



A UTILIZAÇÃO DOS 3 MP PARA ABORDAGEM DA TEMÁTICA AMBIENTAL  
NO CURRÍCULO DE FÍSICA DA EDUCAÇÃO BÁSICA - OS RIOS  
VOADORES DA AMAZÔNIA E O CICLO DA ÁGUA

Thiago Anunciação Rezende

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:  
Professor Doutor Ronni Amorim

Brasília  
Junho/ 2018

A UTILIZAÇÃO DOS 3 MP PARA ABORDAGEM DA TEMÁTICA AMBIENTAL  
NO CURRÍCULO DE FÍSICA DA EDUCAÇÃO BÁSICA - OS RIOS  
VOADORES DA AMAZÔNIA E O CICLO DA ÁGUA

Thiago Anunciação Rezende

Orientador:  
Doutor Dr. Ronni Geraldo Gomes Amorim

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da  
Universidade de Brasília, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino  
de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção  
do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:



Prof. Ronni Geraldo Gomes de Amorim  
FGA/UnB



Profa. Tatiane da Silva Evangelista  
FGA/UnB



Prof. Wytler Cordeiro dos Santos  
FGA/UnB

Brasília  
Junho/2018

## MODELO de FICHA CATALOGRÁFICA

### A UTILIZAÇÃO DOS 3 MP PARA ABORDAGEM DA TEMÁTICA AMBIENTAL NO CURRÍCULO DA EDUCAÇÃO BÁSICA - OS RIOS VOADORES DA AMAZÔNIA E O CICLO DA ÁGUA

S168p Rezende, Thiago Anunciação  
A utilização dos 3 MP para abordagem da temática ambiental no currículo de física da educação básica - os rios voadores da Amazônia e o ciclo da Água. Unb/ IF, 2018  
viii, 77 f.: il.;30cm.  
Orientador: Dr. Ronni Geraldo Gomes Amorim  
Dissertação (mestrado) – UnB / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2018.  
Referências Bibliográficas: f. 74-77.  
1. Ensino de Física. 2. Educação Ambiental. 3. Abordagem Temática I. Rezende, Thiago Anunciação. II. Universidade de Brasília, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física.

Dedico esta dissertação a minha esposa, Bárbara, minha filha Daksha, e aos meus alunos do IFG-Campus Águas Lindas de Goiás.

## **Agradecimentos**

Agradeço à minha esposa, Bárbara, e minha filha, Daksha, pelo apoio e compreensão concedida, aproveitando para me desculpar pelas ausências neste período de curso e escrita da dissertação.

À colega dos tempos de graduação, Mariana Reis, pelo apoio e pela revisão do texto.

Relembrando o verso “Onde estão os caras que desenhavam novas cidades em guardanapos na mesa de um bar” [Guessinger], agradeço aos companheiros de militância do movimento estudantil, Gilberto e Lucas, que, assim como eu, há mais de uma década, tentam construir um mundo mais fraterno e justo.

Aos novos camaradas de jornada do Instituto Federal de Goiás, campus Águas Lindas, Ana Clara, Camila, Ana Julia, Gustavo e Eduardo, que de uma forma muito autêntica, me fazem pensar na beleza e nos desafios da docência e que não arregam perante uma boa briga.

Aos meus alunos, primeiramente um pedido de perdão deste “professor em construção”, pois nestes 13 anos de docência, olhando meu itinerário, cometi vários equívocos.

Aos alunos de Águas Lindas, minha mais profunda gratidão e admiração! Incontáveis foram as vezes em que a postura de vocês me provocou, me emocionou. As suas lutas, seus gritos, suas paralisações ficarão marcadas em minha mente e em meu coração, e me farão questionar o meu fazer pedagógico.

Ao professor Juan Bernadino Marques, cuja presença na terra encerrou-se em 2017, com quem aprendi que ser professor de Física não consiste apenas em conhecer as leis da natureza, teoremas etc, mas é antes de tudo uma atividade humana.

Ao meu orientador, professor Dr. Ronni Amorim, pela leitura cuidadosa do texto e pela autonomia dada à realização da pesquisa, pois em momento algum se opôs a inserção de textos de outros gêneros no produto educacional, bem como na dissertação.

À CAPES pelo apoio material, por meio da bolsa de estudos concedida para realização deste trabalho.

## RESUMO

### A UTILIZAÇÃO DOS 3 MP PARA ABORDAGEM DA TEMÁTICA AMBIENTAL NO CURRÍCULO DA EDUCAÇÃO BÁSICA - OS RIOS VOADORES DA AMAZÔNIA E O CICLO DA ÁGUA

Thiago Anunciação Rezende

Orientador:  
Professor Doutor Ronni Amorim

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) prevê que a temática ambiental deve estar presente em todos os níveis da educação formal. É papel de todas as componentes curriculares discutir esse tema. No entanto, nota-se certa ausência dessa discussão nos currículos de Física. Nesse sentido, o presente trabalho tem como finalidade propor um itinerário pedagógico que seja capaz de cumprir em partes essa pauta. A partir da temática água, foram compilados textos, vídeos e outras atividades, além da elaboração de outras, com o objetivo de desconstruir algumas concepções de lugar comum sobre o ciclo deste recurso. Foi utilizado o fenômeno conhecido como “Rios voadores da Amazônia” para esse fim. A proposta teve com aporte teórico pedagógico as contribuições de Delizoicov, Angotti e Pernambuco [2002], que buscaram sistematizar as contribuições de Paulo Freire para o ensino de ciências, que ficaram conhecidas como os três momentos pedagógicos (3MP), a saber, problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Educação Ambiental, Abordagem Temática.

Brasília  
Maio/2018

## ABSTRACT

### THE USE OF 3PM TO THE APPROACH OF ENVIRONMENTAL THEMES ON BASIC EDUCATION CURRICULUM – THE FLYING RIVERS OF THE AMAZON AND THE WATER CYCLE

Thiago Anunciação Rezende

Orientador:  
Professor Doutor Ronni Amorim

Master's degree dissertation submitted to the Post Graduation Program at the University of Brasilia, in the Professional Master's Course in Physics Teaching, as part of the requirements for obtaining the title of Master in Physics Teaching.

The National Policy of Environmental Education (PNEA) calls that the environmental themes should be worked with in every level of formal education. All curricular components are supposed to discuss this subject. However, there is a lack of this kind of discussion in Physics curriculums. So, this work aims to propose a pedagogical itinerary which is able to partially fulfill this request. Through the theme “water”, texts, videos and other activities were compiled, and other were elaborated aiming to break up some common sense ideas about the water cycle. The phenomenon known as “Flying Rivers of the Amazon” was used towards this end. The proposal was anchored at the pedagogical theories of Delizoicov, Angotti and Pernambuco [2002], who aimed to systematize the contributions of Paulo Freire for Science teaching, known as the three pedagogical moments (3PM).

**Keywords:** Physics Teaching, Environmental Education, Thematic Approach.

Brasília  
Maio/2018

## LISTRA DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| Figura 7.1. Alexander von Humboldt .....  | 40  |
| Figura 7.2 Os caminhos dos rios voadores .....  | 40  |
| Figura 7.3 Carta sinótica [Biscaino 2017] .....   | 41  |
| Figura 7.4 Termômetro.....  | 43  |
| Figura 7.5 Escala de Temperatura .....  | 45  |
| Figura 7.6 Slide [Divulgação Lexus].....  | 47  |
| Figura 7.7 Materiais do experimento 1 .....   | 54  |
| Figura 7.8 Procedimentos do experimento 1 .....   | 55  |
| Figura 7.9 Procedimentos do experimento 2.....  | 55  |
| Figura 7.10 Simulação do software phet sobre estados da matéria - estado sólido da molécula O <sub>2</sub> (fora de escala e cores fantasia) .....    | 62  |
| Figura 7. 11 Simulação do software phet sobre estados da matéria - estado líquido da molécula O <sub>2</sub> (fora de escala e cores fantasia).....   | 62  |
| Figura 7. 12 Simulação do software phet sobre estados da matéria – estado gasoso da molécula O <sub>2</sub> (fora de escala e cores fantasia).....    | 63  |
| Figura 7.13 Ponto de ebulição da água [Gref 1998].....  | 63  |
| Figura 7.14 Pressão ao nível do mar .....   | 64  |
| Figura 7.15 Mudança dos estados físicos da água .....   | 65  |
| Figura 7. 16 A energia dos alimentos [Gref 1998].....   | 72  |
| Figura 7.17 Esquema de montagem da atividade prática 1 [Unesp 2017].....  | 87  |
| Figura 7.18 Esquema de montagem da atividade prática 2 [Experimentos de física para o ensino médio e fundamental com materiais do dia-a-dia s.d.].... | 91  |
| Figura 7.19 Materiais da atividade prática.....   | 91  |
| Figura 7.20 Procedimentos para a atividade prática .....  | 94  |
| Figura 7.21 Circulação geral da atmosfera [Oliveira; Silva; Henriques 2009]..   | 93  |
| Figura 7. 22 O futuro climático da Amazônia.....  | 105 |
| Figura 7. 23 Tipos de nuvens [Moss; Moss 2014].....   | 111 |
| Figura 7.24 Chuvas no mês de janeiro de 2011 [Nasa 2017].....   | 112 |
| Figura 7.25 Chuvas anuais em 2011 [Nasa 2017] .....   | 112 |
| Figura 7.26 Materiais para a atividade prática “Nuvens e núcleos” .....   | 114 |
| Figura 7.27 Procedimento da atividade prática “Nuvens e núcleos” .....  | 115 |
| Figura 7.28 Os rios voadores da Amazônia [Moss; Moss 2014] .....  | 122 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura 7.29 Velocidade dos ventos .....   | 124 |
| Figura 7.30 Materiais.....  | 125 |
| Figura 7.31 Demonstração do procedimento 1 .....  | 126 |
| Figura 7.32 Demonstração do procedimento 2 .....  | 127 |
| Figura 7.33 Demonstração do procedimento 3 .....  | 127 |
| Figura 7.34 Demonstração do procedimento 4 .....  | 127 |
| Figura 7.35 Demonstração do procedimento 5 .....  | 128 |
| Figura 7.36 Demonstração do procedimento 6 .....  | 128 |
| Figura 8.1 Representação do ciclo da água produzido por um estudante durante a aplicação do produto educacional .....         | 136 |
| Figura 8.2 Respostas da questão 5 da Atividade 3 pela turma de Meio Ambiente (19 respostas) [Elaborada pelo autor] .....      | 139 |
| Figura 8.3 Respostas da questão 5 da Atividade 3 pela turma de Análises Clínicas (19 respostas) [Elaborada pelo autor].....   | 139 |
| Figura 8.4 Respostas da questão 5 da Atividade 3 pela turma de Vigilância em Saúde (18 questões) [Elaborada pelo autor] ..... | 140 |
| Figura 8.5 Representação do ciclo da água produzido por um estudante durante a aplicação do produto educacional .....         | 150 |
| Figura 8.6 Representação do ciclo da água produzido por um estudante após a aplicação do produto educacional .....            | 136 |

## LISTRA DE QUADROS

|   |     |
|---|-----|
| Quadro 6.1 1ºMomento: Problematização Inicial [Elaborado pelo autor] .....  | 23  |
| Quadro 6.2 2ºMomento: Organização [Elaborado pelo autor].....   | 26  |
| Quadro 6.3 3ºMomento: Aplicação [Elaborado pelo autor].....   | 26  |
| Quadro 7.1 Descrição das atividades do 1º momento [Elaborado pelo autor]  | 32  |
| Quadro 7.2 Descrição das atividades do 1º momento [Elaborado pelo autor]  | 34  |
| Quadro 7.3 Descrição das atividades do 1º momento [Elaborado pelo autor]  | 35  |
| Quadro 8.1 Reportagens levantadas pelos alunos [Elaborado pelo autor]....   | 132 |
| Quadro 8.2 Títulos e links das reportagens [Elaborado pelo autor].....  | 135 |
| Quadro 8.3 Representações do ciclo da água [Elaborado pelo autor] .....   | 135 |
| Quadro 8.4 Diferenciação entre tempo e clima [Elaborado pelo autor] .....   | 137 |
| Quadro 8.5 Respostas da Atividade 3 pela turma de Meio Ambiente (16<br>respostas) [Elaborado pelo autor] .....  | 138 |
| Quadro 8.6 Respostas da Atividade 3 pela turma de Análises Clínicas (19<br>respostas) [Elaborado pelo autor] .....                                    | 139 |
| Quadro 8.7 Respostas da Atividade 3 pela turma de Vigilância em Saúde (18<br>respostas) [Elaborado pelo autor] .....                                  | 139 |
| Quadro 8.8 Respostas da Atividade 4 pela turma de Meio Ambiente (19<br>respostas) [Elaborado pelo autor] .....  | 141 |
| Quadro 8.9 Respostas da Atividade 4 pela turma de Análises Clínicas (11<br>respostas) [Elaborado pelo autor] .....                                    | 141 |
| Quadro 8.10 Respostas da Atividade 4 pela turma de Vigilância em Saúde (10<br>respostas) [Elaborada pelo autor] .....                                 | 141 |
| Quadro 8.11 Respostas à questão sobre temperatura e pressão [Elaborado pelo<br>autor] .....   | 142 |
| Quadro 8. 12 Respostas à atividade 11 pela turma de Meio Ambiente (4<br>respostas) [Elaborado pelo autor] .....                                       | 146 |
| Quadro 8. 13 Respostas à atividade 11 pela turma de Análises Clínicas (19<br>respostas) [Elaborado pelo autor] .....                                  | 146 |
| Quadro 8. 14 Respostas à atividade 11 pela turma de Vigilância em Saúde (11<br>respostas) [Elaborado pelo autor] .....                                | 146 |
| Quadro 8. 15 Respostas à questão 3 pelos estudantes das turmas de Meio<br>Ambiente, Análises Clínicas e Vigilância em Saúde [Elaborado pelo autor ... | 148 |

|  |     |
|--|-----|
| Quadro 8. 16 Respostas à questão 4 pelos estudantes das turmas de Meio Ambiente, Análises Clínicas e Vigilância em Saúde [Elaborado pelo autor ... | 149 |
| Quadro 8.17 Respostas às questões envolvendo termodinâmica e a Floresta Amazônica [Elaborado pelo autor] .....                                     | 149 |
| Quadro 8.18 Nova representação do ciclo da água [Elaborado pelo autor] ...   | 149 |
| Quadro 8.19 Pontos positivo e negativos destacados pelas turmas [Elaborado pelo autor] .....   | 152 |

## LISTA DE TABELAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 7.1 Valores de pressão [Haliday; Resnick; Waker 2009].....                                   | 50  |
| Tabela 7.2 Valores de massa específica [Haliday; Resnick; Waker 2009].....                          | 51  |
| Tabela 7.3 Ponto de ebulição da água em diferentes cidades [Máximo; Alvarenga; Guimarães 2017]..... | 64  |
| Tabela 7.4 Valores de calor específico [Haliday; Resnick; Waker 2009].....                          | 76  |
| Tabela 7.5 Valores de calor latente .....   | 78  |
| Tabela 7.6 Condutividades térmicas [Haliday; Resnick; Waker 2009] .....                             | 94  |
| Tabela 7.7 Saldo do investimento dos primeiros doze meses.....                                      | 102 |
| Tabela 7.8 Valores numéricos das iterações da função $f(x) = x + 2$ .....                           | 103 |
| Tabela 7.9 Valores numéricos das iterações da função $g(x) = x^2 + 1$ .....                         | 104 |

## Sumário

|                            |  |       |
|----------------------------|--|-------|
| Capítulo 1                 | Introdução .....   | 1     |
| Capítulo 2                 | Justificativa.....   | 4     |
| Capítulo 3                 | Objetivos .....  | 7     |
| 3.1                        | Gerais.....  | 7     |
| 3.2                        | Específicos.....   | 7     |
| Capítulo 4                 | Revisão de Literatura .....  | 8     |
| 4.1                        | Ênfase da Física Clássica e ausência da temática ambiental no currículo da educação básica ..... | 8     |
| 4.2                        | Viabilidade de inserção de tópicos de Física Contemporânea .....                                 | 11    |
| Capítulo 5                 | Referencial Teórico .....  | 15    |
| 5.1                        | Paulo Freire.....  | 15    |
| 5.2                        | Os três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco .....                           | 17    |
| Capítulo 6                 | Metodologia.....   | 23    |
| Capítulo 7                 | Produto Educacional .....  | 31    |
| Capítulo 8                 | Análise dos resultados .....   | 13131 |
| Capítulo 9                 | Considerações Finais .....   | 152   |
| Apêndice A                 | – Análise Isotópica para compreensão de Ciclos Biogeoquímicos .....                              | 15353 |
| Referências Bibliográficas | .....  | 1666  |

# Capítulo 1

## Introdução

A compreensão dos fenômenos ambientais é imprescindível para a formação de um cidadão do século XXI. Essa dimensão deve estar presente em todas as etapas do processo da educação formal. A humanidade só conseguirá enfrentar os problemas socioambientais se possuir um sentimento de pertencimento ao nosso planeta. O homem precisa de algo que o desperte, que limpe sua visão, para que reconheça a beleza do meio natural, para, então, preservá-lo. Algo como o que narra Guimarães Rosa no desfecho do romance "Campo Geral"<sup>1</sup>, em que o garoto Miguilim descobre, com a visita de um doutor à família, que não era "limpo de vista" que possui a "vista curta" e, ao se despedir da Serra do Mutúm, faz questão de olhar uma última vez, agora com óculos, tudo que antes era turvo, e conclui: "O Mutúm era bonito!" (ROSA, 2016).

Embora haja a exigência de todas as componentes curriculares abordarem a questão ambiental, como será explicitado mais adiante, nota-se certa omissão dos professores de Física nessa discussão. O produto educacional proposto neste trabalho busca, então, oferecer um direcionamento, sem a pretensão de esgotar o assunto, para os docentes da referida componente curricular quanto a essa questão. Por meio da temática "água", constrói-se um percurso didático que contempla alguns tópicos de termodinâmica abordados no ensino médio. Especificamente, é estudado o fenômeno conhecido por "Rios voadores da Amazônia".

Apesar de parecer que no contexto do ensino de Ciências a questão da água já esteja saturada, que os livros didáticos e a mídia já contemplem toda a informação necessária, grande parte das informações veiculadas sobre esse recurso ainda é pertencente ao senso comum. Do ponto de vista da Física, é interessante destacar que há inúmeras possibilidades para se trabalhar com essa temática. Devido à "relativa abundância"<sup>2</sup> dessa substância, incorre-se no

---

<sup>1</sup> Pertencente ao livro *Manuelzão e Miguilim: corpo de baile* [Rosa 2016].

<sup>2</sup> Utiliza-se aqui o termo **abundante**, pois, como é sabido, a água ocupa a maior parte da superfície terrestre. No entanto, sabemos também, que a maior parte dela é salgada, imprópria para diversas atividades humanas, e grande parte da água doce já está comprometida devido à poluição. Em suma, a água é um recurso abundante, porém a água potável não.

risco de conferir a ela um "ar de simplicidade". Isso é um erro, pois, do ponto de vista físico e químico, a água é bastante exótica, apresentando cerca de 70 comportamentos anômalos [Barbosa 2015].

Se o ser humano fosse coerente, deveria agir como os protagonistas apresentados por José Saramago em *Ensaio sobre a Cegueira*. Nesse romance, a população (exceto uma mulher) é acometida por uma "cegueira branca". A narrativa evolui até um ponto em que a humanidade "desce aos degraus mais baixos da dignidade", sem acesso aos itens mais elementares a que está acostumada – a água entre eles. Em certo momento, no apartamento do médico, eles descobrem que dispunham de um galão d'água, guardado ainda antes que a epidemia fosse desencadeada. O médico então fala:

“Vamos todos beber água pura, ponha os nossos melhores copos na mesa e vamos beber água pura, Agarrou desta vez na candeia e foi à cozinha, voltou com o garrafão, a luz entrava por ele, fazia cintilar a jóia que tinha dentro, Colocou-o sobre a mesa, foi buscar os copos, os melhores que tinham, de cristal finíssimos, depois lentamente, como se estivesse a officiar um rito, encheu-os, No fim, disse, Bebamos”. [Saramago 1995]

A estima em relação à água e ao meio ambiente não pode ser menor do que a narrada nessa cena. O modo como os personagens valoram o acesso à água deveria ser usual nos dias atuais. Tendo isso em mente, o presente trabalho estrutura-se em oito capítulos, sendo o primeiro deles a *Introdução*. No capítulo 2 são apresentadas as justificativas pedagógicas e legais que embasam a proposta. A seguir, no terceiro capítulo, são expostos os objetivos gerais e específicos. O quarto capítulo apresenta uma revisão da literatura, com uma primeira seção que aborda como o desenvolvimento da Física Clássica impactou de forma negativa a concepção ocidental acerca do meio ambiente. Numa segunda seção do mesmo capítulo, indicam-se algumas possibilidades para inserção de tópicos relacionados à Física Moderna e Contemporânea bem como a Educação Ambiental à educação básica. Em seguida, no capítulo 5, é apresentado o referencial teórico pedagógico, a saber, Paulo Freire [1970], com seu conceito de educação dialógica e sua crítica ao modelo de educação bancária. Além dele, Demérito Delizoicov, José André Angotti e Marta Pernambuco [2002], que elaboraram uma proposta conhecida como os “três momentos pedagógicos”, que cumpre a função de sistematizar, no âmbito do

ensino de Ciências, a abordagem temática defendida por Freire. No sexto capítulo é apresentada a metodologia do trabalho, onde se explicam os motivos pelos quais optou-se por cada etapa do desenvolvimento do produto educacional. No sétimo capítulo, apresenta-se o produto educacional, pré-requisito para a conclusão deste programa de mestrado. Nele, foram compilados e redigidos textos e atividades (13 ao todo) que serviram como norteadoras de um percurso pedagógico embasado pelos três momentos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco [2002]. No capítulo 8, finalmente, são expostos e discutidos os dados relativos à aplicação do produto no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, campus Águas Lindas. Apresenta-se, ainda, na seção de Apêndices, um texto sobre como, a partir dos conhecimentos sobre campos elétricos e magnéticos, pode-se compreender melhor os ciclos biogeoquímicos.



