop practices that increase the interest of students by the classes. Some excellent strategies are the use of information and communication technologies, presentation of experiments and the interesting themes, like the astronomy. However, teachers often don't have time or knowledge in astronomy to plan and carry them out. Thus, we contextualize astronomy in the thermodynamic contents to develop an educational product consisting of: i) slides, videos, animations and simulations; ii) student handouts; iii) teacher support guides. The theoretical framework adopted was the Theory of Meaningful Learning (David Ausubel). According to it, learning occurs when new information is integrated into the previous concepts of learner's cognitive structure in a non-arbitrary and non-literal fashion. One of the conditions for meaningful learning is the learner's predisposition to relate new information with other relevant of their cognitive structure. This educational product was applied in the second year students of high school Jardim Planalto in Esteio-RS (Brazil) from September to December 2014, totaling 18 class periods. Student's evaluation occurred during the implementation of the educational product using questions, exercises and conceptual maps contained in the booklets. To check if students have learned significantly, we apply a final test of alternative conceptions in thermodynamics and astronomy and we propose the construction of a conceptual map in student groups. The results showed that the use of themes that awaken the curiosity of students, such as astronomy, combined with the use of information technologies and communication, presentation of experiments and booklets increase the interest and participation of students in activities proposed in class.

Keywords: Astronomy; Meaningful Learning; Thermodynamics

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Organizador prévio – Relação entre temperatura e agitação.....	31
Figura 2: Organizador prévio – Escalas e instrumentos de temperatura.....	32
Figura 3: Organizador prévio – Relação entre temperatura e dilatação térmica.	33
Figura 4: Organizador prévio – Relação entre energia, temperatura e calor.....	34
Figura 5: Organizador prévio – Absorção de energia por sólidos e líquidos	35
Figura 6: Organizador prévio – Transformações termodinâmicas.....	36
Figura 7: Organizador prévio – Primeira lei da termodinâmica.....	37
Figura 8: Organizador prévio – Segunda lei da termodinâmica.....	37
Figura 9: Teoria da assimilação	38
Figura10: Produto educacional – Apostila dos alunos.....	57
Figura11: Produto educacional - Slides.....	58
Figura12: Organizador prévio - Temperatura	60
Figura 13: Simulação PHET: Estados da matéria	61
Figura 14: Copos de água com corante	62
Figura 15: Constelação de escorpião	66
Figura 16: Organizador prévio – Escalas de temperatura	67
Figura 17: Experimento sensação térmica	68
Figura 18: Objetos com diferentes temperaturas	71
Figura 19: Experimento lâmpada caseira	72
Figura 20: Espectro estelares.....	73
Figura 21: Animação: Por que o Sol expandirá?	81
Figura 22: Etapas de evolução estelar de estrelas com diferentes massas	82
Figura 23: Organizador prévio – calor	87
Figura 24: Simulação - Fusão nuclear do hidrogênio em hélio.....	92
Figura 25: Estrutura interna do Sol.....	92
Figura 26: Organizador prévio – Absorção de energia por sólidos e líquidos	95
Figura 27: Processos de mudança do estado físico da água	96
Figura 28: Distorção das linhas de campo magnético do Sol.....	99
Figura 29: Estrela Cefeida.....	101
Figura 30: Organizador prévio – Transformações termodinâmicas.....	102
Figura 31: Simulação PHET – Propriedades dos gases	103
Figura 32: Animação estrela cefeida.	106

Figura 33: Ordem cronológica do Big Bang	108
Figura 34: Organizador prévio – Primeira lei da termodinâmica.....	110
Figura 35: Máquina térmica.....	112
Figura 36: Animações dos processos de transferência de energia	118
Figura 37: Organizador prévio de calor	118
Figura 38: Organizador prévio da primeira lei da termodinâmica	119
Figura 39: Ilustração transformações termodinâmicas.....	120
Figura 40: Organizador prévio da segunda lei da termodinâmica.	120
Figura 41: Organizador prévio da segunda lei da termodinâmica.	121
Figura 42: Mapa conceitual grupo 1	125
Figura 43: Mapa conceitual grupo 2	127
Figura 44: Mapa conceitual grupo 3	128
Figura 45: Mapa conceitual grupo 4	129
Figura 46: Mapa conceitual grupo 5	130
Figura 47: Mapa conceitual grupo 6	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Lista de artigos consultados	14
Tabela 02 – Concepções prévias de temperatura e calor	50
Tabela 03 – Concepções prévias de características de estrelas.....	50
Tabela 04 – Descrição dos encontros	53
Tabela 05 – Vídeos de experimentos.....	117
Tabela 06 – Distribuição de frequências por questão das alternativas de termodinâmica.....	122
Tabela 07 – Distribuição de frequências por questão através das alternativas de astronomia.....	124

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 ESTUDOS RELACIONADOS.....	14
2.1 Astronomia no ensino médio.....	16
2.2 Astronomia como estratégia de motivação dos alunos	21
2.3 Ensino de astronomia	23
2.4 Considerações	25
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	27
3.1 O cognitivismo.....	27
3.2 Cognitivismo e aprendizagem significativa.....	28
3.3 Conceitos	28
3.4 Subsunçores	29
3.5 Organizadores prévios	30
3.5.1 Organizador Prévio – Temperatura.....	31
3.5.2 Organizador Prévio – Escalas de temperatura	32
3.5.3 Organizador Prévio – Dilatação térmica	32
3.5.4 Organizador Prévio – Calor e energia.....	33
3.5.5 Organizador Prévio – Absorção de energia por sólidos e líquidos.....	34
3.5.6 Organizador Prévio – Transformações termodinâmicas	35
3.5.7 Organizador Prévio – Primeira e segunda lei da termodinâmica	36
3.6 Teoria da assimilação	38
3.7 Formas de aprendizagem	39
3.7.1 Aprendizagem subordinada	39
3.7.2 Aprendizagem superordenada.....	41
3.7.3 Aprendizagem combinatória	42
3.8 Diferenciação progressiva e reconciliação integradora.....	43
3.9 Transposição didática	46
4 METODOLOGIA.....	49
4.1 Contexto da escola	49
4.2 Pré - teste.....	49
4.3 Estratégias de aprendizagem.....	51
4.3.1 Apresentação do tema introdutório de astronomia	51
4.3.2 Investigação ou retomada dos conhecimentos prévios	51

4.3.3 Apresentação do organizador prévio	52
4.3.4 Desenvolvimento dos conteúdos	52
4.3.5 Retomada do tema introdutório.....	52
4.3.5 Realização de exercícios e mapas conceituais.....	52
4.4 Características dos encontros.....	52
4.4.1 Encontro <i>Como surgem as estrelas?</i>	53
4.4.2 Encontro <i>Estrelas possuem cores?</i>	54
4.4.3 Encontro <i>Por que o Sol expandirá?</i>	54
4.4.4 Encontro <i>Como a energia produzida pelo Sol chega até a Terra?</i>	54
4.4.5 Encontro <i>Por que Sol possui manchas?</i>	55
4.4.6 Encontro <i>O que são estrelas cefeidas?</i>	56
4.4.7 Encontro <i>Estrelas: fábricas de elementos químicos?</i>	56
4.5 Produto educacional	57
4.6 Descrição dos encontros.....	58
4.6.1 Encontro - Como surgem as estrelas?.....	58
4.6.2 Encontro – Estrelas possuem cores?	65
4.4.3 Encontro – Por que o Sol expandirá?	75
4.6.4 Encontro – Dilatação térmica.....	83
4.6.5 Encontro – Como a energia produzida pelo Sol chega até a Terra?	85
4.6.6 Encontro – Por que o Sol possui manchas?	94
4.6.7 Encontro – O que são estrelas cefeidas?	100
4.6.8 Encontro – Estrelas: fábricas de elementos químicos?	108
4.6.9 Avaliação	115
4.7 Alterações no produto educacional	116
5 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM E RESULTADOS	122
5.1 Teste final de concepções alternativas	122
5.2 Avaliação das concepções alternativas em termodinâmica	122
5.3 Avaliações das concepções alternativas em astronomia.....	124
5.4 Elaboração de mapas conceituais	125
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	133
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
APÊNDICE A - APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	139
APÊNDICE B – SLIDES ELABORADOS	140
APÊNDICE C – APOSTILA DOS ALUNOS.....	200

APÊNDICE D – GUIAS PEDAGÓGICO DE ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR.....	272
APÊNDICE E – MAPAS CONCEITUAIS.....	352
APÊNDICE F – PALAVRAS CRUZADAS	359
APÊNDICE G – FORMULÁRIO PRÉ-TESTE	361
APÊNDICE H – FORMULÁRIO TESTE FINAL.....	362

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios dos professores de física do ensino médio é motivar os alunos a estudar. Na minha prática docente observo que o desinteresse pelos estudos muitas vezes tem como causa a variedade de opções de diversão e atrativos tecnológicos (celulares, vídeo games, filmes, etc) disponíveis aos alunos. Isto faz com que o espaço da sala de aula se torne um lugar sem graça. Referente aos aspectos cognitivos, a dificuldade dos alunos em interpretar textos também contribui muitas vezes para que eles deixem de realizar as atividades, por não compreenderem o que está sendo solicitado. Podemos ainda incluir a dificuldade de desenvolverem o raciocínio lógico em matemática. No que diz respeito aos professores, a forma como as aulas são lecionadas pode também desestimular os estudantes.

Ricardo e Freire (2007) compartilham algumas destas ideias. Para eles, mesmo que a física não se reduza ao uso da matemática, ela ainda é obstáculo de aprendizagem para muitos alunos. Os autores também destacam que não há uma diferenciação clara entre física e matemática para os alunos. Esta visão muitas vezes é causada pela maneira como a física é abordada pelos professores (às vezes de outras áreas) nas aulas (teóricas e com uso excessivo de fórmulas), ou então pela forma como ela é apresentada em alguns livros didáticos.

Em contrapartida, minha prática docente também tem mostrado que é possível criar estratégias que despertem o interesse dos alunos. De acordo com os relatos de meus estudantes, o que torna as aulas muitas vezes “divertidas” é a forma diversificada como os conteúdos são apresentados. Algumas estratégias que frequentemente utilizo e geram resultados muito positivos são o uso de tecnologias da informação e comunicação (TIC’s) (simulações, vídeos, animações, aquisição de dados), a apresentação de experimentos e a inserção de temas que despertem sua curiosidade, como a astronomia. Por que não formalizar esta contextualização nos conteúdos da física do ensino médio?

Uma das contribuições da astronomia para o ensino de física é o seu caráter universal e interdisciplinar, bem como o seu alto grau de popularização.

O papel da astronomia inclui promover no público o interesse, a apreciação e a aproximação pela ciência geral. [...] Entendemos que a astronomia é especialmente apropriada para motivar os alunos e aprofundar conhecimentos em diversas áreas, pois o ensino de astronomia é altamente interdisciplinar. (LANGUI, 2013, p. 108).

Langui (2013) destaca ainda as variadas opções de trabalhos possibilitadas pela astronomia, sejam teóricas ou práticas. Outra vantagem dela é o fato de trabalhar com o imaginário dos alunos, proporcionando as abstrações. O ensino de física não pode estar restrito apenas à contextualização dos fenômenos cotidianos, devendo também contemplar as abstrações de eventos existentes no Universo, haja vista o seu caráter científico. Segundo Stephen Hawking “restringir nossa atenção a questões terrestres seria limitar o espírito humano” (COMINS, 2010 apud HAWKING).

Langhi (2009) também destaca que o ensino de astronomia ainda carece de iniciativas na esfera formal que o difundam no ensino de ciências. Nos PCN + (BRASIL, 1999), destaca-se o tema Universo, Terra e Vida, contemplando assuntos relacionados à astronomia. Mas de que modo este tema vem sendo desenvolvido nas aulas de física? Segundo Langhi (2009), não existe um currículo focado no ensino de astronomia, resultando muitas vezes em dificuldades dos professores em ensiná-la e aprendê-la. Como consequência, temos a propagação de erros conceituais, concepções alternativas ou uso de mitos e crenças na explicação de fenômenos astronômicos.

Outra dificuldade encontrada para contextualização da astronomia é falta de tempo dos professores para planejamento. Mesmo existindo uma boa quantidade de publicações e textos de astronomia voltados para o ensino de física, na maioria das vezes os professores não dispõem de tempo suficiente para adequá-los às suas práticas. Baseado nestas premissas realizamos os seguintes questionamentos: Desenvolver materiais que contextualizem a astronomia poderá auxiliar professores a realizarem práticas mais diversificadas em sala de aula? Estas novas práticas podem despertar o interesse dos alunos pelas aulas de física?

Desta forma, apresentamos a proposta desta dissertação. Contextualizar a astronomia nos conteúdos de termodinâmica do ensino médio. Para concretização deste objetivo desenvolvemos um produto educacional possível de ser aplicado por outros professores em suas aulas de física do ensino médio. Em momento algum procuramos substituir os conteúdos programáticos do currículo de física. Nossa

proposta consistiu em confeccionar materiais que enriqueçam a explicação dos professores, motivem os alunos a estudarem e ofereçam mais significados às teorias da física.

No Capítulo 2 realizamos a revisão bibliográfica, analisando artigos e dissertações já apresentadas neste mestrado profissional em ensino de física que contextualizaram a astronomia em atividades de ensino de física.

No Capítulo 3 apresentamos o referencial teórico adotado em nosso produto educacional, a aprendizagem significativa de David Ausubel, esclarecendo de que modo a utilizamos na elaboração e aplicação do produto educacional.

No Capítulo 4 apresentamos características da escola e dos alunos onde o produto educacional foi aplicado, as estratégias de aprendizagem utilizadas, a descrição da aplicação produto educacional ao longo dos encontros com os alunos e as correções realizadas.

No Capítulo 5 descrevemos os instrumentos de avaliação de aprendizagem, as respostas apresentadas pelos alunos e suas respectivas análises.

No Capítulo 6 apresentamos as considerações finais da aplicação do produto educacional, bem como os aspectos positivos e negativos observados.

2 ESTUDOS RELACIONADOS

Existem diversos autores desenvolvendo práticas voltadas à inserção da astronomia na educação básica. Em nossa revisão da literatura buscamos publicações que apresentassem práticas e materiais de astronomia relacionados a conceitos físicos trabalhados no ensino médio e/ou fundamental, associados ou não a apresentação de estratégias didáticas. Nossa revisão abrangeu publicações de 2006 a 2013, se restringindo aos periódicos *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *Física na Escola* e *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Também foram consultados as dissertações do *Mestrado Profissional em Ensino de Física - PPG de Ensino de Física da UFRGS*. Com o objetivo de facilitar suas análises, classificamos as publicações em três categorias:

- Astronomia no ensino médio;
- Astronomia como estratégia de motivação dos alunos;
- Ensino de astronomia.

Tabela 01 – Lista de artigos consultados

	ANO	REFERÊNCIA	CATEGORIA	RESUMO
1	2006	NEITZEL, C. L. V. Aplicação da Astronomia ao Ensino de Física com Ênfase em Astrobiologia. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.	Astronomia no ensino médio.	O trabalho elabora uma sequência didática que busca discutir a origem da vida no Universo, utilizando a astronomia como base, ao mesmo tempo em que trabalha conceitos da física do ensino médio.
2	2006	SCHMITT, C. E. O uso da Astronomia como instrumento para a introdução ao estudo das radiações eletromagnéticas no ensino médio. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.	Astronomia no ensino médio/ Astronomia como estratégia de motivação.	O trabalho elabora uma sequência didática voltada ao estudo das radiações eletromagnéticas e de conceitos da física moderna, partindo de situações da astronomia.
3	2007	UHR, A. P. O Sistema Solar – Um Programa de Astronomia para o Ensino Médio. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.	Astronomia no ensino médio.	O trabalho consiste em programa de astronomia aos alunos do 3º ano do ensino médio, dividido em três módulos.

4	2007	KEMPER, E. A Inserção de Tópicos de Astronomia Como Motivação Para o Estudo da Mecânica em Uma Abordagem Epistemológica Para o Ensino Médio. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.	Astronomia no ensino médio/ Astronomia como estratégia de motivação.	O trabalho utiliza a astronomia como fundamento para apresentar aspectos da história, da filosofia da ciência e dos conteúdos da mecânica.
5	2009	DAMASIO, F.; MORO, S.; PACHECO, V. Buracos nem tão negros assim. Física na Escola, 2009.	Ensino de Astronomia	O trabalho apresenta uma retrospectiva histórica das teorias da física que levaram a descoberta dos buracos negros, caracterizando-os.
6	2010	OURIQUE, P. A. O.; GIOVANNINI, O.; CATELLI, F. Fotografando estrelas com uma câmera digital. Revista Brasileira de Ensino de Física.	Astronomia no ensino médio/ Ensino de astronomia	O trabalho apresenta uma atividade prática para determinar a temperatura da superfície de estrelas, a partir da análise da cor de seus brilhos, utilizando fotos digitais.
7	2010	LONGHINI, M. D.; MENEZES, L. D. D. Objeto virtual de aprendizagem no ensino de Astronomia: algumas situações problemas propostas a partir do software <i>Stellarium</i> . Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 27, n. 3, p 4332010.	Ensino de astronomia	O artigo propõe seis atividades de ensino de astronomia utilizando o software <i>Stellarium</i> .
8	2010	STASINSKA, G. Por que as estrelas são importantes para nós? Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2010.	Ensino de astronomia.	A autora apresenta a astronomia sob uma perspectiva histórica, destacando a importância da astronomia na evolução da humanidade.
9	2010	DEBOM, C. R. O Aprendizado da Astronomia e das Ciências Afins com a Mediação da Observação Rudimentar e da Imagem Astronômica. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.	Astronomia no ensino médio.	O trabalho apresenta um curso de extensão de astronomia desenvolvido em módulos, voltado para alunos do ensino médio, partindo de situações que envolvam a observação rudimentar e imagens.
10	2011	FERNANDES, S. S.; VIANNA, D. M. Da arca de Noé à Enterprise: uma atividade investigativa envolvendo o sistema métrico. Física na Escola, 2011.	Astronomia no ensino médio.	O trabalho apresenta estratégias de trabalhar unidades de medidas com alunos do primeiro ano do ensino médio, a partir de cataclismos como o dilúvio e a possível queda de um asteroide na Terra.

11	2011	AROCA, S. C.; SILVA, C. C. Ensino de astronomia em um espaço não formal: observação do Sol e de manchas solares. Revista Brasileira de Ensino de Física.	Ensino de astronomia	O trabalho apresenta os resultados de um minicurso ministrado a alunos do ensino fundamental no Observatório Astronômico do CDCC da USP, identificando e esclarecendo concepções prévias sobre o Sol.
12	2012	SANTOS, A. J. J.; VOELZKE, M. R.; ARAÚJO, M. S. T. O Projeto Eratóstenes: a reprodução de um experimento histórico como recurso para a inserção de conceitos da Astronomia no Ensino Médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2012.	Astronomia no ensino médio/ Astronomia como estratégia de motivação.	O trabalho apresenta os resultados do projeto Eratóstenes, desenvolvido em diversos países com alunos do ensino médio, para determinar o raio da Terra.
13	2012	MORETTI, R. L. Construção e aplicação de um material didático para inserção da Astronomia no Ensino Médio: uma proposta baseada nos referenciais curriculares do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.	Astronomia no ensino médio.	O trabalho apresenta atividades baseadas no ensino por investigação, tendo como referencial curricular as lições do Rio Grande.
14	2012	ANDRADE, M. H. Exoplanetas como tópico de Astronomia motivador e inovador para o ensino de Física no Ensino Médio. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.	Astronomia no ensino médio/ Astronomia como estratégia de motivação.	Dissertação de mestrado que desenvolveu materiais para trabalhar o tema de exoplanetas com alunos do terceiro ano do curso técnico de informática.
15	2013	HORVATH, J. E. Uma proposta para o ensino da astronomia e astrofísica estelares no Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física.	Astronomia no ensino médio.	O autor apresenta conceitos de astrofísica possíveis de serem ensinados na física do ensino médio.

Fonte: Elaborado pelo autor

2.1 Astronomia no ensino médio

Classificamos nesta categoria as publicações que desenvolveram práticas de astronomia voltadas ao ensino médio. Nela, procuramos identificar de que modo estas práticas foram realizadas e quais conteúdos de astronomia foram trabalhados. Encontramos onze publicações.

Debom (2010) apresentou na sua dissertação de mestrado um curso de astronomia, tendo como base situações que envolvem a observação rudimentar¹. Ele foi aplicado em alunos de todas as séries do ensino médio em turno inverso,

¹ Situações que envolvem a observação a olho nu ou por telescópio de objetos astronômicos.

numa modalidade de extensão, distribuídos em dez encontros de 1h30min. Foram trabalhados temas com constelações, características e movimentos da Lua e planetas, propriedades da luz, natureza ondulatória e corpuscular, espectro eletromagnético, radiação de corpo negro, lei de Kirchoff e os espectros de emissão e absorção de luz, telescópios, eclíptica e equador celeste, estações do ano, eclipses, Lua, movimento diurno do Sol, solstícios e equinócios, cosmologia, objetos do Sistema Solar, estudo de órbitas de satélites naturais, planetas e estrelas a partir das leis de Newton e de Kepler, estrutura da evolução estelar e diagrama HR. No seu produto educacional, a autora produziu materiais que contextualizam a física do ensino médio de modo amplo, sem direcionar a um conteúdo específico ou a um ano do ensino médio.

Moretti (2012) apresentou na sua dissertação de mestrado um produto educacional composto de 15 atividades baseadas no ensino por investigação, adotando como referencial curricular as lições do Rio Grande. Elas sugerem o desenvolvimento de conteúdos a partir de temas que estimulem os alunos a trabalhar as competências de ler, escrever e resolver problemas dentro de três eixos: representação e comunicação, investigação e compreensão, contextualização social. O produto educacional foi aplicado em alunos do primeiro ano do ensino médio, período em que se tradicionalmente se ensina da mecânica, ao longo do ano de 2010. Os temas utilizados pela autora foram o Universo, Terra e vida, divididos em: localização no Universo, Ordem de grandeza e escalas de tamanho, noções de cosmologia, sistema Terra-Sol-Lua, fases da Lua, eclipses lunares e solares, constituição e origem do Sistema Solar, leis de Kepler e movimento planetário, gravitação universal, características e ciclo evolutivo do Sol. Nele, a autora procurou trabalhar os conteúdos de mecânica, unidades de medida do primeiro ano do ensino médio, juntamente com o tema de astronomia.

Andrade (2012) desenvolveu um produto educacional de ensino de astronomia voltado aos alunos do ensino médio, trabalhando o tema de exoplanetas. Ele foi aplicado nos meses de agosto a dezembro de 2011, nas turmas do 3º ano do curso de técnico em informática. Dentre os temas desenvolvidos estão leis de *Kepler*, espectroscopia, radiação de corpo negro, lei de *Wien*, distâncias estelares, o Sol, Exoplanetas, atmosferas planetárias e evolução estelar. Durante a aplicação do produto educacional o autor procurou contextualizar os conceitos de física na astronomia. Como os alunos só haviam estudado física no primeiro ano do ensino

médio alguns conteúdos de física foram ensinados antes da aplicação do produto, com o objetivo de desenvolver subsunçores adequados..

Santos, Voelzke e Araújo (2012) desenvolveram projeto Erastóstenes, cujo objetivo foi determinar a circunferência da Terra a partir das medidas da sombra de um *gnômon*. Os dados foram levantados por diversas comunidades escolares do Brasil e da América Latina. O projeto também contemplou uma abordagem histórica do modo como Erastóstenes realizou a medida da circunferência da Terra pela primeira vez. Também buscou integrar áreas de conhecimentos como história, geografia, artes, física, matemática, entre outras. Foram utilizadas tecnologias da informação e comunicação (TIC's) para compartilhar os resultados entre as comunidades escolares. O projeto foi desenvolvido com os alunos dos primeiro e terceiro anos do ensino médio, sendo aplicado concomitantemente com conteúdos de mecânica e eletricidade, respectivamente. As atividades foram desenvolvidas nas aulas de física, utilizando um do total de dois períodos semanais. Os autores não mencionam como o assunto do projeto foi contextualizado nos conteúdos da física e demais disciplinas.

Na dissertação de mestrado de Neitzel (2006) temos um produto educacional voltado a ensinar astrobiologia aos alunos do primeiro ano do ensino médio. Ele consiste em desenvolver temas da astronomia (história da astronomia, modelos do Universo geocêntrico e heliocêntrico, estrutura do Sol e do Sistema Solar, Universo e cosmologia moderna) que possibilitem abordar posteriormente conceitos da astrobiologia, como a origem e os possíveis locais onde possam existir vida no Universo. Nota-se que o autor procurou contextualizar diversos conceitos de física nos conteúdos de astronomia, porém, sem relação direta com conteúdos do ensino médio.

Schimit (2007) elaborou produto educacional para ensinar ondas eletromagnéticas, utilizando tópicos de astronomia para motivar os alunos e inserir o estudo da radiação eletromagnética. Ele também demonstra como as propriedades físicas de objetos astronômicos são obtidas através da análise dos seus espectros eletromagnéticos. O produto foi aplicado em alunos do terceiro ano do ensino médio, durante o último trimestre de 2004. O trabalho também contempla assuntos de física moderna como radiação de corpo negro, lei de *Wien*, espectroscopia, dualidade onda-partícula, lei de *Kirchof*. As atividades se dividiram entre teóricas e práticas. Como exemplo desta última, temos a determinação da constante solar, objetivando

aplicar os conceitos ensinados de ondas eletromagnéticas. Percebe-se que na, que o autor buscou aliar o tema de física moderna com astronomia numa etapa do ensino médio onde tradicionalmente são ensinados tópicos de física moderna.

Urh (2007) desenvolveu produto educacional para trabalhar astronomia no terceiro ano do ensino médio, no segundo semestre do ano letivo. Os conteúdos trabalhados foram divididos em três módulos ao longo de um semestre, abordando os seguintes temas: Módulo I - Planetas e corpos menores do Sistema Solar (história da astronomia, gravitação, características dos planetas, asteróide); Módulo II - Sistema Sol-Terra-Lua (fases da Lua, marés, estações do ano); Módulo III - Estrutura e evolução do Sol, (formação do Sol e do Sistema Solar, estrutura do Sol e evolução estelar). As aulas foram divididas em expositivas e práticas. A proposta desenvolveu unicamente temas de astronomia, explorando conceitos da física. Não houve a contextualização da astronomia com algum conteúdo específico da física.

Kemper (2007) desenvolveu um produto educacional que busca tornar mais interessante o estudo da mecânica, apresentando elementos da história e filosofia da ciência, utilizando recursos audiovisuais e contextualizando a astronomia. Esta última também serve de introdução a uma abordagem epistemológica da mecânica. Ele foi aplicado em três turmas do primeiro ano do ensino médio (período em que tradicionalmente se ensina da mecânica). As aulas foram de caráter expositivo, contemplando também atividades práticas e de observação astronômica. O trabalho foi dividido em quatro módulos abordando os seguintes temas. Módulo I - Astronomia antiga, e modelos do Sistema Solar; Módulo II – Inércia, movimentos retilíneos e variados; Módulo III – leis de Newton e gravitação universal; Módulo IV – Tópicos de astronomia e astrofísica evolução estelar e cosmologia. Durante a aplicação do material o autor também inseriu aspectos da história e da filosofia da ciência, tendo a astronomia como base.

Horvath (2013) procurou construir um quadro básico da astronomia estelar possível de ser utilizado dentro do ensino médio e fundamental, através de uma base teórica e de atividades práticas. Deste modo, pretende aproximar o conhecimento produzido pela comunidade científica da sala de aula. Segundo ele, há necessidade de se introduzir temas que busquem não só despertar o interesse dos alunos, mas também que possam se relacionar com a vivência diária deles e com os conteúdos de sala de aula. Entre os assuntos apresentados estão: a determinação das distâncias entre elas e o Sol a partir do fluxo de luz; realização

das distribuições espaciais de estrela para comprovar que as constelações tratam-se de projeções daquelas que as compõem. A proposta trata-se de uma recomendação aos professores, logo, não há nenhuma indicação de atividade ou contextualização na física do ensino médio.

Os autores Fernandes e Vianna (2011) desenvolveram uma atividade investigativa voltada ao ensino do sistema métrico decimal. O objetivo é estimular o desenvolvimento cognitivo dos alunos, aplicando o conhecimento gerado pela ciência na solução de problemas cotidianos. A atividade parte da apresentação de dois cataclismos, um ocorrido na antiguidade (o dilúvio) e outro possível de ocorrer no futuro (a colisão de um asteroide com a Terra). Em ambas as situações surge a necessidade de se realizarem construções (arca de Noé e Enterprise) que possibilitem a perpetuação das espécies animal e vegetal. Nestas construções, são apresentadas as unidades de medidas de comprimento utilizadas (côvado e o metro). Atividades de investigação são propostas aos alunos para que compreendam a necessidade estabelecer padrões para efetuar medidas, bem como as relações de conversão entre diferentes padrões. No final, a relação entre o côvado e o metro é apresentada, possibilitando aos alunos a determinação do tamanho da arca de Noé e da nave Enterprise. No artigo, há presença material didático dos alunos juntamente com roteiros de procedimentos de aplicação aos professores. Ao contrário de outros artigos, os autores apresentam de forma bem contundente a característica central da proposta, que é estimular a capacidade reflexiva dos alunos, incentivando a construção do conhecimento.

Os autores Ouriques, Giovannini e Catelli (2010) apresentam uma atividade didática que utiliza imagens digitais para estudar o céu noturno. A partir delas sugerem atividades possíveis de serem aplicadas nas aulas do ensino médio e fundamental (como atividade adicional), ou em cursos de graduação em física (nas disciplinas de astronomia). Entre os assuntos apresentados estão: o estudo das constelações formadas no céu noturno, definidas pela UAI² ou então adotadas em outras culturas; a comparação entre o número de estrelas reveladas no filme com as aquelas observadas a olho nu no céu noturno (explorando a diferença de quantidade de luz absorvida); a influência da poluição luminosa na observação do céu noturno; Identificação da cor das superfícies das estrelas (análise de imagens e comparação

²União Internacional de Astronomia

com o programa *Stellarium*). Apesar dos autores sugerirem formas de aplicações destas atividades dentro de cada modalidade de ensino (fundamental, médio e superior), eles não especificam claramente como pode ser feita dentro de algum conteúdo da física relacionado. Tratam-se apenas de sugestões de como trabalhar estes conteúdos em sala de aula.