## Capítulo 2

### Justificativa

Meu ingresso neste programa de mestrado ocorreu quase simultaneamente com o início de meu exercício como docente do Instituto Federal de Goiás; um “delta t” de apenas um mês separou esses dois eventos. O câmpus em que atuo, Águas Lindas, apresenta os eixos formativos de saúde e meio ambiente. Busquei, então, uma temática a ser estudada que fosse contemplada por um desses eixos. Optou-se em tratar o fenômeno "Rios Voadores da Amazônia", que contempla o eixo formativo de meio ambiente.

Embora a preocupação inicial fosse uma questão do local de onde leciono, verificou-se que existe uma enorme lacuna de materiais, sequências didáticas etc., sobre a questão ambiental no currículo de Física. Esses poucos materiais apresentam, por vezes, erros conceituais, como bem apontam Sobrinho [2009] e Caramello [2012]. No MNPEF, por exemplo, até o momento em que escrevo estas linhas, existem apenas quatro trabalhos disponíveis no campo "produção acadêmica" no site do programa que aborda esta problemática<sup>3</sup>.

Outra lacuna observada tange aos materiais didáticos para a educação básica de temas voltados à Física Moderna e Contemporânea. Há diversos trabalhos realizados neste programa tratando dos tópicos relacionados à Física Quântica, teoria da relatividade geral e especial etc. Porém, ainda não foi verificada a temática dos sistemas complexos. Pretende-se, então, tentar preencher estas lacunas.

Há ainda uma justificativa legal para tal proposição. Há vários documentos que versam sobre a temática da Educação Ambiental. De acordo com nossa Carta Magna [Brasil, 1988]:

---

<sup>3</sup> *Termoelétrica do bagaço de cana-de-açúcar: uma possibilidade de alfabetizar cientificamente*, de Maurício José Rodrigues [2016]; *A multidisciplinaridade sistêmica como metodologia de ensino: tensão superficial e capilaridade no contexto da biologia*, de Mario de Souza [2016]; *Ensinando a Física do efeito estufa no 9º ano: uma abordagem baseada na aprendizagem significativa*, de Jefferson Pinheiro [2015]; *O Estudo das Diversas Formas de Produção de Energia em uma Abordagem Ctsa: Buscando Indícios de Alfabetização Científica de Estudantes do Ensino Médio*, de Vinicius Lopes Leite [2015].

“Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente; [...]”.

É interessante notar que a obrigatoriedade que é imposta sobre a coletividade, no que diz respeito à preservação e defesa do meio ambiente, está de total acordo com os princípios da convivência democrática.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação, versão de 1996, previa que:

“Art. 26. Os currículos da educação infantil, do ensino fundamental e do ensino médio devem [...]”

§7º Os currículos do ensino fundamental e médio devem incluir os princípios da proteção e defesa civil e a educação ambiental de forma integrada aos conteúdos obrigatórios.

No entanto a redação, após a “reforma” do Ensino Médio (Lei nº13.415, de 2017), foi alterada para:

§ 7o A integralização curricular poderá incluir, a critério dos sistemas de ensino, projetos e pesquisas envolvendo os temas transversais de que trata o caput. (Redação dada pela Lei nº 13.415, de 2017)”.

Entende-se que esse é um dos diversos retrocessos que a reforma trouxe, pois o verbo “poderá” traz incertezas sobre a inserção da pauta ambiental no currículo dos sistemas de ensino.

A LDB prevê ainda:

“Art. 32. O ensino fundamental obrigatório [...], terá por objetivo a formação básica do cidadão, mediante:

II - a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade;

Art. 43. A educação superior tem por finalidade:

III - incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e da criação e difusão da cultura, e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive; [...]”.

Pode-se dizer, portanto, que essa temática deve constar em todos os níveis de ensino. Nesse contexto, fica claro que os docentes devem empreender um esforço para efetivar essa pauta em suas aulas. O mais preocupante, contudo, é constatar que o assunto não tem sido contemplado a contento nos currículos de Física da educação básica e do ensino superior [Caramello 2012].

É importante considerar que embora haja certa intenção dos docentes de Física em efetivar as discussões de cunho ambiental em suas abordagens, esta ainda é muito limitada a um currículo linear ou a informações disponibilizadas pela grande mídia, que na maioria das vezes carecem de maior profundidade, conforme explica Caramello [2012].

A Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, regulamentada pelo Decreto nº 4.281, de 25 de junho de 2002, dispõe especificamente sobre a Educação Ambiental (EA) e institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), orientando que:

“Art. 10. A educação ambiental será desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal.

1º A educação ambiental não deve ser implantada como disciplina específica no currículo de ensino.

Art. 11. A dimensão ambiental deve constar dos currículos de formação de professores, em todos os níveis e em todas as disciplinas.

Parágrafo único. Os professores em atividade devem receber formação complementar em suas áreas de atuação, com o propósito de atender adequadamente ao cumprimento dos princípios e objetivos da Política Nacional de Educação Ambiental”.

Não se pretende aqui reduzir a inserção da pauta ambiental nas aulas de Física a uma questão meramente legal. Para além do legalismo, essa prática deve estar pautada por princípios éticos, para que fique claro, então, que a obrigação em se abordar esta problemática não recai somente aos professores de Biologia, Química etc, mas sim a todas as componentes curriculares da educação básica, em uma perspectiva transdisciplinar. Nesse sentido, tanto os futuros professores, ainda em formação, como os que já estão na prática docente devem atentar-se para esse tema.

## Capítulo 3

### Objetivos

#### 3.1 Gerais

Compilar e escrever textos, atividades, vídeos que sirvam como um guia para os três momentos pedagógicos recomendados por Delizoicov, Angotti e Pernambuco [2002], que facilitem:

- A introdução de conceitos de Física Moderna e Contemporânea no currículo de Física da educação básica;
- O desenvolvimento da temática ambiental nas aulas de Física;
- O desenvolvimento de um trabalho interdisciplinar com outras áreas do saber.

#### 3.2 Específicos

- Utilizar conceitos da Climatologia como tema motivador para o desenvolvimento de conceitos físicos.
  - Tempo e clima;
  - Ventos alísios e a célula de Hadley ;
  - Clima brasileiro, massas de ar;
  - Fatores e elementos climáticos.
- Introduzir tópicos da teoria dos Sistemas Complexos nas aulas de Física da Educação Básica:
  - Efeito borboleta e teoria do caos.
- Analisar como a Física Moderna contribui para a compreensão da temática ambiental.
- Colaborar para a desconstrução do senso comum acerca do ciclo da água e abordar os temas:
  - Rios voadores da Amazônia (evapotranspiração)
  - Potência climática da floresta.

## Capítulo 4

### Revisão de Literatura

#### 4.1 Ênfase da Física Clássica e ausência da temática ambiental no currículo da educação básica

Apesar de ser uma pauta relevante, as questões socioambientais não estão presentes de forma satisfatória nos currículos de Física da educação básica e ensino superior. Outro fato que preocupa é a pouca ênfase dada à Física Moderna e Contemporânea (FMC). Segundo Tavares [2011], esses fatos estão relacionados e, se o objetivo for incluir a temática ambiental em sala de aula, deve-se entender como o próprio desenvolvimento histórico da Física impactou negativamente o entendimento do meio ambiente e como as descobertas da FMC podem abrir caminho para uma compreensão mais ampliada.

De acordo com Capra [1993], a humanidade presencia uma crise em diversos setores (como saúde, modo e qualidade de vida), que é consequência do pensamento cartesiano-mecanicista, gestado no período conhecido como Revolução Científica. Embora tenha trago os avanços científicos e tecnológicos presenciados nos últimos 400 anos, essa época também trouxe uma concepção fragmentada da ciência, que influenciou diversas áreas do conhecimento e teve um efeito nefasto para as questões ambientais.

A Revolução Científica iniciou-se com os trabalhos de Copérnico (séc. xv), questionando o modelo geocêntrico de Ptolomeu, fortemente defendido pela Igreja Católica. Suas ideias eram corroboradas por Kepler e Galileu, esse último que, além das contribuições na astronomia, foi também o primeiro a combinar experimentação científica e linguagem matemática. Outro nome importante do mencionado período é Francis Bacon, que propôs o método empírico da ciência, que consistia em realizar experimentos, para, a partir deles, obter conclusões gerais, para então realizar testes com novos experimentos. Talvez seja dele que se tenha herdado a pior das concepções antiecológicas, pois o estudioso afirmava que o objetivo da ciência deveria ser de obter o domínio e o controle sobre a natureza. Segundo Bacon, a natureza deveria ser “obrigada a servir”,

“escravizada”, “reduzida a obediência” [Capra 1993]. Tais referências mostram ainda, segundo o autor, o paralelo dado entre a exploração da natureza e a exploração das mulheres. Tem-se ainda as importantes contribuições de Descartes. Fundador da Filosofia Moderna e da Geometria Analítica (unificação da Álgebra e Geometria), ele inaugurou o método analítico, que consiste em decompor pensamentos e problemas em suas partes componentes e dispô-los em sua ordem lógica. Essa concepção influenciou fortemente diversas áreas do conhecimento, fazendo com que a hiperespecialização dos saberes se tornasse presente, por exemplo, na Medicina (cardiologistas, neurologistas etc) e nas Políticas Públicas (ministérios e secretarias da educação, saúde, segurança etc). A Revolução Científica foi selada pelas importantes contribuições de Isaac Newton, que sintetizou as ideias de Copérnico, Galileu, Kepler, Bacon e Descartes. Ele conseguiu combinar de forma apropriada o método empírico de Francis Bacon e o método racional de René Descartes, duas tendências que antes eram opostas. Newton elaborou também suas três leis do movimento e concebeu a ideia de gravitação universal, unificando assim a Física Terrestre e Celeste. O mundo seria encarado, a partir de então, como uma imensa máquina perfeita, regida por leis exatas. Daí os adjetivos mecanicista e cartesiano.

A concepção mecanicista influenciou fortemente a concepção de vida, pois assim como o mundo era comparado a um grande relógio, o ser humano também o foi. Willian Harvey (séc. XVI), por exemplo, explicava a circulação sanguínea em termos de uma máquina. Os biólogos da época tentaram, então, explicar outros fenômenos como digestão, respiração e metabolismo sob um ponto de vista mecanicista, mas falharam por não conhecerem fenômenos químicos inerentes a esses processos. La Mettrie publicou a obra *O Homem, uma Máquina*, que gerou vários debates desde o século XVII [Capra 2000].

Apesar do grande sucesso e da influência do programa newtoniano, essa concepção começou a ser questionada em diversos campos, como na Literatura, com Willian Black no romantismo<sup>4</sup>; na Filosofia com Immanuel Kant<sup>5</sup>; na Biologia,

---

<sup>4</sup> Possa Deus nos proteger/ da visão única e do sono de Newton. (CAPRA, 1993)

<sup>5</sup> Acreditava que a ciência só podia oferecer explicações mecânicas, mas afirmava que em áreas onde tais explicações eram inadequadas, o conhecimento científico precisava ser suplementado considerando-se a natureza como sendo dotada de propósito e em “Crítica do Juízo”, lança mão do conceito de auto-organização. (CAPRA, 1993)

com as concepções do vitalismo e organicismo<sup>6</sup> e na Psicologia, com a concepção Gestalt.

Atualmente, autores como Capra, Morin e Leff criticam fortemente a validade das concepções desse período, em especial a hiperespecialização dos saberes. Morin [2001], em sua obra *A cabeça bem-feita*, afirma que a natureza dos atuais problemas e desafios são cada vez mais polidisciplinares, transnacionais, planetários e globais. O autor afirma que uma inteligência que fragmenta os saberes unidimensionaliza o que é multidimensional e atrofia as possibilidades de se enfrentar os problemas. Morin ressalta também que "quanto mais a crise progride, mais progride a incapacidade de pensar a crise". Leff [2012], em seu turno afirma, que:

Uma das principais causas da problemática ambiental foi atribuída ao processo histórico do qual emerge a ciência moderna e a Revolução Industrial. Este processo deu lugar à distinção das ciências, ao fracionamento do conhecimento e à compartimentalização da realidade em campos disciplinares confinados, com o propósito de incrementar a eficácia do saber científico e eficiência da cadeia tecnológica da produção.

[...]

Dessa forma, a análise da questão ambiental exigiu uma visão sistêmica e um pensamento holístico para a reconstituição de uma realidade "total".

Não se pretende aqui refutar por completo a concepção cartesiana-mecanicista, mas sim lembrar que ela foi elaborada para resolver determinados tipos de problemas inerentes à Física. O que se questiona, então, é a validade da influência que essa epistemologia exerce nas outras áreas do conhecimento. Como indaga Capra [1993]: "Até que ponto o modelo newtoniano é uma abordagem, que sirva de base para as várias ciências, e onde estão os limites da visão de mundo cartesiano nestes campos? Cada ciência terá que descobri-los". Porém, assim como a Física Clássica influenciou diversos campos do saber, espera-se que as concepções da Física Moderna e Contemporânea possam fazer o mesmo.

---

<sup>6</sup> Correntes de pensamento da biologia que defendia que apenas as leis da Física e da Química eram insuficientes para compreensão da vida. (CAPRA, 2000)

Nobre [2014] afirma que, desde a década de 1970, mais de duas dúzias de grandes projetos científicos foram realizados na Amazônia<sup>7</sup>, porém dentro de uma visão fragmentada, influenciados em grande medida por Euclides da Cunha, que afirmava que "a epistemologia da 'ciência amazônica' florescerá se se preocupar menos em revelar a hileia por inteiro". Assim, enquanto um programa procurava entender apenas o solo, outro buscava explicar a flora e outro apenas a fauna, e assim por diante. Os processos da floresta só começaram a ser entendidos quando os cientistas começaram a ter uma visão holística dos processos que ali ocorrem. Essa concepção já estava presente no pensamento do naturalista Alexander von Humbolt (cientista que cunhou o termo hileia para se referir à Floresta Amazônica). Ele via no clima uma força global unificadora e reconhecia a co-evolução dos sistemas vivos do clima e da crosta da Terra [Capra 2000]. Então, o fenômeno denominado "rios voadores", tema do produto educacional proposto neste trabalho, só pode ser entendido dentro de uma visão holística, recomendada por Humbolt. Apresenta-se também uma atividade onde são ressaltadas algumas características da teoria do caos, que apresenta ferramentas matemáticas que permitem compreender melhor o tema ambiental.

#### **4.2 Viabilidade de inserção de tópicos de Física Contemporânea**

Alguns tópicos relacionados à Física Quântica e Relatividade já aparecem de forma modesta no currículo da educação básica e nos livros didáticos. Além de reforçá-los, seria também necessário inserir tópicos de Física Contemporânea e temas relacionados à Educação Ambiental.

Sabe-se que qualquer mudança metodológica é desafiadora. No caso dos professores do ensino fundamental e médio, várias são as barreiras. Por ter no livro didático a principal fonte de consulta e nos vestibulares e Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) como determinantes na seleção de conteúdos a serem

---

<sup>7</sup> Projetos de pesquisa na Amazônia: ARME, NASA-GTE ABLE, ABRACOS, TRACE-A, RBLE, CAMREX, INPA-Max Planck, INPA-ORSTOM, PDBFF, PELD, LBA, LBA-EUSTACH, LBA-CARBONSINK, LBA-CLAIRE, LBA-ECO, LBA-Barca, LBA-DMIP, GEWEX, ISLSCP, GEOMA, PPBio, Rainfor, AmazonFlux, AMAZE, Amazon Pire, Amazalert, AMAZONICA, Changing Amazônia, ATTO, ACRIDICON-CHUVA, GreenOceanAmazon etc. Apenas no âmbito do grande projeto LBA, foram desenvolvidos 217 subprojetos de pesquisa em 16 anos de operação. [Nobre 2014]



ministrados, enquanto esses temas não aparecerem nesses espaços avaliativos, dificilmente os docentes abordarão esses tópicos.

A partir da literatura pesquisada para este trabalho, sugerem-se, no entanto, alguns passos nessa direção. Obviamente não se pretende esgotar o assunto, mas sim tentar “criar um estado interior e profundo, uma espécie de polaridade de espírito que o oriente em um sentido definido, (...) por toda a vida.” [Durkheim apud Morin 2001] . E que esse “sentido definido” seja uma concepção mais ecológica de Educação.

Primeiramente, apesar da discussão realizada na seção anterior, é perfeitamente possível, ainda no domínio da Física Clássica, abordar questões ambientais. Por exemplo, o primeiro cientista que propôs e conseguiu realizar medidas do famigerado efeito estufa foi o físico Jean-Baptiste Joseph Fourier [Oliveira; Silva; Henriques 2009], cuja fórmula para condução de calor em regimes estacionários faz parte do conteúdo programático de diversos livros didáticos.

O docente pode se aproveitar também das leis de Kepler e da gravitação universal e usar como exemplo os satélites que fazem monitoramento das condições climáticas. Em uma das atividades do produto educacional aqui proposto, apresenta-se o exemplo do TRMM<sup>8</sup>, cujo site traz uma vasta coleção de vídeos, imagens e textos sobre a questão ambiental.

No fenômeno estudado neste trabalho, “os rios voadores da Amazônia”, tem mais destaque uma das etapas do ciclo da água: a evapotranspiração, que consiste na transpiração da água devido a fotossíntese das plantas e a evaporação de água no solo. Existem outras etapas deste ciclo, outros ciclos biogeoquímicos (carbono, enxofre, nitrogênio) e até mesmo outros ecossistemas (Cerrado, Pantanal, etc.) que podem ser melhor compreendidos a partir dos conhecimentos de Física. O docente pode, por exemplo, utilizar os conceitos de campos elétrico e magnético para discutir como os cientistas conseguiram chegar no entendimento atual destes ciclos. Embora não esteja no corpus do produto educacional, no Apêndice A há um texto que contempla em partes essa discussão.

---

<sup>8</sup> (Tropical Rainfall Measuring Mission – Missão de monitoramento de precipitação tropical. Site: <https://trmm.gsfc.nasa.gov/>)

Há ainda uma excelente obra que pode preencher a lacuna da temática ambiental no currículo de Física. Trata-se da coleção Explorando o Ensino, elaborado pelo Ministério da Educação<sup>9</sup>. Algumas atividades práticas do volume 13, *Mudanças Climáticas*, estão compiladas no produto sugerido. Nesse texto o professor encontrará diversos textos e atividades de cunho interdisciplinar sobre a questão ambiental.

Entrando nos domínios da FMC, a partir da década de 30 alguns físicos começaram a se interessar pelas questões relacionadas à vida. Por exemplo:

“Um elemento fundamental na decifração do código genético foi o fato de os físicos terem entrado no campo da biologia. Max Delbrück, Francis Crick, Maurice Wilkins e muitos outros tinham background em física antes de se juntarem aos bioquímicos e geneticistas em seu estudo da hereditariedade”. (CAPRA, 1993).

Niels Bohr levantou a hipótese de que o princípio da incerteza e o conceito de complementariedade se aplicaria de alguma forma às células. Erwin Schrödinger publicou o livro *What is life* (o que é a vida), que influenciou fortemente o pensamento biológico na década de 40. Nessa obra, o autor sugere que o gene é o portador de informação genética (CAPRA, 1993).

A Universidade Federal do Mato Grosso oferece um programa de pós-graduação em Física Ambiental. De seu repositório de dissertações e teses destacam-se alguns trabalhos que podem nortear excelentes práticas em sala de aula.

Por exemplo, estudos mostraram a viabilidade de se introduzir itens da teoria da complexidade (tais como acoplamento estrutural, sistemas abertos, objetos fractais, glaciações, aquecimento global) em aulas da educação básica [TAVARES, 2011; NETO, 2011, JUNIOR, 2011].

No rol das campanhas educacionais ligadas ao meio ambiente, o projeto patrocinado pela Petrobrás, “Expedição Rios Voadores” merece destaque. Ela foi idealizada pelo aviador Gérard Moss e pelo professor Antonio Donato Nobre, com colaboração dos professores Eneas Salati e José Marengo, dentre outros, e destaca a importância do fenômeno da evapotranspiração das plantas da Floresta Amazônica para o ciclo de chuvas na região centro-sul do país [RIOS VOADORES, 2015]. Em relação à evapotranspiração, conteúdo presente na

---

<sup>9</sup> <http://portal.mec.gov.br/colecao-explorando-o-ensino-sp-3427598/volumes>

grade curricular de Geografia da educação básica, Gaio e Pereira sugerem análogos elétricos para mecanismos inerentes desse fenômeno [GAIO, 2011; PEREIRA, 2013] , inclusive com possibilidades de transposição didática para o ensino médio [PEREIRA, 2013] , no qual se destaca que temas como ordem de grandeza, equação de estado de um gás ideal, espectro eletromagnético e efeito fotoelétrico podem ser trabalhados concomitantemente com absorção estomática, volume de célula guarda, potencial osmótico, pressão de turgescência e hiperpolarização da membrana plasmática. Tavares, em seu turno, exemplifica na perspectiva da teoria da complexidade, como ocorre o processo de evapotranspiração em dois ecossistemas amazônicos diferentes [TAVARES, 2015] .

Ainda em relação à Floresta Amazônica sabe-se que ela desempenha um papel fundamental no controle do efeito estufa. Sobrinho faz uma análise de várias obras didáticas consagradas no mercado sobre como é tratado o fenômeno, no qual destaca que a maioria apresenta erros teóricos e conceituais, principalmente no que tange à ideia de calor [SOBRINHO, 2009].