2.2 Astronomia como estratégia de motivação dos alunos

Classificamos nesta categoria as publicações que utilizam o interesse dos alunos pela astronomia para atrair sua atenção e assim motivá-los a aprender. Buscamos também identificar se houve alguma análise da influência da astronomia na motivação dos alunos. Encontramos quatro publicações.

Na sua dissertação de mestrado, Andrade (2012) destaca que a astronomia possui um caráter motivacional, por gerar curiosidade nos alunos. Partindo desta premissa, o autor escolheu o tema exoplanetas, devido ao destaque à época na mídia e também “[...] pela motivação pessoal do professor e pelo interesse demonstrado pelos alunos quando em algumas aulas de física o professor discutia alguns temas pertinentes ao mesmo.” (ANDRADE, 2012, p. 61). Foram utilizadas como referencial teórico a aprendizagem significativa de David Ausubel (elaborando materiais potencialmente significativos que contextualizam conceitos de física estudados anteriormente no tema exoplanetas) e a Teoria de Mediação de Vigotsky (propondo atividades que incentivavam a interação entre alunos e professor). A avaliação de aprendizagem significativa dos alunos ocorreu de modo quantitativo, comparando as médias individuais obtidas em pré e pós-teste. Uma pesquisa de opinião foi realizada, questionando a satisfação dos alunos referente ao uso da astronomia e metodologia utilizadas em sala de aula. O autor não apresenta nenhuma análise da influência da astronomia na motivação dos alunos.

Apesar de Schimidt (2006) não usar o termo “motivação” no título da sua dissertação de mestrado, em sua leitura percebemos que a astronomia é utilizada como estratégia de motivar e atrair a atenção dos alunos. Seu objetivo é “[...] discutir e relacionar temas da física moderna, através de um dos ramos que mais atraem as pessoas, a astronomia, uma vez que ela apresenta um poder especial de atração ao aluno do ensino médio [...]” (SCHIMIDT, 2006, p. 14). Foram utilizados dois referenciais teóricos. Na aprendizagem significativa de Ausubel foi elaborado um

organizador prévio que utiliza tópicos de astronomia para despertar o interesse dos estudantes pela aprendizagem e introduzir características das radiações eletromagnéticas num alto grau de abstração e generalidades. Na Teoria de Mediação de Vigotsky o autor destaca o papel do professor, atuando como motivador e orientador, a interação entre professor e alunos e entre alunos. A avaliação da aprendizagem significativa dos alunos ocorreu quantitativamente, comparando as médias individuais obtidas em pré e pós-teste. Também foi realizada uma avaliação qualitativa, analisando as respostas apresentadas individualmente nas atividades propostas no produto educacional e um mapa conceitual elaborado coletivamente pela turma. Não houve análise da influência da astronomia na motivação dos alunos.

Na atividade de Santos, Voelzke e Araújo (2012) a astronomia não assume papel central de motivação dos alunos no trabalho, mas os autores destacam que ela “[...] pode assumir um papel relevante em sala de aula, ajudando a aprimorar a aprendizagem de conteúdos de outras ciências graças aos vários temas interdisciplinares que se podem discutir a partir da Astronomia” (Santos, Voelzke e Araújo, 2012, p. 1163). A metodologia de aprendizagem adotada foi o uso de abordagens históricas, associada à realização de atividades experimentais. Segundo os autores, esta metodologia desperta o interesse dos alunos, assim como os auxilia a compreender o que é ciência. A análise da aprendizagem foi realizada de modo quantitativo, através da comparação da média individual dos alunos entre o semestre em que houve a aplicação do projeto com aquele em que não houve. Os autores atribuem o aumento das médias a aplicação do projeto, porém, não apresentam análise da influência da astronomia na motivação dos alunos.

Em sua dissertação de mestrado, Kemper (2007) destaca que a inserção de conteúdos de astronomia no ensino médio é “[...] pertinente por mostrarem-se de grande interesse pelo público jovem que os frequentam [...]” (KEMPER, 2007, p. 8). O referencial teórico utiliza as epistemologias de Kuhn, Lakatos e Popper para elaborar estratégias que possibilitem a evolução dos conceitos dos alunos. A avaliação da aprendizagem ocorreu de forma qualitativa, através da análise das respostas fornecidas pelos alunos nas atividades propostas pelo produto educacional. Não há análise da influência da astronomia na motivação dos alunos.

2.3 Ensino de astronomia

Classificamos nesta categoria as publicações que difundem a astronomia através de oficinas direcionadas a quaisquer níveis de ensino ou textos. Analisamos também se foi disponibilizado algum material possível de ser aplicado em alguma atividade de ensino. Encontramos cinco publicações, sendo a de Ouriques, Giovaninni e Catelli (2010) já descrita anteriormente.

Aroca e Silva (2011) apresentaram os resultados de um minicurso ministrado à alunos voluntários do ensino fundamental. O trabalho inicia com a investigação de concepções prévias dos alunos sobre o tamanho, distância composição do Sol e manchas solares. Identificadas as concepções prévias, foram realizadas as seguintes atividades para esclarecer estas concepções: determinação da distância Terra-Sol (utilizando um campo de futebol como escala); representação do Sol e da Terra em escala; compreensão da causa das manchas solares (a partir da natureza magnética de ímãs). Foram também apresentadas demais características do Sol, seu processo de produção e transporte de energia. A proposta tem *Vygotsky* como referencial teórico, adotando a interação social entre alunos e professores. Mesmo não sendo uma atividade desenvolvida em sala de aula, os autores deixam claro que atividades de ensino não se restringem aos espaços formais de aprendizagem. Apesar do artigo não apresentar um guia detalhando as atividades, suas descrições fornecem boas ideias de práticas possíveis de serem trabalhadas em aula.

Longhini (2010) destaca o papel das TIC's no desenvolvimento científico. No ensino, estas tecnologias podem favorecer a compreensão de fenômenos, através de objetos de aprendizagem virtual. No ensino da astronomia, o autor destaca o programa *Stellarium*³, o qual simula movimentos de objetos celestes no céu noturno em diferentes épocas e locais da superfície terrestre. Por ser um programa que não apresenta situações-problema pré-estabelecidas, os autores sugerem seis situações-problemas para os alunos solucionarem: Um olhar atento para o nascente (explora a concepção alternativa de que o Sol nasce somente no leste e se põe no oeste); A Lua que não dorme (explora a concepção alternativa de que a Lua é visível somente à noite); O caçador fujão (investiga o movimento aparente do céu noturno); Meu signo no céu (análise da posição do Sol nas constelações do zodíaco ao longo

³http://www.stellarium.org/pt_BR/

do ano); Carrossel austral (visualiza as estrelas circumpolares em diferentes latitudes); A noite pode ser dia (investiga a duração do dia para diferentes latitudes). Os autores se concentram em exemplificar atividades de exploração do recurso, para que professores possam utilizá-la em sala de aula. Não há direcionamento a um nível de ensino específico.

Stasinska (2010) apresenta um texto de divulgação. Nele, destaca o fascínio da humanidade em contemplar o céu noturno tanto na antiguidade como nos dias atuais. Descreve o papel das constelações na antiguidade. Como diferentes civilizações ligavam as estrelas mais brilhantes, em uma determinada região do céu, com linhas imaginárias, criando formas e seres que retratavam lendas de suas culturas. Destaca o uso das estrelas como calendário. A posição de determinadas constelações orientavam importantes acontecimentos temporais. Os detalhes das estrelas revelados com o advento da astrofísica. A identificação dos elementos químicos que compõem as estrelas a partir da análise de seus espectros eletromagnéticos bem como, o modo como estes elementos químicos são produzidos nos interiores estelares, tendo relação direta com a produção de energia. Ao “morrerem”, as estrelas possuem diferentes “finais”, porém, em todos eles seus elementos químicos sintetizados juntam-se a matéria interestelar para formar novas estrelas e sistemas planetários. A autora encerra o artigo destacando que o conhecimento da astronomia moderna permitiu ampliar a percepção da importância das estrelas em nossas vidas, muito mais que as civilizações antigas. Como se trata de um texto de divulgação, não há nenhum tipo de sugestão que possibilite a aplicação deste numa atividade de ensino.

Damasio, Moro e Pacheco (2009) apresentam a perspectiva histórica das teorias físicas que contribuíram para o descobrimento e compreensão dos buracos negros. Ao longo do artigo são apresentadas interessantes análises epistemológicas de teorias da física, possíveis de serem utilizadas dentro das aulas de ensino médio. Entre as ideias apresentadas, destaca-se discussão do caráter ondulatório e corpuscular da luz. Outro aspecto observado é a análise qualitativa dos buracos negros, sem contemplar o uso de argumentos matemáticos. Esta característica favorece muito sua aplicabilidade no ensino médio. Temas da física contemporânea também são apresentados como a radiação *Hawking* e o uso do LHC⁴ como

⁴Large Hadron Collider

ferramenta de investigação dos buracos negros. Por fim, os autores não fazem nenhuma referência de como o tema sobre buracos negros possa ser inserido em alguma atividade de ensino.

2.4 Considerações

Verificamos em nossa revisão da literatura que astronomia possibilita variadas formas de trabalho. No ensino médio ela é desenvolvida de dois modos:

Contextualizada na física do ensino médio - Neste caso, é respeitada a organização dos conteúdos estabelecidos no plano de estudo de física. No primeiro ano do ensino médio, a contextualização ocorre nos conteúdos da mecânica. Alguns temas ensinados são: distâncias astronômicas, modelos heliocêntrico e geocêntrico, sistema Terra-Sol-Lua, Sistema Solar, leis de Kepler, eclipses, fases da Lua, Universo e Cosmologia. Já no terceiro ano, a contextualização ocorre nos conteúdos de física moderna (lei de Wien, radiação de corpo negro, espectros de emissão e absorção). Alguns temas ensinados são: distâncias estelares, o Sol, exoplanetas, estrutura e evolução estelar. Não há nenhuma atividade de contextualização direcionada ao segundo ano do ensino médio.

Sem contextualização na física do ensino médio - Neste caso, são ofertados oficinas ou cursos de extensão durante as aulas de física ou em atividades extraclasse. Além dos temas de astronomia anteriormente descritos, também são trabalhados: estrelas, estudo das constelações, classificação espectral de Harvard, diagrama HR. Nesta modalidade, as atividades foram direcionadas a todos os anos do ensino médio.

Acreditamos que a contextualização da astronomia é uma excelente oportunidade de demonstrar aos alunos o caráter universal que as leis e teorias da física possuem. Ela também possibilita a elaboração de um produto educacional utilizável por uma maior quantidade de professores, pelo fato de ser uma prática mais pragmática de se ensinar astronomia no ensino médio (facilmente adequável aos planos de ensino de física). Identificamos em nossa revisão que não há práticas direcionadas a contextualizar a astronomia nos conteúdos do segundo ano do ensino médio. Para atender esta demanda, decidimos produzir um produto educacional direcionado a esta etapa.

Outro aspecto identificado é que apesar de haver excelentes publicações

voltadas ao ensino de astronomia, em alguns casos os autores não indicam de que modo elas devem ser utilizadas pelos professores em suas práticas.

Percebemos também que a fascinação exercida pela astronomia nos alunos é o ponto de partida de muitas práticas. Especificamente em algumas publicações analisadas ela é utilizada como principal estratégia de motivação dos alunos. Entretanto, não encontramos análise, dados ou referência a estudos que comprovem sua influência na motivação.

Como muitos autores, compartilhamos a ideia de que a astronomia é um tema que desperta o interesse dos alunos. Inicialmente partimos da hipótese de que ela poderia assumir unicamente a responsabilidade de motivá-los a estudar. Porém, ao longo desta revisão não encontramos evidências que comprovasse esta hipótese.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nas ciências, a necessidade de explicar determinados fenômenos ou eventos da natureza sob um ponto de vista lógico e explicável, leva o desenvolvimento de teorias. Moreira (2011, p.19 apud HILL, 1990) descreve a teoria como uma interpretação sistemática de uma área de conhecimento. Dentre as diversas áreas, temos a de ensino, interessada em elaborar teorias que explicam como as pessoas aprendem.

Cavalcanti e Ostermann (2010) classificam as teorias de aprendizagem em quatro importantes filosofias: Comportamentalista, Cognitivista, Humanista e Sociocultural. Dentre estas linhas, focaremos a análise na corrente cognitivista, tendo em vista o referencial teórico adotado neste trabalho. Sua ideia chave consiste no fato de que o conhecimento é construído.

3.1 O cognitivismo

O cognitivismo como linha de pesquisa das teorias de aprendizagem surgiu como oposição ao behaviorismo. Este inicialmente se concentrou em analisar aspectos observáveis do comportamento, como a relação entre estímulo dado a determinado indivíduo e a resposta apresentada. Para Ostermann e Cavalcanti (2010) o behaviorismo é uma teoria de aprendizagem que busca condicionar o comportamento de determinado indivíduo, atribuindo consequências (boas ou más) para respostas apresentadas. De acordo com Moreira (2011) para um estímulo específico, o indivíduo apresentará as respostas desejáveis.

Como reação a esta visão, surgiram teóricos, cujos trabalhos são classificados como teorias cognitivistas antigas. Moreira (2011) destaca o Behaviorismo intencional de *Tolman*, a Teoria de *Gestalt*, Teoria de campo de *Lewin*. O avanço deles em relação às teorias behavioristas foi se preocupar com a cognição, ou seja, com o que ocorre com a informação no interior do indivíduo.

Para Moreira e Masini (1982) a cognição se manifesta quando o sujeito está consciente, interage com o mundo e inicia a aquisição de significados. Estes significados iniciais não são definitivos e servirão de base para a aquisição de tantos outros. Para eles, o cerne do cognitivismo está na intencionalidade do sujeito querer atribuir significados aos objetos. Nas situações em que são atribuídos ativamente,

partindo da vontade real do sujeito, denomina-se significativa.

3.2 Cognitivismo e aprendizagem significativa

Dentre as teorias que explicam a aprendizagem sob a perspectiva cognitivista temos a aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel⁵⁶.

De acordo com Moreira (1982) “o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”. Ou seja, são as informações existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (chamados de conceitos subsunçores) que irão influenciar em sua aprendizagem.

Aprender significativamente implica que novas informações serão assimiladas de modo substantivo e não-arbitrário, isto é, ancoradas em conceitos da estrutura cognitiva do aprendiz relevantes à nova informação. Neste processo, a estrutura cognitiva se modifica, tendo como produto interacional um subsunçor mais abrangente e não dissociável da nova informação.

3.3 Conceitos

Seres humanos interagem com o mundo ao seu redor através dos seus sentidos. Através deles obtemos informações da realidade. Entretanto, sabemos que elas são limitadas. Nossa visão enxerga apenas uma parte do espectro eletromagnético, assim como nossa audição, que escuta num intervalo específico de frequências sonoras. Não conseguimos apreender a realidade em sua totalidade, mas sim em recortes.

Do mesmo modo, quando descrevemos objetos, ideias e experiências, utilizamos informações incompletas, mas suficientes para caracterizá-las e diferenciá-las. O conjunto destas informações organizadas e agrupadas em categorias, com atributos comuns entre si, denomina-se de conceito. Nas palavras de Ausubel (2010), conceitos são descritos como “objetos, acontecimentos, situações ou propriedades que possuem atributos específicos comuns e são designados pelo mesmo signo ou símbolo”. Apesar de incompletos, não são

⁵AUSUBEL, D.P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York, Grune and Stratton, 1963.

⁶AUSUBEL, D.P.. **Educational psychology: a cognitive view**. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1968.

sinônimos de acabados, pois, na medida em que vivemos, não deixamos de obter mais informações sobre objetos, acontecimentos e situações.

Moreira e Masini (1982) destacam que os conceitos possuem significados denotativos, englobando os atributos criteriais (tamanho, forma, etc), e conotativos, relacionados aos aspectos afetivos (sentimentos, valores, etc). A aprendizagem significativa está interessada apenas nos aspectos denotativos.

O processo de formação de conceitos consiste na “aquisição espontânea de ideias genéricas por meio da experiência empírico-concreta” (MOREIRA, MASINI, 1982. p.10). De acordo com eles, este processo é característico das crianças em idade pré-escolar, sendo descrito como uma aprendizagem por descobertas. Ele é composto por diferentes etapas, mas de modo simplificado consiste em dizer que ocorre a partir da exposição das crianças há um grande número de elementos semelhantes (casas, carros, cachorros, etc). Assim, elas identificam os atributos comuns destes elementos, categorizando-os.

Outro processo é a assimilação. Ela inicia nas crianças em idade escolar e segue até a idade adulta. Moreira e Masini (1982) destacam que na assimilação os atributos criteriais dos novos conceitos relacionam-se com ideias relevantes de outros já existentes na estrutura cognitiva. Em outras palavras, eles se relacionam de modo não arbitrário. Uma vez assimilados desta forma, se forem expressos e externalizados de diferentes modos, dizemos que são também substantivos.

3.4 Subsunoçores

Conforme vimos, a assimilação de novos conceitos ocorre através da interação deles com outros relevantes existentes na estrutura cognitiva denominados de subsunoçores, ou em outras palavras, facilitadores. Partindo do princípio que todo conhecimento está concentrado em uma estrutura organizada hierarquicamente, cada conjunto de informação (conhecimentos específicos) existente nesta estrutura é denominado de conceito subsunçor.

Moreira (2008) define exemplos de subsunoçores símbolos, proposições, modelos mentais e imagens. A função central dos subsunoçores é possibilitar a aquisição de novas informações, atribuindo significados a elas.

3.5 Organizadores prévios

Vimos que a aprendizagem significativa pressupõe a interação de novas ideias ou conceitos com aqueles existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Entretanto, nem sempre há conceitos subsunçores, ou aqueles existentes não são suficientemente relevantes para ancorar novas informações. Assim, Ausubel sugere o uso de organizadores prévios como estratégia de aprendizagem.

Para Moreira (2008), os organizadores prévios podem servir de subsunçores ou então estabelecer relações com outros conceitos subsunçores da estrutura cognitiva do aprendiz. Basicamente são descritos como materiais cuja característica central é “servir de ponte entre o que aprendiz já sabe e o que ele deveria saber a fim de que o novo material possa ser aprendido de forma significativa” (MOREIRA, 2008, p. 2). Como exemplos temos imagens, filmes, simulações, entre outros.

Moreira (2009) também destaca que o mais importante dos organizadores prévios não está na sua forma, e sim na sua função de relacionar a nova informação com aquilo que o aprendiz já conhece. Eles devem fornecer uma visão geral, do conteúdo a ser estudado, em nível de abstração mais alto. Porém, não se pode confundir visão geral com sumários ou introduções, escritos no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade. Neste caso, ao invés de organizadores prévios, tem-se pseudo-organizadores prévios. Neles, não há a facilitação da aprendizagem, mas sim uma apresentação dos principais pontos do conteúdo.

Para materiais não familiares, organizadores expositivos de outras áreas podem servir de ponto de ancoragem inicial, enquanto que para materiais familiares, organizadores comparativos podem ser usados para discriminar ideias já existentes na estrutura cognitiva.

Moreira (2008) apresenta alguns aspectos que devem ser observados na elaboração e uso de organizadores prévios.

- Identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
- Dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
- Prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do

3.5.2 Organizador Prévio – Escalas de temperatura

O encontro “*Estrelas possuem cores?*” teve como objetivo ensinar aos alunos que existem diferentes instrumentos de medida de temperatura (termômetro e pirômetro), com diferentes escalas de temperatura (Celsius e Kelvin). Os subsunçores relevantes na estrutura cognitiva dos alunos utilizados para ancoragem foram os instrumentos de medida de comprimento. O organizador prévio utilizou imagens dos diferentes instrumentos medidas de comprimento e temperatura, com diferentes escalas, para realizar as seguintes comparações:

Figura 2: Organizador prévio – Escalas e instrumentos de temperatura.

INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE TEMPERATURA

- Para medir o tamanho dos objetos utilizamos diferentes instrumentos com escalas:





<http://www.pedagogia.com.br/geral/equipamentos-e-ferramentas/ferramentas-de-pedagogia-pedagogia-attachment.html>
<http://www.pedagogia.com.br/geral/equipamentos-e-ferramentas/ferramentas-de-pedagogia-pedagogia-attachment.html>
<http://www.pedagogia.com.br/geral/equipamentos-e-ferramentas/ferramentas-de-pedagogia-pedagogia-attachment.html>

INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE TEMPERATURA

- Para medir a temperatura de um objeto também precisamos de instrumentos com escalas.




<http://www.culibris.com/>
<http://www.fim.unicamp.br/?instrumentacao/termometro01.html>

Fonte: Elaborado pelo autor

Podemos ter diferentes instrumentos de medida de comprimento (régua, trena, fita métrica), com diferentes escalas (polegadas, centímetro, metro), utilizados em diferentes situações (medindo pequenos objetos, grandes ambientes, partes do corpo). Do mesmo modo, podemos ter diferentes instrumentos de medida de temperatura (termômetro e pirômetro), com diferentes escalas de temperatura (Celsius e Kelvin), utilizados também em diferentes situações (medidas da temperatura corporal, medida de objetos extremamente quentes).

3.5.3 Organizador Prévio – Dilatação térmica

O encontro “*Por que o Sol expandirá?*” Teve como objetivo ensinar aos alunos a dilatação térmica, apresentando a relação entre temperatura e dimensões da matéria. Os subsunçores relevantes na estrutura cognitiva dos alunos utilizados para ancoragem foram a relação entre temperatura e agitação dos constituintes e o

comportamento do público durante uma festa de *rock*. O organizador prévio utilizou o vídeo⁸ de um show de *rock*, destacando o comportamento do público durante uma “roda *punk*”. Realizamos as seguintes comparações:

Figura 3: Organizador prévio – Relação entre temperatura e dilatação térmica.



Fonte: Elaborado pelo autor

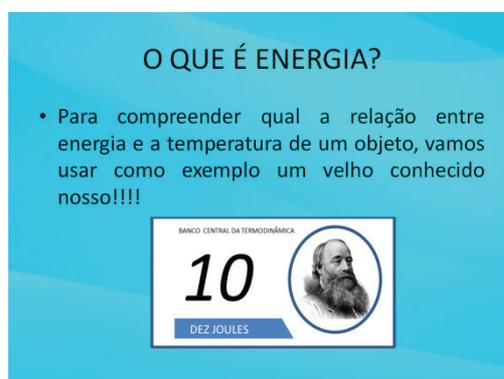
Durante um show de rock é comum surgir uma roda *punk*. Nela, as pessoas ficam mais agitadas, aumentando a distância entre si. O mesmo comportamento é observado nos constituintes da matéria. Quando aquecidos, ficam mais agitados, aumentando a distância média de separação entre núcleos atômicos (sólidos) ou moléculas (líquidos e gases). Especificamente nos gases, destacamos a relação entre as grandezas pressão, volume e temperatura para esclarecer que em determinadas condições (quando o recipiente é rígido) não observamos o aumento de seus volumes quando aquecidos.

3.5.4 Organizador Prévio – Calor e energia

O encontro “*Como a energia produzida pelo Sol chega até a Terra?*” teve como objetivo ensinar aos alunos a relação entre energia, temperatura e calor. Os subsunçores relevantes na estrutura cognitiva dos alunos utilizados para ancoragem foram o comportamento das pessoas durante uma festa e o conceito de energia. O organizador prévio utilizou imagens de pessoas numa festa e notas de dinheiro de uma unidade monetária fictícia (Joule) para representar a energia. Foram realizadas as seguintes comparações:

⁸<https://www.youtube.com/watch?v=LRSHGArOTS4>

Figura 4: Organizador prévio – Relação entre energia, temperatura e calor.



Fonte: Elaborado pelo autor

A agitação de uma pessoa numa festa depende da quantidade de dinheiro que ela possui. Quanto mais dinheiro, mais agitada ela estará na festa. Para modificar a “agitação” de uma festa, deixando-a mais “quente” ou mais “fria”, devemos fornecer ou retirar dinheiro das pessoas. A matéria também modifica sua temperatura, quando fornecemos ou retiramos energia dela.

Numa outra etapa, realizamos uma dinâmica. Distribuímos diferentes quantidades de dinheiro fictício (Joule) aos alunos, procurando representar a situação da festa anteriormente apresentada. Relacionamos a agitação de cada aluno à quantidade de dinheiro que ele possuía. Dividimos os alunos em grupos, representando porções de matéria. Utilizando as notas de dinheiro fictício, cada grupo calculou sua energia térmica e sua energia cinética média. No final, explicamos o conceito calor unindo os grupos. Demonstramos que o grupo com maior energia cinética média (temperatura) transfere parte de sua energia para outro grupo.

3.5.5 Organizador Prévio – Absorção de energia por sólidos e líquidos

O encontro “*Por que Sol possui manchas?*” teve como objetivo ensinar aos alunos que modificamos o estado físico da matéria quando transferimos ou retiramos energia dela. Os subsunçores relevantes na estrutura cognitiva dos alunos utilizados para ancoragem foram as relações entre energia, temperatura e calor apresentados anteriormente. O organizador prévio utilizou novamente imagens de pessoas numa festa.

Figura 5: Organizador prévio – Absorção de energia por sólidos e líquidos



Fonte: Elaborado pelo autor

Novamente destacamos que agitação das pessoas numa festa depende da quantidade de dinheiro que elas possuem. Para festa ficar mais quente ou mais fria necessitamos fornecer ou retirar dinheiro das pessoas. A seguir, reforçamos a relação entre a transferência de energia e aumento ou diminuição da temperatura (agitação), mas notando que dependendo da quantidade de energia transferida a matéria poderá modificar seu estado físico.

3.5.6 Organizador Prévio – Transformações termodinâmicas

O encontro “*O que são estrelas cefeidas?*” teve como objetivo ensinar aos alunos as grandezas físicas analisadas nos gases (pressão, temperatura e volume) e os diferentes modos de modificá-las (transformações termodinâmicas), conduzindo o gás de um estado inicial para um estado final. Os subsunçores relevantes na estrutura cognitiva dos alunos utilizados para ancoragem foram o conceito de calor e situações vivenciadas numa festa. O organizador prévio utilizou imagens do ambiente de uma festa, destacando os momentos iniciais e finais. Realizamos as seguintes comparações:

Figura 6: Organizador prévio – Transformações termodinâmicas.



Geralmente as festas iniciam do mesmo modo, mas, dependendo do desempenho do *DJ*¹⁴, podem ter diferentes finais (“bombar” ou acabar). Nos gases temos um comportamento muito semelhante. Quando analisados, inicialmente se encontram num estado inicial, com determinados valores de pressão, temperatura e volume. Podemos alterar estes valores de diferentes formas (transformações termodinâmicas), fornecendo ou retirando energia ou realizando ou recebendo trabalho. Esta ação conduzirá estes gases um estado final, com valores de pressão, temperatura e volume diferentes daqueles iniciais.

3.5.7 Organizador Prévio – Primeira e segunda lei da termodinâmica

O encontro “*Estrelas: fábricas de elementos químicos?*” teve como objetivo ensinar aos alunos a primeira e a segunda lei da termodinâmica. Na primeira lei da termodinâmica procuramos destacar a relação entre calor, energia interna e trabalho. Os subsunçores relevantes na estrutura cognitiva dos alunos utilizados para ancoragem foram os conceitos de calor, as transformações termodinâmicas e situações vivenciadas numa festa. O organizador prévio procurou relacionar energia interna e trabalho, através da situação final de uma festa. Realizamos as seguintes comparações:

¹⁴Disc Jockey

Figura 7: Organizador prévio – Primeira lei da termodinâmica.



Fonte: Elaborado pelo autor

No final de uma festa, geralmente o ambiente fica bagunçado. Para organizar esta bagunça, necessitamos contratar pessoas. Estas pessoas trocam seu trabalho por dinheiro. Do mesmo modo que a equipe de limpeza troca seu trabalho por dinheiro, os gases convertem energia interna em trabalho mecânico. Esta comparação serviu de base para descrever o funcionamento de máquinas térmicas e frigoríficas.

Na segunda lei da termodinâmica, procuramos ensinar o caráter de irreversibilidade existente em determinados fenômenos. Os subsunçores relevantes na estrutura cognitiva dos alunos utilizados para ancoragem, também foram as situações vivenciadas numa festa.

Figura 8: Organizador prévio – Segunda lei da termodinâmica.



Fonte: Elaborado pelo autor

Antes do início da festa temos um ambiente limpo e organizado. Já no final dela, o ambiente fica mais desorganizado. Esta mudança ocorre numa única direção, isto é da organização para bagunça. Observamos esta direcionalidade

quando colocamos dois objetos de diferentes temperaturas em contato. A energia é transferida do objeto mais quente para o mais frio. O contrário não ocorre espontaneamente. Outro exemplo apresentado foi a impossibilidade de converter integralmente energia interna de um gás em trabalho mecânico.

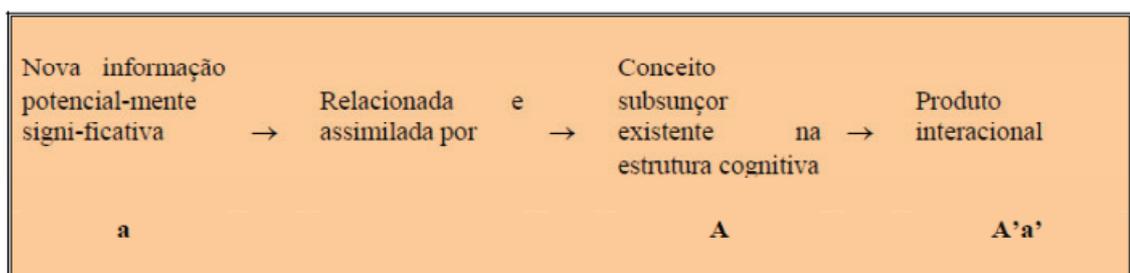
3.6 Teoria da assimilação

Identificado o papel dos conceitos subsunçores e a importância do organizador prévio, a etapa seguinte consiste em compreender como a nova informação interage com a estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel denominou este processo como o "princípio de assimilação" ou "teoria da assimilação".

“[...] o resultado da interação que ocorre, na aprendizagem significativa, entre o novo material a ser aprendido e a estrutura cognitiva existente é uma assimilação de antigos e novos significados que contribui para a diferenciação dessa estrutura.” (MOREIRA, 2009, p. 18)

A interação entre a nova ideia e a estrutura cognitiva implicará na modificação dos significados de ambas. Este resultado será o novo subsunçor da estrutura cognitiva do aprendiz. Moreira (2011) está representada esquematicamente este processo da seguinte maneira:

Figura 9: Teoria da assimilação



Fonte: Moreira (2011)

O processo de assimilação não consiste somente nas etapas de aquisição e retenção de significados, mas também uma etapa posterior, que ocorre em longo prazo, denominada assimilação obliteradora. Nela as novas informações são reduzidas a significados mais estáveis. Moreira (2011) esclarece como ela ocorre. Após a etapa de assimilação, as informações ainda são dissociáveis.

$$A'a' \leftrightarrow A' + a'$$

Todavia espontânea e progressivamente vão se tornando menos dissociáveis, até que não possam ser reproduzidas individualmente, mas em função de um único subsunçor. Pode ser representada do seguinte modo:

$$A'a' \rightarrow A'$$

Sua ocorrência é uma continuação natural da assimilação, e indica que o subsunçor não voltará ao seu formato original. Por ser mais estável, o subsunçor modificado será o resultado final.

3.7 Formas de aprendizagem

Ausubel classifica a aprendizagem em três tipos: subordinada, superordenada e correlativa.

3.7.1 Aprendizagem subordinada

Na aprendizagem subordinada, as ideias são assimiladas por conceitos mais gerais e inclusivos da estrutura cognitiva. Para que a nova informação adquira significado, ela interage com os conceitos subsunçores da estrutura cognitiva através de “uma relação de subordinação do novo material relativo à estrutura cognitiva preexistente” (MOREIRA, 2009, p. 22)

Quando a nova informação consiste num exemplo específico de um conceito já estabelecido na estrutura cognitiva, a aprendizagem é denominada subordinada derivativa.

Por exemplo, aprender que se pode falar em campo de temperaturas, campo de pressões, campo de energias poderia ser um caso de aprendizagem subordinada derivativa para alunos que tivessem bem claro e diferenciado, em sua estrutura cognitiva, o conceito de *campo* e, particularmente, o de *campo escalar*. (MOREIRA, 2009, p. 22)

Ou então, quando a nova informação consiste numa extensão, elaboração, modificação ou qualificação de conceitos ou proposições previamente aprendidos, a aprendizagem é denominada subordinada correlativa.

Como exemplo, poder-se-ia citar a identificação do campo produzido por um fluxo magnético variável como um campo elétrico induzido. Este novo conceito adquirirá significado através da interação com conceito de campo elétrico (supostamente já adquirido), todavia, não como um mero exemplo, uma vez possui características próprias (e.g., é não conservativo, suas linhas de força são fechadas), e, ao mesmo tempo, modificará o conceito preexistente. (MOREIRA, 2009, p. 22)

Moreira (2009) destaca que na aprendizagem subordinada derivativa os atributos criteriais do conceito subsunçor **A** não mudam, porém novos exemplos podem ser reconhecidos como relevantes. Já na aprendizagem subordinada na correlativa, os atributos podem ser estendidos ou modificados no processo de subsunção, modificando o subsunçor para **A'**.

Na elaboração e aplicação do produto educacional procuramos oferecer etapas de aprendizagem subordinada derivativa e correlativa em diversas situações. Geralmente elas foram iniciadas após a apresentação dos organizadores prévios. Seguem abaixo alguns exemplos:

No encontro “*Como surgem as estrelas?*” após a apresentação do organizador prévio, que estabelecia a relação entre temperatura e agitação, utilizamos a simulação *Phet - Estados físicos da matéria*¹⁷ para demonstrar o comportamento dos constituintes da matéria nos diferentes estados físicos. Assim, um conceito mais geral (relação entre agitação e temperatura) assimilou ideias específicas (a agitação dos constituintes em sólidos, líquidos e gases).

No encontro “*Por que o Sol expandirá?*” procuramos oferecer outra etapa de aprendizagem subordinada. Após apresentarmos o organizador prévio, que relacionava o aumento da temperatura com o aumento da distância média entre os

¹⁷<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/states-of-matter>

constituintes, mostramos como este comportamento ocorre em diferentes estados físicos da matéria. Apresentamos experimentos de dilatação térmica de sólidos, líquidos e gases. Para ilustrar o comportamento dos constituintes utilizamos a simulação *Phet - Estados físicos da matéria*. Neste encontro também oferecemos uma etapa de aprendizagem correlativa. Analisando o organizador prévio, percebemos que ele destaca apenas a relação de proporcionalidade entre temperatura e dimensão.

Assim, apresentamos situações onde ela não é observada, como a dilatação anômala da água, utilizando a simulação *Phet - Estados físicos da matéria* para exemplificar como a água aumenta seu volume enquanto diminui sua temperatura.

3.7.2 Aprendizagem superordenada

Este processo ocorre de modo inverso da aprendizagem subordinada. A nova ideia ou informação é quem possui mais generalidade ou inclusividade, fazendo com que os conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva se subordinem a ela. Têm-se novos subsunçores, mais abrangentes, que podem ser formados inclusive pelas interações com outros da estrutura cognitiva.

Por exemplo, à medida que uma criança adquire os conceitos de cão, gato, leão, etc., ela pode, mais tarde, aprender que todos esses são subordinados ao conceito de mamífero. (MOREIRA, 2009, p. 24)

Até o encontro “*Como a energia produzida pelo Sol chega até a Terra?*” a relação entre agitação, temperatura e dimensões da matéria já havia sido apresentada aos alunos. Porém, eles ainda desconheciam as causas do aumento ou diminuição da agitação dos constituintes. O organizador prévio buscou esclarecer que a modificação da agitação dos constituintes ocorre através da transferência de energia por diferença de temperatura (calor). Assim, a explicação do aumento do volume e temperaturas da matéria foi atribuída a uma nova informação mais genérica e inclusiva.

3.7.3 Aprendizagem combinatória

Nas aprendizagens vistas anteriormente, a nova informação sempre se relaciona hierarquicamente com conceitos da estrutura cognitiva (superordenada ou subordinadamente). Na aprendizagem combinatória a nova informação irá se relacionar com a estrutura cognitiva de modo mais amplo, estabelecendo relações entre conceitos já existentes na estrutura cognitiva. Moreira (2009) destaca que estas combinações devem ser potencialmente significativas, ou seja, não podem ser arbitrárias, devendo estabelecer relações que fazem sentido.

A aprendizagem da equivalência entre massa e energia é citada por Ausubel como exemplo de aprendizagem combinatória. Ele não explica porque, mas talvez o exemplo sirva na medida em que a proposição de que existe uma equivalência entre massa e energia não se subordina aos conceitos de massa e energia, mas também não é capaz de subordiná-los. [...] Pode-se também justificar o exemplo dizendo que se trata de uma combinação entre conceitos previamente aprendidos (massa e energia) o que "faz sentido" para quem tem um certo grau de conhecimento em Física, justamente devido a esse conhecimento e não devido ao fato de já ter adquirido os conceitos de massa e energia (embora, é claro, seja pré-requisito). (MOREIRA, 2009, p. 24)

O uso de organizadores prévios em situações em que não possuem relação hierárquica com subsunçores é um bom exemplo de aprendizagem combinatória. Podemos citar um exemplo:.

No encontro "*Como surgem as estrelas?*" os alunos ainda desconheciam a relação entre a agitação dos constituintes e temperatura. Para que compreendessem esta relação, utilizamos um subsunçor que, apesar de não possuir qualquer relação com a física, estabelecia relações com ideias já existentes na estrutura cognitiva dos alunos. O ambiente de uma festa. As semelhanças entre o comportamento das pessoas e dos constituintes da matéria tornaram esta comparação potencialmente significativa. Uma vez que quando as pessoas estão se movimentando mais intensamente numa festa, ela fica mais "quente" e a temperatura do ambiente tende a aumentar, assim como a temperatura da matéria tende a aumentar quando seus constituintes ficam mais agitados.

3.8 Diferenciação progressiva e reconciliação integradora

Na aprendizagem subordinada a nova informação é aprendida quando interage com o subsunçor existente na estrutura cognitiva de modo subordinado. Sucessivas etapas de aprendizagem subordinada fazem com que o subsunçor adquira um novo significado. Esta ressignificação que ocorre após sucessivas etapas de aprendizagem subordinada denomina-se de diferenciação progressiva.

A diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos.(MOREIRA, 2012, p.6)

Procuramos oferecer etapas de diferenciação progressiva ao longo dos encontros do seguinte modo. No início deles apresentamos proposições gerais e inclusivas utilizando o organizador prévio para ensinar conceitos de termodinâmica. Na sequência, partimos para as especificidades destes conceitos.

No encontro “*Como surgem as estrelas?*”, após a apresentação do organizador prévio, que estabelecia a relação entre temperatura e agitação dos constituintes, exibimos exemplos que contemplassem esta relação nos diferentes estados físicos da matéria. Utilizamos a simulação *Phet - Estados físicos da matéria*¹⁸ e realizamos um experimento¹⁹ para demonstrar que mesmo em diferentes estados físicos da matéria, os constituintes sempre possuem agitação.

No encontro “*Por que o Sol expandirá?*” apresentamos o organizador prévio, destacando a relação entre temperatura e dimensões de objetos e volume de substâncias. Em seguida, demonstramos esta relação nos diferentes estados físicos, da matéria, utilizando a simulação *Phet - Estados físicos da matéria* e apresentando experimentos de dilatação térmica de sólidos e líquidos, gases. Neles apontamos as semelhanças (ambos variam o volume ao modificar a temperatura) e as diferenças (gases podem modificar também a pressão) e situações onde o aumento do volume não é proporcional ao aumento da temperatura (dilatação anômala da água).

No encontro “*Como a energia produzida pelo Sol chega até a Terra?*”, após apresentarmos o organizador prévio sobre energia e calor, demonstramos os processos transferência de energia por condução (experimento do fio de cobre

¹⁸https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gas-properties

¹⁹A descrição de todos os experimentos encontra-se no subcapítulo 4.6

contendo gotas de vela), convecção (vídeo mostrando as correntes convectivas dentro de um líquido) e radiação (utilizando imagens). Descritas as especificidades dos processos, apresentamos exemplos de situações cotidianas de cada um deles.

No encontro “*Por que o Sol possui manchas?*” o organizador prévio estabelecer a relação entre transferência de energia e mudança de estado físico da matéria. Após sua apresentação, mostramos aos alunos uma imagem²⁰ contendo todos os processos de mudança de estado físico, indicando as situações onde a matéria ganha ou perde energia para mudar de estado físico. Utilizamos a simulação *Phet - Estados físicos da matéria* para ilustrá-los. Destacamos uma característica importante do plasma (constituintes ficam carregados eletricamente), algo que não está presente nos demais estados físicos da matéria.

No encontro “*O que são estrelas Cefeidas?*” utilizamos o organizador prévio para ensinar o que são transformações termodinâmicas. Após, apresentamos imagens²¹ para exemplificar situações onde cada uma destas transformações ocorre. A simulação *Phet – Propriedades dos gases* foi utilizada para ilustrá-las também.

A organização dos conteúdos de termodinâmica ao longo dos encontros também buscou contemplar esta estratégia de aprendizagem. No primeiro encontro ensinamos conceitos mais simples (relação entre agitação e temperatura). Na sequência, partimos para desdobramento destes conceitos (temperatura e instrumentos de medida; temperatura, agitação e dilatação térmica). No final, ensinamos conceitos mais abstratos (energia e calor; energia, transformações termodinâmicas; ciclos termodinâmicos, primeira e segunda lei da termodinâmica).

Na reconciliação integradora, aponta que a instrução deve explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças.

A reconciliação integradora, ou integrativa, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações. (MOREIRA, 2012, p.6).

Na elaboração e aplicação do produto educacional procuramos oportunizar em diversas ocasiões etapas de reconciliação integradora. Muitas delas ocorreram quando relacionamos os temas introdutórios de astronomia com os conteúdos da

²⁰A imagem se encontra no apêndice A, nos slides deste encontro.

²¹As imagens encontram-se apêndice A, nos slides deste encontro.

termodinâmica. Neste caso, entendemos que estávamos realizando superordenações, ao demonstrar que tanto os fenômenos observados cotidianamente, como aqueles existentes no Universo, se comportam do mesmo modo e também são explicados pelas mesmas teorias. Abaixo, temos alguns exemplos:

No final do encontro “*Como surgem as estrelas?*” retomamos o tema introdutório de astronomia, destacando que o surgimento de uma estrela dentro de uma nebulosa, somente ocorre quando a temperatura dos gases está muito baixa. Neste caso, a baixa agitação das moléculas possibilita a atração gravitacional entre elas.

No final do encontro “*Por que o Sol expandirá?*” retomamos o tema introdutório de astronomia, contextualizando o conceito de dilatação gasosa para explicar como o Sol irá aumentar seu tamanho daqui a cinco bilhões de anos, até se tornar uma nebulosa planetária.

No final do encontro “*Como a energia produzida pelo Sol chega até a Terra?*” retomamos o tema introdutório de astronomia, utilizando os processos de transferência de energia para explicar o funcionamento da estrutura interna do Sol e como a energia produzida no seu núcleo é transportada até Terra.

No final do encontro “*Por que o Sol possui manchas?*” retomamos o tema introdutório de astronomia, explicando que o Sol é formado por plasma, e que a interação entre ele e as linhas de campo magnético do Sol criam as manchas solares.

No final do encontro “*O que são estrelas cefeidas?*” retomamos o tema introdutório de astronomia, explicando que o brilho variável destas estrelas ocorre devido a modificação do volume dos gases ao redor núcleo, de modo muito semelhante das transformações termodinâmicas realizadas nos gases.

No final do encontro “*Estrelas: fábricas de elementos químicos?*” retomamos o tema introdutório de astronomia, utilizando a primeira lei da termodinâmica para explicar de onde o núcleo retira energia para realizar a fusão termonuclear, sintetizando os diferentes elementos químicos.

Procuramos também realizar a reconciliação integradora após a apresentação do organizador prévio, quando destacávamos as especificidades dos conceitos ensinados (apontando suas diferenças e semelhanças de outros conceitos), ou quando eram retomados nos encontros seguintes. Outra etapa de reconciliação

integradora foi a construção de pequenos mapas conceituais realizada nos final dos encontros.

Moreira (1999) também destaca que toda aprendizagem que resultar em reconciliação integradora resultará também numa diferenciação progressiva. Isto porque reconciliação integradora além de reorganizar os subsunçores, também irá modificá-los.

3.9 Transposição didática

Um importante aspecto considerado na elaboração do produto educacional foi o modo como os conteúdos de astronomia foram transpostos didaticamente para a física do ensino médio. Define-se a transposição didática é como:

“[...] um instrumento eficiente para analisar o processo através do qual o saber produzido pelos cientistas (o Saber Sábio) se transforma naquele que está contido nos programas e livros didáticos (o Saber a Ensinar), e, principalmente, naquele que realmente aparece nas salas de aula (o Saber Ensinado).” (BROCKINGTON; PIETROCOLA; 2005 apud CHEVALLARD, 1991)

Na realização da transposição didática o conhecimento ensinado (Saber ensinado) não deve ser apresentado como uma simplificação dos conhecimentos gerados pela comunidade científica (Saber Sábio), mas como uma escolha consciente de modelos científicos simplificados que facilitem a compreensão dos fenômenos estudados. (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005 apud CHEVALLARD, 1991, p.388)

O não esclarecimento das idealizações e limites de validade dos modelos científicos faz com que a física de dentro da sala de aula seja percebida como mera simplificação da realidade (denominada de “condições ideais”), uma visão diferente daquela compartilhada pela comunidade científica. Neste caso, os conceitos ensinados acabam por não ter nenhuma relação com a física vivenciada fora da escola. Os limites e possibilidades de tais modelos não podem ser esquecidos nem ocultados dos alunos. (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p.389)

Buscamos observar os aspectos da transposição didática na apresentação dos temas introdutórios de astronomia, esclarecendo aos alunos que os fenômenos astronômicos eram explicados através de modelos científicos, realizando recortes da

realidade para facilitar sua análise. Uma característica destes modelos é que foram concebidos sob o ponto de vista da termodinâmica, para que fosse possível relacioná-la com temas introdutórios de astronomia.

Como exemplo do parágrafo anterior, destacamos o modelo adotado no encontro “*O que são estrelas cefeidas?*” para explicar o brilho variável destas estrelas. Utilizamos as transformações termodinâmicas para facilitar a compreensão do fenômeno pelos alunos, destacando que se tratava de idealizações.

A seguir, destacamos as principais características os saberes ensinados devem possuir de acordo com Brockington e Pietrocola (2005) e como estas características forma observadas na elaboração do produto educacional.

Consensual: não se pode ter dúvida se aquilo que é ensinado é correto ou não. Os conteúdos devem ter status de “verdade” histórica ou de atualidade. Os “saberes sábios” existentes no campo da astronomia e astrofísica que foram utilizados nos temas introdutórios dos encontros possuem este aspecto consensual, haja vista que consultamos livros onde estes conteúdos de astronomia já foram transpostos para a graduação.

Atualidade Moral: devem estar adequados à sociedade, i.e “[...] que possa ser avaliado como importante pela sociedade e necessário à composição curricular” (BROCKINGTON; PIETROCOLA apud CHEVALLARD, 2005). A astronomia tem-se tornado muito pertinente à sociedade por causas como: uma importante ferramenta de ligação entre a ciência e o grande público; A investigação de fenômenos astronômicos gera tecnologias úteis a sociedade; Do ponto de vista do ensino, há diversas sugestões de temas de astronomia nos PCN²², voltados ao ensino médio.

Atualidade Biológica: devem possuir uma atualidade em relação à ciência praticada. Neste caso, retomamos o argumento de que estes conteúdos de astronomia estão transpostos didaticamente em livros utilizados para a graduação.

Operacionalidade: devem ser capazes de produzir tarefas, gerar exercícios, produzir atividades que possibilitem uma avaliação objetiva. Em nosso produto educacional procuramos contextualizar a astronomia sem fugir do enfoque principal, o ensino da termodinâmica. Deste modo, optamos por não produzir tarefas e exercícios dos temas de astronomia, para que os alunos não ficassem sobrecarregados.

²²Parâmetros Curriculares Nacionais

Criatividade Didática: devem possuir uma identidade própria dentro do contexto escolar, mas ao mesmo tempo guardam uma relação com o Saber Sábio. Encontramos esta característica na explicação de alguns fenômenos astronômicos como no encontro “*Estrelas: fábricas de elementos químicos?*”. Nele, a primeira lei da termodinâmica é utilizada para explicar de onde vem a energia necessária para a estrela realizar a fusão termonuclear (o trabalho realizado pela força gravitacional das camadas de gases externas ao núcleo).

4 METODOLOGIA

Neste capítulo iremos apresentar o local onde aplicamos o produto educacional e a descrição dos encontros.

4.1 Contexto da escola

A aplicação do produto educacional foi realizada na Escola Estadual Jardim Planalto, situada na cidade de Esteio – RS, durante o 3º trimestre letivo do ano de 2014, em três turmas do 2º ano do ensino médio do turno da manhã. De acordo com o plano de ensino, a física possui a carga horária semanal de dois períodos, com duração de 45 minutos. Ele também prevê que a termodinâmica seja ensinada num trimestre, contemplando um total de 24 períodos.

Nosso planejamento inicial previu um total de 12 encontros, entretanto, percebemos que ocorreriam outras atividades de ensino (feira de ciências, atividades de recuperação). Deste modo, alteramos o número de encontros para 9, contemplando uma carga horária de 18 períodos. Para facilitar a aplicação, solicitamos a direção da escola que os dois períodos semanais ficassem juntos.

4.2 Pré - teste

Antes de iniciarmos a aplicação do produto educacional, os alunos responderam um pré-teste²³ composto por seis questões de termodinâmica, investigando concepções de temperatura e calor, e cinco questões de astronomia, investigando concepções prévias de astronomia. As questões foram abertas, possibilitando assim que os alunos expusessem suas concepções de modo livre. Partindo destas concepções, elaboramos o material didático de apoio do professor (slides e guia pedagógico do professor) e dos alunos (apostilas). As respostas encontram-se nas tabelas abaixo:

²³O modelo do pré-teste encontra-se no apêndice F

Tabela 02 – Concepções prévias de temperatura e calor

Conceito	Respostas dos alunos
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Propriedade que se mede; • Quantidade de calor ou frio; • Quantidade de graus; • Quantidade que um corpo tem ou adquire; • Quantidade, medida, intensidade ou nível de calor num corpo; • Transmissão de calor; • Unidade de medida de calor.
Calor	<ul style="list-style-type: none"> • Energia em movimento; • Forma de calor que se transfere de um sistema para outro; • Forma de energia que se apresenta; • Forma de temperatura; • Percebido através do corpo humano; • Quando um corpo está quente ou frio; • Temperatura muito quente;

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 03 – Concepções prévias de características de estrelas.

Característica da estrela	Respostas dos alunos
Composição	<ul style="list-style-type: none"> • Brasas; • Fogo; • Fragmentos de pedras; • Gases; • Lava; • Nuvem de hidrogênio; • Osso; • Partículas do céu; • Pó; • Vento em movimento.
Cores	<ul style="list-style-type: none"> • Brancas; • Brancas e azuis; • Brilhantes • Cinzas; • Várias cores; • Vermelho, azul e branca e amarela.
Formato	<ul style="list-style-type: none"> • Com pontas; • Circulo; • Irregular; • Pontiagudas; • Ponto.
Fonte de energia	<ul style="list-style-type: none"> • Calor; • Fica perto do Sol; • Fogo; • Queima de gases ou líquidos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando as respostas apresentadas, verificamos que grande parte dos alunos não diferencia os conceitos de temperatura e calor. O conceito de temperatura é relacionado a sensações de quente e frio ou então a uma medida destas sensações. Já o conceito de calor é citado como sinônimo de quente, ou então é associado à concepção de energia. Um único aluno definiu calor como a “transferência”, mas percebe-se que ainda confunde com o conceito de energia. Tais concepções também são encontradas no trabalho de Martins e Rafael (2007) Apud Silva (1995).

Referente a astronomia, verificamos uma grande variedade das concepções alternativas sobre as características das estrelas (composição, formato, cores e produção de energia). Parte destas concepções também é relatada por Langhi e Nardi (2013).

4.3 Estratégias de aprendizagem

Conforme descrito anteriormente, utilizamos a Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel como referencial teórico. A partir dela, elaboramos a seguinte estratégia de aprendizagem adotada nos encontros.

4.3.1 Apresentação do tema introdutório de astronomia

Os temas introdutórios de astronomia têm como objetivo despertar o interesse dos alunos pelo encontro. Neles, utilizamos vídeos, imagens ou programas. Os temas escolhidos possuem relação direta com o (s) conceito (s) de termodinâmica ensinado (s) nos encontros.

4.3.2 Investigação ou retomada dos conhecimentos prévios

Esta etapa consiste em realizar perguntas sobre o (s) conceito (s) que serão abordados no encontro. Em alguns casos o professor busca identificar os subsunçores existentes na estrutura cognitiva dos alunos para analisar as informações relevantes. Em outros, retoma os conceitos ensinados em encontros anteriores.

4.3.3 Apresentação do organizador prévio

Neste momento apresentamos o organizador prévio do encontro. Nele, os novos conceitos de termodinâmica serão ancorados em subsunçores existentes estrutura cognitiva dos alunos.

4.3.4 Desenvolvimento dos conteúdos

Neste momento são apresentadas as especificidades dos conceitos de termodinâmica utilizando imagens, experimentos e simulações. As etapas diferenciação progressiva e reconciliação integradora foram realizadas neste instante.

4.3.5 Retomada do tema introdutório

Neste momento o professor retoma o tema de astronomia apresentado no início do encontro, explicando e indicando de que modo está relacionado com o (s) conceito (s) de termodinâmica ensinado (s).

4.3.5 Realização de exercícios e mapas conceituais

No final da atividade os alunos respondem as atividades propostas em suas apostilas. Eles também realizam pequenos mapas conceituais, partindo de alguns conceitos sugeridos pelo professor na apostila.

4.4 Características dos encontros

Os temas e assuntos nos encontros encontram-se na tabela abaixo:

Tabela 04 – Descrição dos encontros

Título	Conteúdo de termodinâmica	Duração
Como surgem as estrelas?	Conceito de temperatura	2 h.a
Estrelas possuem cores?	Instrumentos e escalas de temperatura	2 h.a
Por que o Sol expandirá?	Dilatação térmica	2 h.a
Dilatação térmica	Exercícios de fixação	2 h.a
Como a energia produzida pelo Sol chega até a Terra?	Conceito de calor e processos de transferência de energia.	2 h.a
Por que o Sol possui manchas?	Absorção de energia por sólidos e líquidos	2 h.a
O que são estrelas cefeidas?	Transformações termodinâmicas	2 h.a
Estrelas: fábricas de elementos químicos	Primeira e segunda lei da termodinâmica	2 h.a
Avaliação	-	2 h.a

Fonte: Elaborado pelo autor

Na sequência, apresentamos a relação estabelecida entre o tema introdutório de astronomia e os conceitos de termodinâmica.

4.4.1 Encontro *Como surgem as estrelas?*

O objetivo do encontro é ensinar aos alunos a relação entre temperatura e agitação dos constituintes da matéria. O tema introdutório de astronomia indica que as estrelas surgem em nebulosas, mas questionam as causas.

O organizador prévio²⁴ realiza comparações entre o comportamento de pessoas em festas e os constituintes da matéria, para ensinar a relação entre agitação e temperatura. Apresentamos o comportamento dos constituintes nos diferentes estados físicos da matéria, utilizando simulações e realizando um experimento.

No final do encontro retomamos a relação entre temperatura e agitação, esclarecendo que em certas regiões das nebulosas seus gases estão muito frios (baixa agitação molecular). Isso possibilita a atração gravitacional entre as moléculas, formando núcleos, candidatos a tornarem-se estrelas.

²⁴A descrição detalhada dos organizadores prévios encontra-se no subcapítulo 3.5

4.4.2 Encontro *Estrelas possuem cores?*

O encontro tem como objetivo ensinar aos alunos que existem diferentes instrumentos de medida de temperatura (termômetro e pirômetro), com diferentes escalas de temperatura (Celsius e Kelvin). O tema introdutório de astronomia indica que as estrelas possuem diferentes cores, mas questiona qual a causa e significado delas.

O organizador prévio realiza comparações entre instrumentos de medidas de comprimento e temperatura para ensinar que existem diferentes instrumentos para medir temperatura, com diferentes escalas e utilizados em diferentes situações. Apresentamos regras de conversões entre as escalas, bem como o funcionamento do termômetro e pirômetro.

No final do encontro, esclarecemos que relação entre cor e temperatura, observada em objetos aquecidos, pode ser utilizada para determinar a temperatura da superfície de uma estrela.

4.4.3 Encontro *Por que o Sol expandirá?*

Este encontro tem como objetivo ensinar aos alunos a dilatação térmica, apresentando a relação entre temperatura e volume da matéria. O tema introdutório de astronomia explica que o Sol irá expandir a aproximadamente cinco bilhões de anos, mas questiona as causas deste fenômeno.

O organizador prévio compara o comportamento de pessoas numa “roda *punk*” com os constituintes da matéria para ensinar a dilatação térmica. São realizados experimentos e apresentadas simulações para descrevê-los.

No final do encontro, esclarecemos que após cessar a fusão termonuclear no núcleo, as camadas de gases externas a ele irão comprimi-lo. Isto iniciará a fusão termonuclear de uma casca de hidrogênio ao seu redor. Os gases próximos se aquecem e expandem, aumentando o tamanho do Sol.

4.4.4 Encontro *Como a energia produzida pelo Sol chega até a Terra?*

Este encontro tem como objetivo ensinar aos alunos a relação entre energia, temperatura e calor, bem como os processos de transferência de energia. O tema

introdutório de astronomia explica que o Sol produz sua energia a partir da fusão termonuclear do hidrogênio, mas questiona como esta energia é transportada até a Terra.

O organizador prévio compara o comportamento de pessoas numa festa (condicionando a quantidade de dinheiro que elas possuem) com a matéria (quando recebe ou cede energia) para conceituar calor. Também é realizada uma dinâmica com os alunos para representar este processo. Os diferentes processos de transferência de energia (condução, convecção e radiação) são ensinados através de experimentos, imagens e vídeos.

No final do encontro esclarecemos que na fusão termonuclear do hidrogênio há liberação da energia na forma de radiação gama. Parte dela é transferida aos gases das zonas radiativa e convectiva durante seu o trajeto para fora do núcleo do Sol. O restante transforma-se em radiação eletromagnética de outras frequências, liberada para o espaço. Os gases da zona convectiva realizam a convecção, retirando energia da zona radiativa e liberando na superfície do Sol na forma de espectro eletromagnético. O processo de irradiação possibilitará a transferência de energia do Sol até a superfície da Terra.

4.4.5 Encontro *Por que Sol possui manchas?*

O encontro tem como objetivo ensinar aos alunos que para modificar o estado físico da matéria necessitamos transferir ou retiramos energia dela. O tema introdutório de astronomia explica que o Sol possui manchas escuras, conhecidas como manchas solares, mas questiona as causas.

O organizador prévio compara o comportamento de pessoas numa festa com os constituintes da matéria para destacar a relação entre a transferência de energia e aumento ou diminuição da temperatura. Os diferentes processos de mudança de estado físico da matéria são apresentados, bem como as equações de calor e sensível e latente.

No final do encontro esclarecemos que o Sol é composto por plasma (quarto estado da matéria). Como é um gás eletricamente carregado, as regiões do Sol onde existem deformações do campo magnético impedem-no de realizar a convecção. Estes gases acabam “esfriando”, emitindo um espectro eletromagnético com curva de radiância espectral diferente das outras regiões da superfície do Sol,

ocasionando o aspecto de mancha escura.

4.4.6 Encontro *O que são estrelas cefeidas?*

Este encontro tem como objetivo ensinar aos alunos as grandezas físicas analisadas nos gases (pressão, temperatura e volume) e os diferentes modos de alterá-las (transformações termodinâmicas), conduzindo o gás de um estado inicial para um estado final. O tema introdutório de astronomia apresenta estrelas que possuem brilho variável, chamadas de cefeidas. Explicamos que o período de oscilação do brilho delas é utilizado para determinar suas distâncias. Indagamos a causa deste brilho variável.

O organizador prévio compara o ambiente de uma festa com um gás confinado, para ensinar as transformações termodinâmicas. São apresentadas as diferentes transformações termodinâmicas (isobárica, isométrica, isotérmica e adiabática) utilizando experimentos e simulações.

No final do encontro esclarecemos que durante certa etapa de existência destas estrelas forma-se uma camada de gás hélio ao redor do núcleo. Esta camada recebe energia do núcleo e cede às camadas externas, de forma cíclica. Isto altera o volume da estrela, variando sua magnitude. Para facilitar a compreensão e contextualizar as transformações termodinâmicas, elaboramos um modelo científico simplificado para explicar estas etapas.