## Capítulo 5

### Referencial Teórico

#### 5.1 Paulo Freire

Paulo Freire é talvez, ao lado de personalidades como Pelé e Vinícius de Moraes, um dos brasileiros mais conhecidos no cenário internacional do século XX. Desde 2012 é considerado, por força de lei, o patrono da educação brasileira. Embora tenha se tornado conhecido devido a projetos de alfabetização de adultos, suas contribuições no campo da Educação transcendem a ideia de um “método Paulo Freire”. Segundo Júnior [2012], a herança que Freire queria deixar era a de uma educação dialógica, em contraposição a um modelo de educação que apenas reproduz as ideias das classes dominantes.

Sua obra mais influente é a *Pedagogia do oprimido*, onde analisa a interação dos atores sociais: opressores e oprimidos, no contexto da Educação. Segundo o autor, a ação dos opressores é desumana e impõe-se aos oprimidos na busca da manutenção de seus interesses. Tendo isso em vista esse fato, os oprimidos buscam, ou deveriam buscar, a mudança, a transformação social, para que, então, a sociedade se torne mais humana.

Segundo Freire [1970], a concepção bancária de educação é um instrumento que os opressores adotam para impor aos oprimidos seus ideais, sua visão de mundo. Como bem nos assegura Júnior [2012], essa é a forma pela qual, sistematicamente, os oprimidos vão “perdendo sua cultura”. Ressalta-se, que o termo oprimido ganhou conotações diversas, diferentes daquelas que Freire queria exprimir. Entre os “militantes de esquerda” ela é usada com um tom messiânico, e entre os setores mais conservadores da sociedade é usado de forma pejorativa [Júnior 2012]. A saber:

“Não poucas vezes Paulo Freire se referiu ao oprimido como o ‘desenraizado’. Quem? Aquele que em seu lugar natal era visto por si mesmo e pelos outros como detentor de uma compreensão do mundo, aquele que os antropólogos não diriam nunca que não teria cultura, mas que, retirado desse seu rincão e jogado em lugares diferentes e inóspitos, veria sua compreensão de mundo perder a utilidade e teria a sua cultura associada ao ridículo ou, no melhor dos casos, ao ‘folclore’- este era o ‘desenraizado’. Era o oprimido, tomado de modo amplo. O negro americano posto no mundo urbano moderno e,

posteriormente, o latino; ou o nordestino na periferia de São Paulo; ou o palestino em terras governadas por Israel – eis aí pessoas que poderiam não estar na miséria no campo do poder político, mas que, efetivamente, não escapariam de ser tomadas como 'sem cultura'. Por que 'sem cultura'? Pelo desenraizamento: pela perda da boa conexão entre as palavras e as coisas". [JUNIOR, 2012]

Para Delizoicov, Angotti e Pernambuco [2002], a concepção bancária de educação impõe um currículo linear, uma forma única de se selecionar os conteúdos escolares trabalhados, bem como a ordem "correta" de apresentá-los. Essa concepção está diretamente relacionada a um "senso comum pedagógico", que é caracterizado no âmbito do ensino de Ciências, pelo uso de regrinhas, repetição sistemática de exercícios, receituários, etc.

Para esses autores:

Essas atividades de ensino só reforçam o distanciamento do uso dos modelos e teorias para a compreensão dos fenômenos naturais e daqueles oriundos das transformações humanas, além de caracterizar a ciência como um produto acabado e inquestionável: um trabalho didático-pedagógico que favorece a indesejável ciência morta.

Como se pode verificar nessa citação, a concepção bancária é aplicada em um modelo de educação que não considera como os fatores históricos políticos e econômicos influenciam o processo de produção de conhecimento das ciências. Além disso, ela não considera os discentes como sujeitos de conhecimento, que possuem e uma cultura primeira, que não considera que os jovens e adultos que estão no processo de escolarização, pertencem a um determinado contexto, e que a família, o espaço geográfico, o tempo histórico, o mundo do trabalho e diversas outras dimensões em que estão inseridos influenciam diretamente os processos cognitivos.

Essa abordagem pode ser contraposta pelo que Freire denominou de educação dialógica, que se concretiza por meio da "abordagem temática" e dos "temas geradores".

Por sua natureza, os temas geradores têm como princípios básicos:

- uma visão de totalidade e abrangência da realidade;
- a ruptura com o conhecimento no nível do senso comum;
- adotar o diálogo como sua essência;
- exigir do educador uma postura crítica, de problematização constante, de distanciamento, de estar na ação e de se observar e se criticar nessa ação,
- apontar para a participação, discutindo no coletivo e exigindo disponibilidade dos educadores. [Delizoicov; Angotti; Pernambuco 2002]

Thomas Kuhn afirmava que o processo histórico de evolução da ciência é marcado por revoluções científicas que, por sua vez, são caracterizadas por mudanças de paradigmas. Analogamente, Gaston Bachelard usa o conceito de rupturas epistemológicas. Freire propôs os temas geradores como forma de possibilitar rupturas análogas às descritas pelos dois epistemólogos citados, durante o processo de formação dos estudantes [Delizoicov; Angotti; Pernambuco 2002]. Um possível exemplo de como essa proposição pode ser aplicada na educação básica pode ser encontrada no documento *Movimento de Reorientação curricular no Município de São Paulo* [1991], proposto quando Freire estava à frente da Secretaria Municipal de Educação de São Paulo – SP.

Na próxima seção serão detalhados os principais pontos dessa abordagem no ensino de ciências.

## **5.2 Os três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco**

As concepções de Freire para ensino de ciências têm sido defendidas por diversos autores em especial Demérito Delizoicov, José André Angotti e Marta Maria Pernambuco. Em conjunto, eles escreveram a obra *Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos* [Delizoicov; Angotti; Pernambuco 2002], que tem sido largamente utilizado em disciplinas de graduação, pós-graduação, e certames de concursos públicos [Muenchen e Delizoicov 1980].

Nessa obra, os autores tratam de diversos assuntos relacionados ao exercício docente, desde conteúdos e critérios de seleção desses temas, a questões mais plurais, como a indisciplina em sala de aula, adolescência, Filosofia e Sociologia da Ciência etc. A organização do livro oferece ao leitor de forma clara os principais referenciais teóricos sobre os temas tratados e é

sempre seguido de um capítulo de “instrumentação”, no qual se pode ter acesso de forma mais direta a trabalhos que remetem aos assuntos tratados, ou tem-se a indicação de onde pode-se ter contato com trabalhos que ampliem a discussão. A seguir destacam-se alguns pontos do texto mencionado.

Os autores alegam que, a partir da década de 70, com uma aparente “democratização” do ensino, algumas camadas da população que antes não tinham acesso à educação formal começam a ocupar esses espaços. A transmissão de conteúdos tem aumentado desde então, embora não tenha sido pensada uma estratégia para essa nova configuração. Deve-se, portanto, segundo os estudiosos, ter como meta o ensino de uma ciência para todos, e não o ensino de Ciências voltado predominantemente para a formação de futuros cientistas.

Delizoicov, Angotti e Pernambuco defendem que a ciência e a tecnologia devem compor o repertório cultural dos estudantes, compartilhando, em partes, da visão de Morin [2001], que diz que um dos principais objetivos da educação é o entendimento da condição humana, e que isso só é possível com a mobilização das culturas científicas e das humanidades para esse fim. Nesse sentido, os autores indicam a necessidade de se incorporar conhecimentos de Ciência e Tecnologia nas aulas, com o objetivo do alargamento do acervo cultural dos estudantes.

Como é facilmente verificado na maioria das escolas, o principal referencial de pesquisa dos professores é o livro didático. Os autores advogam que é necessário diversificar as fontes de pesquisa, usando outros expedientes pedagógicos como revistas, sites, visitas a feiras, museus, etc. Assim, no produto educacional proposto, apresenta-se uma compilação de textos científicos, literários, atividades, produtos midiáticos, na bibliografia disponível da área, além de textos escritos pelo próprio autor do projeto, com vistas a não ficar delimitado apenas pelos livros didáticos.

Como abordado na seção anterior, as contribuições de Freire para a educação transcendem a ideia de um "método Paulo Freire" [Júnior 2012] para alfabetização, mas propõe, por meio da abordagem temática, a prática e a reflexão de uma educação progressista [Delizoicov; Angotti; Pernambuco 2002].

Elementos dessa abordagem podem ser encontrados em documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), para o ensino fundamental. Na 4ª e 5ª parte da obra *Ensino de Ciências - Fundamentos e Métodos*, os autores propõem uma forma de efetivar esta abordagem temática em sala de aula, por meio do que eles denominam "os três momentos pedagógicos".

O primeiro momento é denominado "problematização inicial", no qual são apresentadas situações reais que os alunos vivenciam. O objetivo do professor nessa etapa é fomentar o debate, lançar dúvidas sobre o assunto e identificar possíveis lacunas e limitações no conhecimento que são expressos.

O ponto culminante dessa problematização é fazer que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um problema que precisa ser enfrentado [Delizoicov; Angotti; Pernambuco 2002].

No segundo momento, chamado de "organização do conhecimento", os conceitos selecionados para solucionar o problema apresentado no primeiro momento são sistematicamente estudados. Aqui, várias atividades podem ser utilizadas, inclusive os exercícios propostos em livros didáticos. Sublinha-se, no entanto, que não deve haver uma supervalorização desse instrumento pela prática docente, pois isso pode ofuscar a localização e a formulação de problemas mais aprofundados.

Finalmente, no terceiro momento pedagógico, "aplicação do conhecimento", o estudante aborda o conhecimento que vem sendo estudado para analisar tanto as situações apresentadas como outras que podem ser respondidas com o mesmo arcabouço teórico. Na seção Metodologia, é apresentada uma tabela com a descrição das atividades desenvolvidas em cada um desses momentos pedagógicos no produto educacional proposto no presente trabalho.

Como forma de superar o desafio em articular os temas, com a conceituação científica e o conhecimento prévio dos alunos, os autores sugerem ainda o que tem sido denominado de "conceitos unificadores", ou seja, "que podem constituir balizas ou âncoras tanto para as aquisições do saber nessa



área como para minimizar excessos de fragmentação do pensamento dos estudantes” [Delizoicov; Angotti; Pernambuco 2002]. São quatro conceitos unificadores elencados pelos autores: *transformações, regularidades, escala e energia*; cujas descrições são dadas a seguir:

“TRANSFORMAÇÕES: da matéria viva e/ou não viva, no espaço e no tempo.

REGULARIDADES: categorizam e agrupam as transformações mediante regras, semelhanças, ciclos abertos ou fechados, repetições e/ou conservações no espaço e no tempo. [...]

Em linguagem matemática, diz-se que várias transformações (T) são dependentes (ou “função”) de pelo menos uma regularidade (R), ou  $R=R(T)$ .

ENERGIA: conceito que incorpora os dois anteriores, com a vantagem de atingir maior abstração, estar acompanhado de linguagem matemática e condensação, para instrumentalizar transformações e conservações, e ainda estar associado à degradação. [...]

Em linguagem matemática, escreve-se  $E=E(T,R)$

ESCALAS: enquadram os eventos estudados nas mais distintas dimensões: sejam ergonômicas, macro ou microscópicas, em nível espacial; sejam de durações normais, instantâneas ou remotas, em nível temporal; sejam, com auxílio dos três conceitos anteriores, transformações e regularidades por “faixas de energia” ou escalas energéticas. [...]

Em linguagem matemática, pode-se escrever: Escala (S)= $S(T,R,E)$ ”. [Delizoicov; Angotti; Pernambuco 2002]

Observou-se um saldo bastante positivo com a abordagem desses momentos pedagógicos na aplicação do produto educacional, pois eles possibilitaram uma participação mais efetiva dos estudantes nas aulas, com atividades mais diversificadas. Até mesmo aqueles estudantes que apresentam dificuldades com a linguagem matemática se interessavam pelas discussões.

Embora a proposta defendida pelos autores seja de que os critérios de seleção dos conteúdos escolares sejam pelo prisma da abordagem temática, na prática essa realidade está longe de ser alcançada na maioria das escolas, uma vez que exige a colaboração de diversos outros atores, como professores de outras componentes curriculares, coordenação pedagógica, etc. Nesse sentido, Watanabe [2008] propõe uma abordagem temática adaptada ao currículo tradicional, ou seja, a utilização dos temas não exclui a possibilidade da abordagem de alguns conteúdos do currículo tradicional. Assim, por exemplo, como a termodinâmica é geralmente tratada no segundo ano do ensino médio, utilizamos no produto educacional conceitos desta área da Física para entender

e ampliar as concepções a respeito do ciclo da água. A escolha do tema foi bastante oportuna, uma vez que, no período da intervenção em Águas Lindas, houve vários embates sobre a disponibilização desse recurso. Por exemplo, a cidade vizinha, Brasília, estava passando por um processo de racionamento do fornecimento de água e, embora no próprio município não tenha ocorrido, oficialmente, falta de abastecimento, vários discentes narram cotidianamente dificuldades quanto ao fornecimento de água. O próprio câmpus presenciou uma intensa movimentação dos estudantes, que fizeram várias manifestações e paralizações por conta da inconstância no fornecimento de água.

Em tempos de uma forte polarização política ideológica, tem sido comum observar uma tentativa de simplificar e até mesmo desqualificar as contribuições de Paulo Freire e, conseqüentemente de seus signatários, para a educação. Quando se diz que o processo educativo deve partir do contexto do aluno, não se opta por ficar apenas com o conhecimento de senso comum, mas sim que se devam provocar tensões para que sejam criados processos de rupturas e acesso aos conhecimentos mais sistematizados.

“A transição não se dá linearmente; uma ruptura ocorre na transição, e a reconceitualização ocorrerá na mudança, ou seja: uma releitura dos conceitos será realizada com os novos instrumentos adquiridos do conhecimento cada vez mais elaborado”. [Delizoicov; Angotti; Pernambuco 2002]

Os autores deixam claro o aspecto não linear do processo de aprendizado. É importante destacar que esses processos de ruptura não ocorrem de forma uniforme em todos os discentes, se manifestando em tempos e intensidades diferentes em cada indivíduo.

Em suma, as contribuições de Freire, Delizoicov, Angotti e Pernambuco partem do pressuposto de que os alunos devem ser sujeitos do aprendizado. Nesse caso, o sujeito possui a mesma conotação da gramática, daquele que pratica a ação indicada pelo verbo - aprender. Isto significa que devem assumir o protagonismo da ação educativa. Deve, então, ficar claro para os docentes de Física, e de qualquer outra componente curricular, que há uma diferença nítida entre o ensinar e o aprender. Mesmo que se faça uso das mesmas sequências didáticas, da mesma metodologia, etc. os discentes se comportarão de formas diferentes em cada contexto. Devido a isso, o processo de investigação temática

deve ser difundido e viabilizado nos espaços escolares, como forma de minimizar a prática da educação bancária, denunciada por Freire.

## Capítulo 6

### Metodologia

O produto educacional foi aplicado em turmas do segundo ano do ensino médio integral integrado aos cursos técnicos de Meio Ambiente, Vigilância em Saúde e Análises Clínicas do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, câmpus Águas Lindas.

A proposta de inserção da temática ambiental no currículo de Física passa, inevitavelmente, por uma abordagem interdisciplinar. Essa ótica é defendida por Morin [1997, 2001], Capra [1993,2000], Tavares [2011], Caramello [2012], entre outros. Com base nesses estudos e na metodologia de abordagem temática proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco [2002], foram compilados textos, atividades e vídeos da bibliografia consultada, além de materiais elaborados pelo autor.

Abaixo estão listados de forma resumida os momentos pedagógicos, bem como as atividades propostas em cada um deles. Os quadros seguem o mesmo layout do trabalho de Barbosa e Castro [2007]

| <b>Nº da atividade</b> | <b>Descrição da atividade</b>  | <b>Nº de aulas</b> |
|------------------------|--|--------------------|
| 1                      | Solicitar aos alunos, em uma aula anterior, que pesquisem reportagens sobre a questão climática e da água.<br><br>Roda de conversa com a turma para verificar quais são as principais ideias sobre a temática                              | 1                  |
| 2                      | Leitura e escuta da música “Quede água” (Lenine).<br><br>Roda de conversa sobre as impressões da música.<br><br>Iniciar a discussão sobre o fenômeno “rios voadores” a partir do verso “os rios voadores da hileia mal deságuam por aqui”. | 1                  |

**Quadro 6.1.** 1º momento: organização do conhecimento [Elaborado pelo autor]

| Subtema                        | Nº da atividade | Questão de investigação                                       | Conceitos físicos abordados  | Descrição da atividade  | Nº de aulas |
|--------------------------------|-----------------|---|--|---|-------------|
| Temperatura e sensação térmica | 3               | Podemos confiar no tato para medir temperatura?               | Temperatura<br>Sensação térmica<br>Termômetros<br><br>Escala termométrica<br><br>Equilíbrio térmico<br><br>Lei zero da termodinâmica       | Os alunos são convidados a mergulhar as duas mãos em dois recipientes, um com água quente e outro com água fria. Logo após eles irão mergulhar as mãos em dois outros recipientes com água a temperatura ambiente. Em seguida, será solicitado que eles ordenem as temperaturas das águas dos recipientes. A partir dos questionamentos dessa experiência são apresentados os conceitos relacionados a equilíbrio térmico, temperatura e escalas termométricas.                 | 2           |
| Pressão                        | 4               | Força é sinônimo de pressão?<br><br>O ar tem peso?            | Pressão<br><br>Pressão atmosférica<br><br>Densidade  | Realizar as atividades práticas sobre pressão e densidade do ar   | 2           |
| Fases (e mudanças) da matéria  | 5               | Por que a panela de pressão cozinha mais rápido os alimentos? | Estados físicos da matéria<br><br>Mudanças de estado da matéria<br><br>Influência da pressão nos processos de mudança de estado da matéria | A partir de uma atividade demonstrativa, na qual uma barra de gelo é atravessada por um fio fino tensionado por duas cargas, serão utilizados alguns elementos das sequências de ensino investigativas, exemplificado Bellucco e Carvalho [2014], com o intuito de que os discentes formulem hipóteses sobre o fenômeno.<br><br>Após a exposição das hipóteses dos grupos, apresentar o modelo microscópico de temperatura.<br><br>A partir de simulações computacionais (phet) | 2           |

|                |   |  |  |   |   |
|----------------|---|--|--|---|---|
|                |   |  |  | mostrar o diagrama Pressão X Temperatura.   |   |
| Calor          | 6 | O que tem errado, do ponto de vista físico, na frase: “estou com calor?” | Caloria<br>Calor específico<br>Calor Latente<br>Cálculo da quantidade de calor sensível e latente. | A partir de expressões ditas no cotidiano, problematizar se temperatura e calor é a mesma coisa.<br><br>Explicar a necessidade da criação do conceito de calor.<br><br>Explicar o conceito de caloria a partir dos questionamentos:<br><br>i) Como se mede a quantidade de calorias de um alimento?<br><br>ii) A expressão “queimar calorias”, faz alguma referência literal ao processo de combustão?<br><br>Explicar o experimento de Joule.<br><br>Explicar o cálculo da quantidade de calor sensível e latente. | 2 |
|                | 7 | Como o calor é transmitido?  | Condução térmica<br>Convecção térmica<br>Radiação térmica  | Atividade prática: como se formam as brisas.  | 2 |
| Teoria do Caos | 8 | O que significa o efeito borboleta?                                      | Breve histórico de algumas concepções da Física<br>Efeito borboleta.                               | Inicialmente serão apresentados alguns slides retirados da dissertação de mestrado de Miguel Jorge Neto [2008], na qual se destacam alguns pontos acerca do pensamento cartesiano, da Física Quântica e dos sistemas complexos.   | 2 |

|  |  |  |  |   |  |
|--|--|--|--|---|--|
|  |  |  |  | <p>Em seguida, apresentar e discutir um vídeo que trata da teoria do caos.</p> <p>Por fim, apresentação de uma simulação numérica, retirada do portal “sintonia matemática” da Universidade Federal Fluminense, que utiliza funções para exemplificar o efeito borboleta.</p> |  |
|--|--|--|--|---|--|

**Quadro 6.2.** 2º momento: organização do conhecimento [Elaborado pelo autor]

| <b>Nº da atividade</b> | <b>Descrição da atividade</b>   | <b>Nº de aulas</b> |
|------------------------|---|--------------------|
| 9                      | Texto e questionário sobre reciclagem de umidade  | 2                  |
| 10                     | Texto e atividade prática sobre formação de nuvens<br>Entrega do questionário sobre bomba biótica | 2                  |
| 11                     | Bomba biótica de umidade<br>Velocidade dos ventos   | 2                  |
| 12                     | Avaliação Final   | 2                  |

**Quadro 6.3** 3º momento: aplicação do conhecimento [Elaborado pelo autor]

A seguir justificam-se, a partir da bibliografia que norteou a pesquisa, as etapas das atividades propostas em nosso produto educacional. Caramello [2012] afirma que as principais fontes de pesquisa dos docentes da educação básica acerca das questões socioambientais são os livros didáticos e as informações veiculadas na grande mídia, e que ambas carecem de mais profundidade. Nesse sentido, foram inseridos os itens 1 e 2 da atividade 1. Neste momento pedagógico, problematização inicial, foi solicitado que os estudantes pesquisassem reportagens relacionadas à água ou às mudanças climáticas para, posteriormente, em conjunto com a turma, realizar um debate. Nesse momento, tentou-se desconstruir algumas concepções acerca do ciclo da água.

O item “Levando em conta que as águas do planeta obedecem a um certo ciclo, represente de forma esquemática como compreende esse ciclo” foi retirado de uma atividade proposta na dissertação de mestrado de Watanabe [2008]. A autora analisou obras didáticas de Ciências do ensino fundamental, e de Física,

Química e Biologia do ensino médio, assim como de Geografia dos dois níveis de ensino, e constatou que o tema água não é protagonizado de forma satisfatória nesses espaços. Isso é um contra senso, pois os sinais de esgotamento da capacidade hídrica em diversas regiões do país têm se mostrado constantemente. A única série em que o tema costuma ser tratado é no 6º ano do ensino fundamental. Assim, quando se pede uma representação do ciclo da água, geralmente esse é ilustrado de forma bastante simplificada e sem a presença de seres vivos, tal como aparece nos livros dessa série.