4.4.7 Encontro *Estrelas: fábricas de elementos químicos?*

O encontro tem como objetivo ensinar aos alunos a primeira e segunda lei da termodinâmica e suas implicações nas máquinas térmicas e frigoríficas. O tema introdutório de astronomia explica que parte dos elementos químicos existentes no Universo é produzida no interior das estrelas. Destaca também que estrelas acima de oito massas solares produzem uma maior diversidade de elementos químicos que outras. Questionamos aos alunos as causas deste comportamento.

Na primeira lei da termodinâmica o organizador prévio compara as pessoas que são contratadas para arrumar a bagunça no final de uma festa (trocando seu trabalho por dinheiro) com os gases (que convertem sua energia interna em trabalho e vice-versa). Já na segunda lei da termodinâmica o organizador esclarece que do

mesmo modo que as festas iniciam organizadas e terminam bagunçadas, os processos físicos possuem uma direcionalidade que conduz ao aumento da entropia do sistema. São apresentados ciclos termodinâmicos, aplicados no estudo de máquinas térmicas e frigoríficas, bem como suas equações de eficiência.

No final do encontro esclarecemos que o núcleo necessita de determinada temperatura para realizar a fusão termonuclear do hidrogênio. Quando o hidrogênio do núcleo é convertido completamente em hélio, as reações termonucleares deixam de ocorrer. As camadas de gases externas realizam trabalho sobre ele, comprimindo-o. Isto aumenta sua temperatura, iniciando a fusão termonuclear do hélio. Temos a sintetização do carbono. Nas estrelas acima de oito massas solares este processo continua, sintetizando o carbono em neon. Na sequência, também serão sintetizados oxigênio, silício e ferro. Cada nova etapa de fusão deixa uma casca destes elementos ao redor do núcleo. Quando o núcleo é transformado em ferro, absorve energia da estrela fazendo-a colapsar. A estrela se transformará numa Supernova. Nesta etapa são produzidos os elementos químicos mais pesados que ferro (chumbo, ouro, prata, etc)

4.5 Produto educacional

Desenvolvemos um produto educacional que consiste nos materiais de apoio do professor (slides, vídeos e simulações) e os materiais didáticos dos alunos (apostilas). Uma estratégia adotada para torná-los mais atraentes aos alunos foi utilizar um pouco da escrita da internet, como *hashtags* # e *emoticons*. Nos slides, também procuramos utilizar imagens e situações familiares.

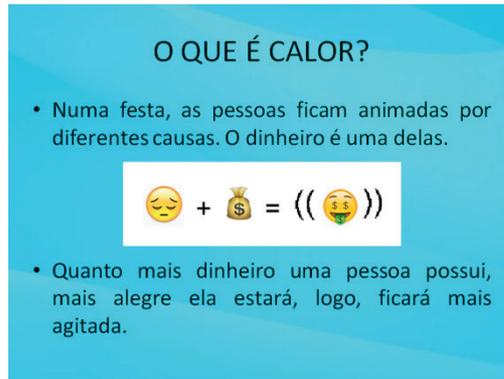
Figura10: Produto educacional – Apostila dos alunos.

[#vamos_realizar_um_experimento?!\o/](#)

Vamos aquecer um grafite 0.5 mm de lapiseira e verificar como seu brilho se comporta conforme modificamos a voltagem. Para isso, iremos ligá-lo a uma fonte de energia.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura11: Produto educacional - Slides



Fonte: Elaborado pelo autor

Outra estratégia adotada nos encontros foi o uso das TIC's (vídeos, animações, simulações), haja vista seu potencial de atrair a atenção dos alunos. Salientamos que slides elaborados servem como orientador o desenvolvimento dos conteúdos em aula. Já as apostilas dos alunos contêm atividades que estimulam a participação dos alunos ao longo da aula, evitando assim um monólogo do professor.

No Apêndice A encontram-se os slides utilizados nos encontros (com correções), enquanto que no Apêndice B encontra-se a apostila dos alunos (com correções). A partir da aplicação, também elaboramos os guias pedagógico do professor (Apêndice C).

4.6 Descrição dos encontros

Iremos relatar a aplicação do produto educacional. Os relatos apresentados são provenientes das gravações realizadas durante os encontros com as três turmas do segundo ano do ensino médio.

4.6.1 Encontro - Como surgem as estrelas?

Tema introdutório

A atividade iniciou com a exibição do vídeo *ABC da astronomia – Estrelas*²⁵. O objetivo foi apresentar características gerais das estrelas, ao mesmo tempo em

²⁵<https://www.youtube.com/watch?v=oAVsZrKt4Tw>

que narrava como elas surgem. Após a exibição, alguns esclarecimentos foram realizados, entre eles a relação entre a massa e o tempo de duração de uma estrela. A seguir, realizamos a seguinte pergunta: *Como os gases de uma nebulosa transformam-se numa estrela?*

Curiosos, alguns alunos questionaram: se existem estrelas radioativas; qual a quantidade de estrelas que explodem. Ao final desta etapa, percebemos o enorme grau de interesse deles em astronomia.

Conhecimentos Prévios

Apresentado tema introdutório, procuramos identificar os conhecimentos prévios. Questionamos-lhes o que entendiam por temperatura. Nas respostas, surgiram palavras como calor, quente, frio, graus, clima. Um dos alunos associou temperatura ao movimento e energia, mas percebemos que não havia nenhum vínculo com os conceitos que seriam ensinados posteriormente em aula. Das respostas apresentadas, destacamos os conceitos de quente e frio, para que a novas informações pudessem ser ancoradas nestes subsunçores.

Apresentação do organizador prévio

Na apresentação do organizador prévio, buscamos destacar a relação entre a temperatura de uma festa e a agitação das pessoas que estão nela. Numa festa com pessoas agitadas, a temperatura do ambiente é mais elevada do que numa festa onde as pessoas estão mais paradas. Exibimos quatro imagens de festas aos alunos. Nelas, eles deveriam identificar qual corresponderia à festa mais “quente”.

Figura12: Organizador prévio - Temperatura



Fonte: Elaborado pelo autor

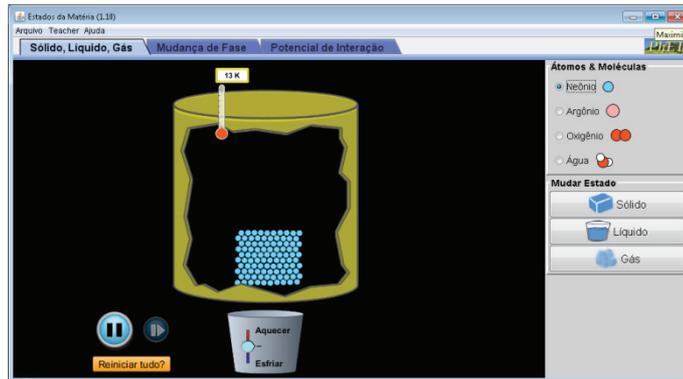
Apesar de identificarem corretamente imagens, alguns alunos atribuíram a temperatura mais elevada ao ambiente mais fechado e com mais pessoas. Outros identificaram a relação entre a festa mais quente e pessoas mais agitadas. A apostila dos alunos continha as mesmas imagens das festas juntamente da seguinte questão. *Qual festa é mais quente?*

As respostas fornecidas ficaram divididas entre as que relacionaram a festa mais “quente” ao ambiente que contém mais pessoas ou as que relacionaram a festa às pessoas que pareciam mais agitadas. Procurando direcionar os alunos, reforçamos que estávamos interessados apenas na relação temperatura da festa e agitação das pessoas, e que a quantidade de pessoas não seria relevante aos conceitos que eles estudariam.

Estabelecida a relação agitação - temperatura²⁶ apresentamos a simulação *Phet – Estados físicos da matéria*, mostrando o comportamento das moléculas de um gás para diferentes temperaturas.

²⁶A temperatura de um sistema é proporcional à energia cinética média por grau de liberdade translacional, rotacional e vibracional.

Figura 13: Simulação PHET: Estados da matéria



Fonte: Universidade do Colorado (2002)

Ela ilustrou de modo satisfatório a relação entre a agitação das moléculas de gás e sua temperatura, despertando também a curiosidade dos alunos.

Disponibilizamos na apostila dos alunos uma atividade bem simples. Ligar as imagens de uma festa agitada e outra parada com imagens de porções de gases agitados e parados. Analisando as respostas dos alunos, verificamos que eles compreenderam a relação entre agitação da festa e agitação das moléculas do gás.

Diferenciação progressiva

A análise do comportamento dos constituintes foi estendida aos demais estados físicos da matéria (sólido e líquido), com objetivo de enfatizar que esta relação também é observada neles. Outra característica que destacamos foi o modo como a física analisa um sistema (neste caso, um conjunto de moléculas átomos). Procuramos destacar que um sistema pode ser caracterizado através dos valores médios de velocidade e energia dos seus componentes, e que estes valores possuem relação com alguma grandeza física do sistema, como a temperatura.

Em seguida, os alunos responderam a seguinte questão nas suas apostilas. *Descreva o comportamento dos constituintes de sólidos, líquidos e gases observados na simulação.* Inicialmente, eles buscaram uma descrição fidedigna às nossas palavras. Entretanto quando abandonamos a sala durante alguns minutos para preparar um experimento, percebemos nas gravações que houve uma grande interação entre os alunos discutindo os conceitos aos quais haviam sido apresentados.

As respostas nas apostilas descreviam a relação entre a temperatura dos constituintes e sua agitação (mais quente, mais agitado), ou então destacavam o comportamento e organização dos constituintes nos diferentes estados físicos (sólidos – constituintes organizados, líquidos – constituintes próximos, gasoso – constituintes espalhados).

Experimento difusão

Na etapa seguinte do encontro apresentamos o experimento de difusão de um corante em porções de água quente e fria.

Figura 14: Copos de água com corante



Fonte: Atitude verde Brasil (2013?)

Ele também despertou o interesse dos alunos. Todos foram convidados a se aproximarem do experimento para observarem o que acontece quando um corante azul é gotejado em copos contendo água quente e fria. Explicamos como seria o experimento e a seguir pedimos aos alunos para predizerem o que iria ocorrer. Entre as respostas, destacou-se aquela onde a água ficaria azul ou o modo como o corante iria espalhar mais na água quente.

Realizado o experimento, os alunos observaram que o corante teve uma difusão maior na porção de água quente. Questionamos o que ocasionava este maior espalhamento. Num primeiro momento, alguns responderam que a porção mais quente estava mais agitada e assim espalhava mais rápido o corante. Uma pergunta semelhante também foi feita na apostila. *Qual a relação entre a temperatura do líquido e o espalhamento do corante?* As respostas se concentraram em descrever o comportamento do corante. Na porção de água mais quente, o

corante se espalha mais rápido. Alguns alunos destacaram que na porção de água mais quente havia uma maior agitação, responsável por espalhar o corante.

Temperatura

Ao final do experimento reforçamos a relação de temperatura e agitação dos constituintes da matéria (energia cinética de translação). Procuramos destacar também que se os constituintes estão agitados, possuem energia cinética. Logo, concluímos junto aos alunos que a temperatura de um objeto é proporcional à energia cinética média dos seus constituintes.

Retomada do tema introdutório: *Como surgem as estrelas?*

Finalmente retomamos o tema introdutório, sobre o surgimento das estrelas. Inicialmente, procuramos esclarecer uma importante concepção alternativa dos alunos: o formato das estrelas. No pré-teste²⁷ questionamos os alunos qual o formato das estrelas. Surgiram respostas²⁸ como: objetos pontiagudos, formato irregular, pontos, etc. Deste modo, procuramos destacar que as estrelas não possuem pontas. São esféricas. O uso do Sol como o exemplo de uma estrela, foi muito esclarecedor. Alguns alunos ficaram bastante surpresos com esta informação. Outros questionaram sobre a origem das pontas nas estrelas. Esta dúvida foi esclarecida nos slides seguintes, quando apresentamos que as pontas estavam relacionadas a fenômenos ópticos.

A seguir, exibimos um vídeo²⁹ indicando as regiões dentro das nebulosas onde surgem as estrelas, os glóbulos de Bok. As cores das nebulosas chamaram a atenção dos alunos. Aproveitamos para esclarecer que muitas daquelas cores não existiam e que se tratava de um processo de revelação em falsa cor³⁰.

Continuamos a explicação esclarecendo que no interior dos glóbulos de Bok há núcleos densos. Procuramos destacar que a baixa temperatura (em torno de 10 K) dos gases³¹ é uma das causas³² que permite a formação deles. Utilizamos a

²⁷ Apêndice F

²⁸ Subcapítulo 4.3

²⁹ <http://www.youtube.com/watch?v=a6VlcXc3kyg>

³⁰ Atribuição de cores para representar radiações eletromagnéticas não visíveis.

³¹ Compostos por 90% de H ou H₂; 9% de He; 1% de demais elementos.

simulação *Phet – Estados físicos da matéria* para ilustrar o comportamento destes gases à baixa temperatura. Quando estes núcleos densos colapsam, tornando-se protoestrelas³³.

Num vídeo³⁴, mostramos como uma protoestrela continua a ganhar massa, na fase de acreção. Noutro³⁵, mostramos uma simulação de diversas estrelas surgindo no interior de uma nebulosa. Percebemos que o uso de todos estes conceitos exigiu um alto grau de compreensão dos alunos. Por fim, destacamos que uma protoestrela se torna uma estrela quando seu núcleo inicia a fusão termonuclear do hidrogênio³⁶. Neste caso a estrela atinge o equilíbrio hidrostático³⁷ e inicia a fase da sequência principal.

Apesar do uso de vários recursos, como simulações, vídeos e imagens acreditamos que tenha faltado um vídeo onde pudesse mostrar estas etapas mais detalhadas.

Mapas conceituais

Encerrada a apresentação, solicitamos aos alunos que elaborassem um mapa conceitual sobre os conceitos vistos no encontro. Buscando auxiliá-los, sugerimos os seguintes conceitos: temperatura; quente; frio; alta; baixa; sólidos; líquidos; gases. Analisando os mapas conceituais construídos³⁸, os classificamos em duas categorias.

Na primeira categoria, estão os mapas conceituais que organizaram os conceitos do seguinte modo: temperatura, alta, quente estão relacionados com o estado gasoso, enquanto que os conceitos temperatura, baixa, fria estão relacionados aos estados sólidos e líquidos. Nesta mesma categoria, também encontramos o conceito de agitação relacionada com gases e líquidos.

Na segunda categoria, os alunos elaboram mapas conceituais mais amplos, relacionando o conceito agitação com três estados físicos da matéria.

³² A colisão entre nuvens interestelares ou então a compreensão delas causada pelos remanescentes de Supernovas podem ser outras causas.

³³ Fase do surgimento de uma estrela onde o núcleo realiza a acreção e emite radiação infravermelha.

³⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=qVA7R9z4fpU>

³⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=YbdwTwB8jtc>

³⁶ A protoestrela encerra a acreção se contrai até seu núcleo atingir a temperatura para iniciar a fusão termonuclear do hidrogênio.

³⁷ Balanço entre gravidade e pressão em cada camada esfericamente simétrica da estrela.

³⁸ Apêndice D

Analisando as respostas, identificamos que deveríamos ter esclarecido melhor a relação entre maior agitação (quente) e menor agitação (frio), destacando que ela é observada para uma mesma substância. Por exemplo, na temperatura de 80 Kelvin podemos encontrar o nitrogênio no estado gasoso, enquanto água está no estado sólido. Para os alunos o fato de o nitrogênio ser um gás implica em possuir maior temperatura que a água.

Demais observações sobre a aula

Neste primeiro encontro, muitas coisas se destacaram positivamente, como o uso das simulações, a realização do experimento e o tema de astronomia. Mas o que realmente nos impressionou foi grande interesse dos alunos pelas apostilas.

O uso do organizador prévio foi de grande ajuda, entretanto, um aspecto observado é que os alunos têm diferentes percepções do organizador. Enquanto alguns alunos relacionaram a festa “quente” com a agitação das pessoas, outros relacionaram com um menor espaço disponível no ambiente. Caso não sejam direcionados pelo professor, os organizadores perderão a característica de potencialmente significativos e os alunos deixarão de aprender significativamente.

4.6.2 Encontro – Estrelas possuem cores?

Apresentação do tema introdutório

A aula iniciou com apresentação dos objetivos gerais, o uso de instrumentos de medida de temperatura e suas escalas. Retomamos os conceitos centrais do encontro anterior, como a relação entre temperatura e agitação dos constituintes dos objetos, e o surgimento das estrelas. Realizamos a pergunta *Quais as cores das estrelas quando observamos o céu noturno?*³⁹ Que estava no pré-teste de concepções prévias⁴⁰. Entre as respostas, destacou-se principalmente a cor branca, sendo que alguns alunos mencionaram outras cores como laranja, amarela. Nenhum aluno questionou a existência de estrelas verdes, mas quando comentamos, eles

³⁹ O olho humano possui dois tipos de células: Os cones (responsáveis por reconhecer as cores) e os bastonetes (responsáveis por perceber o nível de luminosidade). À noite nosso olho utiliza os bastonetes para enxergar, o que dificultando a distinção correta das cores.

⁴⁰ Apêndice F

ficaram curiosos em descobrir a explicação o porquê de não conseguimos enxergá-las⁴¹.

Utilizando a imagem da constelação de escorpião, juntamente com programa *Stellarium*⁴², demonstramos que as estrelas são encontradas em outras cores, como azuis, amarelas, vermelhas.

Figura 15: Constelação de escorpião



Fonte: Princípio da Astronomia (2013?)

Outra ferramenta que também auxiliou a explicação foi o mapa do céu que está no teto da sala ambiente de física⁴³. Elas ilustraram um pouco melhor a ideia de cores, assim como um introduziram uma ideia de classificação das estrelas a partir destas cores. No final desta etapa questionamos: *Por que as estrelas possuem diferentes cores? O que estas diferentes cores significam?*

Conhecimentos prévios

Apresentado o tema introdutório, identificamos os conhecimentos prévios dos alunos. Questionamos: *Quais propriedades dos objetos podemos estabelecer através de medidas?* As respostas apresentadas estavam de acordo com o esperado. Entre elas, estavam o comprimento, a área de sua superfície, o volume e a temperatura, reforçando que estávamos trabalhando como um sistema com muitos constituintes (átomos e moléculas), cujos comportamentos determinam propriedades gerais como temperatura.

⁴¹ <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/85068/000603056.pdf?sequence=1>

⁴² http://www.stellarium.org/pt_BR/

⁴³ Apêndice H

temperaturas (quente, fria e temperatura ambiente).

Experimento sobre a sensação térmica

Os alunos se mostraram motivados a realizar o experimento. As bacias foram alinhadas e dispostas da seguinte forma: as bacias com água quente e fria nas extremidades e a bacia com água a temperatura ambiente no centro. Após colocar as mãos nas bacias das extremidades por determinado período, eles deveriam colocá-las na bacia do centro e verificar que cada mão indicava uma temperatura diferente.

Figura 17: Experimento sensação térmica



Fonte: Professor Bigode (2009)

Entretanto não ficou muito evidente inicialmente para alguns deles que a mão que estava na bacia de água fria esquentava quando era colocada dentro da bacia com água à temperatura ambiente. Isto por que a água estava fria demais e adormecia a mão. Outros alunos relacionaram o experimento a situações cotidianas como entrar numa piscina no verão ou inverno ou então ao tomar banho de chuveiro no inverno.

Na apostila dos alunos havia as seguintes questões: *Qual a temperatura da água que está na bacia do meio? É possível utilizar o tato para determinar a temperatura da água?* Obtivemos como respostas: a temperatura ficou confusa; não tem como identificar se está quente ou frio; Não se pode confiar no tato; as temperaturas das mãos são diferenciadas.

Instrumentos de medida: Termômetro x Pirômetro

Após o experimento, os alunos compreenderam a necessidade do uso de

instrumentos de medidas com escalas. Dentre os instrumentos utilizados, foram apresentados o termômetro e o pirômetro, esclarecendo as situações onde eles são utilizados.

Escalas de temperatura Celsius e Kelvin

Compreendido os instrumentos de medidas e suas aplicações, focamos no ensino das escalas de temperatura. Inicialmente esclarecemos o que são fenômenos permanentes⁴⁴, para que os alunos compreendessem como são elaboradas as escalas de temperatura. Iniciamos apresentando exemplos de como a temperatura do corpo humano ou então a temperatura de uma pedra. A temperatura corporal pode variar entre pessoas, do mesmo modo que a temperatura de uma pedra pode modificar de acordo com o local onde se encontra. Nestes casos o a coluna de líquido no interior do termômetro possuiria diferentes posições.

A escala Celsius foi apresentada juntamente com as temperaturas de referência utilizadas por ela: a fusão do gelo e a ebulição da água ao nível do mar. Também realizamos a discussão sobre a definição arbitrária dos valores da escala para estes fenômenos (no caso da escala Celsius, o uso do 0°C para a fusão do gelo e 100°C para ebulição da água no nível do mar). A relação entre temperatura e agitação dos constituintes foi ilustrada utilizando a simulação *Phet – Estados físicos da matéria*, demonstrando aos alunos a existência de um valor mínimo de temperatura (zero absoluto), no qual os constituintes possuem uma agitação mínima⁴⁵. Na escala Celsius este valor corresponde a - 273°C. Esclarecemos que Lord Kelvin utilizou este fenômeno para construir uma escala de temperatura que estabelece uma relação de proporcionalidade entre o valor da temperatura e agitação dos constituintes.

Na definição dos fenômenos permanentes da escala Kelvin, os alunos de uma das turmas ficaram um pouco dispersos, dificultando a definição da relação de proporcionalidade entre agitação dos constituintes (energia cinética) e os valores da escala kelvin. Na apostila dos alunos foram disponibilizadas duas tarefas simples de relacionar os fenômenos permanentes com a posição adequada das escalas Celsius

⁴⁴ Fenômenos onde a temperatura não modifica

⁴⁵ De acordo com a física clássica, o zero absoluto corresponde à temperatura onde os constituintes estariam parados. Entretanto esta definição contraria o princípio da incerteza da mecânica quântica. Assim, o zero absoluto é definido como a temperatura onde a energia dos constituintes é mínima.

e Kelvin. Analisando as respostas, percebemos que os alunos não demonstraram grandes dificuldades em relacioná-las.

Conversão entre as escalas Celsius e Kelvin

Após apresentarmos as escalas de temperatura e suas características, deduzimos a relação de conversões entre elas. Para isto utilizamos imagens de termômetros. Acreditávamos que esta etapa seria suficientemente elucidativa, entretanto, alguns dos alunos apresentaram dificuldades para compreender a regra de conversão entre as escalas. Esta dificuldade também esteve presente na resolução dos exercícios das apostilas. Muitos deles solicitaram esclarecimentos para resolver os exercícios.

Termômetro e a lei zero da termodinâmica

Antes de explicar o funcionamento do termômetro, retomamos o experimento das bacias para definir a lei zero da termodinâmica⁴⁶. Utilizamos a sensação térmica das mãos para facilitar a compreensão. No experimento, a mão que estava na bacia com água quente entra em equilíbrio térmico com a água a temperatura ambiente e diminui sua temperatura. Já a mão que estava na bacia de água fria, entra em equilíbrio térmico com a água à temperatura ambiente e aumenta sua temperatura. Substituindo as mãos por dois blocos, se ambos estão em equilíbrio térmico com a água à temperatura ambiente⁴⁷, estão também em equilíbrio térmico entre si. Destacamos que o equilíbrio térmico ocorre quando os blocos e a porção d'água a temperatura ambiente ficam com mesma temperatura, diferente daquela que possuíam inicialmente.

De modo geral, os alunos compreenderam que o equilíbrio térmico ocorre com uma temperatura de equilíbrio diferente da temperatura inicial. Entretanto, alguns alunos acreditam que o equilíbrio térmico ocorre quando objeto ou substância mais fria fica com a mesma temperatura do objeto ou substância mais quente. Na apostila dos alunos havia a seguinte pergunta. *O que significa dizer que dois objetos*

⁴⁶Se dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro, estão em equilíbrio térmico entre si.

⁴⁷ Considerando também que a porção de água não troque energia com a atmosfera nem com o recipiente.

estão em equilíbrio térmico? As respostas ficaram concentradas em: indicar que os objetos ficam com a mesma temperatura; o equilíbrio térmico ocorre quando os objetos atingem a temperatura ambiente.

Na sequência explicamos que quando o termômetro entra em contato com um objeto fica com a mesma temperatura dele. De acordo com a primeira lei zero da termodinâmica estão em equilíbrio térmico.

Pirômetro

Inicialmente esclarecemos que a matéria emite radiação térmica⁴⁸. A seguir, explicamos que o pirômetro determina a temperatura destes objetos analisando o comprimento de onda de uma frequência específica, da radiação infravermelha. Destacamos também que dependendo da temperatura, as frequências do espectro visível são emitidas com diferentes intensidades. A combinação delas é interpretada pelo nosso cérebro como cores. Por fim, esclarecemos que a temperatura de qualquer objeto pode ser determinada de modo qualitativo analisando sua cor, isto porque nossa visão funciona como um pirômetro.

Relação entre cor e temperatura

Buscando introduzir esta ideia, apresentamos aos alunos imagens de objetos aquecidos a diferentes temperaturas.

Figura 18: Objetos com diferentes temperaturas



Fonte: Elaborado pelo autor

⁴⁸ Matéria com temperatura acima de 0 Kelvin emite ondas eletromagnéticas geradas a partir da conversão da energia térmica dos seus constituintes.

Após, solicitamos que eles classificassem os objetos (carvão apagado, carvão em brasa, lâmpada, Sol e estrela Sirius) na ordem crescente de temperatura, a partir da cor da luz emitida por eles. Entre as respostas, obtivemos que objetos vermelhos são mais quentes que objetos azuis⁴⁹. Objetos brancos também foram classificados como mais frios que os demais, inclusive do que o carvão que não está em brasa. Outra resposta apresentada foi de que a temperatura da superfície da estrela Sirius era menor do que a do Sol. O carvão em brasa também foi classificado como mais quente do que o filamento de uma lâmpada.

Experimento da lâmpada de grafite

Para encerrar esta etapa, realizamos o experimento onde um grafite 0.5 mm é aquecido quando percorrido por uma corrente elétrica. Assim, os alunos puderam visualizar como a cor do grafite modifica conforme aumentávamos a temperatura.

Figura 19: Experimento lâmpada caseira



Fonte: Manual do Mundo (2013)

Antes de iniciarmos o experimento, perguntamos aos alunos se já haviam colocado algum objeto de metal no fogo e observado a cor que apresentava. Alguns alunos responderam a cor vermelha. Questionamos então quais as demais cores que poderiam aparecer se aumentássemos a temperatura. Eles não souberam responder.

A realização do experimento da lâmpada de grafite corroborou fortemente a relação entre temperatura e cor, chamando a atenção dos alunos, inclusive solicitaram a repetição do experimento para gravar com o celular. Nas suas apostilas, os alunos classificaram corretamente as cores em ordem crescente de

⁴⁹ Uma provável relação entre fogo (vermelho) e gelo (azul).

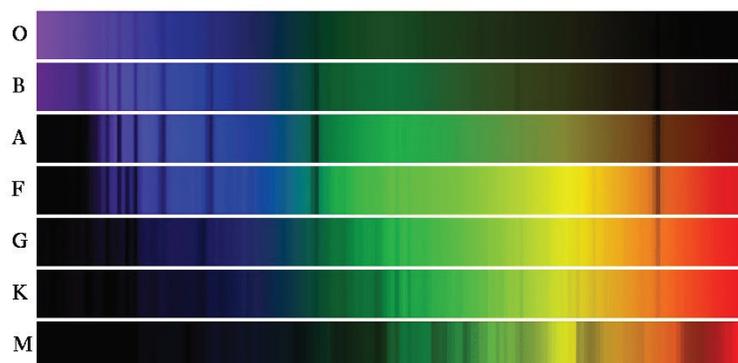
temperatura.

Retomada do tema introdutório

A retomada do tema introdutório ocorreu como uma continuação do experimento, atraindo muito a atenção dos alunos. A partir dos exemplos apresentados, concluímos que também podemos determinar de modo qualitativo a temperatura da superfície de uma estrela, a partir da sua cor. Acreditamos que eles conseguiram fazer uma relação com o experimento presenciado em sala de aula e a teoria que estava sendo proposta. Destacamos os aspectos que interferem na temperatura da superfície de uma estrela, como a massa, área da superfície, como se dá o transporte de energia para fora do núcleo ou tipo de reação termonuclear que ocorre no interior dele.

Encerrada a explicação sobre a relação entre temperatura e cor, esclarecemos que outro modo de determinar a temperatura da superfície é através do espectro eletromagnético emitido pelas estrelas⁵⁰. Apresentamos a classificação espectral de *Harvard*, indicando espectro, a cor e temperaturas da superfície de cada uma das classes de estrelas (O-B-A-F-G-K-M)⁵¹. Enfatizamos também o importante papel das astrônomas na classificação dos espectros estelares

Figura 20: Espectro estelares



Fonte: Prime Time (2009)

⁵⁰ Como uma estrela se comporta muito próximo a um corpo negro, um dos modos de determinar a temperatura da sua superfície é analisando o comprimento de onda emitido com maior intensidade (lei de Wien). Outro modo é a partir da análise da intensidade das linhas de absorção diferentes elementos (H, He, Fe, Na entre outros elementos).

⁵¹ A ordem das classes de temperatura podem ser decoradas utilizando os mnemônico "Oh be a fine girl kiss me" ou então "OBA frango grelhado com molho".

Na sequência, convidamos os alunos para analisar estes espectros. Alguns alunos perceberam regiões mais escuras nos espectros de algumas classes. Esta foi uma excelente oportunidade para explicar por que as estrelas apresentam diferentes cores. Para isto, utilizamos a teoria tricromática de Young. A compreensão do processo de formação das cores das estrelas pelos alunos pareceu muito evidente, inclusive quando explicamos por que não encontramos estrelas verdes. Perguntamos se haviam observado algo de diferente nos espectros. Eles não perceberam as linhas escuras. Esclarecemos suas causas e importância na determinação dos elementos químicos existentes nas estrelas.

No final da aula apresentamos um vídeo⁵² comparando o tamanho de diferentes estrelas. Ele corroborou a relação temperatura - massa, e ainda esclareceu a dúvida de alguns alunos sobre as dimensões de alguns objetos celestes como planetas e estrelas. A concepção de que estrelas não possuem pontas também foi discutida. Uma aluna que havia perguntado se haviam estrelas maiores que o Sol ficou impressionada com o tamanho de outras estrelas. Alguns alunos também perguntaram por que não enxergamos estas estrelas no céu tão grande, uma demonstração de que não percebiam que elas estavam muito distantes de nós.