Arne Naes apud Capra [2000] diferencia dois tipos de ecologia: rasa e profunda. A ecologia rasa refere-se a uma ideia antropocêntrica, com os seres humanos acima ou fora da natureza e essa, por sua vez, assume apenas um valor instrumental. A ecologia profunda, em seu turno, não separa os seres humanos do meio ambiente. A natureza é vista como uma rede de fenômenos interligados e interconectados. O anseio deste trabalho é que ele seja um vetor que colabore para a construção de um senso de ecologia profunda na comunidade acadêmica.

O último questionamento da primeira atividade “Os termos ‘tempo’ e ‘clima’ têm o mesmo significado?” comparece como um ponto de partida para o segundo momento pedagógico, organização do conhecimento.

“‘Tempo’ neste contexto refere-se a um determinado estado em que se encontra a atmosfera em um instante e local, enquanto “clima” está associado ao conjunto de informações estatísticas sobre o “tempo” em um local. Alguns fatores que influenciam o “tempo” são: são a temperatura do ar, a umidade do ar, a pressão atmosférica, a velocidade e direção dos ventos, o tipo e quantidade de precipitação e o tipo e quantidade de nuvens”. [Biscaino 2017].

Então, a partir dessa diferenciação, no segundo momento pedagógico, se buscará entender os conceitos físicos de temperatura, pressão, estados da matéria e calor.

O foco principal da atividade 2 é a análise da música *Quede Água* [Lenine]. Morin [2001], parafraseando Montaigne, defende que “Mais vale uma cabeça bem feita do que uma cabeça bem cheia”. O autor, como já mencionado, critica fortemente a hiperespecialização dos saberes, e alerta sobre a necessidade de se reformular o pensamento e, conseqüentemente, o ensino, no



sentido em que os saberes precisam ser religados. Ele defende, então, que para cumprir esse objetivo, faz-se necessário entender a condição humana. Para atingir esse entendimento é necessário que as culturas científica e das humanidades sejam mobilizadas para esse fim. Dentre várias reflexões apresentadas pelo autor, destacam-se:

“As artes levam-nos à dimensão estética da existência e – conforme o adágio que diz que a natureza imita a obra de arte- elas no ensinam a ver o mundo esteticamente. [...]

Trata-se, enfim de demonstrar que, em toda grande obra, de literatura, de cinema, de poesia, de música, de pintura, de escultura, há um pensamento profundo sobre a condição humana”. [Morin 2001]

Além de fornecer os versos “Os rios voadores da Hileia/ mal desaguam por aqui”, mote deste trabalho, a música *Quede água* trata dessa reflexão sobre a condição humana. Observa-se, além dos versos citados, outros que também abrem espaço para diferentes intervenções interdisciplinares possíveis.

Morin diz ainda que dentro desta concepção de conciliação das culturas (científica e das humanidades), é necessário ser adeptos a um “novo espírito científico”, fazendo oposição à visão fragmentadora herdada da Revolução Científica dos séculos XVI e XVII. Deve-se, então, voltar a atenção aos grandes questionamentos da mente humana: sobre o cosmo, sobre a natureza, a vida e o ser humano. Nesse sentido ele elenca disciplinas, denominadas de “novas ciências”, com objetivo de tratar esses questionamentos que fomentarão o desenvolvimento dessa “cabeça bem-feita”. São elas: a Ecologia, a Cosmologia e as ciências da Terra (Geologia, Vulcanologia, etc.). Assim, o produto educacional proposto tenta trazer conceitos de Física do ensino médio aliados a conceitos de Ecologia.

As atividades do segundo momento pedagógico buscam embasar o desenvolvimento dos conceitos de temperatura, pressão, mudança de estados físicos da matéria e calor. Em geral, não foge muito ao que se é apresentado na maioria das obras didáticas, exceto pela ênfase na diferença entre os conceitos macro e microscópico de temperatura, da ponderação sobre as mudanças de estado físico da água e da breve introdução da teoria dos sistemas complexos.

São apresentadas também questões de vestibulares ao longo das atividades. Mesmo que não seja o foco dessa intervenção, acredita-se que a presença desse tipo de atividade possa ser um elemento motivador para que outros professores utilizem o presente material futuramente.

Embora não esteja explícito nas atividades desse momento pedagógico, em vários momentos foi citado e apresentado aos discentes o artigo *Aprendendo com as esquisitices da água*, de autoria da professora Márcia C. Barbosa [Barbosa 2015] e do site [/www.lsbu.ac.uk/water/anmlies.html](http://www.lsbu.ac.uk/water/anmlies.html), que a autora cita neste artigo, no qual é apresentada uma lista de comportamentos anômalos da água. Enxerga-se aqui uma possibilidade para trabalhos futuros, contemplando também as críticas sobre falta de profundidade das notícias veiculadas na grande mídia, feitas por Watanabe [2008] em sua dissertação de mestrado. Outro ponto a ser destacado é a possibilidade de se desenvolver uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), exemplificada no trabalho de Bellucco e Carvalho [2014], a partir do exercício prático do regelo, presente na quinta atividade.

Quanto às atividades do terceiro momento pedagógico, foi utilizado como principal referência o *Relatório de Avaliação Científica* [Nobre 2014]. Trata-se de um texto em linguagem bastante acessível, porém sem perder o rigor científico. As referências bibliográficas que ele traz também inspiraram boa parte das intervenções com os estudantes.

Na avaliação final buscou-se verificar qual foi o saldo deste percurso, ou seja, se os discentes modificaram algo em sua representação do ciclo da água. Novamente, tem-se a perspectiva de Morin, da arte como elemento do entendimento da condição humana, ao citarmos parte do poema “O operário em construção”, de Vinícius de Moraes.

*E foi assim que o operário  
Do edifício em construção  
Que sempre dizia sim  
Começou a dizer não.*

Embora o poema não tenha conteúdo algum de Física de forma expressa, é utilizado no trabalho por uma questão social. A aplicação do produto educacional nas turmas do IFG foi antecedida por um fato que teve bastante visibilidade: um decreto do presidente Michel Temer extinguindo a Reserva Nacional do Cobre, entregando uma área de grande extensão da Floresta Amazônica a grandes empresas estrangeiras. Essa decisão revoltou grande parte dos brasileiros e foi repudiada por diversas entidades, entre elas a CNBB (Conferência Nacional dos Bispos do Brasil) e o Greenpeace. Embora o governo tenha voltado atrás desta decisão, a floresta sofre constantemente diversas pressões humanas devidos a atividades como garimpo, agropecuária, etc. [Raisg 2012]. Então, conforme indicam Delizoicov, Angotti e Pernambuco [2002] e Morin [1997], os conteúdos científicos possuem determinação sociológica. Vale lembrar as palavras de Paulo Freire, que diz não existir neutralidade no processo educativo.

“Que é mesmo a minha neutralidade senão a maneira cômoda, talvez, mas hipócrita, de esconder minha opção ou meu medo de acusar a injustiça? Lavar as mãos em face da opressão é reforçar o poder do opressor, é optar por ele”. [Freire, 1996]

Então, em face dessas justificativas buscou-se provocar os estudantes a dizer não para toda e qualquer forma de retrocesso ambiental e social.

## **Capítulo 7**

### **Produto Educacional**

#### **I - INTRODUÇÃO**

Caro professor, o objetivo deste material é propor um percurso didático que colabore com a inserção da pauta ambiental nas aulas de Física. Nesse caso, procura-se dar elementos para o entendimento do ciclo da água, bem como tentar desconstruir algumas concepções cristalizadas no senso comum da população brasileira acerca desse precioso recurso natural. O material elenca tópicos tradicionalmente ministrados em cursos de Física do ensino médio tais como temperatura, pressão, energia/calor, potência, estados físicos da matéria, bem como suas mudanças e outros nem tanto, como uma breve introdução à teoria dos sistemas complexos, buscando elucidar os principais pontos do fenômeno denominado bomba biótica de umidade, popularizado pelo termo “rios voadores da Amazônia”. A proposta do trabalho passa também por uma possibilidade de atuação interdisciplinar com áreas como Matemática, Biologia, Geografia, Artes, Sociologia, etc.

Para tanto, utiliza-se como aporte teórico a Abordagem Temática proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco [2002]. Tais autores sugerem três momentos pedagógicos, a saber: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento, que cumpre o papel de sistematizar o trabalho docente em sala de aula para efetivação das concepções de Paulo Freire acerca da Abordagem Temática.

Na seção 2 segue um pequeno resumo desses momentos, assim como uma descrição resumida das atividades propostas. Na seção 3 são apresentadas as atividades propriamente ditas.

#### **II - MOMENTOS PEDAGÓGICOS**

##### **1º MOMENTO – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL**

Nesse momento são apresentadas questões e/ou situações para discussão com os alunos. Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque provavelmente não dispõem de conhecimentos

científicos suficientes [Delizoicov e Angotti apud Caramello; Oliveira; Costa 2014].

Procurou-se descrever as atividades a partir de um quadro com o mesmo layout apresentado no trabalho de Barbosa e Castro [2017].

| <b>Nº da atividade</b> | <b>Descrição da atividade</b>   | <b>Nº de aulas</b> |
|------------------------|---|--------------------|
| 1                      | Solicitar aos alunos, em uma aula anterior, que pesquisem reportagens sobre a questão climática e da água.<br><br>Roda de prosa com a turma para verificar quais são as principais ideias sobre a temática                              | 1                  |
| 2                      | Leitura e escuta da música “Quede água” (Lenine).<br><br>Roda de prosa sobre as impressões da música.<br><br>Iniciar a discussão sobre o fenômeno “rios voadores” a partir do verso “os rios voadores da hileia mal deságuam por aqui”. | 1                  |

**Quadro 7.1** Descrição das atividades do 1º momento [Elaborado pelo autor com base em Barbosa e Castro 2017]

## **2º MOMENTO – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO**

“Os conhecimentos de Física necessários para a compreensão do tema central e da problematização inicial serão sistematicamente estudados neste momento, sob orientação do professor. Definições, conceitos, relações e leis, que podem ter sido apresentados no texto introdutório, serão agora aprofundados. Do ponto de vista metodológico, neste momento de organização do conhecimento cabem as atividades mais diversas, como: exposição pelo professor de definições, formulação de questões, texto previamente preparado, trabalho extraclasse, experiências, realizadas pelos alunos (em classe ou fora dela) ou pelo professor (demonstração), etc.” [Delizoicov e Angotti apud Caramello; Oliveira; Costa 2014].

| Subtema                        | Nº da atividade | Questão de investigação  | Conceitos físicos abordados  | Descrição da atividade  | Nº de aulas |
|--------------------------------|-----------------|--|--|---|-------------|
| Temperatura e sensação térmica | 3               | Podemos confiar no tato para medir temperatura?                          | Temperatura<br>Sensação térmica<br>Termômetros<br><br>Escalas termométricas<br><br>Equilíbrio térmico<br><br>Lei zero da termodinâmica     | Os alunos são convidados a mergulhar as duas mãos em dois recipientes, um com água quente e outro com água fria. Logo após eles irão mergulhar as mãos em dois outros recipientes com água a temperatura ambiente. Em seguida será solicitado que ordenem as temperaturas das águas dos recipientes. A partir dos questionamentos dessa experiência apresentamos os conceitos relacionados de equilíbrio térmico, temperatura e escalas termométricas.  | 2           |
| Pressão                        | 4               | Força é sinônimo de pressão?<br><br>O ar tem peso?                       | Pressão<br><br>Pressão atmosférica<br><br>Densidade  | Realizar as atividades práticas sobre pressão e densidade do ar.  | 2           |
| Fases (e mudanças) da matéria  | 5               | Por que a panela de pressão cozinha mais rápido os alimentos?            | Estados físicos da matéria<br><br>Mudanças de estado da matéria<br><br>Influência da pressão nos processos de mudança de estado da matéria | A partir de uma atividade demonstrativa, na qual uma barra de gelo é atravessada por um fio fino tensionado por duas cargas, serão utilizados alguns elementos das sequências de ensino investigativas, exemplificado Bellucco e Carvalho [2014], com o intuito de que os discentes formulem hipóteses sobre o fenômeno.<br><br>Após a exposição das hipóteses dos grupos, apresentar o modelo microscópico de temperatura.<br><br>A partir de simulações computacionais (phet) mostrar o diagrama Pressão X Temperatura. | 4           |
| Calor                          | 6               | O que tem errado, do ponto de vista físico, na frase: “estou com calor?” | Caloria<br><br>Calor específico<br><br>Calor Latente<br><br>Cálculo da quantidade de   | A partir de expressões ditas no cotidiano, problematizar se temperatura e calor é a mesma coisa.<br><br>Explicar a necessidade da criação do conceito de calor.   | 2           |

|                |   |                                     |   |   |   |
|----------------|---|-------------------------------------|---|---|---|
|                |   |                                     | calor sensível e latente.   | <p>Explicar o conceito de caloria a partir dos questionamentos:</p> <p>i) Como se mede a quantidade de calorias de um alimento?</p> <p>ii) A expressão “queimar calorias”, faz alguma referência literal ao processo de combustão?</p> <p>Explicar o experimento de Joule.</p> <p>Explicar o cálculo da quantidade de calor sensível e latente.</p>   |   |
|                | 7 | Como o calor é transmitido?         | <p>Condução térmica</p> <p>Convecção térmica</p> <p>Radiação térmica</p>        | Atividades práticas: sobre condução, radiação e como se formam as brisas  | 2 |
| Teoria do Caos | 8 | O que significa o efeito borboleta? | <p>Breve histórico de algumas concepções da Física</p> <p>Efeito borboleta.</p> | <p>Inicialmente serão apresentados alguns slides retirados da dissertação de mestrado de Miguel Jorge Neto, na qual se destacam alguns pontos acerca do pensamento cartesiano, da Física Quântica e dos sistemas complexos.</p> <p>Em seguida, apresentar e discutir um vídeo, do canal do youtube Nerdologia, que trata da teoria do caos.</p> <p>Por fim, apresentar uma simulação numérica, retirada do portal “Sintonia Matemática” da UFF, que utiliza funções para exemplificar o efeito borboleta.</p> | 2 |

**Quadro 7.2** Descrição de atividades do 2º momento [Elaborado pelo autor]

### 3º MOMENTO – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

“Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. Deste modo pretende-se que, dinâmica e evolutivamente, o aluno perceba que o conhecimento, além de ser uma construção historicamente determinada, desde que apreendido é acessível a qualquer cidadão, que dele pode fazer uso. Com isso, pode-se evitar a excessiva dicotomização entre processo e produto, física de "quadro-negro" e física da "vida", "cientista e não cientista". Metodologicamente, o procedimento é o mesmo do segundo momento; da mesma maneira, são fornecidas sugestões de atividades para desenvolver este terceiro momento”. [Delizoicov e Angotti apud Caramello; Oliveira; Costa 2014]

| Nº da atividade | Descrição da atividade  | Nº de aulas |
|-----------------|---|-------------|
| 9               | Texto e questionário sobre reciclagem de umidade  | 1           |
| 10              | Texto e atividade prática sobre formação de nuvens<br>Entrega do questionário sobre bomba biótica | 1           |
| 11              | Bomba biótica de umidade<br>Velocidade dos ventos   | 1           |
| 12              | Avaliação Final   | 1           |

**Quadro7.3** Descrição de atividades do 3º momento [Elaborado pelo autor]

### III – ATIVIDADES PROPOSTAS

#### ATIVIDADE 1

Estudante, com certeza você já deve ter ouvido que a maior parte da superfície do planeta é feita de água, bem como a maior parte da composição do corpo do ser humano. No entanto, embora exista muita água na Terra, o problema central é que a maior parte dela é salgada, imprópria para o consumo humano. Nas séries anteriores, na mídia e em outros espaços você já se deparou com a discussão sobre a importância de se economizar água, de preservar os rios, etc.

O que se pretende com essa sequência de aulas, e dos textos a ela associada é lançar novos olhares sobre este importante recurso.



1. Pesquise reportagens cujo tema central seja a água e/ou mudanças climáticas.
2. Discuta com seus colegas como os temas relacionados à água e as mudanças climáticas são tratados pela mídia.
3. Levando em conta que as águas do planeta obedecem a um certo ciclo, represente de forma esquemática, no espaço abaixo, como você compreende esse ciclo.
4. Os termos “tempo” e “clima” têm o mesmo significado?

## ATIVIDADE 2

Analise a letra da música *Quede Água*, do artista pernambucano Lenine.

### Quede Água?

A seca avança em Minas, Rio, São Paulo  
O Nordeste é aqui, agora  
No tráfego parado onde me enjaulo  
Vejo o tempo que evapora  
Meu automóvel novo mal se move  
Enquanto no duro barro  
No chão rachado da represa onde não chove  
Surgem carcaças de carro  
Os rios voadores da hileia  
Mal desaguam por aqui  
E seca pouco a pouco em cada veia  
O Aquífero Guarani  
Assim do São Francisco a San Francisco  
Um quadro aterra a Terra  
Por água, por um córrego, um chovisco  
Nações entrarão em guerra  
Quede água? Quede água? Quede água? Quede água?  
Agora o clima muda tão depressa  
Que cada ação é tardia  
Que dá paralisia na cabeça  
Que é mais do que se previa  
Algo que parecia tão distante  
Periga, agora tá perto  
Flora que verdejava radiante  
Desata a virar deserto  
O lucro a curto prazo, o corte raso  
O agrotóxico, o negócio

A grana a qualquer preço, petro-gaso  
Carbo-combustível fóssil  
O esgoto de carbono a céu aberto  
Na atmosfera, no alto  
O rio enterrado e encoberto  
Por cimento e por asfalto  
Quede água? Quede água? Quede água? Quede água?  
Quando em razão de toda a ação humana  
E de tanta desrazão  
A selva não for salva, e se tornar savana  
E o mangue, um lixão  
Quando minguar o Pantanal e entrar em pane  
A Mata Atlântica tão rara  
E o mar tomar toda cidade litorânea  
E o sertão virar Saara  
E todo grande rio virar areia  
Sem verão, virar outono  
E a água for commodity alheia  
Com seu ônus e seu dono  
E a tragédia da seca, da escassez  
Cair sobre todos nós  
Mas sobretudo sobre os pobres outra vez  
Sem terra, teto, nem voz  
Quede água? Quede água?  
Quede água? Quede água?  
Agora é encararmos o destino  
E salvarmos o que resta  
É aprendermos com o nordestino  
Que pra seca se adestra  
E termos como guias os indígenas  
E determos o desmate

E não agirmos que nem alienígenas  
No nosso próprio habitat  
Que bem maior que o homem é a Terra  
A Terra e seu arredor  
Que encerra a vida aqui na Terra, não se encerra  
A vida, coisa maior  
Que não existe onde não existe água  
E que há onde há arte  
Que nos alaga e nos alegra quando a mágoa  
A alma nos parte  
Para criarmos alegria pra viver  
O que houver para vivermos  
Sem esperanças, mas sem desespero  
O futuro que tivermos  
Quede água? Quede água? Quede água? Quede água?  
Quede água?

1- Discuta com seus colegas de classe quais foram as impressões dessa canção.

2- O que o autor quis dizer com o verso “Os rios voadores da hileia mal desaguam por aqui”?

Alexander von Humboldt, o aclamado e influente cientista-naturalista alemão que explorou as Américas na virada do século XVIII para XIX é considerado o pai de ciências como a Geografia Física, Meteorologia e Ecologia. Ele empregou o termo hileia (do grego, floresta selvagem) para a Amazônia e, com a riqueza e encantamento das suas descrições minuciosas, inspirou gerações de naturalistas, Darwin entre eles. De Humboldt vêm as primeiras sugestões da ligação entre a floresta, a umidade do ar e o clima [Nobre 2014].

Rios voadores da hileia faz referência, então, a uma importante etapa do ciclo da água, que ficou popularizado pelo termo “Rios Voadores da Amazônia”, cujos detalhes analisaremos nas próximas atividades.



Figura 7.1 Alexander von Humboldt<sup>10</sup>



Figura 7.2 Os caminhos dos rios voadores [Moss; Moss 2014]

<sup>10</sup> <http://academic.emporia.edu/aberjame/histgeol/humboldt/humboldt.htm>

### ATIVIDADE 3

Na atividade 1 foi questionado qual era a diferença entre “tempo” e “clima”. Segundo a professora Biscaino:

“...tempo pode ser entendido como o estado no qual se encontra a atmosfera em um determinado momento e lugar, enquanto o clima de uma região corresponde ao conjunto de informações estatísticas sobre o tempo de uma determinada região.

As previsões do tempo ocorrem por meio de algumas propriedades que são aferidas diariamente em estações meteorológicas espalhadas por diferentes lugares. **Os elementos básicos levados em conta nessas estações são a temperatura do ar, a umidade do ar, a pressão atmosférica, a velocidade e direção dos ventos, o tipo e quantidade de precipitação e o tipo e quantidade de nuvens.** Esses dados são coletados em instrumentos como **termômetro, barômetro, higrômetro, biruta, pluviômetro, anemômetro e heliógrafo**, entre outros que permitem leitura manual (Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional) ou enviam os dados diretamente para computadores da central da estação meteorológica (Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática). A figura abaixo mostra a carta sinótica para todo o Brasil para o dia 9 de março de 2016. Com os dados coletados em estações espalhadas por todo o território nacional, são indicadas nessa imagem as zonas de baixa pressão (“B” em vermelho), zonas de alta pressão (“A” em azul) e a frente fria que avança do sul da Argentina, passando pelo sul do Brasil e se dirigindo ao Oceano Atlântico”. [Biscaino 2017, grifo meu]



Figura 7.3 Carta sinótica [Biscaino 2017]

O objetivo deste e dos próximos encontros é construir um arcabouço teórico de uma importante área da Física: a **termodinâmica**. Para que se tenha noção da importância desse campo teórico, segundo Albert Einstein: “A termodinâmica clássica é a única teoria física de conteúdo universal que, dentro

da estrutura da aplicabilidade dos seus conceitos básicos, jamais será derrubada” [Hornes; Silva; Pinheiro 2005].

A partir dos elementos dessa teoria, objetiva-se entender, por exemplo, como os meteorologistas preveem o “tempo” de uma região e, conseqüentemente, analisam seu clima.

Começemos com um conceito fundamental: **a temperatura**

“Desde a infância, temos um conhecimento prático dos conceitos de temperatura e energia térmica. Sabemos, por exemplo, que é preciso tomar cuidado com alimentos e objetos quentes e que a carne e o peixe devem ser guardados na geladeira. Sabemos, também, que a temperatura no interior de uma casa e de um automóvel deve ser mantida dentro de certos limites, e que devemos nos proteger do frio e do calor excessivos.

Os exemplos de aplicação da termodinâmica na ciência e na tecnologia são numerosos. Os engenheiros de automóveis se preocupam com o superaquecimento dos motores, especialmente no caso dos carros de corrida. Os engenheiros de alimentos estudam o aquecimento dos alimentos, como pizzas em fornos de microondas, e o seu resfriamento, como nos alimentos congelados. Os meteorologistas analisam a transferência de energia térmica nos eventos associados ao fenômeno El Niño e ao aquecimento global. Os engenheiros agrônomos investigam a influência das condições climáticas sobre a agricultura. Os engenheiros biomédicos estão interessados em saber se a medida da temperatura de um paciente permite distinguir uma infecção viral benigna de um tumor canceroso”. [Haliday; Resnick; Waker 2009]

Para “aquecer”, vamos realizar a atividade prática abaixo.

**Observação ao professor:** O docente deverá preparar previamente quatro recipientes, enumerados de 1 a 4. No recipiente 1 deverá ser colocado água gelada, no 4 água morna, em torno de 40 °C. Enquanto nos dois outros, recipientes 2 e 3, água a temperatura ambiente.

À sua frente estão expostos três recipientes contendo água, enumerados por I, II, III e IV.

Mergulhe sua mão esquerda no pote I e, simultaneamente, a mão direita no IV. Espere cerca de 30 segundos.

Tire as mãos dos recipientes e mergulhe-as no recipientes II e III. Quais foram as sensações térmicas no momento do mergulho das mãos dos

recipientes do centro? No espaço a baixo, ordene as sensações sentidas, da menor para a maior temperatura.

\_\_\_\_\_

Dentre nossos sentidos (visão, olfato, audição e tato) o tato é o responsável pela percepção da temperatura. Uma pergunta fundamental é: o tato sempre informará, de forma confiável, a temperatura de um corpo ou de um sistema?

Meça, com um termômetro, as temperaturas dos recipientes.

Inevitavelmente, a temperatura está associada àquela sensação, que se conhece desde a infância, de quente e frio. Mas, como deve ter sido observado na experiência acima, esta sensação pode enganar.

Necessita-se, então, de uma forma e de um instrumento mais preciso para medir a temperatura. Mas, antes disso, é necessária uma definição do que seja este conceito.

Observa-se que quando dois corpos estão em contato térmico, algumas propriedades (como comprimento, área, volume, resistência elétrica, etc.) sofrem modificações. Esse é o princípio de funcionamento de um termômetro de mercúrio (ou álcool), por exemplo. Quando em contato com um corpo “quente” o líquido do bulbo dilata, e observa-se que a altura da coluna líquida aumenta.



**Figura 7.4** Termômetro<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> <https://emojiterria.com/pt/termometro/>



Porém, haverá um momento em que essa mudança cessará. Essa situação é definida como **equilíbrio térmico**. Dizemos, então, que os dois corpos possuem a mesma **temperatura**.

Incrivelmente, essa noção, fundamental para a sustentação lógica de toda a termodinâmica, foi a última a ser formalizada dentro do escopo desta área da Física. A **Lei Zero da Termodinâmica**, diz que:

Se os sistemas A e B estão em equilíbrio térmicos entre si, e se os sistemas A e C estão em equilíbrio térmico entre si, conclui-se que os sistemas B e C estão também em equilíbrio térmico entre si.[Nussenzveig 1996]

De forma mais esquemática se  $T_A$ ,  $T_B$  e  $T_C$ , são, respectivamente, as temperaturas dos sistemas A, B e C. Então se  $T_A=T_B$  e  $T_A=T_C$ , então  $T_B=T_C$

Embora essa lei pareça uma consequência lógica, ela não se aplica, por exemplo ao equilíbrio químico. Se A e B estão em equilíbrio químico entre si, e A e C também estão em equilíbrio químico, A e C não estarão, necessariamente, em equilíbrio químico. Isso ocorre, por exemplo, em uma pilha [Nussenzveig 1996].

Da observação das experiências acima, justifica-se a criação de um instrumento que seja capaz de mensurar, de forma objetiva, a temperatura dos corpos. Tal instrumento é denominado **termômetro**.

“Para criar uma escala de temperatura escolhemos um fenômeno térmico reprodutível e, **arbitrariamente**, atribuímos a ele uma temperatura. Poderíamos, por exemplo, escolher o ponto de fusão do gelo ou o ponto de ebulição da água, mas, por razões técnicas, optamos pelo **ponto triplo da água** (isto é, um valor determinado de temperatura e pressão em que coexistam os estados sólido, líquido e gasoso da água). Por acordo internacional, foi dado o valor de 273,16 Kelvins (unidade no Sistema Internacional), como a temperatura padrão para calibração dos termômetros.” [Haliday; Resnick; Waker 2009, grifo meu]

Além da escala Kelvin, outras importantes escalas são a Celsius (usada na maioria dos países) e a Fahrenheit (usada nos Estados Unidos). Para estabelecer uma regra que permita converter o valor de uma temperatura de uma escala para outra, são necessários dois pontos fixos. Usualmente adotam-se os pontos de fusão e ebulição da água a pressão normal. Veja a comparação desses valores abaixo:

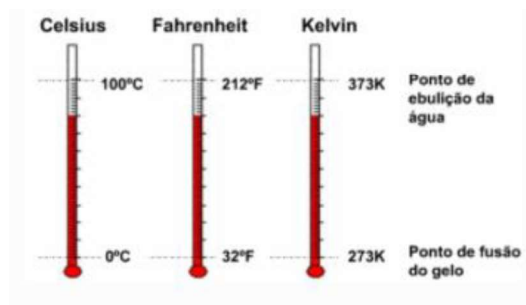


Figura 7.5 Escalas de temperatura<sup>12</sup>

A relação matemática para converter o valor de uma temperatura, expressa em uma dessas escalas para outra é dada por:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

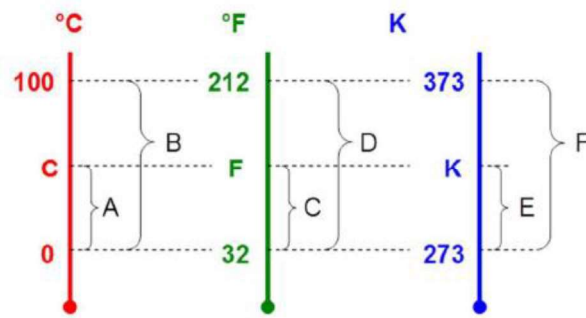
Tente demonstrar esta relação!

**Dica:** faça uma proporção entre as diferenças de temperaturas ou, de forma equivalente, tente usar funções polinomiais do primeiro grau.

### Treinamento para o vestibular

**Questão 01 - (IFPE) Pernambuco** registrou, em 2015, um recorde na temperatura após dezessete anos. O estado atingiu a média máxima de 31°C, segundo a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). A falta de chuvas desse ano só foi pior em 1998 – quando foi registrada a pior seca dos últimos 50 anos, provocada pelo fenômeno "El Niño", que reduziu a níveis críticos os reservatórios e impôs o racionamento de água. Novembro foi o mês mais quente de 2015, aponta a APAC. Dos municípios que atingiram as temperaturas mais altas esse ano, Águas Belas, no Agreste, aparece em primeiro lugar com média máxima de 42°C (Fonte: g1.com. BR). Utilizando o quadro abaixo, que relaciona as temperaturas em °C (graus Celsius), °F (Fahrenheit) e K (Kelvin), podemos mostrar que as temperaturas médias máximas, expressas em K, para Pernambuco e para Águas Belas, ambas em 2015, foram, respectivamente,

<sup>12</sup> <http://universocientifico.com.br>



- a) 300 e 317.
- b) 273 e 373.
- c) 304 e 315.
- d) 242 e 232.
- e) 245 e 302.

**Questão 02 - (UCB DF)** Em novembro de 2005, foi registrada uma das maiores temperaturas do Brasil. A temperatura chegou a, aproximadamente, 45 °C na cidade de Bom Jesus do Piauí. Convertendo essa temperatura para graus Fahrenheit (°F), obtém-se

- a) 81 °F.
- b) 90 °F.
- c) 100 °F.
- d) 113 °F.
- e) 126 °F.

**Questão 03 - (UFPR)** Vários turistas frequentemente têm tido a oportunidade de viajar para países que utilizam a escala Fahrenheit como referência para medidas da temperatura. Considerando-se que quando um termômetro graduado na escala Fahrenheit assinala 32 °F, essa temperatura corresponde ao ponto de gelo, e quando assinala 212 °F, trata-se do ponto de vapor. Em um desses países, um turista observou que um termômetro assinalava temperatura

de 74,3 °F. Assinale a alternativa que apresenta a temperatura, na escala Celsius, correspondente à temperatura observada pelo turista.

- a) 12,2 °C.
- b) 18,7 °C.
- c) 23,5 °C.
- d) 30 °C.
- e) 33,5 °C.

**Questão 04 - (PUC SP)** O Slide, nome dado ao skate futurista, usa levitação magnética para se manter longe do chão e ainda ser capaz de carregar o peso de uma pessoa. É o mesmo princípio utilizado, por exemplo, pelos trens ultrarrápidos japoneses.

Para operar, o Slide deve ter a sua estrutura metálica interna resfriada a temperaturas baixíssimas, alcançadas com nitrogênio líquido. Daí a “fumaça” que se vê nas imagens, que, na verdade, é o nitrogênio vaporizando novamente devido à temperatura ambiente e que, para permanecer no estado líquido, deve ser mantido a aproximadamente  $-200$  graus Celsius. Então, quando o nitrogênio acaba, o skate para de “voar”.



**Figura 7.6** Slide [Divulgação Lexus]

Com relação ao texto, a temperatura do nitrogênio líquido,  $-200^{\circ}\text{C}$ , que resfria a estrutura metálica interna do Slide, quando convertida para as escalas Fahrenheit e Kelvin, seria respectivamente:

- a)  $-328$  e  $73$

- b)  $-392$  e  $73$
- c)  $-392$  e  $-473$
- d)  $-328$  e  $-73$

**Questão 05 - (Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública)** Sabe-se que as mudanças significativas referentes à família brasileira estão relacionadas ao impacto do desenvolvimento tecnológico da sociedade como um todo. Uma dessas mudanças é o uso da tecnologia para a reprodução humana, a inseminação artificial, uma técnica de reprodução medicamente assistida que consiste na deposição mecânica do sêmen de um doador, que fica preservado em azoto líquido, contido em um criotubo a  $-196^{\circ}\text{C}$ , e que, após ser processado, é colocado dentro do colo do útero, próximo ao momento da ovulação.

Com base nessa informação, determine a temperatura, referida no texto, em que o sêmen fica preservado, na escala Fahrenheit.

**Questão 06 - (UEA AM)** Ao analisar por 32 anos as temperaturas da superfície global registradas por satélites, os cientistas encontraram o ponto mais frio da Terra. Eles descobriram que, em agosto de 2010, em um cume no Planalto do Leste da Antártica, a temperatura atingiu  $-136^{\circ}\text{F}$ . (<http://oglobo.globo.com>. Adaptado.)

Se registrada por um termômetro graduado na escala Celsius, essa temperatura corresponderia, aproximadamente, a:

- a)  $-93$ .
- b)  $-70$ .
- c)  $-57$ .
- d)  $-36$ .
- e)  $-18$ .

## ATIVIDADE 4

Como vimos anteriormente, um dos parâmetros que os meteorologistas usam na previsão do tempo de determinada região é a **pressão atmosférica**. Vamos entender melhor o conceito físico de **pressão**.

Quando discutimos os corpos rígidos, estamos interessados em concentrações de matéria como blocos de madeira, bolas de tênis ou barras de metal. As grandezas físicas que utilizamos nesse caso e em termos das quais expressamos as leis de Newton são a *massa* e a *força*. Podemos falar, por exemplo, de um bloco de 3,6 kg submetido a uma força de 25 N.

No caso dos fluidos (líquidos e gases), estamos mais interessados em substâncias sem uma forma definida e em propriedades que podem variar de um ponto a outro da substância. Nesse caso, é mais útil falar em **massa específica** e **pressão** do que em massa e força [Haliday; Resnick; Waker 2009].

### Pressão

Segure seu lápis, ou caneta, entre seu polegar e o dedo mindinho e aperte-o levemente. Onde a força feita pela caneta sobre o dedo é maior? Sobre o polegar ou mindinho? Se recordarmos da terceira lei de Newton, concluiremos que essas forças devem apresentar o mesmo módulo. Então, por que sentimos que a força sobre um dos dedos é maior?

Nesse caso, o que importa não é apenas o valor da força aplicada sobre o dedo, mas também como ela é distribuída sobre uma determinada área. Quanto menor é a área, mais “concentrada” será a distribuição dessa força e, ao contrário, quanto maior a área de aplicação, menos “concentrada” será. A grandeza física que nos diz essa distribuição da força em uma determinada área é denominada **pressão**, definida por:

$$P = \frac{F}{A}$$

Na fórmula, F indica o módulo da força, A indica a área e P a pressão. No **Sistema Internacional de Unidades**, a pressão é medida por **Newton por metro quadrado (N/m<sup>2</sup>)**, que recebe o nome especial de **Pascal (Pa)**.

Alguns valores de pressão:

|  | <b>Pressão (Pa)</b>  |
|--|----------------------|
| Centro do sol                          | $2 \times 10^{16}$   |
| Centro da Terra                        | $4 \times 10^{11}$   |
| Maior pressão constante em laboratório | $1,5 \times 10^{10}$ |
| Maior fossa oceânica (no fundo)        | $1,1 \times 10^8$    |
| Salto agulha em uma pista de dança     | $10^6$               |
| Pneu de automóvel*                     | $2 \times 10^5$      |
| Atmosfera ao nível do mar              | $1,0 \times 10^5$    |
| Pressão arterial sistólica normal*     | $1,6 \times 10^4$    |
| Melhor vácuo obtido em laboratório     | $10^{-12}$           |

\*acima da pressão atmosférica

**Tabela 7.1** Valores de pressão [Haliday; Resnick; Waker 2009]

Outras unidades:

$$1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ torr} = 14,7 \text{ lb/in}^2$$

“A atmosfera (atm) é, como indica, a pressão média aproximada da atmosfera ao nível do mar. O torr (nome dado em homenagem a Evangelista Torricelli, que inventou o barômetro de mercúrio em 1674) já foi chamado de milímetro de mercúrio (mm Hg). A abreviação de libra por metro quadrado é psi (do inglês pound per square inch).” [Haliday; Resnick; Waker 2009]

Nas atividades práticas sugeridas ao final da atividade , entenderemos melhor a ideia de pressão atmosférica.

### **Massa específica**

“O ferro é mais pesado do que a madeira? A questão é ambígua, pois depende da quantidade de ferro e de madeira. Um grande cepo de madeira é claramente mais pesado do que um percevejo de ferro. Uma questão melhor formulada indagaria se o ferro é mais denso do que a madeira, para a qual a resposta é sim. O ferro é mais denso do que a madeira.” [Hewitt 2015]

A massa específica (ou densidade) de um corpo mede qual é a distribuição espacial de matéria que ele apresenta. Isto é, se a matéria está mais compactada ou mais rarefeita. É calculada pela relação:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Na fórmula,  $\rho$ ,  $m$  e  $v$  são, respectivamente, a massa específica, a massa e o volume do corpo. No **Sistema Internacional de Unidades**, a massa específica é medida em  $\text{kg/m}^3$ .

Alguns valores de massa específica

| Substância ou Objeto            | Massa Específica ( $\text{kg/m}^3$ ) |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| Espaço interestelar             | $10^{-20}$                           |
| Melhor Vácuo em laboratório     | $10^{-17}$                           |
| Ar:                             |                                      |
| 20°C e 1 atm de pressão         | 1,21                                 |
| 20°C e 50 atm                   | 60,5                                 |
| Isopor                          | $1 \times 10^2$                      |
| Gelo                            | $0,917 \times 10^3$                  |
| Água                            |                                      |
| 20°C e 1 atm                    | $0,998 \times 10^3$                  |
| 20°C e 50 atm                   | $1,000 \times 10^3$                  |
| Água do mar:                    |                                      |
| 20°C e 50 atm                   | $1,024 \times 10^3$                  |
| Sangue                          | $1,060 \times 10^3$                  |
| Ferro                           | $7,9 \times 10^3$                    |
| Mercurio (metal, não o planeta) | $13,6 \times 10^3$                   |
| Terra: média                    | $5,5 \times 10^3$                    |
| núcleo                          | $9,5 \times 10^3$                    |
| crosta                          | $2,8 \times 10^3$                    |
| Sol: média                      | $1,4 \times 10^3$                    |
| Núcleo                          | $1,6 \times 10^5$                    |
| Anã branca (núcleo)             | $3 \times 10^7$                      |
| Estrela de nêutrons (núcleo)    | $10^{18}$                            |

**Tabela 7.2** Valores de massa específica [Haliday; Resnick; Waker 2009].



Exemplo:

Uma sala tem 4,2 m de comprimento, 3,5 m de largura e 2,4 m de altura [Haliday; Resnick; Waker 2009].

- a) Consultando a tabela de valores de massa específica, qual a massa e o peso do ar na sala se a pressão é 1 atm?
- b) Qual o módulo da força que a atmosfera exerce sobre o alto da cabeça de uma pessoa, que tem uma área da ordem de 0,040 m<sup>2</sup>?

### Pressão em um líquido

“Quando você nada sob a água, pode sentir a pressão da água sobre os tímpanos de seus ouvidos. Quanto mais fundo você mergulha, maior torna-se a pressão. Qual a origem dessa pressão? Ela é simplesmente o peso dos fluidos que estão diretamente acima de você – água mais ar- e que o comprimem. Quando você mergulha mais fundo, mais água existe acima de você. Se você mergulha duas vezes mais fundo, existe um peso de água acima de você que é duas vezes maior, de modo que a contribuição da água para a pressão que você sente é dobrada. Como a pressão do ar próximo à superfície da Terra é aproximadamente constante, a pressão que você sente sob a água depende apenas da profundidade onde se encontra.

Se você submergisse em um líquido mais denso do que a água, a pressão correspondente seria maior”. [Hewitt 2015]

Percebe-se, então, que a pressão exercida por uma coluna de um fluido depende tanto da profundidade como da massa específica deste fluido. Matematicamente temos:

$$P = P_0 + \rho gh .$$

Por exemplo, se uma pessoa está mergulhando em um lago a uma profundidade  $h$ , ele estará submetido a uma pressão  $P$ , que é o resultado da pressão atmosférica naquele local, adicionada do termo  $\rho gh$ , que corresponde à pressão exercida pelo líquido sobre ele.

Tente demonstrar essa relação!

### Para refletir.

Certamente você ou alguém próximo, já aferiu a pressão arterial. O que significa dizer que a pressão de uma pessoa é, por exemplo, 12 por 8? Qual a posição em que deve ser colocado o esfigmomanômetro (instrumento que mede pressão)?

## **Atividade prática<sup>13</sup> - Pressão e densidade do ar**

Em grupo de 4 ou 5 alunos, leia o texto abaixo e realize os experimentos descritos.

Apresentação:

Como qualquer substância, o ar tem o seu próprio peso. A atmosfera tem mais de 600 km de espessura e o peso de todo esse ar pressiona a superfície da Terra. Essa força para baixo exercida pelo peso do ar é chamada de pressão. Essa pressão é chamada pressão atmosférica e sua unidade de medida é o Pascal. A pressão atmosférica não é constante, podendo variar no espaço e no tempo, e depende também da densidade do ar. Em regiões onde a coluna de ar é densa, a pressão atmosférica na superfície é alta. Já em regiões onde a coluna de ar é rarefeita, a pressão atmosférica na superfície é baixa. Por exemplo, ao nível do mar, onde a massa atmosférica é grande, a pressão atmosférica é maior do que a registrada em uma região montanhosa na mesma latitude. Com isso concluímos que a pressão atmosférica varia com a altitude. Outro fato relevante é que 50% do total da massa atmosférica está concentrado nos primeiros 5 km. O calor faz as moléculas do ar se afastarem e, assim, o ar fica menos denso. Quando acontece o resfriamento do ar, o efeito é contrário, tornando o ar mais denso e mais pesado. Dessa forma, massas de ar de temperaturas diferentes têm densidades (pesos) diferentes e por isso exercem também um valor de pressão diferente. O ar se movimenta de regiões com alta pressão para regiões com baixa pressão.

Objetivos:

- Demonstrar que o ar tem peso e densidade, e que exerce pressão.
- Demonstrar os efeitos das mudanças de temperatura na pressão do ar.

---

<sup>13</sup> Retirada da obra *Explorando o Ensino – Mudanças Climáticas* [Oliveira; Silva; Henriques 2009]. Autores: Giovanni Dolif Neto (INPE) e Marcos Barbosa Sanches (INPE).