Mapa conceitual

Encerrada a apresentação, solicitamos aos alunos que elaborassem um mapa conceitual⁵³ sobre os conceitos vistos no encontro. Buscando auxiliá-los na confecção, foram sugeridos os seguintes conceitos: temperatura; tato; impreciso; instrumentos de medida; escalas; Celsius; Kelvin; termômetro; contato; pirômetro; espectro eletromagnético.

Analisando as respostas verificamos que de um modo geral eles compreenderam bem os conceitos e suas relações. Em suas construções, destaca-se o modo como relacionaram os instrumentos de medidas (pirômetro e termômetro) com as escalas de temperatura (Celsius e Kelvin). Alguns alunos identificaram o tato como um instrumento de medida de temperatura, mas que contém certa imprecisão. Outros associaram os fenômenos permanentes de cada uma das escalas de

⁵²<https://www.youtube.com/watch?v=HEeh1BH34Q>

⁵³Apêndice D

temperatura.

4.4.3 Encontro – Por que o Sol expandirá?

Apresentação do tema introdutório

A aula iniciou retomando alguns assuntos das aulas anteriores como a relação entre temperatura e agitação dos constituintes, instrumentos de medida de temperaturas e suas escalas e relação entre cor e temperatura das estrelas.

Iniciamos o tema introdutório destacando que as estrelas são objetos que possuem um período de duração. Desta forma, o Sol também terá um fim. Exibimos um vídeo⁵⁴ sobre as etapas da “vida” Sol, descrevendo as transformações pelas quais ele passará (gigante, supergigante, nebulosa planetária, anã branca). Encerramos esta etapa realizando a seguinte questão: *Por que o Sol expandirá?*

Os alunos não apresentaram respostas. A seguir, destacamos este estágio de expansão ocorrerá daqui a cinco bilhões de anos. Verificamos que alguns alunos desconheciam esta informação, enquanto outros (possivelmente aqueles interessados em astronomia) já a conheciam. Mas de certo modo, esta informação não deixou de surpreendê-los. No final da etapa introdutória, realizamos algumas perguntas aos alunos. *Quais serão as causas desta expansão? O que ocorrerá no interior do Sol que fará com que ele aumente seu tamanho?* Nenhum dos alunos apresentou respostas.

Conhecimentos prévios

No levantamento de conhecimentos prévios, realizamos a seguinte questão: *A temperatura pode influenciar no tamanho dos objetos?* Alguns alunos responderam que aumentando a temperatura, modificaria o estado físico de determinado objeto. Outros sugeriram que objetos quando aquecidos aumentam seu o tamanho. Questionamos-lhes se conseguiam visualizar este aumento. Eles responderam que não é possível identificar a modificação do tamanho. Concluímos esta etapa informando que realmente a temperatura influencia no tamanho dos objetos. Este fenômeno é observado em diversas situações do nosso dia a dia, entretanto a

⁵⁴<https://www.youtube.com/watch?v=dEvRgllbIRg>

variação do volume é imperceptível aos nossos olhos.

Apresentação do organizador prévio

Esclarecida a relação entre temperatura e tamanho dos objetos, apresentamos o organizador prévio. Nesta atividade, retomamos o exemplo de uma festa. Especificamente, um *Show* de *rock*. A ideia do organizador prévio foi de fazer uma relação entre os roqueiros e constituintes da matéria. Exibimos o vídeo⁵⁵ de uma festa de *rock*, onde havia uma roda *punk*.

Obviamente, este organizador chamou a atenção dos alunos, por ser o tipo de situação inusitada e que a maioria não está acostumada a presenciar. Nela, as pessoas ficam extremamente agitadas aumentando a distância que as separam. A apostila dos alunos continha a seguinte pergunta: *Como não ser esmagado pelas outras pessoas numa roda punk?* Entre as respostas, destacou-se a necessidade de aumentar a movimentação para evitar que as outras pessoas os esmaguem.

Respondida a pergunta, apresentamos a simulação *Phet – estados físicos da matéria* para exemplificar que os objetos e seus constituintes possuem comportamento parecido. Quanto mais quentes estão os objetos, mais agitados ficam seus constituintes, aumentando a distância entre si e conseqüentemente o seu volume.

Apresentamos exemplos deste comportamento nos três estados físicos da matéria, procurando sempre estabelecer a relação entre agitação e aumento do volume. No caso dos gases, destacamos a relação temperatura, pressão e volume. Esclarecemos que alterando a temperatura do gás, ele poderá modificar sua pressão, volume ou ambos. A apostila dos alunos continha a seguinte pergunta para ser respondida: *Qual a relação entre a temperatura e volume dos objetos nos três estados físicos da matéria?* As respostas ficaram divididas em: a temperatura influencia na dimensão dos objetos; ao aumentar a temperatura de um objeto seu volume aumenta também.

⁵⁵<https://www.youtube.com/watch?v=LRSHGArOTS4>

Experimentos sobre dilatação térmica

Procurando demonstrar as situações exemplificadas anteriormente com a simulação, apresentamos três experimentos, para demonstrar que a relação entre variação da temperatura e mudança do volume está presente nos três estados físicos da matéria. Buscando ampliar compreensão deste conceito, destacamos que nem sempre observamos uma relação de proporcionalidade entre aumento da temperatura e volume de sólidos e líquidos. A partir desta etapa destacamos que a variação da temperatura modifica o volume, podendo tanto aumentar ou diminuí-lo.

Dilatação de Sólidos

Neste primeiro experimento utilizamos um equipamento do laboratório da escola, conhecido como dilatômetro. Nele, quando aquecermos barras de metais, percebermos sua dilatação, através do movimento da projeção de uma caneta laser na parede. Após explicarmos o funcionamento do aparelho, realizamos o experimento. Os alunos ficaram muito impressionados com o movimento da projeção da caneta laser, ao mesmo tempo em que não percebiam nenhuma alteração no tamanho das barras de metal. O uso de diferentes barras de metais exemplificou satisfatoriamente o comportamento de dilatação para diferentes materiais.

Solicitamos aos alunos respondessem a seguinte questão em suas apostilas.: *O que aconteceu com a barra quando aumentamos sua temperatura? Qual a causa?*

As respostas se concentraram em: relacionar o aumento do comprimento da barra de metal devido à elevação da temperatura e agitação das moléculas; relacionar o aumento do comprimento à elevação da temperatura; relacionar o aumento da temperatura, com o aumento da agitação e da distância de separação das moléculas; descrever que a barra dilatou, sem apontar as causas.

Dilatação dos Líquidos

Neste experimento utilizamos uma garrafa com um gargalo mais fino, contendo água e corante. Realizamos uma marca da posição inicial da coluna d'água antes de imergi-la dentro de um recipiente contendo água quente. A água do recipiente transfere energia para a água com corante, aquecendo-a. Apesar dos

alunos ficarem um pouco entediados com a demora do aumento da coluna, se impressionaram com a mudança da altura da coluna d'água. Apesar de não demonstramos a dilatação de outros líquidos, destacamos que eles dilatariam de diferentes formas para uma mesma variação de temperatura.

Retomamos a relação entre temperatura e volume, esclarecendo que no caso específico da água ela terá um comportamento diferenciado, de acordo com a temperatura que se encontra. Destacamos que a garrafa também sofre dilatação, influenciando na altura final da coluna. No final deste experimento, comparamos o comportamento do líquido no interior da garrafa com o comportamento do líquido no interior do termômetro. Na apostila dos alunos realizamos a seguinte pergunta. *O que aconteceu com o líquido dentro da garrafa quando aumentamos sua temperatura? Por que isto aconteceu?*

As respostas se concentraram em: relacionar o aumento da agitação das moléculas de água devido ao aumento da temperatura do líquido; descrever o aumento do espaçamento entre as moléculas devido ao aumento da agitação; aumentar o volume do líquido devido ao impacto ou choque de temperatura; descrever que o aumento da coluna de água ocorreu devido ao aumento da temperatura.

Dilatação gasosa

Neste experimento utilizamos uma garrafa com um balão na sua boca. O conjunto foi colocado dentro de um recipiente com água quente. O objetivo foi demonstrar o comportamento de um gás quando aquecido. Ao contrário do experimento anterior, este aconteceu um pouco mais rapidamente. A dilatação do balão era evidente, contribuindo para chamar a atenção dos alunos. Procuramos destacar o experimento em duas etapas. Na primeira, o balão aumentava sua temperatura e volume. Na segunda, a membrana do balão impedia o ar do balão dilatar, fazendo com que ele aumentasse sua pressão e temperatura.

Utilizamos a simulação *Phet – Estados físico da matéria* para ilustrar o que estava ocorrendo com o gás. Retomamos o tema introdutório do encontro *Como surgem as estrelas?* para explicar que duranteo surgimento das estrelas a pressão das camadas de gás faz com que a temperatura do núcleo aumente.

Na apostila dos alunos foram realizadas as seguintes perguntas. *O que*

causou o aumento do volume do balão? E por que o volume não continuou aumentando? Na primeira pergunta obtivemos as seguintes respostas: o aumento da agitação das moléculas expandiu o balão; o aumento da temperatura do ar; a pressão aumentou a temperatura do gás/agitação das moléculas; o gás aqueceu e aumentou o volume do gás. Na segunda, as respostas se concentraram em indicar que a quantidade de gás não foi suficiente; a pressão do gás era insuficiente; a pressão do ar não consegue vencer a pressão da membrana de borracha do balão.

Ao final destes três experimentos, realizamos uma etapa de reconciliação integradora. Reforçamos a relação entre temperatura e volume, esclarecendo que apesar de observarmos uma grande quantidade de exemplos onde o aumento da temperatura implica num aumento do volume de líquidos e gases, existem situações onde não encontramos esta relação, como a dilatação anômala da água.

Dilatação anômala da água

Para explicarmos as causas deste fenômeno utilizamos da simulação *Phet – Estados físicos da matéria*. Nela, simulamos o comportamento das moléculas de água resfriada a 4°C. Elas diminuem sua agitação e devido às forças intermoleculares, se organizam em estruturas hexagonais. Também utilizamos moléculas de água de um kit de química para auxiliar a explicação. Apresentamos algumas consequências deste comportamento, como congelamento da superfície de lagos ou quando a água congela dentro de garrafas de vidro, quebrando-as.

Na apostila dos alunos realizamos a seguinte pergunta: *De acordo com o que você observou na simulação, o que causou o aumento do volume da água quando ela é resfriada abaixo de 4 °C?*

Observamos as seguintes respostas: a água se organiza para aumentar seu volume; o aumento do volume faz a água dilatar; a organização das moléculas aumenta o volume da água; ocorre organização das moléculas, aumentando a distância entre elas; a água fica mais organizada devido ao formato da sua molécula.

Retomada do tema introdutório

Apresentada a relação entre temperatura e dimensões do objeto, retomamos

o tema introdutório. Nesta etapa, utilizamos a relação entre temperatura, pressão e volume dos gases para explicar por que o Sol expandirá. Para facilitar a compreensão, montamos uma animação dentro dos slides para ilustrar as etapas que ocorrem no interior do Sol.

Começamos apresentando a etapa onde o núcleo do Sol diminuirá a taxa de fusão termonuclear do hidrogênio. Este processo ocorrerá devido ao decréscimo de hidrogênio nesta região. Com isto, haverá uma queda de pressão na sua região central. Em consequência, esta região sofrerá uma contração, iniciando a fusão termonuclear numa região rica em hidrogênio⁵⁶ que envolve o núcleo. Esta energia será absorvida pelas camadas externas do Sol⁵⁷, dilatando-as, transformando o numa gigante vermelha. Ele ficará mais luminoso e mais frio⁵⁸. Sua luminosidade aumentará entre 1.000 e 10.000 vezes, enquanto que seu tamanho em cerca de 100 a 1.000 vezes. Todo o processo levará alguns milhões de anos.

Numa próxima etapa, inicia-se a fusão termonuclear do hélio no núcleo do Sol, a partir do chamado “flash do hélio”⁵⁹. Nesta fase, a fusão termonuclear ocorrerá em duas regiões: na casca envoltória do núcleo (convertendo hidrogênio em hélio), e no núcleo (convertendo hélio em carbono⁶⁰). O raciocínio para a evolução desta fase do Sol é semelhante ao caso anterior. A taxa de fusão do núcleo de hélio diminuirá, fazendo com que seja comprimido, ocasionando a fusão termonuclear de hélio numa nova casca, situada entre o núcleo de carbono e oxigênio e a casca de hidrogênio⁶¹. Este acréscimo de energia dilatará ainda mais o Sol, transformando-o numa supergigante vermelha.

⁵⁶ Fusão de hidrogênio na casca.

⁵⁷ Quando o hidrogênio do núcleo se esgotar totalmente, a casca será a única fonte de produção de energia. Uma nova queda na temperatura e pressão leva a um colapso da estrela. Neste processo a energia potencial gravitacional é convertida em energia térmica, aumentando a casca, liberando muito mais energia e conduzindo a uma nova expansão das camadas externas na estrela.

⁵⁸ Ao aumentar sua área da superfície, a estrela apresenta um aumento de sua luminosidade total (energia irradiada pela estrela por unidade de tempo, expressa em W ou ergs/s), fazendo com que a sua superfície esfrie.

⁵⁹ Início repentino da fusão termonuclear do hélio.

⁶⁰ A fusão entre núcleos de carbono e hélio resultará na produção de núcleos de oxigênio.

⁶¹ Fusão do hélio na casca.

Figura 21: Animação: Por que o Sol expandirá?



Fonte: Elaborado pelo autor

Finalizamos a explicação demonstrando que estas camadas envoltórias ao núcleo e o envelope externo expandirão e se desprenderão do Sol⁶², restando apenas o núcleo de carbono e oxigênio do Sol. Para ilustrar, apresentamos a imagem de uma nebulosa planetária⁶³, como a última etapa das transformações que ocorrerão no Sol. Percebemos que os alunos conseguiram relacionar a explicação com a imagem apresentada. De um modo geral, as pessoas admiram a beleza das imagens de astronomia que circulam na internet sem compreender o que efetivamente ocorre nelas.

Procuramos elaborar um modelo que ao mesmo tempo fosse simples e que conseguisse descrever o que realmente acontece no interior do Sol, transformando-o numa estrela supergigante. Porém, mesmo utilizando um modelo simplificado deste fenômeno, auxiliado com animações, os alunos apresentaram certa dificuldade em compreendê-lo. Mesmo assim, acreditamos que as ideias gerais (alterações nas reações nucleares, aquecimento dos gases das cascas externas ao núcleo recebendo mais energia, aumentando do tamanho e a luminosidade do Sol) foram transmitidas de modo satisfatório.

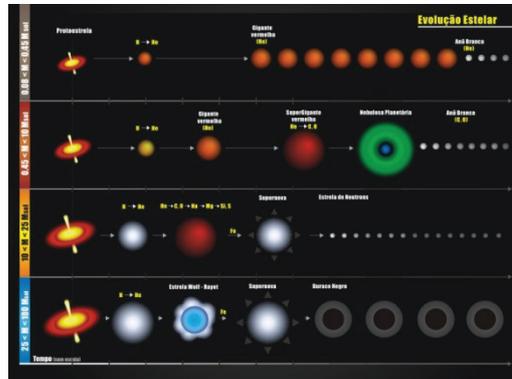
Pensamos que mesmo os alunos não compreendendo completamente as etapas do modelo proposto, eles entenderam que as estrelas não são eternas e que durante seu tempo de existência, passam por diversas transformações. Imaginamos que no final da explicação eles fariam a seguinte pergunta (e realmente a fizeram): “Todas as estrelas acabam assim?”. Assim, apresentamos uma imagem contendo resumidamente as etapas que estrelas de diferentes massas passam ao longo do

⁶² Sucessivos pulsos térmicos na casca de hélio expandirão o Sol.

⁶³ Antes desta etapa ocorre a etapa de superventos, com velocidades entre 10 e 30 km/s.

seu tempo de existência.

Figura 22: Etapas de evolução estelar de estrelas com diferentes massas



Fonte: Astronomia e Astrofísica (2000)

Ela causou o mesmo impacto que a imagem da nebulosa planetária. Termos como estrelas de nêutrons e buracos negros, estrelas gigantes, supernovas são de certo modo conhecidos pelos alunos. Mas muitos desconhecem que um buraco negro vem de uma estrela de grande massa. Quando ouviram a explicação mostraram-se surpresos. Do ponto de vista da aprendizagem significativa, percebemos esta etapa como uma grande reconciliação integradora, pois no momento em que identificaram as relações entre estrelas e suas massas e os diferentes estágios, é como se suas estruturas cognitivas reorganizassem todos os conhecimentos já existentes.

Mapa conceitual

No final da apostila, havia uma atividade solicitando aos alunos que elaborem um pequeno mapa conceitual. Os seguintes conceitos foram sugeridos: dilatação térmica, variação temperatura; agitação, átomos; moléculas; sólidos; líquidos; gases; volume.

Analisando os mapas construídos⁶⁴, percebemos que boa parte dos alunos compreendeu a relação entre variação da temperatura e dilatação térmica. O conceito de agitação foi relacionado de modo satisfatoriamente à variação de temperatura, assim como a relação entre modificação do volume.

⁶⁴Apêndice D

Um fato a destacar é que os alunos possuem certa resistência a elaborar mapas conceituais, ocasionada pela exigência de terem que refletir e relacionar conceitos. Outro aspecto também observado foi que os alunos ficaram restritos apenas ao uso dos conceitos sugeridos, sem acrescentar outros de sua livre escolha, mesmo sendo estimulados para isto.

4.6.4 Encontro – Dilatação térmica

O objetivo deste encontro foi consolidar os conceitos apresentados anteriormente, bem como aprofundar o fenômeno de dilatação térmica, aplicando as equações de dilatação térmica. O encontro foi dividido em duas etapas.

Na primeira etapa, retomamos a relação entre temperatura e volume da matéria. Ensinamos a dilatação térmica de sólidos e líquidos, suas equações, exemplos de aplicação e situações onde são observadas. Na segunda etapa, os alunos resolveram alguns exercícios propostos.

Dilatação linear de sólidos

A explicação da dilatação linear iniciou com a discussão do experimento realizado na aula anterior com o dilatômetro, retomando os principais aspectos observados. A principal relação observada pelos (pelas) alunos foi o aumento do comprimento da barra. Poucos lembraram que o tipo de material utilizado para construir a barra também influencia no modo como ela dilata. Destacamos ainda que, apesar da barra dilatar em todas as dimensões, estaríamos interessados em calcular o quanto o comprimento dela foi alterado. Apresentamos a equação da dilatação linear, destacando o papel de cada uma de suas variáveis.

Algumas aplicações da dilatação térmica foram apresentadas, como a dilatação em pontes, trilhos de trens, fios de alta tensão, e aplicações em lâmina bimetálica em termostatos e pisca-piscas. Estes exemplos foram escolhidos intencionalmente com o intuito de auxiliar a resolução dos exercícios que foram propostos no final da aula.

Este momento foi bem interessante, pois os alunos relataram algumas situações vivenciadas, relacionadas com os exemplos apresentados. Procurando esclarecer o significado da constante de dilatação linear, apresentamos uma tabela

com valores de diferentes materiais. Explicamos a relação entre estes valores e o comportamento dos objetos por estes materiais quando aquecidos.

Apresentadas algumas aplicações da dilatação térmica, realizamos a seguinte pergunta na apostila dos alunos: *O que causou a deformação nos trilhos da imagem? Qual a importância de haver um espaçamento entre as barras de ferro dos trilhos ou então das barras de concreto das pontes?*

As respostas se concentraram em explicar que a dilatação ocorreu devido ao aumento da temperatura; o espaçamento possibilita que a dilatação ocorra livremente, evitando danos e deformações às estruturas. Encerramos esta etapa resolvendo um exercício de fixação.

Dilatação superficial

A apresentação da dilatação superficial seguiu os mesmos passos da dilatação linear. Discutimos o significado da equação, assim como cada um de seus termos. Após, apresentamos algumas situações onde o fenômeno de dilatação superficial está presente, entre elas: a dilatação superficial de chapas de concretos em prédios; o uso da dilatação superficial no encaixe de peças; o uso da dilatação superficial para abrir latas de conserva. Apesar de serem exemplos clássicos, os alunos se surpreendem. Novamente interagiram bem, questionando se haviam materiais que se dilatam de modo irreversível, ou então relatando algumas situações vivenciadas e relacionadas com os conteúdos do encontro anterior.

Dilatação volumétrica de líquidos

Encerramos esta primeira etapa apresentando a dilatação volumétrica de líquidos. Seguidos os passos de discussão do significado da equação, assim como cada uma de suas variáveis, apresentamos o termômetro como exemplo de aplicação tecnológica deste fenômeno. Este momento foi de grande importância, pois possibilitou a realização de uma reconciliação integradora, apontando relações, semelhanças e diferenças entre os conceitos temperatura, equilíbrio térmico, escalas de temperatura e dilatação térmica.

Procurando esclarecer o significado da constante de dilatação volumétrica dos líquidos, realizamos comparações entre termômetros de mercúrio e de álcool,

explicando que líquidos se dilatam de modo diferente para uma mesma variação de temperatura. Por fim, comentamos que a dilatação dos recipientes onde estão os líquidos deve ser considerada.

Propomos a seguinte pergunta na apostila dos alunos: *Explique como se comporta o líquido no interior do termômetro.* As respostas se concentraram em relacionar a modificação da altura da coluna de álcool ou mercúrio com a dilatação volumétrica.

Resolução de exercícios

Encerrada a apresentação dos conteúdos, iniciamos a segunda parte do encontro, que consistia na resolução de exercícios. Observamos que as dificuldades de resolução eram ocasionadas principalmente pelo déficit de conhecimento que possuem em matemática. Mesmo assim, demonstraram-se motivados a realizar os cálculos, solicitando-nos auxílio diversas vezes para concluir a tarefa.

4.6.5 Encontro – Como a energia produzida pelo Sol chega até a Terra?

Apresentação do tema introdutório

O encontro iniciou com um breve resumo daquilo que os alunos haviam visto até então. A relação entre agitação dos constituintes e algumas características de sólidos e líquidos (temperatura, dimensões) e gases (temperatura, pressão e volume). No final, questionamos-lhes o que modificava a agitação. Na ausência de respostas, indicamos que a causa estava no fornecimento ou retirada de energia do objeto.

Procurando apresentar o tema introdutório, questionamos também qual a principal fonte de energia do nosso planeta. Prontamente os alunos identificaram o Sol. Na sequência, perguntamos como o Sol cria sua energia e de que modo ela chega até a Terra. Iniciamos a resposta desta pergunta exibindo o vídeo *ABC da astronomia - Sol*⁶⁵. Ele forneceu muitas informações sobre características do Sol (composição, distância, temperatura do núcleo, da superfície), descrevendo as

⁶⁵<https://www.youtube.com/watch?v=ZEiJLhtkfGM>

diferentes regiões que compõe (núcleo, zona radiativa, zona convectiva, fotosfera e coroa). Inclusive esclareceu uma concepção que os alunos possuem (que o Sol não é uma bola de fogo, nem um corpo rígido). Ao final, explicamos brevemente que a energia do Sol provém da fusão termonuclear.

Um dos alunos comentou sobre uma reportagem que falava da possibilidade de realizar a fusão nuclear para produção de energia. Aproveitamos para esclarecer que uma das condições necessárias para realizá-la (altas temperaturas) não é facilmente alcançada, como no interior de estrelas.

Conhecimentos prévios

Ao serem questionados sobre o significado de calor, os alunos apresentaram respostas relacionadas a algo quente ou aquecido. Alguns alunos utilizaram a frase de “está muito calor hoje”, demonstrando claramente a associação que eles fazem entre calor e altas temperaturas.

Após, esclarecemos o significado que a física atribui para a palavra calor (transferência de energia entre sistemas com diferentes temperaturas). Para que compreendessem este significado, retomamos alguns aspectos do conceito energia como: uma quantidade possível de ser calculada; esta quantidade não pode ser criada, somente transferida; é encontrada nos objetos em movimentos (energia cinética) e ou então armazenada em campos ou objetos deformados (energia potencial elástica e gravitacional). Por fim, destacamos que a física está interessada em estudar os processos de transferência de energia.

Organizador prévio

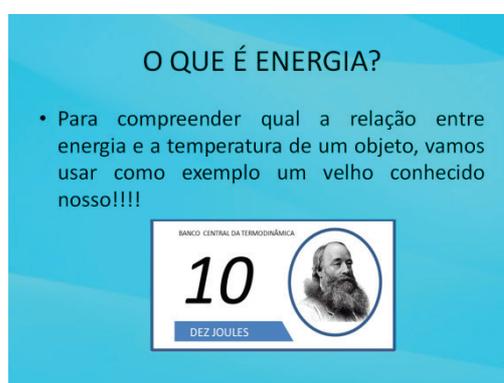
Destacadas as características do conceito energia, realizamos uma breve comparação entre dinheiro e energia⁶⁶. Do mesmo modo que não podemos criar dinheiro, não podemos criar energia. Outra ideia apresentada foi: do mesmo modo que pessoas trocam dinheiro, na termodinâmica os objetos trocam energia. Neste primeiro momento, os alunos demonstraram compreender bem a comparação.

Encerrada esta etapa, iniciamos apresentação do organizador prévio. Ele consistiu em realizar a comparação entre pessoas numa festa e os constituintes da

⁶⁶Quantidade associada a uma partícula ou a um sistema.

matéria (átomos ou moléculas). Nesta festa teríamos dois grupos de pessoas, sendo que a agitação delas depende da quantidade de dinheiro que possuem. Assim, uma pessoa com pouco dinheiro ficaria mais desanimada na festa, enquanto que uma pessoa com muito dinheiro ficaria animada e “ostentando”, conforme relataram os alunos. Para modificar a agitação das pessoas numa festa e deixá-la quente, necessitamos fornecer dinheiro às pessoas. Para “esfriar” uma festa necessitamos retirar dinheiro das pessoas.

Figura 23: Organizador prévio – calor



Fonte: Elaborado pelo autor

Na matéria, a agitação dos constituintes depende da quantidade de energia que possuem. Constituintes com mais energia ficam mais agitados do que aqueles com pouca energia. Para modificar a agitação dos constituintes necessitamos transferir energia. Esclarecemos que esta transferência de energia ocorre quando objetos com diferentes temperaturas interagem. A partir desta comparação definimos o calor⁶⁷. Utilizamos também a simulação *Phet – Estados físicos da matéria* para ilustrar este o comportamento.

Procurando tornar o exemplo mais realístico realizamos uma dinâmica, dividindo os alunos em dois grupos. Para cada aluno fornecemos uma quantidade de notas de dinheiro fictícia, chamada de Joule. Nossa ideia inicial era realmente simular um ambiente de festa. Porém, não foi possível devido à timidez dos alunos e também ao tempo de aula que dispúnhamos.

Separados os grupos e distribuídas as quantidade de dinheiro fictício, solicitamos que os alunos verificassem as quantidades de energia que cada um

⁶⁷Transferência de energia entre sistemas com diferentes temperaturas.

possuía. Após, pedimos que identificassem qual o componente do grupo tinha mais dinheiro, e conseqüentemente mais agitação.

Na etapa seguinte, solicitamos que eles calculassem a quantidade de total de dinheiro que cada grupo possuía. Anotamos os valores no quadro em forma de tabela, para que os alunos conseguissem realizar comparações dos valores dos grupos. Esclarecemos que na matéria este valor representa a soma de energia cinética de todos constituintes, sendo denominada de energia térmica⁶⁸. Esclarecemos que a energia térmica é a energia disponível na matéria para ser transferida.

Na etapa seguinte da dinâmica os alunos calcularam o valor médio de dinheiro que cada grupo possuía. Após, esclarecemos que se cada grupo fosse uma porção de matéria (ou sistema), este valor representaria a temperatura de cada grupo. Logo, o grupo com maior valor médio, representa uma porção de matéria com maior temperatura.

A seguir solicitamos que os integrantes de cada grupo trocassem dinheiro entre si. Esclarecemos que mesmo havendo troca de dinheiro entre os integrantes, a quantidade total não foi modificada. Comparando esta situação com o comportamento dos constituintes de um sistema, esclarecemos que mesmo quando interagem entre si, o valor médio de energia⁶⁹ do sistema não modifica, e conseqüentemente sua temperatura. Novamente utilizamos a simulação *Phet – Estados físicos da matéria* para ilustrar o que acabara de ser explicado.

Propomos aos alunos que formassem um único grupo e calculassem o novo valor médio de dinheiro. Comparamos este valor médio com o valor médio de energia dos constituintes de um sistema. Esclarecemos que a junção dos grupos representaria a situação onde sistemas de diferentes temperaturas entram em contato. Logo, o valor médio de energia encontrado está relacionado com a temperatura de equilíbrio térmico dos sistemas.

Na última etapa, solicitamos que todos os alunos trocassem dinheiro entre si e depois retornassem aos grupos iniciais. A seguir, pedimos que calculassem o quanto de dinheiro foi transferido entre os grupos, identificando o quanto de dinheiro que cada grupo perdeu ou ganhou. Usamos esta situação para explicar que quando dois sistemas de diferente temperatura interagem, trocam energia entre si. A este

⁶⁸Soma da energia cinética dos constituintes de um sistema.

⁶⁹Energia cinética média que cada constituinte de um sistema possui.

processo denominamos calor.

Houve uma situação interessante nesta etapa. O valor de dinheiro que um grupo perdeu não foi o mesmo do grupo que ganhou. Aproveitamos esta oportunidade para reforçar o princípio de conservação. Conferidos os valores, os alunos identificaram que calcularam o valor errado. Realizadas as correções, os alunos verificaram que o valor de dinheiro que um grupo perdeu foi exatamente o valor que o outro grupo ganhou. Para reforçar o conceito, transferimos uma quantidade de energia de um grupo ao outro. Também utilizamos a simulação *Phet – Estados físicos da matéria* para apresentar outro exemplo. Uma chama aquecendo e resfriando uma porção de matéria. Comparamos com a situação de uma pessoa fornecendo ou retirando dinheiro de um dos grupos na festa.

No final desta etapa, destacamos que representamos uma quantidade de calor com a letra Q. Retomamos o experimento da bacia realizado num encontro anterior para esclarecer que quando o objeto recebe energia, Q será positivo. No experimento isto ocorreu quando a mão que estava na água fria e foi colocada na água a temperatura ambiente. Agora, quando o objeto cede energia, Q será negativo. No experimento isto ocorreu quando a mão que estava na água quente foi colocada na água a temperatura ambiente. Uma aluna questionou quais as causas de queimaduras de frio ocasionadas pelo nitrogênio. Esclarecemos que elas ocorrem do mesmo modo que uma queimadura ocasionada pelo contato com objetos quentes, ou seja, devido à grande quantidade de energia transferida num curto intervalo de tempo.