Sugestão de problematização:

Dois corpos podem ocupar o mesmo lugar no espaço? O ar pode ser infinitamente comprimido? Como ocorre a expansão do ar?

Materiais:

Experimento 1:

- 1 balão inflável;
- 1 garrafa PET.

Experimento 2:

- 1 balão inflável;
- 1 garrafa PET, pré-gelada no congelador por uma hora;
- 1 jarra de água morna;
- 1 bacia de plástico de tamanho médio.



**Figura 7.7** Materiais do experimento 1 e 2

Procedimentos:

Experimento 1:

- Aperte a garrafa e coloque o balão dentro da garrafa, prendendo a boca do balão na boca da garrafa.
- Solte as laterais da garrafa. O balão irá inflar à medida que a garrafa encher de ar. Se apertarmos a garrafa de novo, o balão irá murchar novamente.



**Figura 7.8** Procedimentos do experimento 1

#### Experimento 2:

- Coloque a garrafa de plástico no congelador por cerca de uma hora.
- Retire do congelador e coloque o balão inflável na boca da garrafa, com a parte inflável para fora da garrafa.
- Preencha a bacia com água morna e coloque a garrafa dentro.
- Registre o que ocorreu.
- O aquecimento do ar dentro da garrafa provoca a sua expansão, forçando o ar a sair pela boca da garrafa, o que acaba enchendo o balão inflável.



**Figura 7.9** Procedimentos do experimento 2

#### Orientações complementares:

Um paralelo que se pode traçar para entender melhor a relação “diferença de pressão e vento” é o mecanismo da respiração humana. Para que possamos inspirar, a caixa torácica se expande pela movimentação das costelas e do diafragma. Esse aumento do volume dos pulmões faz a pressão diminuir dentro dele, resultando em uma pressão menor do que a pressão fora do corpo; então, o fluxo do ar é como o vento, que sopra de uma região de alta pressão para uma

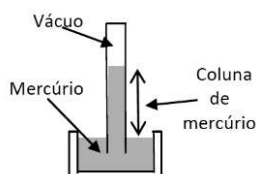
região de baixa pressão, que são seus pulmões. No experimento 2, o aquecimento fez com que as moléculas de ar se movessem mais rapidamente, aumentando a distância entre elas, determinando a expansão, pois assim ocupam um volume maior. Em outras palavras, o ar se expande quando é aquecido e se contrai quando é resfriado, demonstrando que a densidade muda.

Possíveis desdobramentos:

Entender o funcionamento de um barômetro (aparelho medidor de pressão).

### Treinando para o vestibular

**1 (UNIFOR CE/2015)** A pressão atmosférica é a força por unidade de área exercida pela atmosfera da Terra. Para medir a pressão atmosférica utilizou-se um instrumento chamado barômetro de mercúrio, cujo diagrama está representado pela figura abaixo. Considere a densidade do mercúrio, constante,  $\rho = 13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  e a altura da coluna de mercúrio 760,0 mm. O valor aproximado da pressão atmosférica no sistema internacional de unidades, ao nível do mar, é: (Adote a aceleração da gravidade  $g = 10,0 \text{ m/s}^2$ )



- a)  $1,03 \times 10^4 \text{ Pa}$
- b)  $2,06 \times 10^4 \text{ Pa}$
- c)  $1,03 \times 10^5 \text{ Pa}$
- d)  $2,06 \times 10^5 \text{ Pa}$
- e)  $1,03 \times 10^3 \text{ Pa}$

**2 (ENEM/2014)** Em um experimento, foram separados três recipientes A, B e C, contendo 200 mL de líquidos distintos: o recipiente A continha água, com

densidade de 1,00 g/mL; o recipiente B, álcool etílico, com densidade de 0,79 g/mL; e o recipiente C, clorofórmio, com densidade de 1,48 g/mL. Em cada um desses recipientes foi adicionada uma pedra de gelo, com densidade próxima a 0,90 g/mL.

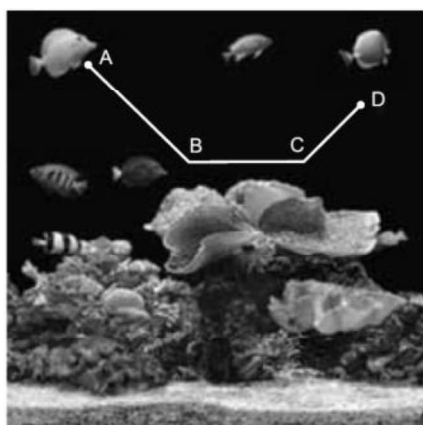
No experimento apresentado, observou-se que a pedra de gelo

- a) flutuou em A, flutuou em B e flutuou em C.
- b) flutuou em A, afundou em B e flutuou em C.
- c) afundou em A, afundou em B e flutuou em C.
- d) afundou em A, flutuou em B e afundou em C.
- e) flutuou e A, afundou em B e afundou em C.

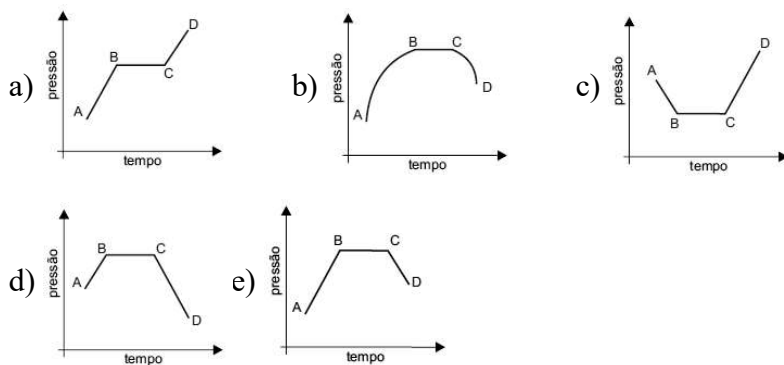
**3 (PUC MG/2015)** A densidade do óleo de soja usado na alimentação é de aproximadamente 0,80 g/cm<sup>3</sup>. O número de recipientes com o volume de 1 litro que se pode encher com 80 kg desse óleo é de:

- a) 100      b) 20      c) 500      d) 50

**4 (FAMEMA SP/2016)** A figura mostra parte de um aquário no qual a água encontra-se parada. Nesse ambiente, o peixe amarelo movimenta-se do ponto A ao ponto D, segundo a trajetória ABCD representada pela linha branca.



Considerando a densidade da água constante ao longo de todo o trajeto, assinale a alternativa que indica corretamente o esboço do gráfico de como varia a pressão sobre o peixe amarelo, em função do tempo, nesse deslocamento.



**5 (UNCISAL/2016)** Em 12 de agosto de 2000, o mundo acompanhou o drama de 118 marinheiros russos que estavam presos no interior de um submarino nuclear naufragado, o Kursk. O que se sabe é que duas explosões de causa ainda desconhecida fizeram com que o Kursk afundasse nas águas geladas do Mar Barents, a 100 metros de profundidade. (<http://veja.abril.com.br/noticia/mundo>)

Considere que em um submarino a pressão do ar no interior seja igual à pressão atmosférica. Considere também que esse submarino possui uma escotilha de observação plana, transparente e circular, com diâmetro de 20,0 cm. Assumindo que a densidade da água é  $1000 \text{ kg/m}^3$ , a aceleração da gravidade é igual a  $9,8 \text{ m/s}^2$ ,  $\pi = 3,14$  e que a pressão atmosférica é  $1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ , qual é, na profundidade mencionada no texto, a força resultante sobre a escotilha de observação?

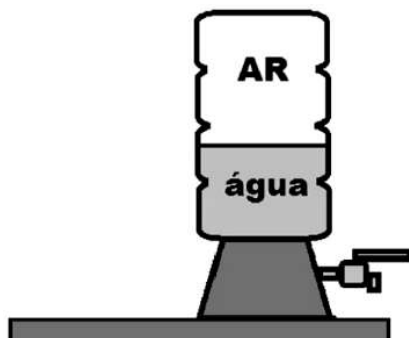
- a)  $33,9 \times 10^7 \text{ N}$ .
- b)  $30,8 \times 10^7 \text{ N}$ .
- c)  $12,3 \times 10^4 \text{ N}$ .
- d)  $33,9 \times 10^3 \text{ N}$ .
- e)  $30,8 \times 10^3 \text{ N}$ .

**6 (IFPE/2015)** No primeiro semestre de cada ano, o IFPE faz uma campanha de vacinação para os professores, alunos e servidores administrativos, com o objetivo de imunizar contra várias doenças. A aplicação da vacina é simples. Com uma seringa é exercida uma força de 2,0N perpendicular ao braço,

atingindo uma área de  $0,08 \text{ mm}^2$ . A pressão exercida pela força, na área de contato entre a ponta da agulha e o braço vale, em  $10^6 \text{ Pa}$ :

- a) 16      b) 25      c) 36      d) 40      e) 56

**7 (CEFET MG/2015)** A imagem abaixo representa um bebedouro composto por uma base que contém uma torneira e acima um garrafão com água e ar.

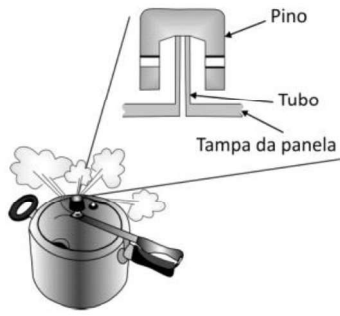


A pressão exercida pela água sobre a torneira, quando ela está fechada, depende diretamente da (o)

- a) diâmetro do cano da torneira.  
b) massa de água contida no garrafão.  
c) altura de água em relação à torneira.  
d) volume de água contido no garrafão.

**8 (FUVEST SP/2015)** Para impedir que a pressão interna de uma panela de pressão ultrapasse um certo valor, em sua tampa há um dispositivo formado por um pino acoplado a um tubo cilíndrico, como esquematizado na figura abaixo. Enquanto a força resultante sobre o pino for dirigida para baixo, a panela está perfeitamente vedada. Considere o diâmetro interno do tubo cilíndrico igual a  $4 \text{ mm}$  e a massa do pino igual a  $48 \text{ g}$ . Na situação em que apenas a força gravitacional, a pressão atmosférica e a exercida pelos gases na panela atuam no pino, a pressão absoluta máxima no interior da panela é





**Note e adote:**

$$\pi = 3$$

$$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{aceleração local da gravidade} = 10 \text{ m/s}^2$$

- a) 1,1 atm
- b) 1,2 atm
- c) 1,4 atm
- d) 1,8 atm
- e) 2,2 atm

**9 (UEG GO/2015)** A pressão atmosférica no nível do mar vale 1,0 atm. Se uma pessoa que estiver nesse nível mergulhar 1,5 m em uma piscina estará submetida a um aumento de pressão da ordem de

- a) 25%
- b) 20%
- c) 15%
- d) 10%

## ATIVIDADE 5

Por que o feijão cozinha mais rápido em uma panela de pressão?

Na atividade três, comentamos que a temperatura é uma grandeza física usada para denunciar quando dois corpos estão ou não em equilíbrio térmico, ou seja, quando valores de grandezas como comprimento, área, volume, pressão, etc. não sofrem alterações quando corpos estão em contato térmico. Essa noção é a visão macroscópica da temperatura. Até aqui, em momento algum havíamos nos preocupado com os constituintes da matéria.

Como você já deve ter visto nas aulas de Química, os questionamentos do que é feito a matéria permeia a mente da humanidade desde os tempos de Leucipo e Demócrito. Vários modelos científicos foram elaborados ao longo dos séculos, até chegarmos ao que se conhece hoje como a hipótese atômica. Segundo o renomado físico Richard Feynman:

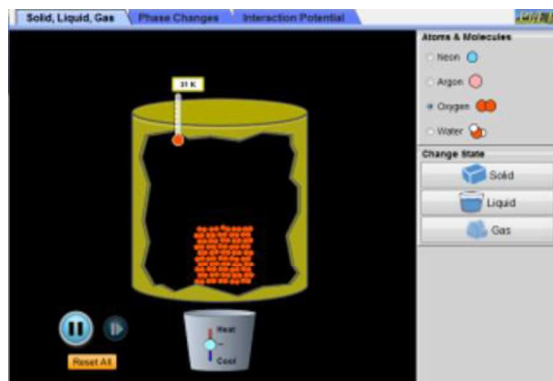
“Se, em algum cataclismo, todo o conhecimento científico fosse destruído e apenas uma sentença fosse passada adiante para as próximas gerações de criaturas, que enunciado conteria mais informações em menos palavras? Acredito que seja a hipótese atômica (ou fato atômico, ou como quiser chamá-lo) de que todas as coisas compõem-se de átomos - pequenas partículas que deslocam em movimento perpétuo, atraindo umas às outras quando estão a certa distância, mas repelindo-se quando comprimidas umas contra as outras. Nessa única sentença, você verá, existe uma enorme quantidade de informação sobre o mundo, bastando que apliquemos um pouco de imaginação e raciocínio.” [Feynman 2001]

O modelo de Rutherford–Bohr prevê que os átomos são constituídos por um núcleo, onde constam as partículas prótons e nêutrons, e uma região denominada eletrosfera, onde constam os elétrons. Devido a interações elétricas, os átomos ligam-se uns aos outros, formando moléculas.

**Microscopicamente**, podemos interpretar a temperatura como sendo a energia cinética média das moléculas que constituem um corpo, isto é, o nível de agitação destas moléculas. Quanto maior for a temperatura, mais as moléculas estarão agitadas, e o oposto, quanto menor a temperatura, menos agitadas estarão.

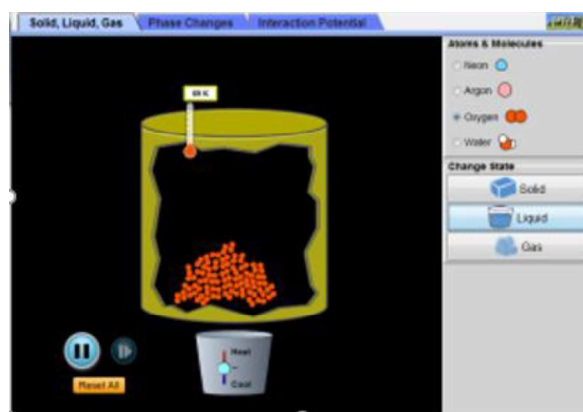
Essa interpretação pode ser usada também para entendermos os estados físicos da matéria.

“No estado sólido, as moléculas constituintes da matéria interagem por meio de intensas forças de coesão, o que explica seu baixo grau de agitação térmica. Por isso, uma substância no estado sólido apresenta forma e volume bem definidos.” [Torres; Soares; Pentead 2001]



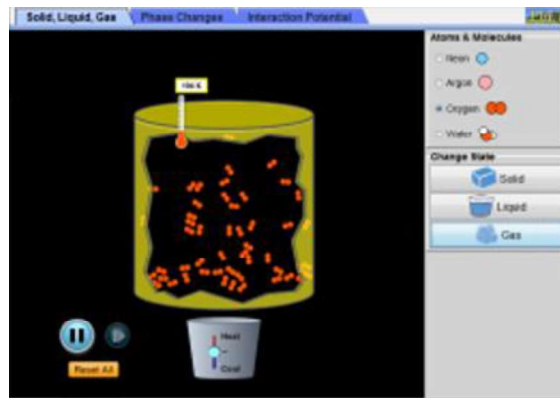
**Figura 7.10** Simulação do software phet sobre estados da matéria - estado sólido da molécula  $O_2$  (fora de escala e cores fantasia) [Reprodução]

“No estado líquido, as moléculas têm maior grau de agitação térmica e, portanto, maior mobilidade, pois as forças de coesão não são tão intensas como no estado sólido. Em consequência disso, embora o volume seja bem definido, os líquidos não apresentam forma definida, adquirindo a forma do recipiente que os contém.” [Torres; Soares; Pentead 2001]



**Figura 7.11** Simulação do software phet sobre estados da matéria - estado líquido da molécula  $O_2$  (fora de escala e cores fantasia) [Reprodução]

“No estado gasoso, as forças de coesão entre as moléculas são pouco intensas, o que determina um alto grau de agitação térmica molecular. É por essa razão que, nesse estado, as substâncias não apresentam forma nem volume definidos, adaptando-se ao formato e ocupando todo o volume do recipiente que as contém.” [Torres; Soares; Pentead 2001]



**Figura 7.12** Simulação do software phet sobre estados da matéria – estado gasoso da molécula O<sub>2</sub> (fora de escala e cores fantasia) [Reprodução]

O estado físico de uma substância, bem como os processos de mudança de estado, depende tanto da temperatura como da **pressão** exercida sobre ela, uma vez que essa influencia a força de coesão entre as moléculas que constituem a matéria. Por exemplo, na escala Celsius, atribui-se o valor 100° C à temperatura da água em ebulição. “Porém, será que a água sempre ferve à mesma temperatura? Há algum fator que altere isso?” [Gref 1998]

A água só entrará em ebulição a 100 °C se a pressão exercida sobre ela for de 1 atm, ou seja, se estivermos ao nível do mar. Se estivermos a uma altitude mais elevada, a camada de atmosfera acima de nós será menor, conseqüentemente a pressão será menor do que 1 atm e, assim, as moléculas de água precisarão de menos energia para evaporar.



**Figura 7.13** Ponto de ebulição da água [Gref 1998]

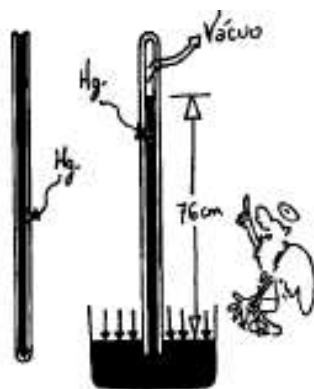
Na tabela abaixo consta algumas cidades, suas respectivas altitudes, pressões atmosféricas e pontos de ebulição da água.

| Cidade               | Altitude (m) | Pressão atmosférica (mmHg) | Ponto de ebulição da água (°C) |
|----------------------|--------------|----------------------------|--------------------------------|
| Rio de Janeiro       | 0            | 760                        | 97                             |
| Brasília             | 1 000        | 752                        | 96                             |
| Manizales (Colômbia) | 2 150        | 607                        | 93                             |
| La Paz (Bolívia)     | 3 640        | 478                        | 90                             |
| Zermatt (Suíça)      | 4 000        | 462                        | 86                             |
| Monte Everest        | 8 848        | 231                        | 72                             |

**Tabela 7.3** Ponto de ebulição da água em diferentes cidades [Máximo; Alvarenga; Guimarães 2017]

### Relembrando as unidades de pressão

“Ao nível do mar a pressão atmosférica assume seu valor máximo pois a espessura da camada de ar é a maior possível (a pressão é de 1 atmosfera). Nesse nível, a pressão do ar equilibra uma coluna de mercúrio de 76 cm contida num tubo de 1 cm<sup>2</sup> de área de secção; isto foi concluído pelo físico Torricelli.” [Gref 1998]



**Figura 7.14:** Pressão ao nível do mar

Cabem aqui dois questionamentos:

*Por que embora o Rio de Janeiro esteja ao nível do mar, o ponto de ebulição da água não é de 100 °C?*

*“Sabemos que à pressão atmosférica, a água vaporiza na temperatura de 100 graus Celsius. Então por que a água da superfície de um lago vaporiza se está à temperatura ambiente?” [Silveira 2016]*

A figura abaixo indica os processos de mudança dos estados físicos sólido, líquido e gasoso:



**Figura 7.15** Mudança dos estados físicos <sup>14</sup>

A seguir são descritas algumas características desses processos, para os quais o principal referencial utilizado foi a obra *Física Conceitual*, de autoria do professor estadunidense Paul G. Hewitt.

O processo de **vaporização** pode ocorrer por ebulição ou evaporação.

### Evaporação

“Se você deixar um recipiente com água, aberto, observará sua evaporação. Isto ocorre pois as moléculas de água estão em constante agitação e colidem umas contra as outras. Nestas colisões algumas moléculas adquirem mais energia cinética do que as outras. Algumas daquelas que estão na superfície, ou seja, na interface água-ar, podem possuir energia suficiente para deixar o ‘corpo líquido’, ou seja, evaporam”. [Hewitt 2015]

Se as moléculas que evaporam eram aquelas com maior energia cinética, então no processo de evaporação há um resfriamento do líquido, uma vez que as moléculas que ficaram são as com menos energia. Você pode notar o efeito do resfriamento da evaporação molhando sua pele com um pouco de álcool [Hewitt 2015].

Quando nossos corpos estão superaquecidos, as glândulas sudoríparas produzem a transpiração. Isso faz parte do termostato da natureza, pois a evaporação do suor nos resfria e ajuda-nos a manter uma temperatura corporal estável. Muitos animais não possuem glândulas sudoríparas e precisam se resfriar por outras maneiras.

“Por exemplo, os porcos não as possuem, então não se resfriam através da evaporação do suor. Em vez disso, eles tratam de chafurdar na lama. Hanz (uma raça de cachorro) também não as possuem (a não ser entre os dedos). Ele se resfria através de sua

<sup>14</sup> <http://www.sobiologia.com.br>

respiração. Dessa maneira, a evaporação ocorre pela boca e no interior do tubo bronquial.” [Hewitt 2015]

## Ebulição

“Sob certas condições, a evaporação pode ocorrer abaixo da superfície de um líquido, formando bolhas de vapor que são empurradas para a superfície pelo empuxo, onde escapam. Essa mudança de fase, que ocorre ao longo de todo o líquido ao invés de apenas na superfície, é chamada **ebulição**. Só podem se formar bolhas dentro do líquido quando a pressão de vapor no interior da bolha for suficientemente grande para resistir à pressão exercida sobre ela pelo líquido circundante” [Hewitt 2015]

Assim, quanto maior for a pressão exercida ao líquido, mais energia devemos fornecer para que as bolhas consigam ser formadas. É justamente essa a resposta à pergunta que abre esta atividade “**por que o feijão cozinha mais rápido em uma panela de pressão?**”

Uma vez que a pressão no interior da panela é maior, cerca de 2 atm, a água entra em ebulição a uma temperatura mais elevada, em torno de 120 °C. É por isso os alimentos cozinham mais rápido.