Processos de transferência de energia – Condução térmica

Apresentado o organizador prévio, etapa seguinte consistiu em explicar os processos de transferência de energia. O primeiro apresentado foi o de condução térmica. Para exemplificar, realizamos o experimento onde gotas de velas frias estão presas a um condutor de cobre. Ao aquecer uma das pontas, as gotas de vela começaram a derreter. Destacamos que na condução térmica, a energia é transferida pelo contato direto entre objetos. Nos materiais vai ocorrendo lentamente, transferindo energia da extremidade mais quente para a mais fria. Esclarecemos também que os materiais se comportam de modo diferente. Alguns possuem mais facilidade em transferir energia. Usamos o exemplo da madeira para

exemplificar, mas acredito que se tivesse montado o experimento teria esclarecido melhor.

Uma aluna identificou o motivo do uso da madeira para confeccionar colheres. Achamos interessante sua observação e complementamos apresentando outros exemplos, como os cabos de panelas que fabricamos com materiais isolantes térmicos.

Apresentamos então os materiais condutores e isolantes térmicos, destacando suas características. Questionamos-lhes se os materiais isolantes utilizados na confecção de agasalhos e cobertores eram os responsáveis por aquecer o nosso corpo. Conforme imaginávamos, eles tinham concepção de que estes materiais fornecem energia ao nosso corpo. Esclarecemos então que eles evitam que nosso corpo transfira energia ao ar ambiente. Na apostila dos alunos elaboramos uma atividade para que os alunos classificassem imagens de diferentes materiais entre condutores e isolantes térmicos.

Processos de transferência de energia – Convecção térmica

Caracterizamos o processo de convecção térmica, destacando que se trata de um processo onde há transferência de energia através do transporte de matéria. Apresentamos um vídeo⁷⁰ que demonstrava o comportamento de partículas dentro de um fluido aquecido no fundo, destacando que o fluido ganhava energia no fundo e perdia em maior parte na superfície. Após, apresentamos alguns exemplos onde a convecção está presente, entre eles o interior de geladeiras, o uso de exaustores em pavilhões industriais, funcionamento de ar condicionados.

Na apostila dos alunos propomos a seguinte questão: *No telhado de pavilhões industriais frequentemente encontramos exaustores. Para que servem e como funcionam?* As respostas se concentraram em descrever que ao ascender a porção de ar quente no interior do pavilhão é lançada para fora pelos exaustores.

Processos de transferência de energia – radiação

Neste último processo, destacamos que as ondas eletromagnéticas são utilizadas para a transferência de energia. Diferenciamos este processo da

⁷⁰<https://www.youtube.com/watch?v=6WAsokXwXaA>

convecção para reforçar que a energia é transferida sem a necessidade de um meio material. Exemplificamos a radiação apresentando imagens de lâmpadas incandescentes e do Sol.

Garrafa térmica

Procurando trazer um pouco mais de significado aos processos de transferência de energia, apresentamos um modelo simplificado do funcionamento da garrafa térmica, para que os alunos conseguissem identificar como os estes processos são evitados.

O uso de paredes de vidro espelhadas da ampola é para evitar a perda ou absorção de energia por radiação. Esclarecemos que do mesmo modo que um espelho reflete a luz, ele também refletirá a radiação emitida pelo líquido aquecido dentro da garrafa.

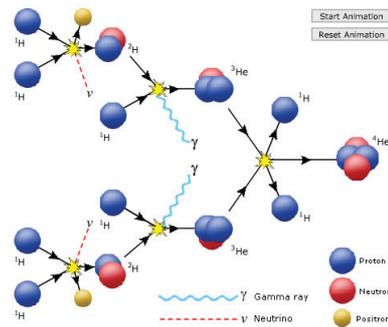
O vácuo existente entre as paredes de vidro da ampola é para evitar a perda ou absorção de energia por condução e convecção térmica. A parede externa da garrafa evita que a parede da ampola perca ou receba energia do ambiente.

Por fim, comentamos que o processo de convecção é evitado através da tampa da garrafa térmica. Assim, o líquido não perde energia quando exposto ao ar ambiente externo.

Retomada do tema introdutório

Encerrada a explicação dos processos de transferência de energia, retomamos o tema introdutório, através do seguinte pergunta. *Como o Sol produz energia?* Procuramos nesta etapa explicar os aspectos gerais do modelo solar. Iniciamos explicando o principal processo de fusão termonuclear que ocorre no núcleo do Sol, utilizando uma animação para ilustrar a cadeia próton-próton

Figura 24: Simulação - Fusão nuclear do hidrogênio em hélio



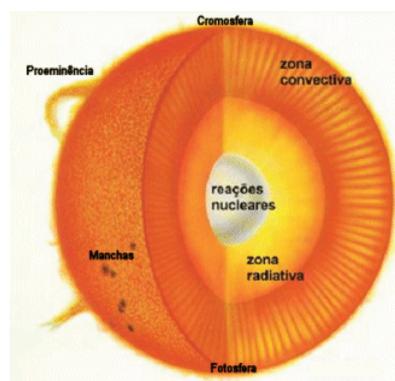
Fonte: <http://www.cdcc.usp.br/cda/sessao-astronomia/animacoes/fusion01.swf>

Nela, destacamos a radiação gama que é produzida nas diferentes etapas de interação entre quatro prótons. Talvez fosse mais interessante demonstrar uma única colisão entre dois prótons para que facilitasse a compreensão dos alunos.

Apresentado o processo de fusão do hidrogênio, explicamos que a partir dele é criada uma porção do hélio existente no Universo. Outros elementos químicos que conhecemos também são produzidos a partir da fusão termonuclear de outros elementos.

Após, exibimos uma imagem da estrutura interna do Sol, apresentando as zonas radiativa e convectiva.

Figura 25: Estrutura interna do Sol



Fonte: Astronomia e Astrofísica (2013)

Explicamos aos alunos que a radiação gama proveniente fusão termonuclear perde parte da sua energia ao atravessar a zona radiativa⁷¹. Já na zona convectiva, bolhas de gases realizam a convecção, retirando energia da zona radiativa e a liberando na fotosfera, na forma de radiação eletromagnética emitida para o espaço⁷².

Encerramos esta etapa do encontro destacando que a energia liberada na superfície do Sol na forma de radiação eletromagnética viaja pelo espaço. Parte dela chega à superfície terrestre através do processo de radiação.

Mapa conceitual

Solicitamos aos alunos que elaborassem um mapa conceitual a partir de alguns conceitos sugeridos, podendo acrescentar ou retirar aqueles que julgassem necessário. Calor; Transferência; objetos; Energia Térmica; Diferentes temperaturas; Energia cinética; Equilíbrio térmico; Condução; convecção; radiação.

Observando os mapas conceituais construídos, algumas características foram observadas. Alguns alunos se sentiram motivados a acrescentar outros conceitos além daqueles estabelecidos. Entretanto, ficou evidente a necessidade de escreverem longos textos para relacionar os conceitos.

Outro aspecto observado e que boa parte dos alunos não estabeleceu relação entre o conceito calor e os processos de transferência de energia (condução, convecção, radiação). Em alguns mapas verificamos que os conceitos apenas foram ligados entre si, sem nenhum tipo de relação. Em contrapartida, aqueles que realmente se empenharam em identificar as relações existentes entre os conceitos, obtiveram um grande êxito. Esta dificuldade de alguns alunos em relacionar os conceitos foi percebida de modo muito significativo na avaliação final. Nela, percebemos que muitos alunos não havia tido uma relação clara entre os conceitos calor e transferência de energia por diferença de temperatura.

⁷¹Parte da energia dos fótons de raios gama proveniente da fusão termonuclear do hidrogênio é transferida para as partículas do núcleo através de colisões. O restante escapa do núcleo na forma de fótons, os quais colidem com as partículas da zona radiativa, transferindo energia para esta região.

⁷²A convecção é o principal processo de transferência desta região, mas não o exclusivo.

4.6.6 Encontro – Por que o Sol possui manchas?

Apresentação do tema introdutório

O encontro começou com um breve relato do início do uso de telescópios na astronomia, realizado por Galileu. Dentre diversos registros feitos por ele, destacamos as manchas escuras (manchas solares) observadas quando apontou seu telescópio para o Sol. Comentamos também que Galileu observou que as manchas mudavam de posição. Desta forma concluiu que o Sol realizava movimentos de rotação, porém não como um objeto rígido, pois as manchas solares próximas aos polos possuíam um período de rotação menor daquelas que estavam sobre o equador.

Encerrada esta etapa, exibimos aos alunos um dos vídeos da série *ABC da astronomia – Número de Wolf*⁷³. Este número é utilizado para determinar os períodos de máxima atividade solar a partir do número de manchas solares. O vídeo apresenta vários aspectos relevantes do Sol (composição, distância, linhas de campo magnético, movimento de rotação) e das manchas solares (tamanho e, classificação das regiões das manchas). Também estabelece a relação o número de manchas e atividades solares, vento solar e formação de auroras austral e boreal.

Encerrada a exibição do vídeo questionamos os alunos *O que causa as manchas solares?* O vídeo informa também que durante a atividade solar o Sol ejeta um material que atinge a Terra. Esclarecemos que este material é conhecido como plasma, o quarto estado da matéria. E que a ocorrência de todos os fenômenos apresentados no vídeo está relacionada com as propriedades do plasma.

Conhecimentos prévios

Procurando identificar os subsunçores dos alunos realizamos a seguinte pergunta: *Como aumentamos ou diminuimos a temperatura de um objeto, ou mudamos seu estado físico?* O intuito dela foi verificar se eles haviam compreendido a relação entre transferência de energia e aumento de temperatura ou mudança de estado físico. Suas respostas ficaram entre aumentar a agitação ou aquecer.

⁷³<https://www.youtube.com/watch?v=AVXGrBG21AY>

Aproveitamos para retomar a relação entre transferência de energia e aumento de temperatura.

Organizador prévio

Antes de iniciarmos a apresentação do organizador prévio, procuramos retomar a comparação entre pessoas numa festa e objetos, apresentada no encontro passado, comparando dinheiro a energia.

O organizador utilizado retomou alguns conceitos trabalhados em outros encontros, entre eles, a relação entre agitação e temperatura (apresentado no encontro *Como surgem as estrelas?*), e relação entre agitação e energia (apresentado no encontro *Como a energia produzida pelo Sol chega até a Terra?*). Em seguida, apresentamos o organizador prévio, utilizando duas situações de festas para ensinar a relação entre energia e mudança de estado físico.

Quando adicionado dinheiro, as pessoas ficam mais agitadas. Comparando com os constituintes da matéria, quando eles recebem energia eles ficam mais agitados. Agora, quando retiramos dinheiro da festa, a festa fica muito desanimada. Comparando com os constituintes da matéria, eles cedem energia e ficam menos agitados.

Figura 26: Organizador prévio – Absorção de energia por sólidos e líquidos



Fonte: Elaborado pelo autor

A relação que procuramos estabelecer é de que para modificar a temperatura ou então o estado físico de um objeto ou substâncias necessitamos fornecer ou retirar energia dele. Na apostila dos alunos havia uma simples atividade de completar, buscando reforçar estes conceitos.

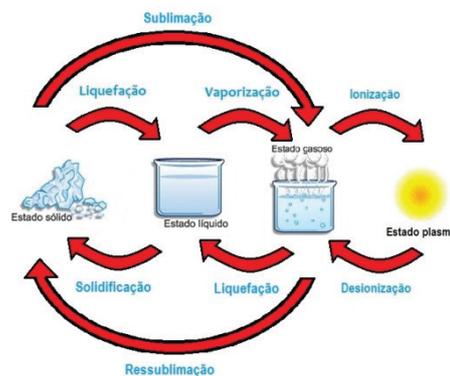
Mudanças dos estados físicos

Esclarecida a relação entre energia e mudança de estado físico, utilizamos a simulação *Phet – Estados físicos da matéria*, para demonstrar o comportamento das moléculas de água ao receberem ou cederem energia, modificando o estado físico. Após, apresentamos algumas situações cotidianas onde ocorrem mudanças do estado físico como a evaporação de um lago, a condensação da água num objeto mais frio que a temperatura ambiente ou então numa nuvem (destacando que seu estado físico não é o gasoso). Por fim, comentamos o que caso fornecêssemos energia ao vapor d'água confinado num recipiente (aquecendo ou comprimindo-o), ele chegaria num estágio onde as moléculas se desagregariam, chegando então ao quarto estado físico da matéria, o plasma.

Na apostila dos alunos realizamos a seguinte pergunta: *Qual o comportamento dos constituintes em sólidos, líquidos e fases quando fornecemos ou retiramos energia deles.* As respostas se concentraram em três grupos: ao fornecer energia eles ficam agitados e ao retirar energia e ficam parados; dependendo da energia fornecida os objetos podem alterar sua forma; fornecendo energia eles se separam e retirando energia eles se juntam; conforme ganham ou perdem energia modificam seus estados físicos.

Para resumir todas estas informações, apresentamos uma imagem descrevendo todos os processos de mudança do estado físico.

Figura 27: Processos de mudança do estado físico da água



Fonte: Mudança (2013?)

Na apostila dos alunos, elaboramos uma atividade onde eles deveriam identificar em quais processos houve ganho ou perda de energia para modificar o

estado físico. Os alunos identificaram que os processos da parte superior da imagem necessitam ganhar energia para ocorrer, enquanto que os processos da parte inferior perdem energia.

Calor sensível

Encerrada a discussão sobre os processos de mudança dos estados físicos, apresentamos a equação de calor sensível, utilizada para determinar a quantidade de energia necessária para aumentar a temperatura. Esclarecemos o significado de cada uma das variáveis da equação, destacando que a variável Q representa o calor. Apresentamos também uma tabela com valores de calores específicos. Nela, discutimos o significado dos valores, suas implicações. Outra unidade de energia utilizada, a Caloria, foi apresentada e conceituada.

Na etapa seguinte resolvemos dois exercícios de fixação. Neles, utilizamos os mesmos valores de massa, temperatura final e inicial, mas diferentes valores de calor específico. Assim, comparamos os valores de energia transferida para ambos os objetos, com uma mesma variação da temperatura. Desta forma, demonstramos que de acordo com calor específico, necessitamos de diferentes quantidades de energia para modificar a temperatura de objetos.

Calor Latente

Iniciamos a apresentação do calor latente questionando o que ocorre quando a matéria recebe energia ao ponto de modificar seu estado físico. Na sequência, esclarecemos que eles não alteram sua temperatura. Em seguida apresentamos a equação do calor latente. Nela, destacamos que não há variações de temperatura. Conforme esclarecido anteriormente, durante a mudança de estado físico não há variação significativa de temperatura. Após, analisamos uma tabela com valores de calor latente para diferentes materiais. Esclarecemos que estes valores indicam a quantidade de energia por unidade de massa que cada material necessitam para modificarem seus estados físicos.

Nos exercícios de fixação, resolvemos dois problemas aplicando a equação de calor latente. Neles, utilizamos materiais com mesmos valores de calor latente e massa, mas em processos diferentes (solidificação e fusão). Desta forma, pudemos

discutir o significado físico do sinal, indicando que na solidificação necessitamos retirar energia (sinal negativo), enquanto que na fusão necessitamos fornecer energia (sinal positivo). Após, resolvemos outro problema para exemplificar a ebulição. Aproveitamos para comparar os valores de calores latentes de fusão e vaporização, apontando que para vaporizar determinado material há necessidade de utilizarmos uma grande quantidade de energia. Na etapa de resolução de exercícios os alunos realizaram perguntas triviais, relacionadas a dúvidas em matemática.

Quarto estado da matéria - o plasma

Procurando esclarecer o que é o plasma, apresentamos alguns exemplos, como uma bola de plasma, imagens queda de raios em tempestades, aurora boreal, estrelas e da queda de um meteorito. Após, exibimos um vídeo⁷⁴ da queda de um meteoro na Rússia, destacando que o sua velocidade foi tão alta que comprimiu o ar na sua frente ao ponto de torná-lo plasma. Nesta etapa os alunos ficaram muito entusiasmados com o tema, questionando inclusive se era possível criar plasma em casa. Indicamos que consultassem vídeos na internet. Por fim, esclarecemos que uma das formas de se criar plasma é aumentar a energia interna de um gás, ao ponto de ionizar suas moléculas.

Retomada do tema introdutório

Retomamos o tema introdutório com a informação apresentada no encontro “*Como surgem as estrelas?*” que as estrelas são compostas de plasma. Destacamos também que o núcleo externo da Terra é formado por plasma, e que o campo magnético terrestre é formado pelo movimento de rotação dele⁷⁵. A ideia que procuramos transmitir foi de que cargas elétricas em movimento produzem campos magnéticos.

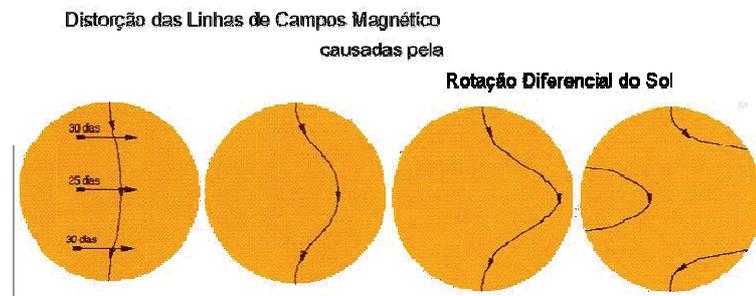
Assim, usamos esta situação como gancho para explicar que nas estrelas o plasma também está em movimento, logo ele cria um campo magnético. Utilizamos a informação do início da aula, de que o Sol possui rotação diferenciada nos polos,

⁷⁴<https://www.youtube.com/watch?v=Sk6CNROKRQQ>

⁷⁵ De acordo com a teoria do dínamo, o campo magnético terrestre é formado a partir de correntes elétricas geradas pela combinação do movimento de rotação da Terra com a convecção do ferro líquido no núcleo externo.

para explicar a distorção do seu campo magnético. Nesta etapa, as imagens foram de grande ajuda para ilustrar.

Figura 28: Distorção das linhas de campo magnético do Sol



Fonte: Costa e Calbocentro (1994)

Explicamos também que a cada 22 anos o campo magnético do Sol se inverte de orientação⁷⁶, e que durante este período, há uma grande distorção do campo magnético. Isto aumenta tanto o número de manchas solares como atividade solar, ejetando plasma⁷⁷. A porção deste plasma que atinge a Terra interage com seu campo magnético, resultando nos fenômenos das auroras boreal e austral.

Retomando a causa das manchas, usamos a relação entre o plasma e campo magnético para explicar que no local onde ocorrem as manchas solares, o plasma fica aprisionado, sem realizar a convecção. Desta forma ele esfria e acaba emitindo outro espectro de radiação, ficando com o aspecto de manchas escuras.

Mapa conceitual

Neste encontro, solicitamos aos alunos que elaborassem um mapa conceitual⁷⁸ a partir de alguns conceitos sugeridos, podendo acrescentar ou retirar aqueles que julgassem necessário. Os conceitos foram: objetos, ganham, perdem; energia; mudança; estados físicos; sólido; líquido; gasoso; plasma.

76 Modelo conhecido como Dínamo magnético de Babcock, segundo o qual a rotação diferencial do equador e os movimentos convectivos no envelope convectivo causam distorções do campo magnético do Sol.

77 Fenômeno conhecido como flares solares. Neles há também liberação de raio X e radiação ultravioleta. Além deles, a ejeção de plasma pode ocorrer: na fotosfera através de proeminências, na coroa através da ejeção de massa coronal ou pelo vento solar.

78 Apêndice D

Observando os mapas conceituais construídos, percebemos novamente que alguns alunos confeccionaram seus mapas simplesmente ligando os conceitos. Outros confeccionaram os mapas utilizando apenas os conceitos sugeridos. Um terceiro grupo realizou de modo satisfatório, acrescentando mais informações e realizando mais conexões. Entre estas informações, se destacaram a relação entre ganhar e perder energia com a mudança do estado físico. Em alguns mapas, os alunos destacaram o comportamento dos constituintes da matéria nos diferentes estados físicos. Outros alunos também relacionaram o Sol ao estado físico da matéria de plasma.

4.6.7 Encontro – O que são estrelas cefeidas?

Apresentação do tema introdutório

Este encontro iniciou com uma breve retomada histórica da descoberta de estrelas variáveis⁷⁹ cefeidas, feitas por *Jonh Goodrike* na constelação de Cefeu. Também destacamos a relação período - luminosidade, descoberta por *Henrietta Swan Leavitt* e aperfeiçoada por *Ejnar Hertzsprung*, utilizada para determinar a distância da Nuvem de Magalhães. Comentamos também que existem diferentes técnicas para determinar a distância de uma estrela, como a paralaxe e relação distância-magnitude.

Após, apresentamos aos alunos um pequeno resumo do trabalho do astrônomo *Edwin Powell Hubble*, sobre a determinação da distância da galáxia de Andrômeda, no ano de 1923. Buscamos destacar a discussão que havia na época, que procurava esclarecer se a Via Láctea era um objeto astronômico idêntico à galáxia de Andrômeda, ou representava todo o Universo. A determinação da distância até a Galáxia de Andrômeda respondia este enigma, pois indicaria se ela estava contida ou não dentro da Via Láctea. *Hubble* efetuou esta medida. Utilizando o telescópio mais avançado de sua época, ele encontrou estrelas cefeidas na Galáxia de Andrômeda. A partir do período de luminosidade delas, determinou a distância da galáxia de Andrômeda, concluindo que estava mais afastada do que as

79 Estrelas variáveis são aquelas que apresentam variação de sua luminosidade. São classificadas em eruptivas, pulsantes, rotantes, cataclísmicas, sistemas eclipsantes e fontes de raio-X variáveis. As cefeidas são estrelas supergigantes entre 5 e 15 massas solares de classe espectral F e K que pulsam de forma regular, apresentando períodos de pulsação entre 1 e 100 dias.

estrelas mais distantes conhecidas. Assim, Andrômeda era uma galáxia como a Via Láctea.

Apresentamos imagens animadas para que os alunos visualizassem o comportamento de uma estrela cefeida e compreendessem a variação de sua luminosidade.

Figura 29: Estrela Cefeida



Fonte: Nasa (2011)

Pensamos que eles relacionariam a variação da luminosidade com o fato das estrelas piscarem, porém, nenhum realizou esta associação. Encerramos esta etapa com a seguinte pergunta: *O que causa este brilho variável das estrelas Cefeidas?* Por fim, destacamos que alunos ficaram muito curiosos com a informação de uma estrela contendo características específicas, pois até então possuíam a concepção de que todas as estrelas possuíam as mesmas características.

Conhecimentos prévios

Para identificar os conhecimentos prévios neste encontro, questionamos aos alunos quais as características que podem ser analisadas nos gases. Como apresentaram certa dificuldade em lembrar tais características, retomamos o experimento de dilatação gasosa do encontro *“Por que o Sol expandirá?”* para lembrarem as características analisadas num gás. Alguns alunos então lembraram os conceitos de pressão, temperatura e volume. Por fim, esclarecemos que os valores de pressão, temperatura e volume, relacionam-se através da equação dos gases ideais.

Organizador prévio

No estudo das transformações termodinâmicas, o interesse está em determinar as variáveis de estado de um gás antes e depois de modificá-lo. Utilizamos esta informação para elaborar o organizador prévio. Novamente utilizamos o exemplo de situações numa festa para ensinar o que são transformações termodinâmicas aos alunos.

O organizador identificou características das festas, como o fato delas possuírem um começo (estado inicial) e um fim (estado final). Questionamos aos alunos: *O que podemos fazer para transformar uma festa e modificar seu fim?* De um modo geral, todos associaram o andamento da festa ao tipo de música utilizada. Utilizando este raciocínio, destacamos a influência do Dj no andamento da festa. Dependendo do tipo de música que ele coloca, a festa terá finais diferentes.

Figura 30: Organizador prévio – Transformações termodinâmicas

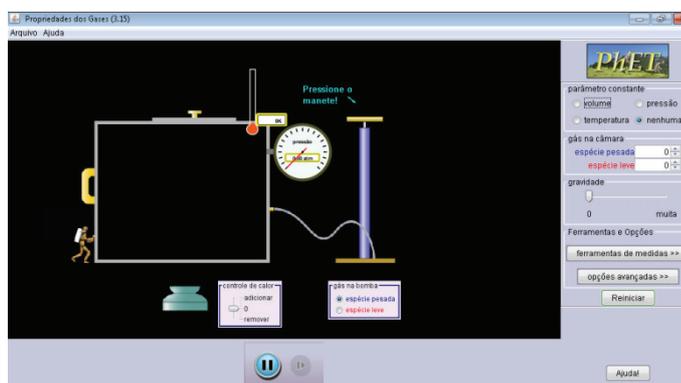


Comparando as pessoas numa festa com um gás dentro de um recipiente, relacionamos as características da festa com as características dos gases. Do mesmo modo que a festa possui um começo, o gás possui um estado inicial, caracterizado pelos valores de pressão, temperatura e volume. Do mesmo modo que o *Dj* pode transformar a festa, nós podemos realizar uma transformação termodinâmica do gás⁸⁰, alterando os valores de pressão, temperatura e volume. Do mesmo modo que uma festa possui um final, o gás possui um estado final, onde os valores de pressão, temperatura e volume são diferentes daqueles iniciais.

⁸⁰Processo onde um sistema evolui entre dois estados de equilíbrio.

Procurando ilustrar os conceitos apresentados, utilizamos a simulação *Phet – Propriedades dos gases*⁸¹. Nela, demonstramos o que representa os estados inicial e final de um gás, assim como as transformações termodinâmicas que o modificam.

Figura 31: Simulação PHET – Propriedades dos gases



Disponível em: Universidade do Colorado (2002?)

Transformações termodinâmicas

Procurando apresentar as transformações de uma forma mais contextualizada simulamos a transformação termodinâmica do gás utilizando a simulação *Phet – Propriedades dos gases* e após, apresentamos um exemplo de onde ela ocorre. Resolvemos um exercício de fixação juntamente da análise gráfica.

Transformação isométrica

Iniciamos a apresentação desta transformação utilizando a simulação *Phet – Propriedades dos gases*. Nela, demonstramos o comportamento do gás quando modificamos os valores de pressão e temperatura, mas mantendo o volume inalterado. Durante a apresentação, os alunos não realizaram questionamentos, entretanto, se mostraram surpresos quando explicamos que ela ocorre no interior de uma geladeira, após ser fechada. Há uma concepção de que as geladeiras possuem um dispositivo que as impede de serem abertas imediatamente depois de serem fechadas. Esclarecemos que a causa deste comportamento está na transformação isométrica do ar do seu interior. Após fecharmos a porta, o ar é resfriado diminuindo

⁸¹https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gas-properties

sua pressão, porém seu volume permanece inalterado.

Na apostila dos alunos realizamos a seguinte pergunta para os alunos responderem: *Por que a porta da geladeira trava logo que a fechamos?* Suas respostas se concentraram em explicar que: o ar esfria quando entra; o ar esfria dentro da geladeira e diminui a pressão; O ar sofre uma transformação isométrica, diminuindo sua pressão; O ar de fora possui maior pressão que o ar dentro da geladeira.

Durante a resolução de exercícios de fixação houve uma boa participação dos alunos. Eles também não apresentaram grandes dificuldades em resolver os problemas. Procuramos iniciar a resolução partindo da equação geral dos gases, realizando simplificações da variável volume, chegando então ao caso específico da transformação isométrica. Na análise gráfica, mesmo aparentando sua compreensão, individualmente verificamos que os alunos ainda tinham dúvidas em interpretá-lo.

Transformação Isobárica

A apresentação desta transformação iniciou pela sua descrição, acompanhada simulação *Phet – Propriedades dos gases*. Como exemplo de uma transformação isobárica, retomamos um experimento realizado em aula, que analisava a dilatação do gás ao ser aquecido. Naquela ocasião, havíamos apresentado uma garrafa contendo um balão em sua boca. Neste encontro, utilizamos a garrafa contendo uma sacola plástica. Explicamos que o balão fora substituído pela sacola para que a pressão da membrana de borracha fosse desconsiderada. Na sequência, colocamos novamente a garrafa num pote de sorvete cheio de água quente. Ao aquecer o ar no interior da garrafa, a sacola começou a expandir. Na sequência, realizamos uma pergunta na apostila dos alunos: *Por que a sacola altera seu volume (tamanho) quando esfriamos/aquecemos o ar do seu interior?* As respostas se concentraram em: descrever que ao aquecer o gás a sacola aumenta o volume e ao diminuir a temperatura do gás, o volume da sacola diminui; quando aquecemos um gás as moléculas ficam agitadas e aumenta a pressão; para equilibrar/estabilizar a pressão interna com a pressão do ar; a pressão no interior da garrafa é a mesma, mas o volume modifica de acordo com a temperatura. Encerrando esta etapa realizamos a resolução de um exercício de

fixação, seguida da análise do seu respectivo gráfico. As dúvidas e perguntas foram semelhantes aquelas do exercício anterior.

Transformação isotérmica

Seguindo a mesmas etapas utilizadas anteriormente, conceituamos a transformação isotérmica e utilizando a simulação *Phet – Propriedades dos gases*. Exemplificamos esta transformação utilizando uma seringa para comprimir o ar lentamente. Enfatizamos que a compressão deve ocorrer de forma lenta, para que o ar não alterasse sua temperatura. Esclarecemos também que caso fosse comprimida rapidamente, teríamos uma transformação adiabática. Na resolução do exercício de fixação surgiram alguns questionamentos sobre a equação. Até então, as variáveis iniciais e finais de pressão e temperatura ou volume e temperatura estavam organizadas em fração. Nesta transformação, as variáveis iniciais e finais de pressão e volume se multiplicam no denominador. Esclarecidas as dúvidas, realizamos a análise gráfica, percebendo que os alunos ainda possuíam dificuldades em interpretá-los.

Transformação adiabática

Iniciamos a apresentação desta transformação retomando a condição estabelecida na transformação isotérmica. Entretanto, esclarecemos que ao contrário do que corre na transformação isotérmica, na transformação adiabática o gás é comprimido rapidamente. Utilizamos a simulação *Phet – Propriedades dos gases* para demonstrar que nesta transformação não aquecemos ou resfriamos o gás, apenas realizamos o trabalho sobre o gás ou deixamos o gás realinhar o trabalho. O exemplo que utilizamos para ilustrar esta transformação foi a queda de um meteoro. Do mesmo modo que a seringa, ele comprime o ar rapidamente, aumentando sua energia interna. Outro exemplo apresentado foi a compressão que as camadas de gases realizam sobre o núcleo da estrela, aumentando a energia interna e realizando a fusão termonuclear. Nesta transformação apenas realizamos a análise gráfica, procurando diferenciar seus gráficos da transformação isotérmica.

Reconciliação integradora

Ao final da apresentação das transformações termodinâmicas, realizamos um resumo geral, apontando as semelhanças, diferenças das transformações. Desta forma, os alunos puderam identificar as características de cada uma delas.

Retomada do tema introdutório

Retomamos o tema introdutório realizando a seguinte pergunta: *O que causa este brilho variável das estrelas cefeidas?* Procuramos deixar claro é que a variabilidade do brilho ocorre apenas com estrelas de determinada massa, durante um período específico de sua existência⁸².

Apesar desde fenômeno possuir características muito peculiares, procuramos elaborar um modelo científico simples⁸³, utilizando as transformações termodinâmicas para explicá-lo. Para ilustrarmos, facilitando a compreensão dos alunos, elaboramos uma animação nos *slides*.

Figura 32: Animação estrela cefeida.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste modelo, nos concentramos em analisar o comportamento da camada de gás hélio existente ao redor do núcleo quando recebe e cede energia. Propomos

⁸² A variação da luminosidade tem como causa a modificação da opacidade de uma camada de hélio parcialmente ionizado no entorno do núcleo. Quando esta camada absorve a energia de fótons que deixam o núcleo, aquece e se expande, aumentando a luminosidade da estrela. Num determinado momento, esta camada torna “transparente”, ou seja, deixa de absorver a energia dos fótons, sendo comprimida pelas camadas de gases externos a ela. A luminosidade da estrela diminui.

⁸³ Elaboramos este modelo a partir da explicação apresentada anteriormente, adaptando as transformações termodinâmicas.

quatro etapas para descrever seu comportamento.

Na primeira etapa, esclarecemos que a camada de gás hélio existente ao redor do núcleo recebe energia dele. Isto aumentará sua temperatura e pressão da camada, mas manterá o volume inalterado, a exemplo do que ocorre numa transformação isométrica.

Na segunda etapa, explicamos que a camada de gás hélio existente ao redor do núcleo atinge um determinado valor de pressão suficiente para vencer a pressão das camadas externas de gases. Assim, ela expande mantendo o valor da pressão constante, mas aumenta seu volume. Temos então o exemplo de uma transformação isobárica.

Na terceira etapa destacamos que a camada de gás hélio existente ao redor do núcleo deixa de expandir, pois seus gases deixam de receber energia do núcleo. Ela manterá o volume inalterado, mas diminuirá o valor de pressão e temperatura. Teremos novamente uma transformação isométrica.

Na última etapa, a camada de gás hélio existente ao redor do núcleo começa a ser comprimida pelas camadas de gases externos. O valor da temperatura aumenta, seu volume diminui, mas o valor da sua pressão permanece constante. Temos novamente uma transformação isobárica.

Mapa conceitual

No final da apostila dos alunos, solicitamos que eles elaborassem um mapa conceitual a partir de alguns conceitos sugeridos, como: transformações termodinâmicas; gases; estado inicial; estado final; temperatura, pressão; volume; energia; isométrica, isobárica, isotérmica; adiabática. Novamente esclarecemos que eles poderiam acrescentar ou retirar os conceitos que julgassem necessário. Analisando os mapas construídos, observamos algumas características.

Alguns alunos novamente elaboraram o mapa conceitual simplesmente conectando os conceitos sugeridos, sem estabelecer conexões significativas com os demais. Entretanto, nos demais mapas elaborados, os alunos procuraram estabelecer uma relação lógica entre os conceitos sugeridos, como por exemplo: as transformações ocorrem com gases, variando as características como pressão, temperatura e volume. Que estas transformações são classificadas em quatro tipos (isométrica, isotérmica, isobárica e adiabática). Alguns alunos ainda preferiram

redigir pequenos textos explicativos nos mapas, um reflexo de que ainda estão habituados a ter que escrever para consolidar conceitos.

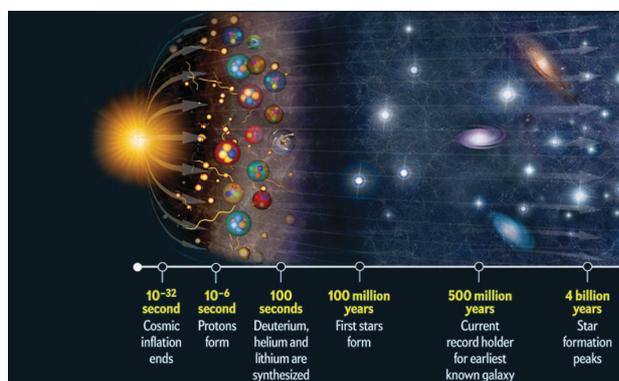
4.6.8 Encontro – Estrelas: fábricas de elementos químicos?

Apresentação do tema introdutório

A aula iniciou com o seguinte questionamento: *Como surgiram os elementos químicos?* Alguns alunos responderam que eles são encontrados na Terra. Outros se referiram à formação do hélio no interior das estrelas. Outros ainda simplesmente desconheciam a origem. Aproveitamos para esclarecer que esta dúvida era uma grande questão que a ciência procurou responder. Na sequência, explicamos que parte da resposta para esta pergunta está na teoria do *Big Bang*. Nela, toda a matéria do Universo foi criada a partir de um estado quente e concentrado.

Buscando não aprofundar no tema *Big Bang* apresentamos uma imagem que ilustrava resumidamente a ordem cronológica de criação do nosso Universo.

Figura 33: Ordem cronológica do Big Bang



Fonte: Stropatus (2014)

Época da Inflação cósmica, surgimento dos prótons, deutério, hélio e lítio, formação das primeiras estrelas, formação das galáxias, surgimento do Sol e o Sistema Solar. Destacamos a etapa que apresentava a criação dos elementos químicos mais leves (hidrogênio, hélio e lítio), esclarecendo que a totalidade de hidrogênio existente no Universo foi criada nesta época. A partir de nuvens deste elemento químico surgiram as primeiras estrelas extremamente massivas que originaram as galáxias, e conseqüentemente as demais estrelas. Procurando

também esclarecer a estrutura do nosso Universo, elaboramos um slide contendo uma ordem hierarquizada dos diferentes objetos astronômicos: filamentos de galáxias, aglomerados de galáxias, galáxias, estrelas, Sistema Solar e planetas⁸⁴.

Na sequência, retomamos o processo de geração de energia do Sol, a fusão termonuclear, que converte núcleos de hidrogênio em núcleos de hélio. Procurando esclarecer a origem dos demais elementos químicos, esclarecemos que estrelas mais massivas que o Sol produzem além de núcleos de hélio, carbono, oxigênio, ferro entre outros. Os elementos mais pesados (chumbo, ouro, prata, etc) são criados durante o processo de colapso destas estrelas, conhecido por Supernovas.

Encerramos esta etapa realizando aos alunos a seguinte pergunta: Como estrelas acima de oito massas solares conseguem produzir outros elementos químicos como néon, silício e ferro? Para que eles compreendessem as causas, destacamos que era necessário que compreendessem a primeira lei da termodinâmica.

Conhecimentos prévios

Antes de iniciarmos a apresentação do organizador prévio, retomamos as transformações termodinâmicas estudadas no encontro anterior. Apresentamos seus respectivos gráficos e a partir daí relembramos suas principais características. Apesar de demonstrarem compreensão dos conceitos apresentados, ainda faziam certa confusão com a nomenclatura das transformações.

Organizador prévio

Para que os alunos compreendessem a primeira lei da termodinâmica⁸⁵, utilizamos a situação de uma festa. O organizador prévio iniciou com a imagem do final de uma festa, destacando a bagunça que fica.

⁸⁴ <http://astro.if.ufrgs.br/galax/>

⁸⁵ A transferência de energia (trabalho ou calor) para um sistema modifica sua energia interna.

Figura 34: Organizador prévio – Primeira lei da termodinâmica



Fonte: Elaborado pelo autor

A seguir, destacamos que para limpar esta bagunça, necessitamos contratar pessoas. Ao término do serviço, iremos pagar estas pessoas com dinheiro. Em troca, elas fornecem seu trabalho.

Lembrando-se da relação entre dinheiro e energia vista nas aulas anteriores, apresentamos a relação de conversão entre trabalho - energia. Do mesmo modo que convertemos o dinheiro em trabalho de uma pessoa, podemos converter a energia de um gás em trabalho, ou vice-versa.

Buscando esclarecer esta relação, utilizamos a simulação *Phet – Propriedades dos gases* para demonstrar que quando um gás recebe energia ele dilata, realizando trabalho. Ou seja, estamos convertendo a energia do gás em trabalho. Após, realizamos a etapa contrária. Comprimos o gás para demonstrar que trabalho pode ser convertido em aumento de energia interna do gás. Esclarecemos também que estas conversões são utilizadas em máquinas térmicas e frigoríficas, apresentando como exemplos o motor de combustão interna e o ar condicionado respectivamente. Buscando introduzir a segunda lei da termodinâmica, esclarecemos que não é possível converter toda a energia de um gás em trabalho, assim como não podemos converter espontaneamente a transferência de energia de um objeto quente para um objeto frio.

Primeira lei da termodinâmica

Realizada a apresentação do organizador prévio, mostramos a equação da primeira lei da termodinâmica. Para que os alunos conseguissem compreender seu significado, utilizamos novamente a simulação *Phet – Propriedades dos gases* para

explicar o que cada uma de suas variáveis representa. A ideia central explicada aos alunos foi de que as grandezas trabalho, calor e energia interna são dependentes e intercambiáveis entre si. Na apostila dos alunos realizamos a seguinte pergunta: *De que modo podemos modificar a energia interna de um gás?* Suas respostas ficaram concentradas em aquecer, resfriar, comprimir ou expandir este gás.

O organizador prévio foi utilizado para reforçar a relação de conversão entre trabalho e energia interna, bem como para introduzir o conceito de máquinas térmicas e frigoríficas. Novamente utilizamos simulação *Phet – Propriedades dos gases* para ilustrar que a energia transferida ao gás pode ser convertida em movimento do êmbolo, bem como o contrário. Ao final, destacamos que a primeira lei da termodinâmica é uma lei de conservação de energia, ou seja, em qualquer tipo de transformação que o gás esteja sofrendo a energia não é criada ou destruída, mas transformada.

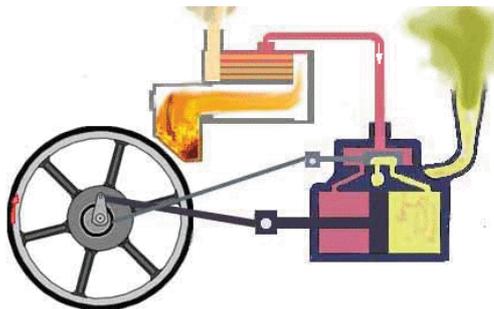
Ciclos termodinâmicos

Encerrada a explicação da primeira lei da termodinâmica, iniciamos uma breve explicação dos ciclos termodinâmicos. Esclarecemos que eles são sucessivas etapas de transformações termodinâmicas que ocorrem num gás, sendo que no final deste ciclo, o gás retorna aos valores iniciais de temperatura, pressão e volume. Utilizamos a simulação *Phet – Propriedades dos gases* para representar um ciclo, destacando cada uma das transformações que ocorreram. Encerramos esta etapa explicando a importância dos ciclos termodinâmicos na análise das máquinas térmicas e frigoríficas.

Máquinas térmicas

Iniciamos este tópico descrevendo as máquinas térmicas como equipamentos que convertem a energia de gás em trabalho mecânico. Apresentamos alguns exemplos como o motor de combustão interna e a máquina a vapor. Antes de explicarmos seu funcionamento, esclarecemos os conceitos de fonte quente, fonte fria e trabalho realizado. Apresentamos a figura 35 como exemplo de um motor de combustão externa, identificando tais conceitos.

Figura 35: Máquina térmica



Fonte: Oliveira e Dalla Rosa (2013?)

Outra etapa importante do estudo das máquinas térmicas é a análise gráfica do ciclo termodinâmico. Logo exibimos o gráfico da Pressão x Volume juntamente de um digrama do ciclo, para que os alunos percebessem o que estava ocorrendo de fato. Esclarecemos que nenhuma máquina térmica consegue converter toda a energia que sai da fonte quente em trabalho. Encerrando este tópico, apresentamos a equação do rendimento das máquinas térmicas, juntamente com a resolução de um exercício de fixação.

Máquinas frigoríficas

Iniciamos a apresentação das máquinas frigoríficas perguntando aos alunos o que ocorre quando objetos de diferentes temperaturas entram em contato. Os alunos responderam que o objeto quente fornece energia ao objeto frio. Esclarecemos que esta é ordem natural com que a energia é transferida, porém, poderíamos utilizar equipamentos que realizam o contrário, as máquinas frigoríficas. Elas retiram energia de um objeto mais frio para um objeto mais quente.

Definimos máquinas frigoríficas como equipamentos que utilizam trabalho para transferir energia de uma fonte fria para uma fonte quente. Apresentamos como exemplos de máquinas frigoríficas a geladeira e condicionador de ar na função resfriar.

Na sequência, indicamos onde se encontram as fontes quentes e frias nestes equipamentos. Na geladeira, os alunos identificaram seu interior como fonte fria e o compressor como a fonte quente. Esclarecemos que o dissipador que fica atrás da geladeira é a fonte quente, sendo o compressor o equipamento responsável por

realizar o trabalho sobre o gás.

Do mesmo modo que nas máquinas térmicas apresentamos o gráfico da Pressão x Volume juntamente de um diagrama ilustrativo do ciclo termodinâmico. No final da explanação, explicamos a impossibilidade de retirar energia de uma fonte fria para aquecer uma fonte quente. Para realizá-la há a necessidade de realizarmos trabalho sobre o gás. Encerramos esta etapa apresentando a equação do rendimento das máquinas frigoríficas, juntamente com a resolução de um exercício de fixação.

Segunda lei da termodinâmica

Buscando conceituar a segunda lei da termodinâmica⁸⁶, retomamos algumas conclusões realizadas anteriormente. Não existem máquinas ideais que convertam totalmente a energia de que sai da fonte quente em trabalho. Mesmo após todos os exemplos feitos, alguns alunos ainda acreditam na possibilidade de tais máquinas ideais. Assim, apresentamos um exemplo prático: a energia cinética de um carro em movimento é totalmente convertida em energia interna do tambor, ao frear. Se tentarmos realizar o contrário, não conseguiremos converter a energia interna do tambor em movimento da roda.

Outra conclusão apresentada foi a de que jamais ocorrerá transferência de energia de um objeto frio para um objeto mais quente espontaneamente. Ou seja, há uma direcionalidade nos eventos naturais.

Retomada do tema introdutório

Iniciamos esta etapa explicando que a fusão termonuclear somente ocorre quando o núcleo atinge uma determinada temperatura, onde os núcleos de hidrogênio conseguem vencer a repulsão elétrica. Esclarecemos também que quanto mais quente for o núcleo de uma estrela, mais elementos ela sintetizara. Esclarecemos que este processo é chamado de nucleossíntese.

Na sequência, retomamos a relação entre energia e trabalho, destacando que uma porção de gás aumenta sua temperatura quando é comprimida por um agente

⁸⁶A entropia de um sistema tende a aumentar

externo que realiza trabalho sobre ela sem trocar energia (transformação adiabática). Contextualizamos este exemplo para esclarecer o que ocorre no núcleo de uma estrela. Quanto maior for a massa de uma estrela, mais trabalho a força gravitacional das camadas de gases externas realizarão sobre seu núcleo. Consequentemente aumentará sua temperatura e possibilitará a sintetização de outros elementos químicos. Conforme vimos no encontro *“Por que o Sol expandirá?”*, quando a estrela diminui taxa de fusão termonuclear de hidrogênio em seu núcleo não há temperatura suficiente para iniciar a fusão termonuclear do hélio. Isto faz com que ele seja comprimido pelas camadas de gases, iniciando a fusão do hidrogênio numa casca ao seu redor. Na sequência, o núcleo de hélio inicia a fusão termonuclear⁸⁷, produzindo carbono e oxigênio. Após alguns milhões de anos, taxa de fusão termonuclear do hélio diminuirá. O núcleo esfriará e será comprimido, iniciando a fusão do hélio numa casca de entre o núcleo e a casca de hidrogênio. Após, o núcleo será composto em carbono e oxigênio. Para sintetizar o carbono em outros elementos químicos, será necessária uma temperatura maior do que a da fusão termonuclear do hélio. Isto só ocorrerá se as camadas externas de gases conseguirem comprimir o núcleo, até ele atingir a temperatura necessária para a fusão termonuclear do carbono. Estrelas acima de oito massas solares produzirão os elementos químicos na seguinte sequência. Hélio, carbono – oxigênio, néon, silício e finalmente o ferro. Cada nova etapa de fusão termonuclear cria-se uma casca de elementos ao redor do núcleo. Quando a estrela produz ferro, a fusão termonuclear do núcleo termina e estrela acaba se colapsando⁸⁸.

Contextualizando a segunda lei da termodinâmica, explicamos que a existência de uma estrela ocorre numa única direção, ou seja, ela converte a energia potencial gravitacional do gás em energia interna dos gases do núcleo da estrela. Parte da energia é transformada em radiação eletromagnética do espectro eletromagnético. Entretanto, o processo na ordem inversa não ocorre.

Encerramos esta etapa com um vídeo⁸⁹ que explicava como os elementos químicos são criados em camadas ao redor do núcleo. No fim, ele mostra que quando a estrela produz ferro, pode colapsar numa Supernova. Exibido o vídeo,

87 Os elétrons do núcleo ficam muito próximos, fazendo com que se torne degenerado. Neste caso há um aumento da temperatura sem aumento da pressão. Quando a temperatura atingir 600 milhões Kelvin, há o início da fusão termonuclear do hélio.

88 O ferro não pode ser fundido em outros elementos.

89 <https://www.youtube.com/watch?v=agrJHUE9aHA>

destacamos que elementos mais pesados que o ferro (ouro, prata, chumbo, etc) são criados durante a explosão. Por fim, utilizamos um espectrógrafo e classificação espectral de Harvard para explicar como os elementos químicos são descobertos no interior das estrelas.

Mapa conceitual

No final da apostila dos alunos, solicitamos que eles elaborassem um mapa conceitual⁹⁰ a partir de alguns conceitos sugeridos, como: primeira lei da termodinâmica; conservação de energia; energia interna, trabalho, calor; ciclos termodinâmicos; máquinas térmicas; máquinas frigoríficas; eficiência; segunda lei da termodinâmica. Novamente esclarecemos que eles poderiam acrescentar ou retirar os conceitos que julgassem necessário. Analisando os mapas construídos, observamos algumas características.

Alguns alunos elaboraram o mapa conceitual descrevendo os conceitos, sem estabelecer conexões significativas. Outros realizaram conexões entre os conceitos sugeridos, mas também realizarão a transcrição deles. Uma terceira parcela interligou os conceitos de modo adequado sem descrevê-los.

4.6.9 Avaliação

Neste último encontro realizamos atividades de avaliação com o objetivo de investigar se os alunos aprenderam significativamente. Utilizamos o auditório da escola para reunir as três turmas. Propomos as seguintes atividades.

- Teste individual de concepções alternativas em termodinâmica e astronomia;
- Elaboração de palavras cruzadas contendo conceitos de termodinâmica;
- Elaboração de mapas conceituais em grupos.

Iniciamos as atividades de avaliação dos alunos aplicando um teste adaptado

de concepções alternativas de termodinâmica de Silveira e Moreira (2006), juntamente com questões de concepções alternativas de astronomia, elaboradas pelo autor. O teste final encontra-se no apêndice G, sendo os resultados objeto de discussão no capítulo cinco.

Na sequência, aplicamos um jogo de palavras cruzadas⁹¹ contendo conceitos de termodinâmica. O objetivo desta atividade foi retomar os principais conceitos estudados ao longo da aplicação do produto educacional. Como os alunos apresentaram certa dificuldade em preencher as palavras cruzadas com os conceitos adequados, optamos por resolvê-las com em conjunto, englobando todas as turmas.

Na última etapa, os alunos foram divididos em grupos de seis componentes para elaborarem mapas conceituais. Encerrada a elaboração destes mapas, eles apresentaram para a turma. As imagens e análises dos mapas encontram-se também no capítulo cinco.

4.7 Alterações no produto educacional

Realizada a aplicação do produto educacional, realizamos algumas modificações, buscando melhorar sua eficácia. Abaixo, descrevemos estas correções.

De um modo geral, percebemos que a realização de determinados experimentos pode despendar muito tempo, contribuindo para que os alunos fiquem um pouco entediados. Neste sentido, acrescentamos ao produto educacional vídeos com demonstrações de experimentos de Física Térmica produzidos por Carli (2014). Eles podem substituir os seguintes experimentos:

⁹¹Apêndice E

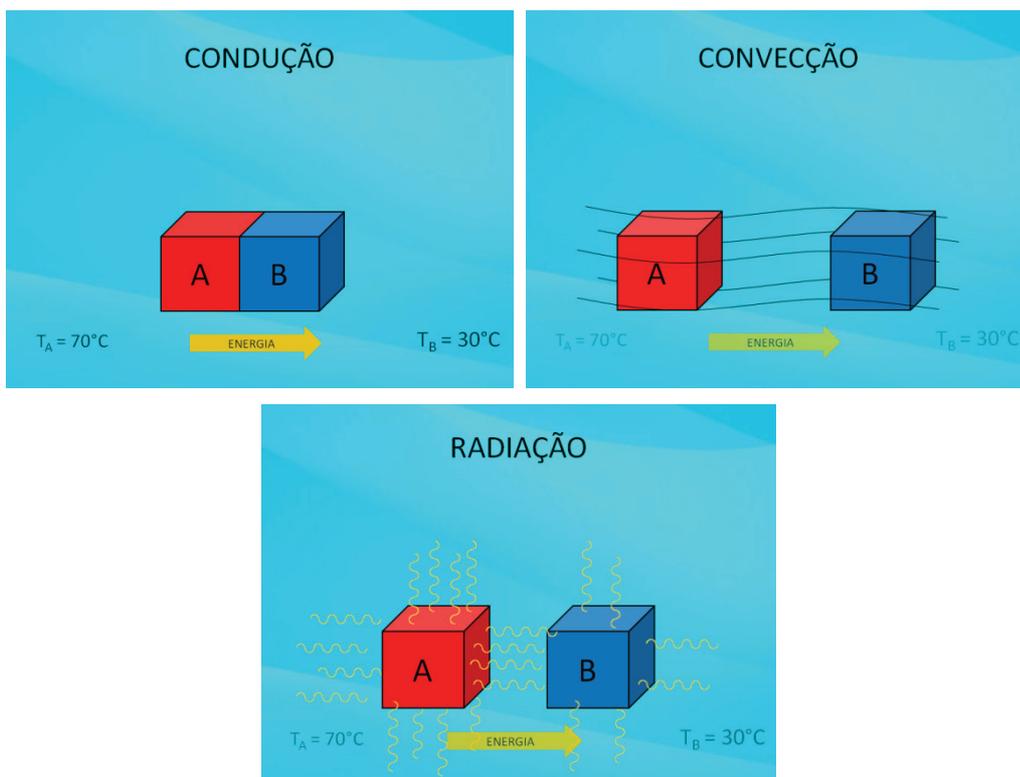
Tabela 05 – Vídeos de experimentos

Encontro	Experimento	Endereço
Como surgem as estrelas?	Difusão do corante na água	https://www.youtube.com/watch?v=Y3P3kix9G68
Por que o Sol expandirá?	Dilatação linear de sólidos	https://www.youtube.com/watch?v=wQi6qhLU8dg
	Dilatação volumétrica de gases	https://www.youtube.com/watch?v=Zyaf0x1nSeA https://www.youtube.com/watch?v=nck4JSX9Ps8
	Dilatação superficial de sólidos	https://www.youtube.com/watch?v=3sjpz7qZ9WM
Dilatação térmica	Lâmina Bimetálica	https://www.youtube.com/watch?v=FBmlveeedu0
Como a energia produzida pelo Sol chega até a Terra	Convecção	https://www.youtube.com/watch?v=4Ms4ww2qZv0 https://www.youtube.com/watch?v=AyGCcnaPHS8
	Condução	https://www.youtube.com/watch?v=99ld4W4YvTY
O que são estrelas Cefeidas?	Transformação adiabática	https://www.youtube.com/watch?v=tb316VfBUZI
Entropia e a Segunda lei da Termodinâmica	Máquina Térmica	https://www.youtube.com/watch?v=M7MUrUXwAVU

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme relatarmos no Capítulo 5, verificamos parte dos alunos associou o conceito de calor à energia contida em um corpo. Buscando corrigir esta concepção, elaboramos modificações nos slides deste do encontro “*Como a energia produzida pelo Sol chega à Terra?*”, ilustrando os processos de transferência de energia com animações. Neste caso, procuramos destacar que a transferência de energia ocorre entre dois sistemas (ilustrados pelos blocos) com diferentes temperaturas.

Figura 36: Animações dos processos de transferência de energia



Fonte: Elaborado pelo autor

Outra modificação realizada nos slides deste encontro foi no organizador prévio de calor, ilustrando-o com *emoticons*, procuramos atrair a atenção dos alunos.

Figura 37: Organizador prévio de calor

O QUE É CALOR?

- Logo, para modificar o estado de uma festa, deixando as pessoas mais agitadas, fornecemos dinheiro às pessoas que estão nelas.

O QUE É CALOR?

- Podemos fazer uma comparação com os átomos/moléculas de materiais/substâncias.
- Conforme fornecemos ou retiramos energia, modificamos suas agitações e consequentemente a temperatura de materiais/substâncias.

Fonte: Elaborado pelo autor

Realizamos também uma modificação no encontro “*Estrelas: fábricas de elementos químicos?*” Nele, a primeira e segunda lei da termodinâmica foram apresentadas conjuntamente. Julgamos que seria mais conveniente dividi-lo em

outros dois.

No primeiro deles continuamos apresentando o tema “*Estrelas: fábricas de elementos químicos?*” juntamente com a primeira lei da Termodinâmica. Entretanto, realizamos modificações no organizador prévio. Percebemos que ele não descrevia adequadamente a primeira lei da termodinâmica. Outra causa para a modificação foi a interpretação que alguns alunos deram ao assistirem a Simulação *PHET – Propriedades dos gases*. A partir desta interpretação elaboramos a modificação.

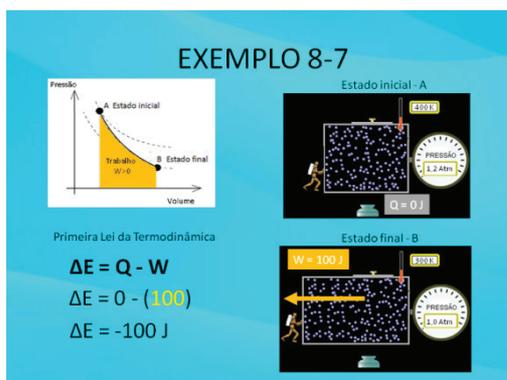
Figura 38: Organizador prévio da primeira lei da termodinâmica



Fonte: Elaborado pelo autor

Nele apresentamos o ambiente de uma festa. Quando adicionado dinheiro, as pessoas ficam mais agitadas. Comparando com as moléculas de um gás, quando elas recebem energia ficam mais agitadas. Agora, quando retiramos dinheiro da festa, ela fica muito desanimada. Comparando com as moléculas de gás, elas cedem energia e ficam menos agitadas. Outro modo de aumentar a agitação das pessoas é modificando o tamanho do salão. Diminuí-lo deixa a festa mais agitada. Nas moléculas de um gás, isto equivale a realizar o trabalho sobre o gás. Caso o salão seja aumentado, as pessoas na festa ficam mais desanimadas e menos agitadas. Isto equivale ao gás realizar trabalho. Após apresentar este organizador exploramos as transformações termodinâmicas suas relações com a primeira lei da termodinâmica.

Figura 39: Ilustração transformações termodinâmicas



Fonte: Elaborado pelo autor

No outro encontro, apresentamos a segunda lei da termodinâmica, utilizando um novo organizador prévio. Garrafas com paisagens feitas de areia colorida.

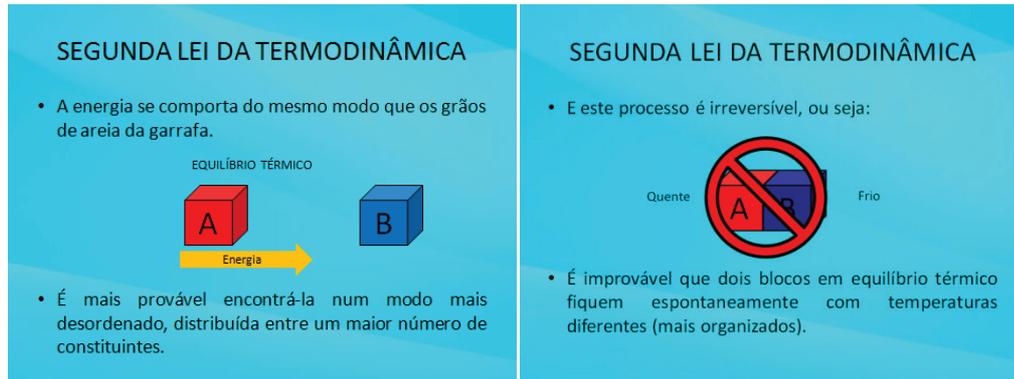
Figura 40: Organizador prévio da segunda lei da termodinâmica.



Fonte: Elaborado pelo autor

Se a garrafa não estiver completamente preenchida e for agitada, a arte desaparecerá. E por mais que tentemos retornar à forma original, será pouco provável que consigamos. A probabilidade de encontrarmos combinações destes grãos desordenados é muito maior do que a probabilidade deles encontrar eles organizados. É uma mudança irreversível. Este é um dos modos de interpretar que a entropia de um sistema (grãos de areia) aumentou. A energia se comporta do mesmo modo que os grãos de areia da garrafa. Quando juntamos dois blocos de diferentes temperaturas, é mais provável encontrá-la num modo mais desordenado, onde a energia está distribuída entre um maior número de constituintes (átomos/moléculas).

Figura 41: Organizador prévio da segunda lei da termodinâmica.