Assim como a evaporação, a ebulição consiste em um processo de resfriamento. O que é muito contra intuitivo. Observe, se não houvesse o processo de ebulição a temperatura da água continuaria a subir.

Mas você poderia perguntar: “uma vez que a ebulição é um processo de resfriamento, seria uma boa ideia tentar esfriar suas mãos quentes e úmidas mergulhando-as em água fervente?”

“**Não, não, não!** Quando dizemos que a ebulição é um processo de resfriamento, isso significa que a água (e não suas mãos!) está sendo resfriada em relação às temperaturas mais elevadas que ela alcançaria de outra maneira. Devido ao resfriamento, ela se mantém a 100 °C, em vez de tornar-se mais quente. Mergulhar suas mãos na água a 100° C seria certamente muito desconfortável!” [Hewitt 2015, grifo meu]

Esses dois processos, evaporação e ebulição, são bastante notórios no nosso cotidiano. Um menos óbvio é a evaporação do gelo. As moléculas de H<sub>2</sub>O podem passar do estado sólido direto para o gasoso, sem passar pelo líquido. Esse fenômeno é denominado **sublimação**. No artigo *Um tema negligenciado em textos de Física geral: a vaporização da água*, publicado na revista *Física na*

*Escola*, de autoria de Fernando Lang da Silveira, são descritas algumas situações que ilustram esse fato [Silveira 2016]. A sublimação também está relacionada à **liofilização de alimentos**. Pesquise sobre esse assunto.

## **Condensação**

O processo de condensação é justamente o oposto da vaporização, e ocorre quando a matéria no estado gasoso transforma-se em líquido. Se por um lado na vaporização as moléculas saem do “corpo líquido”, na condensação estas são agregadas a ele. Enquanto a vaporização é um processo de resfriamento, a condensação é um processo de aquecimento.

Um exemplo notável do aquecimento resultante da condensação é a energia liberada pelo vapor quando ele se condensa - uma experiência dolorosa se ele se condensar sobre sua pele. É por isto que o vapor de água quente queima a pele mais danosamente do que a água fervendo na mesma temperatura: porque o vapor libera uma quantidade considerável de energia quando se condensa e umedece a pele. Essa energia liberada pela condensação é usada em sistemas de aquecimento [Hewitt 2015].

As sensações de “calor” ou “frio” que sentimos estão diretamente relacionadas às taxas de evaporação ou condensação sobre sua pele. Se essas taxas se igualam, você não sente qualquer alteração de sua temperatura corpórea; se a taxa de evaporação for maior, a sensação é de frio; e, por último, se a taxa de condensação for maior, a sensação é de calor. Pense nas sensações que você experimenta quando sai de um banho quente.

## **Condensação na atmosfera**

O grau de umidade do ar está relacionado com a quantidade de água, no estado gasoso, presente na atmosfera.

Quando você vê em um telejornal a previsão, ou explicação, sobre o tempo e o repórter diz, por exemplo, que a umidade relativa do ar é de 60%, o que isso quer dizer? Que 60 % da composição do ar é feita de água? Não! Na verdade apenas cerca de 0,001% da atmosfera é composta de vapor d'água [Oliveira; Silva; Henriques 2009]. Vejamos:

O ar atmosférico é uma mistura de gases, vapores e até de gotículas de líquido que ele contém em suspensão. Com relação aos gases e vapores, essa mistura consiste de aproximadamente 80 % de nitrogênio, 18% de oxigênio, pequenas quantidades de anidrido



carbônico (composto binário de oxigênio e outro elemento que, ao reagir com a água, produz ácidos) e vapor de água

O ar úmido não é composto, como talvez fosse razoável presumir, de gotículas de água em suspensão no gás. Essa situação existe e um bom exemplo disso é a neblina, assim como a 'fumaça' que se forma em uma sauna a vapor.

Quando essa observação é possível, estamos diante de minúsculas gotas de água líquida (vapor condensado) misturas no ar, que é também o que se observa nas nuvens. Nessas situações, o que vemos não é vapor de água, pois o vapor é invisível.

Como a atmosfera é constituída por uma mistura de gases e vapores, esse conjunto exerce uma pressão total, resultante da soma das pressões parciais dos gases e vapores que compõe a mistura. A pressão parcial, exercida pelo vapor de água, é, evidentemente, menor ou igual à pressão de saturação na temperatura ambiente.

Assim, temos a umidade relativa  $h$ , que é a razão entre a pressão parcial de vapor de água  $P_v$  e a pressão de saturação do vapor de água nessa temperatura  $P_s$ . Tratando-se de uma grandeza adimensional e menor ou igual à unidade, normalmente a expressamos em porcentagem. Algebricamente, temos

$$h = \frac{P_v}{P_s}$$

Vemos que a grandeza  $h$  nos indica, percentualmente, a fração em que se encontra o vapor do ponto de saturação.

A umidade do ar é medida por meio de um aparelho chamado **higrômetro**.

Um dos higrômetros mais antigos e conhecidos tem como elemento fundamental um fio de cabelo. O fio de cabelo, sob presença de vapor de água, fica mais dúctil (observe como nossos cabelos ficam mais macios em dias úmidos), como se fosse uma mola cuja constante elástica houvesse diminuído. Deixando-se o fio sob ação de uma força constante, exercida, por exemplo, por um pequeno corpo de peso  $p$  que o traciona, quanto maior for a umidade, maior será seu comprimento, e podemos assim construir uma escala de umidade". [Guimarães; Piqueira; Carron 2016]

### **Exemplo:**

Em uma sala a 20°C, a pressão parcial do vapor de água é 12,25 mmHg. Nessa temperatura, a pressão de saturação é 17,5 mmHg

Qual é a umidade relativa nesse local?

Se a temperatura da sala for baixada para 10 °C, e a pressão de saturação passa a ser 8,94 mmHg, qual será a nova umidade? [Guimarães, Piqueira; Carron 2016] .

## Fusão e congelamento

De forma análoga aos outros processos, na fusão e na solidificação (ou congelamento) a pressão influencia a temperatura que eles ocorrem. No entanto, há uma particularidade, pois no caso da fusão devemos considerar dois grupos:

- Substâncias que se dilatam com a fusão (maioria das substâncias). Nesse caso, o aumento da pressão provoca o aumento na temperatura em que ocorre a fusão.
- Substâncias que se contraem com a fusão (água, bismuto, ferro e antimônio). Nesse caso, o aumento da pressão externa reduz a temperatura do ponto de fusão.

A partir destas considerações tente explicar o experimento apresentado no pátio da escola.

*Obs: para o professor:*

A atividade mencionada consiste na experiência do regelo.

Para realizar essa experiência, encha uma garrafa pet de 2 litros e a congele. Com um estilete, corte o plástico da garrafa, para obter um bloco de gelo. Pegue então dois tijolos e um pedaço de arame. O tamanho do arame deve ser suficiente para que em suas extremidades sejam enrolados os dois tijolos, e também para envolver o bloco de gelo.

Com um suporte adequado, duas mesas ou cadeiras, por exemplo, apoie o bloco de gelo e, na região central desse, posicione o arame com os tijolos.

Após algumas horas, o arame atravessará o bloco de gelo, porém ele não se parte.

Como é um experimento que demora muito, o ideal é apresentá-lo no pátio da escola.

## ATIVIDADE 6

Calor e temperatura são a mesma coisa?

As palavras quente, frio e calor são bastante presentes em várias expressões ditas em nosso cotidiano. Você consegue lembrar-se de alguma?

A questão é: calor é sinônimo de temperatura?

Veja como essa questão aparece no Exame Nacional do Ensino Médio:

**(ENEM -2010)** Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras “calor” e “temperatura” de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como “algo quente” e “temperatura” mede a “quantidade de calor de um corpo”. Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática. Do ponto de vista científico, que situações prática mostram a limitações dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?

- (a) A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.
- (b) Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.
- (c) A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água em uma panela.
- (d) A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.
- (e) Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.

Afinal qual a diferença?

Relembremos novamente que o conceito de temperatura está relacionado ao conceito de equilíbrio térmico; as sensações corpóreas de quente e frio são uma grandeza física que são aferidas utilizando um termômetro. Microscopicamente, a temperatura reflete o grau de agitação das moléculas de um corpo.

Ocorre que, usando apenas esse conceito, é impossível explicar alguns fenômenos térmicos relativamente simples. Por exemplo, quando se aquece uma certa porção de água pura (experimentalmente o mais próximo disso é a água tri destilada), observa-se, num primeiro intervalo de tempo, que a temperatura da água começa a subir. Poderíamos então concluir que

temperatura (ou como é dito em algumas regiões brasileira a “quentura”) da fonte térmica, está passando para a água. No entanto, quando a água atinge seu ponto de ebulição, a temperatura mantém-se constante até que toda água evapore. Apenas quando toda água evaporar é que a temperatura começa a subir novamente.

Surge então uma pergunta: se o recipiente com água estava o tempo todo em contato com a fonte térmica, como essa “quentura” passava para a água num primeiro momento, depois deixava de passar e finalmente voltava a passar novamente?

Para responder a essa questão, os cientistas do século XVIII criaram o conceito de calor. Inicialmente, a concepção era de que o calor fosse uma espécie de substância denominada calórico. Acreditava-se, então, que um corpo quente tinha muito *calórico*, enquanto um corpo frio possuía pouco.

Quando os dois corpos eram postos em contato, havia um fluxo de calórico entre eles até que se igulassem, quando o fluxo cessava. Definiu-se o conceito de *caloria*, como unidade de calor, onde

**1 CALORIA = QUANTIDADE DE CALOR NECESSÁRIA PARA ELEVAR A TEMPERATURA UM GRAMA DE ÁGUA DE 14,5° C PARA 15,5° C.**

Certamente você já escutou esta palavra: “caloria”. Se não, observe o rótulo de algum alimento industrializado. Mas, como isso está relacionado com o conceito de calor, dentro desse escopo da termodinâmica?

## A energia dos alimentos.

A quantidade de energia contida em um alimento é medida através da energia obtida pela sua queima. Se queirmos a mesma quantidade de pão e amendoim para aquecermos uma mesma quantidade de água, ao medirmos a temperatura da água no final da queima, perceberemos que ela ficará mais aquecida quando utilizamos o amendoim como combustível.

O amendoim libera mais energia na queima por ser constituído de menor quantidade de água e por possuir substâncias mais calóricas que o pão.

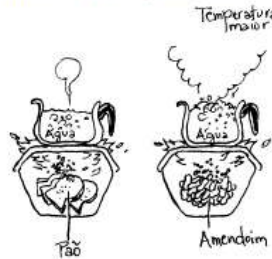


Figura 7.16A energia dos alimentos [Gref 1998]

Por exemplo, se após a queima de uma porção de amendoim, 200 g de água, passe de 15 °C para 18 ° C, quantas calorias tinha esse alimento?

Essa concepção de calórico foi questionada quando Conde Rumford (1753 – 1814) estava analisando a fabricação de canhões. Ele observou que o atrito entre peças de metal fazia com que a temperatura aumentasse indefinidamente, o que não concordava com a ideia de calórico, pois a quantidade de calórico que os corpos eram limitadas.

Se o calor não pode ser considerado um fluido que é transferido de corpo para corpo, o que ele é afinal?

Suspeitou-se então de que ele seria uma forma de energia. Porém, na Física, se algo está relacionado com o conceito de energia, deve estar relacionado também com o conceito de trabalho realizado por uma força. Quem primeiro conseguiu estabelecer essa relação foi o físico James Prescott Joule. Para isso, ele construiu um recipiente termicamente isolado contendo água e um sistema de pás girantes. As pás deste equipamento giravam quando um corpo de massa conhecida caía de uma determinada altura com velocidade constante. A agitação das pás provocava o aquecimento da água. Como se conhecia a massa, a altura e a aceleração da gravidade, era possível calcular o trabalho da força peso realizado sobre o corpo ( $T=mgh$ ). O que Joule descobriu, após a

repetição sistemática desse experimento, foi que havia uma correspondência entre o trabalho realizado pela força peso e a quantidade de calorias necessárias para aquecer aquela quantidade de água. A relação encontrada foi:

$$1 \text{ cal} = 4,182 \text{ J (aproximadamente)}$$

Concluiu-se, então, que o calor é uma forma de energia. Para ser mais preciso, consideramos que o **calor é uma forma de transferência de energia, não mecânica, que ocorre de forma espontânea quando há uma diferença de temperatura.**

O processo inverso, no qual se pode usar calor para realizar trabalho, será discutido posteriormente.

Cabe lembrar que energia pode ser transferida também por meio de trabalho realizado por uma força e que esses conceitos, calor e trabalho, não são uma propriedade de um corpo, diferente do comprimento ou a temperatura. Assim, o que há de errado, do ponto de vista físico, com a expressão “estou com calor?”. Para ajudar na elaboração da resposta, pense na seguinte analogia:

“Uma transferência de R\$ 600,00, pode ser usada para descrever a transferência de dinheiro de uma conta bancária para outra, mas não para informar o saldo de uma conta, já que o que se guarda, em uma conta é dinheiro, e não transferência. No caso do calor, é apropriado dizer: ‘Durante os últimos três minutos 15 J de calor foram transferidos do sistema para o ambiente’, ou ‘Durante o último minuto um trabalho de 12 J foi realizado pelo ambiente sobre o sistema’. Não faz sentido dizer: ‘Este sistema possui 450 J de calor’, ou ‘Este sistema contém 385 J de trabalho’.” [Haliday; Resnick, Waker 2009]

De forma mais esquemática

**TEMPERATURA → ESTADO**

**CALOR → PROCESSO**

## Unidades

“Como foi exposto, a descoberta de calor é uma forma de energia trouxe consigo a relação de que 1 cal é aproximadamente 4,182 J. Outra unidade eventualmente usada é a Btu, do inglês **British thermal unit**, definida, de forma similar a caloria, como a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de 1 libra de água de 63 °F para 64 °F”. [Haliday; Resnick; Waker 2009]

A relação entre essas grandezas é:

$$1 \text{ cal} = 3,968 \times 10^{-3} \text{ Btu} = 4,1868 \text{ J}$$

## Calorimetria – cálculo da quantidade de calor

### Capacidade térmica

A capacidade térmica de um corpo é a razão entre a quantidade de calor transferida a ele, ou dele para o ambiente, e sua possível consequência imediata, a variação de temperatura. Matematicamente temos

$$C = \frac{Q}{\Delta t}$$

Onde C indica a capacidade térmica do corpo, Q a quantidade de calor e  $\Delta t$  a variação de temperatura.

A unidade de medida de C depende das usadas no problema pode ser, por exemplo, cal/°C, J/K etc.

Devemos estar atentos a uma convenção de sinais para Q e  $\Delta t$ .

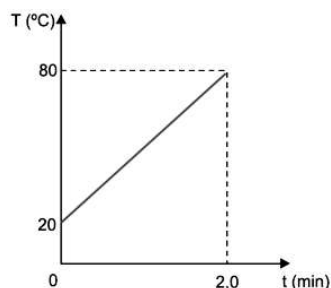
Se um corpo absorve calor temos:  $Q > 0$  e  $\Delta t > 0$ .

Se um corpo cede calor temos:  $Q < 0$  e  $\Delta t < 0$ .

Devemos tomar cuidado com os verbos “absorver” ou “ceder”, pois eles podem remeter àquela antiga noção de que calor é uma espécie de fluido e não um **processo** de transformação de energia. A própria expressão “Capacidade Térmica” pode induzir-nos a este erro. Usamos estas expressões por motivos históricos e por uma limitação de nossa linguagem.

### Exemplo

**(Centro Universitário de Franca SP/2016 - adaptado)** O gráfico representa a variação da temperatura em função do tempo de uma amostra de água, ao receber certa quantidade de calor de uma fonte térmica, cuja potência é de 2 000 W. Despreze a perda de calor para o meio ambiente.



Calcule quantidade de calor, em calorias e em Joules, fornecida a amostra de água no intervalo de tempo de 2 min.

Calcule a capacidade térmica dessa amostra de água.

### Calor específico

Corpos feitos do mesmo material devem apresentar capacidade térmica proporcional à sua massa. Por exemplo, se você deseja ferver água para preparar macarrão para 10 pessoas, certamente você deverá usar mais energia do que se fosse para duas pessoas [Gref 1998]. Assim é conveniente definir uma “**capacidade térmica por unidade de massa**”. A grandeza assim definida é chamada **calor específico**. Matematicamente temos:

$$c = \frac{C}{m}$$

Usando um pouco de álgebra, manipulando as duas últimas expressões podemos escrever também

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

Onde “C” (maiúsculo) é a capacidade térmica, “c” (minúsculo) é o calor específico e “m” é a massa do objeto. O calor específico é uma propriedade da substância que constitui o corpo.

Essa relação é válida sempre que **não houver mudança de estado físico da matéria**.



Abaixo estão listados alguns valores de calor específico.

| Substância      | Calor específico |
|-----------------|------------------|
| <i>Sólidos</i>  |                  |
| Chumbo          | 0,0305           |
| Tungstênio      | 0,0321           |
| Prata           | 0,0564           |
| Cobre           | 0,0923           |
| Alumínio        | 0,215            |
| Latão           | 0,092            |
| Granito         | 0,19             |
| Vidro           | 0,20             |
| Gelo (-10 °C)   | 0,530            |
| <i>Líquidos</i> |                  |
| Mercúrio        | 0,033            |
| Etanol          | 0,58             |
| Água do mar     | 0,93             |
| Água doce       | 1,00             |

**Tabela 7.4** Valores de calor específico [Haliday; Resnick; Waker 2009]

O calor específico de uma substância nos informa quantas calorias de energia necessitamos para elevar de 1°C a temperatura de 1 grama dessa substância.

### Exemplo

**(PUC RS – 2016 - adaptado)** Um corpo A, homogêneo, de massa 200 g, varia sua temperatura de 20°C para 50°C ao receber 1200 calorias de uma fonte térmica. Durante todo o aquecimento, o corpo A se mantém na fase sólida. Um outro corpo B, homogêneo, constituído da mesma substância do corpo A, tem o dobro da sua massa.

- Qual é o calor específico da substância do corpo A?
- Qual é a capacidade térmica do corpo A?
- Qual é o calor específico da substância do corpo B?
- Qual é capacidade térmica do corpo B?

## Calor latente

Quando um corpo recebe calor, os efeitos possíveis observáveis são o aumento da agitação de suas moléculas e conseqüentemente um aumento de sua temperatura, ou mudança na organização molecular, no qual as moléculas não estarão mais agitadas, mas sim em outro estado da matéria. Nesse caso, a relação  $Q = m c \Delta t$  não será válida. Usamos então a relação

$$Q = m \cdot L$$

Onde “Q” indica a quantidade de calor, “m” indica a massa e “L” indica o **calor latente** que, por sua vez informa qual é a quantidade de calor necessária para que certa unidade de massa mude completamente de fase. Por exemplo, o calor latente de ebulição da água é 540 cal/g. Isso quer dizer para transformar um grama de água do estado líquido para o estado de vapor são necessários 540 cal.

Abaixo estão listados alguns valores de calor latente.

| Substância | Fusão              |                              | Vaporização           |                                    |
|------------|--------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
|            | Ponto de fusão (K) | Calor de fusão $L_F$ (kJ/kg) | Ponto de ebulição (K) | Calor de vaporização $L_V$ (kJ/kg) |
| Hidrogênio | 14,0               | 58,0                         | 20,3                  | 455                                |
| Oxigênio   | 54,8               | 13,9                         | 90,2                  | 213                                |
| Mercúrio   | 234                | 11,4                         | 630                   | 296                                |
| Água       | 273                | 333                          | 373                   | 2256                               |
| Chumbo     | 601                | 23,2                         | 2017                  | 858                                |
| Prata      | 1235               | 105                          | 2323                  | 2336                               |
| Cobre      | 1356               | 207                          | 2868                  | 4730                               |

**Tabela 7.5** Valores de calor latente [Haliday; Resnick; Waker 2009]

## Exemplos

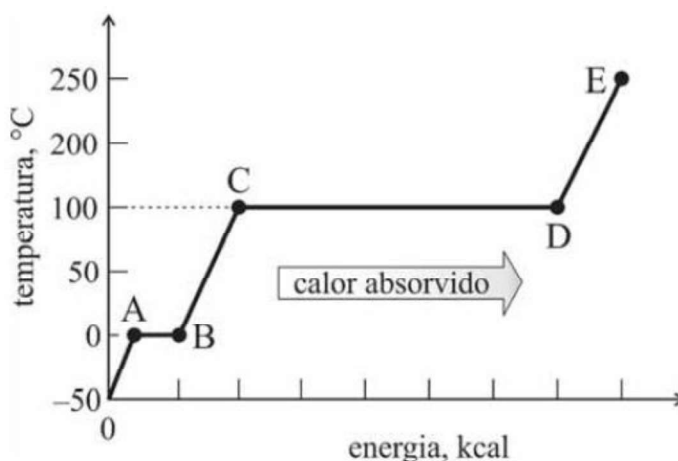
**1. (IFSC/2016)** O calor pode ser definido como uma forma de energia em trânsito, motivada por uma diferença de temperatura. Um corpo pode receber ou ceder energia na forma de calor, mas nunca armazená-la. O ato de fornecer ou ceder calor para uma substância pode acarretar consequências, como mudança de fase ou variação da temperatura.

Com base nesses conhecimentos, o que acontecerá se fornecermos calor continuamente a um bloco de gelo que se encontra a  $0^\circ\text{C}$ , na pressão de 1 atmosfera?

Assinale a alternativa CORRETA.

- a) Primeiro o bloco irá se fundir e, depois, aquecer-se.
- b) Primeiro o bloco irá se aquecer e, depois, fundir-se.
- c) Primeiro o bloco irá se fundir para, depois, solidificar-se.
- d) Não acontecerá nada.
- e) O bloco irá se aquecer.

2. (PAS – UNB- 2016) O gráfico abaixo apresenta a variação da temperatura, em °C, em função da energia, em Kcal, que é fornecida para transformar 1 kg de água solidificada (gelo), inicialmente a -50 °C, em vapor a 250 °C. Nesse gráfico, os segmentos AB e CD são horizontais.



Tendo em vista essas informações e o gráfico apresentado, e considerando que o calor latente de vaporização da água seja de 540 cal/g, que o calor específico da água seja de 1 cal/g °C e que o calor latente de fusão do gelo seja de 80 cal/g, julgue os itens 1 e 2, assinalando “C”, caso esteja “certo” e “E”, caso esteja “errado” e assinale a alternativa correta no item 3

( ) Para que 1 kg de gelo seja derretido, é necessário que o sistema receba uma quantidade de energia inferior a 80 cal.

( ) De acordo com o gráfico, no trecho AB, coexistem água e gelo a 0 °C.

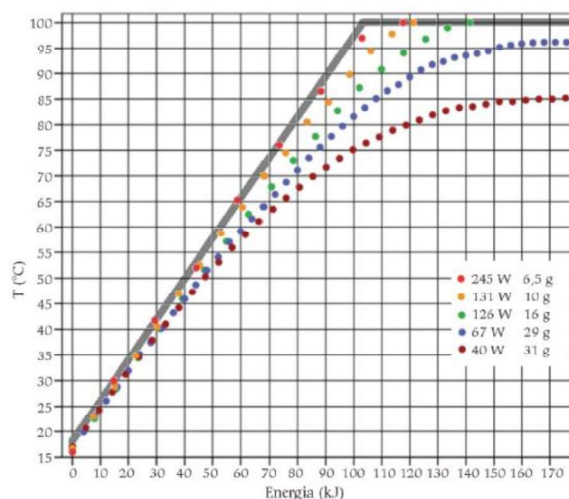
Na situação apresentada, as quantidades de calor necessárias para que a temperatura do sistema varie do ponto B até o ponto C e do ponto C até o ponto D são respectivamente iguais a

- a) 540 kcal e 100 kcal.
- b) 100 kcal e 540 kcal
- c) 80 kcal e 100 kcal
- d) 80 kcal e 540 kcal

### Observação

Embora esse tipo de gráfico seja muito comum em livros didáticos, tanto da educação básica como do ensino superior e exames de seleção, cumpre

salientar que se trata de uma simplificação da realidade, como todo modelo físico é. Novamente, citamos o estudo *Um tema negligenciado em textos de Física geral: A vaporização da água*, publicado na revista *Física na Escola*, de autora de Fernando Lang da Silveira [2016], onde é apresentado o gráfico:



Estão indicadas na legenda as massas de água e as potências de aquecimento. Esses gráficos mostram que a vaporização pode ocorrer abaixo do ponto de ebulição. **Mas, para todos os efeitos, se cair no vestibular, considere o exemplo que resolvemos do PAS – UNB!**

### Trocas de calor

Quando em um sistema isolado, ou seja, sem fluxos de energia nem de matéria, há corpos com diferentes temperaturas, haverá troca de energia na forma calor. Os mais frios absorverão calor e ficaram mais quentes, enquanto os mais quentes cederão calor, ficando mais frios. Quando todos eles alcançarem o equilíbrio térmico, as trocas de calor cessarão. É importante notar que a **lei de conservação de energia** deve ser preservada, ou seja, se somarmos os calores envolvidos em cada um dos corpos, o resultado final deve ser zero, pois energia não pode ser criada nem destruída. De forma mais esquemática, se no sistema estão presentes os corpos 1, 2, 3, ..., N e a quantidade de calor (recebida ou cedida) for  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_N$ , então:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_N = 0$$



## Exemplo

**(IFPE/2016)** No preparo de uma xícara de café com leite, são utilizados 150ml (150g) de café, a 80°C, e 50ml (50g) de leite, a 20°C. Qual será a temperatura do café com leite? (Utilize o calor específico do café = calor específico do leite = 1,0cal/g°C)

## Exercícios

**1 (PUCCAMP SP/2016)** Um *dispositivo mecânico* usado para medir o equivalente mecânico do calor recebe 250 J de energia mecânica e agita, por meio de pás, 100 g de água que acabam por sofrer elevação de 0,50 °C de sua temperatura. Adote 1 cal = 4,2 J e  $c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ .

Calcule a quantidade de calor necessária para provocar esta elevação de temperatura.

Calcule o rendimento desse dispositivo mecânico. (Obs: o rendimento é a razão entre a energia útil, neste caso o equivalente da quantidade de calor utilizada para aquecer a água e energia total fornecida) .

**2 (FAMERP SP/2016)** Para realizar um experimento no litoral, um cientista precisa de 8 litros de água a 80 °C. Como não dispõe de um termômetro, decide misturar uma porção de água a 0 °C com outra a 100 °C. Ele obtém água a 0 °C a partir de uma mistura, em equilíbrio térmico, de água líquida com gelo fundente, e água a 100 °C, a partir de água em ebulição. Considerando que haja troca de calor apenas entre as duas porções de água, calcule as massas de água a 0°C e a 100°C para obter água a 80°C

**3 (UNICAMP SP/2016)** O Parque Güell em Barcelona é um dos mais impressionantes parques públicos do mundo e representa uma das obras mais marcantes do arquiteto Antoni Gaudí. Em sua obra, Gaudí utilizou um número imenso de azulejos coloridos.



Considere que, no Parque Güell, existe um número  $N = 2 \times 10^6$  de azulejos cujas faces estão perfeitamente perpendiculares à direção da radiação solar quando o sol está a pino na cidade de Barcelona. Nessa situação, a intensidade da radiação solar no local é  $I = 1200 \text{ W/m}^2$ . Estime a área de um azulejo tipicamente presente em casas e, a partir da área total dos  $N$  azulejos, calcule a energia solar que incide sobre esses azulejos durante um tempo  $t = 60 \text{ s}$ .

Uma das esculturas mais emblemáticas do parque Güell tem a forma de um réptil multicolorido conhecido como El Drac, que se converteu em um dos símbolos da cidade de Barcelona. Considere que a escultura absorva, em um dia ensolarado, uma quantidade de calor  $Q = 3500 \text{ kJ}$ . Considerando que a massa da escultura é  $m = 500 \text{ kg}$  e seu calor específico é  $c = 700 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ , calcule a variação de temperatura sofrida pela escultura, desprezando as perdas de calor para o ambiente.

**4 (UNICESUMAR SP/2016)** Por meio da queima de gás de cozinha (GLP), cujo calor de combustão é aproximadamente igual a  $6 \times 10^3 \text{ cal/g}$ , produz-se a variação de temperatura de  $108^\circ\text{F}$  em 1000 litros de água.

Dados:

Densidade da água =  $1 \text{ g/cm}^3$

Calor específico da água =  $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

a) Determine a variação de temperatura sofrida pela água em  $^\circ\text{C}$ . Cuidado!

Não use a fórmula  $\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$ .

b) Determine a massa de água.

c) Supondo que todo o calor liberado nessa queima tenha sido utilizado integralmente no aquecimento desse volume de água, determine,



aproximadamente, quantos quilogramas de gás de cozinha foram utilizados.

**5 (UFRGS/2016)** Considere dois motores, um refrigerado com água e outro com ar. No processo de resfriamento desses motores, os calores trocados com as respectivas substâncias refrigeradoras,  $Q_{ag}$  e  $Q_{ar}$ , são iguais. Considere ainda que os dois motores sofrem a mesma variação de temperatura no processo de resfriamento, e que o quociente entre os calores específicos da água,  $c_{ag}$ , e do ar,  $c_{ar}$ , são tais que  $c_{ag}/c_{ar} = 4$ .

Qual é o valor do quociente  $m_{ar}/m_{ag}$  entre as massas de ar,  $m_{ar}$ , e de água,  $m_{ag}$ , utilizadas no processo?

**6 (UCB DF/2016)** Dois corpos estão em equilíbrio térmico e isolados (não há troca de calor com o meio externo). Um terceiro corpo, com o dobro da massa do primeiro e metade da massa do segundo, é colocado entre os dois primeiros. Observa-se que, apesar de estarem em contato, não houve mudança de temperatura em nenhum dos corpos. Considerando essa situação hipotética, é correto afirmar que o terceiro corpo

- a) cedeu calor aos outros dois corpos.
- b) recebeu calor dos outros dois corpos.
- c) possuía temperatura menor que o primeiro e maior que o segundo.
- d) possuía temperatura maior que o primeiro e menor que o segundo.
- e) possuía a mesma temperatura dos outros dois corpos.

## ATIVIDADE7

### Atividade Prática 1<sup>15</sup> – Propagação de calor por condução

Objetivo:

O objetivo do experimento é mostrar a propagação de calor por condução utilizando um bom e um mau condutor de calor.

Contexto:

A propagação de calor pode ocorrer de três modos: por condução, convecção e irradiação. Enquanto a propagação por irradiação se dá mesmo na ausência de matéria (vácuo), a propagação por condução exige o contato entre os objetos que trocarão calor e a propagação por convecção envolve a movimentação da matéria. Quando colocamos uma panela com água no fogo para esquentar, podemos observar a propagação de calor dos três modos. Por condução: o calor do fogo se propaga para a panela que está em contato com ele; esse calor se propaga também por condução para a água, que está em contato com a panela. Por convecção: a água que está em contato com o fundo da panela se aquece, sua densidade diminui (fica mais leve) e ela sobe, enquanto a água fria da superfície (mais pesada) desce para o fundo. Por irradiação: se tiramos a panela do fogo e aproximamos a mão de seu fundo, sentiremos um aumento de temperatura. O calor sentido não chegou por condução (pois não havia contato) nem por convecção (pois o ar quente sobe), pois a radiação independe da existência ou movimentação de matéria para se propagar. Outro exemplo de propagação por irradiação é a energia térmica do sol, que chega até nós pela propagação através do espaço, que é quase um vácuo perfeito. Neste experimento, veremos a propagação de calor por condução e também a resistência oferecida a esta propagação por dois materiais diferentes: um fio elétrico e um palito de madeira.

---

<sup>15</sup> Retirada da página *Experimentos de Física para o ensino médio e fundamental com materiais do dia-a-dia*, da Unesp, disponível em <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica>. Acesso em 12/11/2017

Ideia do experimento:

A ideia é mostrar a propagação de calor por condução através de dois materiais diferentes: um fio elétrico, que conduz bem o calor, e um palito de madeira, que conduz mal o calor. Para isso, pingamos gotas de vela com espaçamento constante no fio e no palito. Em seguida, aquecemos uma das extremidades do fio. As gotas de vela vão se derretendo conforme o fio vai se aquecendo. Ou seja: conforme o calor vai se propagando no fio, as gotas de vela vão se derretendo. O mesmo não acontece quando aquecemos uma das extremidades do palito, pois a madeira não conduz calor tão bem quanto o metal. Portanto, quando se aquece uma das extremidades do palito, as gotas de vela não derreterão do mesmo modo como derreteram quando o fio foi aquecido.

Material:

- Fio de cobre – fio elétrico de aproximadamente 15 centímetros de comprimento de 2 ou 3 milímetros de diâmetro;
- Palito de madeira – de dimensões similares ao fio elétrico; em algumas regiões do país, encontra-se na forma de espetinhos para churrasco;
- Vela – vela comum;
- Fósforo ou isqueiro – para acender a vela;
- Lata – lata de refrigerante;
- Pregos e martelo – para furar a lata;
- Papel alumínio – para enrolar o local onde o fogo entrará em contato com o palito de madeira.

Montagem:

- Faça um furo próximo à borda superior da lata de tal forma que o palito e/ou fio passe pelo furo.
- Pingue algumas gotas de vela sobre o fio, com espaçamentos aproximadamente iguais.
- Espere alguns segundos para que a parafina (vela) endureça sobre a superfície do fio.
- Acenda a vela na extremidade do fio.

- Após alguns segundos percebe-se o resultado: a parafina começará a derreter, começando do ponto mais próximo de onde está sendo aquecido até a outra extremidade.
- A seguir repita o procedimento acima para o palito.

Comentários:

Se a lata não parar em pé devido ao peso do fio, coloque água ou areia dentro da lata para equilibrar o peso.

Tenha cuidado ao manusear a vela quando acesa.

Se vela for maior do que a lata, então corte um pedaço dela para que fique do mesmo tamanho da lata.

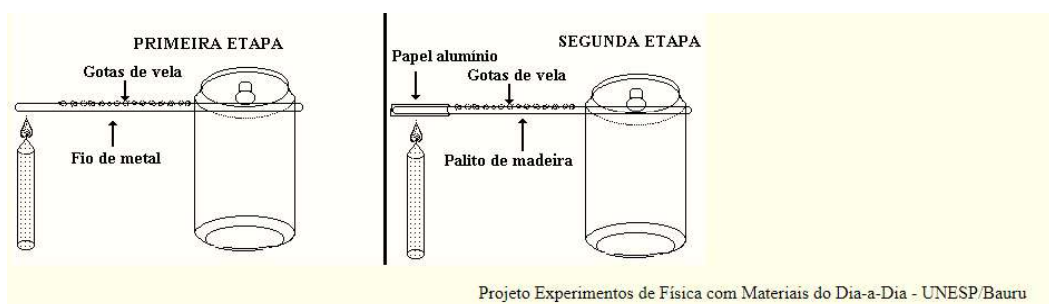
Utilize uma folha de papel sulfite ou similar por baixo do esquema do experimento para que a parafina não suje a mesa que está sendo utilizada.

Ao realizar a experimento com o palito, cubra com papel alumínio a parte que estará em contato com a chama para evitar que esta pegue fogo.

Durante a execução, ou no término do experimento, nunca toque na superfície do fio, pois esta estará aquecida, podendo causar queimaduras.

Os pingos de vela são usados para que não seja necessário a utilização do tato para sentir a propagação de calor.

Pode-se fazer este experimento com duas latas, aquecendo o fio e o palito ao mesmo tempo. **(UNESP, 2017)(UNESP, 2017)**



**Figura 7.17** Esquema de montagem da atividade prática 1 [Unesp 2017]

## Atividade Prática 2<sup>16</sup> - Propagação de calor por irradiação

Objetivo:

Mostrar que ocorre transmissão de calor por irradiação.

Ideia do experimento:

A ideia é mostrar que existe irradiação de calor produzida pela chama de uma vela. Para isso, chega-se a mão próximo e ao lado da chama da vela e sente-se o aumento de temperatura na mão. Exclui-se a possibilidade da energia térmica chegar até a mão pelo ar por condução ou convecção, pois o ar é mau condutor de calor e o ar aquecido sobe em vez de ir para os lados ou para baixo. Logo, conclui-se que o calor chegou até a mão por irradiação.

Material:

- Uma vela
- Um fósforo – para acender a vela

Montagem:

Acenda a vela e a fixe em algum local.

Chegue a mão próximo e ao lado da chama da vela e sinta a temperatura da mão aumentar.

Comentários:

Tanto pelos lados, como por baixo, o efeito de aquecimento principal é o calor proveniente da irradiação.

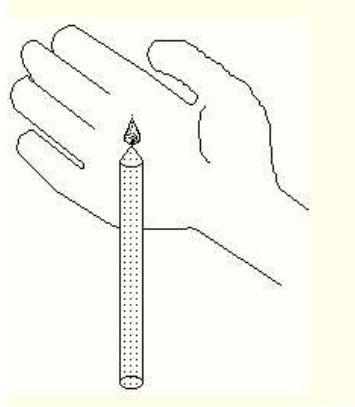
Pode-se passar rapidamente a mão numa região imediatamente acima da chama; observa que o aquecimento é bem maior, pois além da irradiação, também existe a propagação de calor pela convecção do ar.

Não encoste a mão na chama.

Esquema de montagem

---

<sup>16</sup> Retirada da página *Experimentos de Física para o ensino médio e fundamental com materiais do dia-a-dia*, da Unesp.



**Figura 7.18** Esquema de montagem da atividade prática 2 [Experimentos de física para o ensino médio e fundamental com materiais do dia-a-dia s.d.]

Obs.: Pesquise como a transferência de calor por irradiação está relacionada com o **efeito estufa**.

### **Atividade Prática 3<sup>17</sup> - Como se formam as brisas**

Apresentação:

As circulações locais são circulações de ar induzidas termicamente pelos processos de superfície em regiões heterogêneas. Essas circulações podem ser as convencionais, ou seja, surgem em virtude de aquecimento diferencial, como a circulação de “brisa marítima/terrestre”, vale–montanha, lacustre, ou as não convencionais, como as induzidas por diferenças em umidade de solo ou vegetação.

As brisas (marítimas, terrestres, lacustres, de vegetação, de vale–montanha) têm grande influência no clima em diversas partes do globo. Por exemplo, próximo à costa, num dia quente, com vento fraco, há maior aquecimento da areia e do solo do que da água do mar. Isso porque a água tem capacidade calorífica maior que materiais como areia e solo, e para aquecê-la é necessário mais calor.

Esse aquecimento diferencial gera diferença regional de pressão atmosférica, fazendo com que o ar fique mais quente sobre o continente com pressão relativamente mais baixa do que o ar mais frio sobre o mar. Essa

---

<sup>17</sup> Retirada da obra *Explorando o ensino – mudanças climáticas* [Oliveira; Silva; Henriques 2009]. Autores: Gilvan Sampaio (INPE), Giovanni Dolif Neto (INPE), Lana Nárcia Leite da Silveira (EEB) e Maria Emília Mello Gomes (Programa AEB Escola/AEB).

diferença de pressão induz à formação de uma brisa da região de pressão mais alta (mar) para a região de pressão mais baixa (continente), que é a chamada “brisa marítima”. Essa brisa surge para equilibrar as diferenças de temperatura e pressão entre as duas regiões.

Durante a noite, ocorre o contrário: o continente esfria rapidamente, enquanto a água do mar esfria mais lentamente; com isso, a temperatura estará mais quente no mar do que no continente. Portanto, o ar sobre o continente estará com pressão relativamente mais alta do que o ar sobre o mar. Isso irá gerar uma brisa da região de pressão mais alta (continente) para a região de pressão mais baixa (mar), que é a chamada “brisa terrestre”.

Com esta atividade, os alunos perceberão o deslocamento do ar (brisa) observando o deslocamento da fumaça do incenso. A partir do entendimento desses conceitos, os alunos também entenderão porque as massas de ar se deslocam dos polos em direção do Equador, em ambos os hemisférios.

Objetivos:

O objetivo desta atividade é compreender como se dá a formação de brisas, por meio do entendimento dos seguintes processos:

- Diferenças de densidade do ar causadas por diferenças de temperatura.
- Mudanças na pressão causadas pelas mudanças na densidade do ar.
- Movimento do ar causado por diferenças de pressão.

Sugestão de problematização:

Por que existe vento? Como será o deslocamento do ar: da região mais fria para a região mais quente, ou ao contrário? Se aumentarmos a diferença de temperatura, a intensidade do vento aumentará também?

Materiais:

- 1 fogareiro elétrico
- 10 cubos de gelo
- 1 quilograma de areia fina

- 2 vasilhas de vidro ou alumínio de aproximadamente 30 cm cada
- 1 cartolina de cor preta
- 1 fita adesiva
- 2 incensos
- 1 caixa de fósforos
- 1 tesoura
- Massa de modelar



**Figura 7.19** Materiais da atividade prática

Procedimentos:

- Preencher uma das vasilhas de alumínio com areia e aquecê-la sobre um fogareiro elétrico, e, a outra vasilha, preencher com gelo.
- Colocar a cartolina em forma de painel em torno das duas vasilhas e acender os incensos.
- Fazer uma base para o incenso com a massa de modelar, espetar os incensos e colocá-los entre as duas vasilhas.
- Observar para onde a fumaça se desloca. Espera-se que a fumaça se desloque da vasilha com gelo para a vasilha com areia.



**Figura 7.20** Procedimentos para a atividade prática



Orientações complementares:

Como as circulações convencionais surgem em virtude do aquecimento diferencial, podemos pensar que no planeta Terra há aquecimento diferencial, uma vez que a região mais próxima do Equador é mais quente do que os polos. Esse grande contraste de temperatura cria uma circulação térmica semelhante àquela da brisa marítima, com o ar soprando dos polos em direção ao Equador.

A primeira pessoa a propor esse modelo clássico de circulação geral da atmosfera foi George Hadley em 1735. Hadley sugeriu que, sobre a Terra sem rotação, o movimento do ar teria a forma de uma grande célula de convecção, com o ar soprando dos polos em direção ao Equador, convergindo e subindo, também, próximo do Equador e em altos níveis da troposfera (camada mais baixa da atmosfera), soprando do Equador em direção aos polos. Com isso, podemos entender que as massas de ar frio e as frentes frias sempre vêm dos polos em direção ao Equador, na tentativa de equilibrar a temperatura da Terra, ou seja, é uma reação ao aquecimento diferencial.

Possíveis desdobramentos:

Professor/a, a partir desta atividade, é possível desencadear novos estudos, estimular a leitura e a produção de textos na escola, como, por exemplo:

- estudar a influência de montanhas, lagos e vegetação na circulação atmosférica de uma cidade ou região;
- estudar a circulação geral da atmosfera;
- pesquisar sobre a dispersão de poluentes na atmosfera.

Que tal se os alunos fizerem uma apresentação dos materiais na feira de Ciências da escola e em outras turmas? Eles podem preparar até uma apresentação em *Power Point*, se a escola tiver condições para isso.

**Atenção!** As atividades aqui expostas devem ser desenvolvidas, de preferência, sob a supervisão do professor. Vale lembrar que é sempre recomendável cuidado no manuseio de materiais como tesoura, fósforo e outros que podem ferir quando usados inadequadamente.