Fonte: Elaborado pelo autor

Outro modo de interpretar o aumento entropia de um sistema é dizer que a quantidade de energia disponível para conversão em trabalho diminuiu. Dentre as diferentes formas de energia (cinética, potencial) a energia térmica é mais deteriorável, isto é, mais difícil de ser aproveitada em trabalho. Podemos converter completamente as energias cinética e potencial em trabalho, mas não podemos converter toda energia térmica um gás em trabalho. Na sequência, conceituamos os ciclos termodinâmicos para após ensinar o rendimento de máquinas térmicas e frigoríficas.

5 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM E RESULTADOS

A avaliação final foi dividida em duas etapas. Realização de um teste final de concepções alternativas de termodinâmica e astronomia e a elaboração e apresentação de mapas conceituais em grupos de seis alunos.

5.1 Teste final de concepções alternativas

Na primeira etapa, os alunos receberam um teste com um total de 18 questões, cujo objetivo foi analisar o grau de compreensão dos conceitos de termodinâmica e astronomia estudados ao longo do trimestre.

5.2 Avaliação das concepções alternativas em termodinâmica

A primeira parte do teste final contém 12 questões (1 a 12) com três opções de respostas (A, B e C), cujo objetivo foi analisar as concepções alternativas de termodinâmica. Algumas questões, assim como os conceitos avaliados foram adaptadas a partir do teste elaborado por Silveira e Moreira (2006). Os resultados obtidos são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 06 – Distribuição de frequências por questão das alternativas de termodinâmica

Questão	Alternativas				Percentual				Conceitos
	A	B	C	Om	A	B	C	Om	
1	21	15*	3	1	53%	38%*	8%	3%	Temperatura e Calor
2	12	22*	5	1	30%	55%*	13%	3%	Temperatura e Calor
3	6	7	27*	-	15%	18%	68%*	-	Temperatura e E. térmico
4	21	0	18*	1	53%	0%	45%*	3%	Calor
5	18	13*	8	1	45%	33%*	20%	3%	Calor
6	14*	2	24	-	35%*	5%	60%	-	Calor
7	14	11*	15	-	35%	28%*	38%	-	Calor
8	23*	6	11	-	58%*	15%	28%	-	-
9	24*	6	10	-	60%*	15%	25%	-	Temperatura e E. térmico
10	9	21*	10	-	23%	53%*	25%	-	Temperatura e Calor
11	27*	8	5	-	68%*	20%	13%	-	Temperatura e Calor
12	4	12	24*	-	10%	30%	60%*	-	Calor e energia interna

* - resposta correta; Om – omissões

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando as respostas verificamos que:

- Mais da metade dos alunos ainda associa calor à energia contida em um corpo (questão - alternativa 4-B, 5-A, 6-C e 7C). Uma hipótese para obtenção desses resultados é que em boa parte dos exemplos de calor apresentados em aula utilizavam simulações *Phet - Estados físicos da matéria* e *Phet – propriedades dos gases*, as quais apresentam somente uma porção de matéria recebendo ou cedendo energia de fonte externas;
- Esta associação entre a energia contida num corpo e calor também é observada na questão - alternativa 1-A (temperatura como uma quantidade de calor), através da quantidade de respostas obtidas (53%). Acredito que mesmo com esta confusão de significados, pode-se inferir que os alunos reconhecem a relação entre temperatura e energia cinética média;
- Contrariando esta tendência, observa-se que a questão 12, cuja alternativa correta B descreve a transferência de energia por diferença de temperatura, apresentou um índice de 60% de acertos;
- A associação de calor com objetos que estão quentes foi avaliada nas questões - alternativas 4-B (0%), 5-C (20%) e 10-C (25%) é um indicativo de que boa parte dos alunos teve esta concepção esclarecida;
- Nas questões 9, 12 que envolviam avaliação do conceito de equilíbrio térmico obtiveram percentuais de acerto acima de 60%, indicando que também que boa parte dos alunos teve esta concepção esclarecida.

Outro fato a se destacar é o grau de acerto em questões que envolveram conceitos ou situações mais concretas (temperatura, equilíbrio térmico) obtiveram um maior percentual de acerto.

5.3 Avaliações das concepções alternativas em astronomia

As concepções alternativas em astronomia foram avaliadas em seis questões (13 à 18), contendo quatro opções de resposta (A, B, C e D). As questões foram elaboradas a partir das respostas apresentadas pelos alunos no teste de conhecimentos prévios. Os resultados obtidos são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 07 – Distribuição de frequências por questão através das alternativas de astronomia

Item	Alternativas					Percentual					Concepções alternativas de estrelas
	A	B	C	D	Om	A	B	C	D		
13	4	0	2	34*	-	10%	0%	5%	85%*	Formato	
14	2	0	4	34*	-	5%	0%	10%	85%*	Cores	
15	1	2	35*	2	-	3%	5%	88%*	5%	Composição	
16	2	2	34*	2	-	5%	5%	85%*	5%	Duração	
17	6	16*	9	9	-	15%	40%*	23%	23%	Temp. superfície	
18	24*	2	13	1	-	60%*	5%	33%	3%	Geração de energia	

* - resposta correta; Om - omissões

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando as respostas verifica-se que:

- Em quatro das seis questões dos conceitos avaliados, obtiveram percentuais acima de 85 % de acerto.
- Na questão 13, a alternativa B que apresentava a estrela como objeto pontiagudo não obteve nenhuma resposta.
- Na questão 17, as alternativas B (23%) e C (23%) tiveram um número significativo de respostas. Uma hipótese para este resultado é que talvez os alunos não tenham identificado no enunciado que a temperatura e da superfície;
- Na questão 18, a alternativa c (queima de gases) teve um elevado número de respostas (33%). Acreditamos que neste caso os alunos identificaram a queima de gases como sinônimo de fusão termonuclear.

5.4 Elaboração de mapas conceituais

A segunda etapa consistiu na realização de mapas conceituais em grupos, englobando todos os conceitos estudados. Percebemos que conceitos mais concretos como temperatura, instrumentos de medidas, escalas de temperatura haviam sido mais facilmente compreendidos, enquanto que os conceitos mais abstratos, como calor, energia, transformações termodinâmicas ainda geravam dúvidas. De modo a auxiliá-los, esclarecemos algumas dúvidas durante a elaboração. A seguir apresentamos os mapas confeccionados pelos alunos com as respectivas análises.

Figura 42: Mapa conceitual grupo 1



Fonte: Elaborado pelo autor

No mapa conceitual do grupo 1, apesar dos conceitos não estarem interligados adequadamente entre si, percebemos que possuem relação com os demais a que estão conectados. Observamos uma divisão em três agrupamentos:

Num primeiro momento temos o agrupamento de conceitos relacionados à

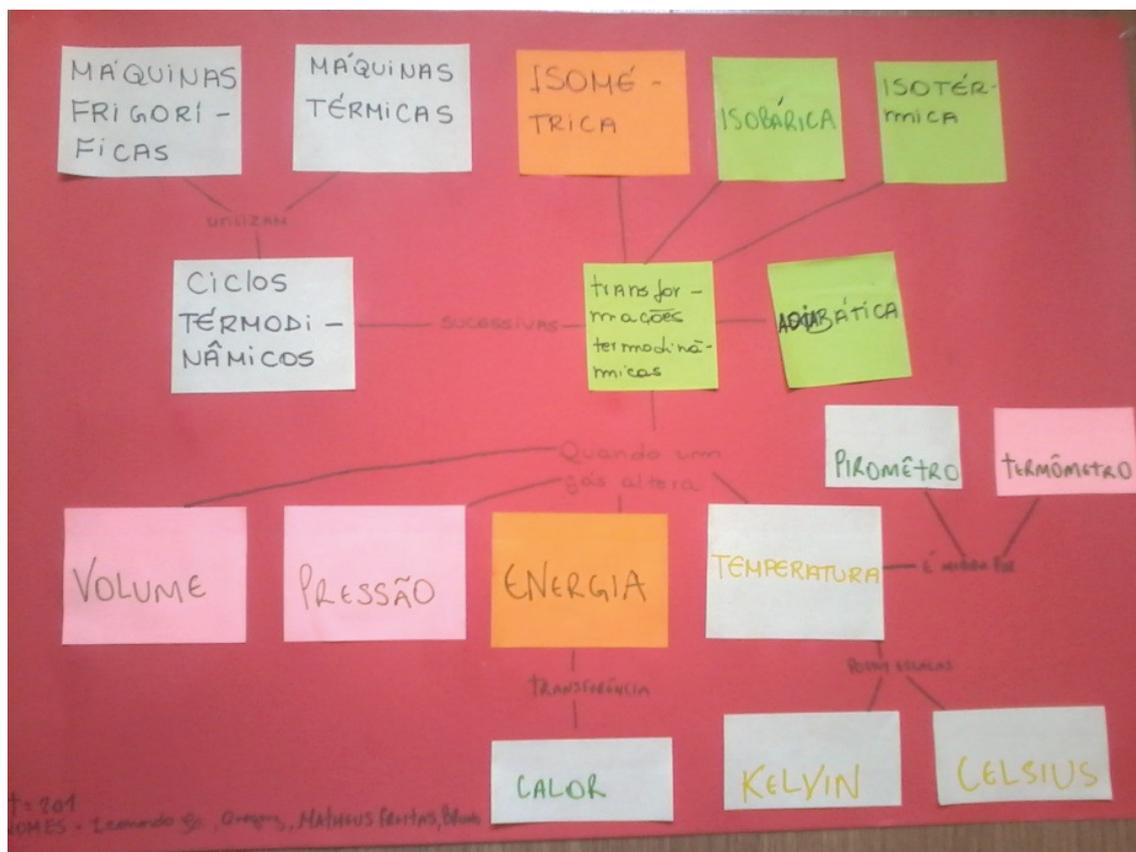
temperatura. Este, está interligado por meio do conector “escalas” aos conceitos “Celsius” e “Kelvin”, juntamente os instrumentos de medida “termômetro” e “pirômetro”. “Equilíbrio térmico” e “dilatação térmica” seguem esta mesma lógica. Apesar de não estar destacado como um conceito, temos “Estados físicos da matéria” interligado aos respectivos estados físicos.

Num segundo agrupamento temos o conceito “calor” interligado em série aos conceitos de “energia térmica”, “energia cinética”, bem como aos processos de transferência de energia. Percebemos que os alunos estabeleceram relação entre o conceito de energia térmica deste grupo ao conceito de “temperatura” adequadamente.

No terceiro e último agrupamento, estão os conceitos relacionados os estudos dos gases. Notamos que este grupo está isolado, o que demonstra que os alunos não conseguiram estabelecer uma relação com os demais conceitos. Os conceitos de “ciclos termodinâmicos”, “transformações termodinâmicas” e as respectivas transformações apesar de interligados em série, demonstram que os alunos identificaram que eles também estão relacionados.

relacionaram o uso das transformações termodinâmicas com as máquinas térmicas (para converter a energia térmica em trabalho mecânico) e máquinas frigoríficas (transferência de energia de uma fonte fria para uma fonte quente).

Figura 44: Mapa conceitual grupo 3



Fonte: Elaborado pelo autor

No mapa conceitual do grupo 3 verificamos que os autores organizaram os conceitos estudados ao longo do trimestre. Na parte inferior temos o conceito “energia” interligado pelo conectivo “quando um gás altera” aos conceitos “pressão”, “temperatura” e “volume”. Acima, o mesmo conectivo está ligado ao conceito “transformações termodinâmicas”. Estas conexões entre energia, variáveis de estado e transformações termodinâmicas demonstram o pensamento dos alunos, de que a energia que o gás recebe ou transfere que modifica as variáveis de estado do gás. Dentre estas mudanças, estão as transformações termodinâmicas. A diferenciação dos conceitos “energia” e “calor” foi adequadamente descrita como transferência de energia na apresentação do mapa conceitual. No canto superior direito, temos os ciclos termodinâmicos designados como sucessivas etapas de

novamente observamos a confusão entre os conceitos calor e energia térmica. Como observado no outro grupo, calor e energia térmica são sinônimos. Na apresentação do mapa conceitual, esta confusão também ficou evidente. Os processos de transferência de energia estão ligados adequadamente ao conceito “calor” no canto esquerdo. A relação entre os conceitos “temperatura” e “energia cinética”, dão indícios de que os alunos compreenderam adequadamente estes conceitos. A conexão entre os conceitos “temperatura”, “Celsius” e “Kelvin”.

No centro do mapa, apesar de desconexas, as ligações entre as escalas de temperatura e os estados físicos buscaram explicar que os diferentes estados físicos da matéria podem ser medidos através destas escalas de temperatura. Já a conexão com os conceitos “temperatura”, “volume” e “pressão” apresentaram um grave erro conceitual, ao definir que objetos sólidos possuem pressão.

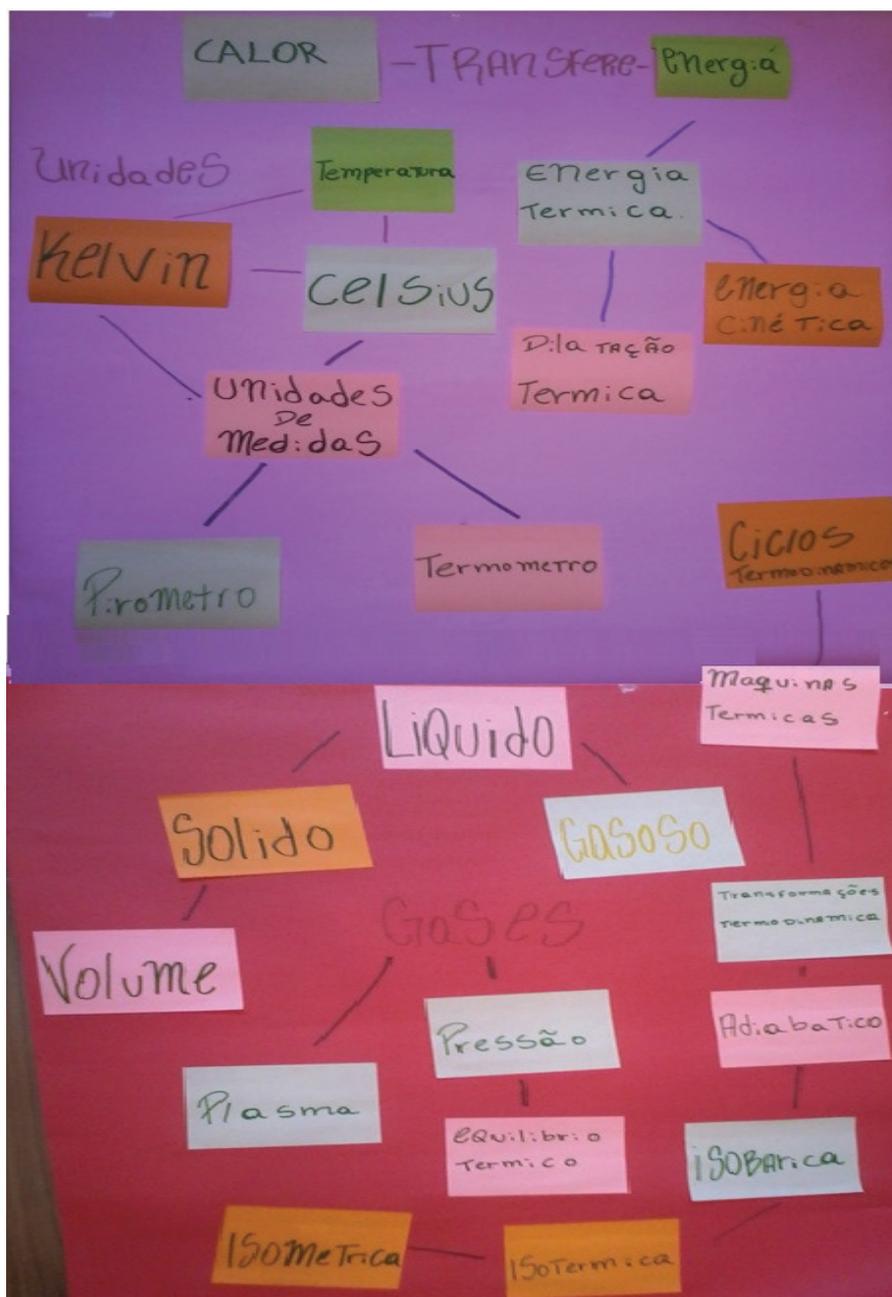
Figura 46: Mapa conceitual grupo 5



Fonte: Elaborado pelo autor

No mapa conceitual do grupo 5, os alunos apresentaram uma boa organização dos conceitos estudados. Conforme os autores, ele possui como conceito central “Calor”. Na parte superior, interligados ao conceito de temperatura temos os instrumentos e escalas de temperatura. O mapa apresenta um erro conceitual ao interligar os conceitos de temperatura e calor, evidenciando que os alunos confundem os significados dos conceitos energia e calor. O conceito de dilatação térmica está interligado aos estados de físicos da matéria. Nesta etapa, os alunos procuraram exemplificar os tipos de dilatações que ocorrem, entretanto, deixaram de acrescentar a dilatação volumétrica. No canto inferior esquerdo, o conceito “transformações termodinâmicas” está interligado ao estado físico gasoso, indicando que estas somente ocorrem com gases. Os tipos de transformações termodinâmicas também são descritos. Por fim, os alunos interligaram os conceitos “transformações termodinâmicas” e “ciclos termodinâmicos”, indicando que essas são utilizadas nas máquinas térmicas e frigoríficas.

Figura 47: Mapa conceitual grupo 6



Fonte: Elaborado pelo autor

No mapa conceitual acima, os conceitos são apresentados em cinco blocos isolados (calor e energia, escalas de temperatura, estados físicos da matéria, gases e ciclos termodinâmicos) com certa desorganização. Observamos também que não há conectivos entre os conceitos. Na sua apresentação podemos observar que o grupo não dominava isoladamente alguns conceitos, porém conseguia fazer com dificuldade, conexão com os demais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo contextualizar a astronomia, utilizar as tecnologias da informação e comunicação (TIC's), apresentar experimentos e organizadores prévios como estratégias para despertar o interesse dos alunos pelas aulas de física termodinâmica. Como muitos autores, compartilhamos a ideia de que a astronomia é um tema que desperta o interesse dos alunos, entretanto não encontramos evidências de que ela seja unicamente responsável por motivá-los

Em nossa revisão da literatura identificamos que não haviam práticas direcionadas a contextualizar a astronomia nos conteúdos do segundo ano do ensino médio. Para atender a esta demanda, elaboramos um produto educacional direcionado a esta etapa.

A contextualização ocorreu através de temas introdutórios que possuíam relação direta com os conceitos de termodinâmica ensinados. Deste modo, procuramos dar mais significado às leis da termodinâmica, explorando além das situações cotidianas as abstrações de eventos existentes no Universo. Acreditamos que ela também possibilitou a elaboração de um produto educacional utilizável por uma maior quantidade de professores, pelo fato de ser uma prática mais pragmática de se ensinar astronomia no ensino médio.

A aprendizagem significativa de David Ausubel buscou estimular os alunos a aprenderem de modo não-literal e não-arbitrário, através de organizadores prévios e das etapas de diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Os organizadores desenvolvidos são potencialmente significativos, pois relacionam subsunçores da estrutura cognitiva com novas informações. Nas etapas de diferenciação progressiva e reconciliação integradora partimos de conceitos mais gerais e inclusivos, diferenciando-os no detalhe, apontando suas relações, similaridades e diferenças. Elas também foram oferecidas durante a elaboração de mapas conceituais.

Nosso produto educacional consiste em: i) slides, vídeos, animações e simulações; ii) apostilas dos alunos; iii) guias pedagógico de orientação ao professor. Os slides, vídeos, animações, simulações e apostilas possibilitam uma maior interação do professor com dos alunos durante as aulas. Já os guias pedagógicos servem para orientar os docentes que desejarem utilizá-los em suas aulas. Deste modo acreditamos estar auxiliando professores a realizarem práticas

mais interessantes e diversificadas, superando obstáculos como a falta tempo para planejamento ou o pouco conhecimento em astronomia.

A avaliação da aprendizagem significativa ocorreu através da aplicação de um teste final e da elaboração de mapas conceituais em grupos. No teste final obtivemos um alto percentual de acertos das questões que avaliaram as concepções alternativas em astronomia. Uma hipótese para este resultado é o interesse que ela desperta nos alunos. Referente as questões de concepções alternativas em termodinâmica, obtivemos um médio percentual de acertos. Uma hipótese para este resultado é que conceitos mais abstratos são apreendidos com maior dificuldade pelos alunos. Também observamos esta tendência na elaboração de mapas conceituais em grupos. Os conceitos mais concretos (como temperatura, instrumentos de medidas, escalas de temperatura) foram mais facilmente compreendidos e relacionados do que os conceitos mais abstratos (como calor, energia, transformações termodinâmicas). Os resultados da aplicação e posteriores análise resultaram em melhorias do produto educacional elaborado, disponibilizado nos apêndices A, B e C. Certamente posteriores aplicações contribuirão para aumentar sua eficácia.

Como ponto positivo, destacamos a mudança de postura que alguns alunos apresentaram durante e após sua aplicação. Em alguns casos o produto potencializou a participação. Noutros, melhorou a participação, fazendo com estes alunos interagissem nas aulas. A aceitação das apostilas algo que nos surpreendeu. Até hoje os alunos lembram e se referem a elas como “as folhinhas”.

Como ponto negativo, destacamos que nem todos os alunos apresentaram esta melhora. Certamente houve outros fatores, que não foram objeto de pesquisa deste projeto e que interferiram no desempenho destes alunos. Neste sentido, percebemos que fazer com que os alunos aprendam significativamente é um desafio, pois exige deles a vontade de aprender, de relacionar o novo conhecimento a suas estruturas cognitivas. Assim, muitas vezes aprendizagem mecânica acaba sendo mais confortável.

Encerro esta dissertação com a expectativa de ter realizado uma pequena contribuição ao ensino de física. Entretanto, não posso deixar de destacar que a relevância de realizá-lo não está apenas na disponibilização de um produto educacional disponível a outros professores, mas na contribuição que trouxe às minhas práticas de sala de aula.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. H. **Exoplanetas como tópico de astronomia motivador e inovador para o ensino de física no ensino médio**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/70396> >. Acesso em: 9 maio 2013.

AROCA, S. C.; SILVA, C. C. **Ensino de astronomia em um espaço não formal: observação do Sol e de manchas solares**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 33, n. 1, 1402, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v33n1/13.pdf>>. Acesso em: 18 out 2013.

ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA. **Evolução Final das Estrelas**. 2000. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node14.htm>>. Acesso em: 12 jul 2013.

ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA. **Sol**. 2000. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/esol/esol.htm>>. Acesso em: 12 jul 2013.

ATITUDE VERDE BRASIL. **Movimento das moléculas**. [2013?]. Disponível em <<https://atitudeverdebrasil.wordpress.com/>>. Acesso em: 02 out 2013.

AUSUBEL, D.P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa. Editora Plátano. 2010, p. 2.

BRASIL, Lei n. 9394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional (1996). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm >. Acesso em: 9 maio 2013.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnologia. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (MEC/SEMTEC, Brasília, 1999). Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf> >. Acesso em: 9 maio 2013.

COMINS, N. F.; KAUFMANN, I. W. J. **Descobrimos o Universo**. 8 Ed. São Paulo. Bookman Companhia Editora Ltda, 2010.

DAMASIO, F.; MORO, S.; PACHECO, V. **Buracos nem tão negros assim**. Revista Física na Escola, São Paulo, v. 10, n. 1, 2009. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol10/Num1/a06.pdf> >. Acesso em: 18 out 2013.

DEBOM, C. R. **O aprendizado da astronomia e das ciências afins com a mediação da observação rudimentar e da imagem astronômica**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/26491> >. Acesso em: 23 ago 2015.

FERNANDES, S. S.; VIANNA, D. M. **Da arca de Noé à Enterprise: Uma atividade investigativa envolvendo o sistema métrico**. Física na Escola, v. 12, n. 2, 2011. Disponível em: < <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num2/a05.pdf> >. Acesso em: 18 out 2013.

HORVATH, J. E. **Uma proposta para o ensino da astronomia e astrofísica estelares no ensino médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 35, n. 4, 4501, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n4/a12v35n4.pdf>>. Acesso em: 18 out 2013.

KEMPER, E. **A Inserção de tópicos de astronomia como motivação para o estudo da mecânica em uma abordagem epistemológica para o ensino médio.** Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/12909>>. Acesso em: 23 ago 2015.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Educação em astronomia:** Repensando a formação do professor. São Paulo. Editora Escrituras, 2013.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Ensino da astronomia no Brasil:** educação formal, informal, não formal e divulgação científica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 4, 4402, 2009. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/314402.pdf>>. Acesso em: 18 out 2013.

LONGHINI, M. D.; MENEZES, L. D. D. **Objeto virtual de aprendizagem no ensino de Astronomia:** Algumas situações problemas propostas a partir do software Stellarium. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 27, n. 3, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2010v27n3p433>>. Acesso em: 18 out 2013.

MANUAL DO MUNDO. **Como fazer uma lâmpada caseira (experiência de elétrica).** 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=n4qbPLCiZCc>>. Acesso em: 10 Jul 2013.

MARTINS, A, F.P.; RAFAEL, F.J. **Uma investigação sobre as concepções alternativas de alunos do ensino médio em relação aos conceitos de calor e temperatura.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 17.; 2007. São Luis. Atas do XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA. São Luis, MA, jan/fev. 2007. Disponível em: <http://www.ciencia.iao.usp.br/dados/snef/_calortemperaturaconcepco.trabalho.pdf>

MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem.** São Paulo. Editora Pedagógica e Universitária, 2011.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E.F.S. **Aprendizagem Significativa:** a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais.** Textos de Apoio ao Professor de Física, Vol. 24, N. 6, 2013. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/taef/v24_n4_moreira.pdf>. Acesso em: 6 abr 2015.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa:** da visão clássica à visão crítica. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisaocritica.pdf>>. Acesso em: 6 abr 2015.

MOREIRA, M.A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa.** Revista Chilena de Educación Científica, Vol. 7, Nº. 2, pp. 23-30, 2008 Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/ORGANIZADORESport.pdf>>. Acesso em: 6 abr 2015.

MOREIRA, M.A. **O que é afinal aprendizagem significativa?**. Currículum, La Laguna, Espanha, 2012 Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>>. Acesso em: 6 abr 2015.

MOREIRA, M.A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: A teoria da Aprendizagem Significativa**. Porto Alegre, 2009. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>>. Acesso em: 6 abr 2015.

MOREIRA, M.A.; CABALLERO, M.C.; RODRÍGUEZ, M.L. **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España. pp. 19-44, 1997. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>>. Acesso em: 6 abr 2015.

MORETTI, R. L. **Construção e aplicação de um material didático para inserção da astronomia no ensino médio: uma proposta baseada nos referenciais curriculares do Rio Grande do Sul** Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. <<http://hdl.handle.net/10183/70346> >. Acesso em: 23 ago 2015.

MUDANCA. [2013?] Disponível em: <<http://1.bp.blogspot.com/-busouSXqBUic/UKVVpXHbMml/AAAAAAAAAQI/L5RkaGFBr0c/s1600/mudanca.jpg>>. Acesso em: 12 jul 2013.

NASA. Hubble Space Telescopy. **HubbleViews the Star That Changed the Universe**. 2011. Disponível em: <http://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/science/star-v1.html>. Acesso em: 12 jul 2013.

NEITZEL, C. L. V. **Aplicação da astronomia ao ensino de física com ênfase em astrobiologia**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/12437> >. Acesso em: 23 ago 2015.

OLIVEIRA W. M. DALLA ROSA, L. G. **Locomotivas a vapor**. [2013?] Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/locom0/locom0.html>>. Acesso em: 30 set 2013.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Teorias de Aprendizagem: Texto introdutório**, 2010. Disponível em: <https://fasul.edu.br/portal/files/biblioteca_virtual/7/teoriasdeaprendizagem.pdf>. Acesso em: 6 abr 2015.

OURIQUE, P. A. O.; GIOVANNINI, O.; CATELLI, F. **Fotografando estrelas com uma câmera digital**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 32, n. 1, 1302, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v32n1/a02v32n1.pdf>>. Acesso em: 18 out 2013.

PIETROCOLA, M.; BROCKINGTON, G. **Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna?** Revista Investigações em Ensino de Ciências, V10(3), pp. 387-404, 2, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID136/v10_n3_a2005.pdf>. Acesso em: 18 out 2013.

PRIME TIME. The Harvard connection. 2009. Disponível em:

<<https://astrojourney.wordpress.com/2009/09/>>. Acesso em: 20 ago 2013.

PRINCÍPIO DA ASTRONOMIA. **Constelações e reconhecimento do céu.** [2013?]

Disponível em:<<http://principiosdaastronomia.blogspot.com.br/2010/08/constelacoes-e-reconhecimento-do-ceu.html>>. Acesso em: 03 Jul 2013.

PROFESSOR BIGODE. **Calor e Temperatura.** 2009. Disponível em:

http://fisicadocleber.blogspot.com.br/2009_03_01_archive.html>. Acesso em: 10 jul 2013.

RICARDO, H. C.; FREIRE, J. C. A. **A concepção dos alunos sobre a física do**

ensino médio: Um estudo exploratório. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007. Disponível em:

<<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/060908.pdf>>. Acesso em: 18 out 2013.

SANTOS, A. J. J.; VOELZKE, M. R.; ARAÚJO, M. S. T. **O projeto Eratóstenes:** a reprodução de um experimento histórico como recurso para a inserção de conceitos da Astronomia no Ensino Médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 29, n. 3, 2012. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n3p1137>>. Acesso em: 18 out 2013.

SCHMITT, C. E. **O uso da Astronomia como instrumento para a introdução ao estudo das radiações eletromagnéticas no ensino médio.** Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/7541> >. Acesso em: 23 ago 2015.

SILVEIRA, F.L.; MOREIRA, M.A. **Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre calor, temperatura e energia interna.**

Enseñanza de las ciencias, Barcelona, 14(1), 75-86,1996. Disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Teste_CTEnl.pdf>. Acesso em: 9 maio 2013.

STASINSKA, G. **Por que as estrelas são importantes para nós?** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 27, n. Especial, 2010. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2010v27nespp672>>. Acesso em: 18 out 2013.

STROPATUS. 2014. Disponível em:

<<https://stropatus.files.wordpress.com/2014/09/big-bang-theory-illustrated.jpg>>.

Acesso em: 15 jul 2013.

UHR, A. P. **O Sistema Solar:** Um Programa de Astronomia para o Ensino Médio. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. Disponível em:

<<http://hdl.handle.net/10183/13352>>. Acesso em: 23 ago 2015.

UNIVERSIDADE DO COLORADO (Org.). **Simulações Interativas PhET.** [2000?]. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 25 nov. 2013

APÊNDICE A - APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL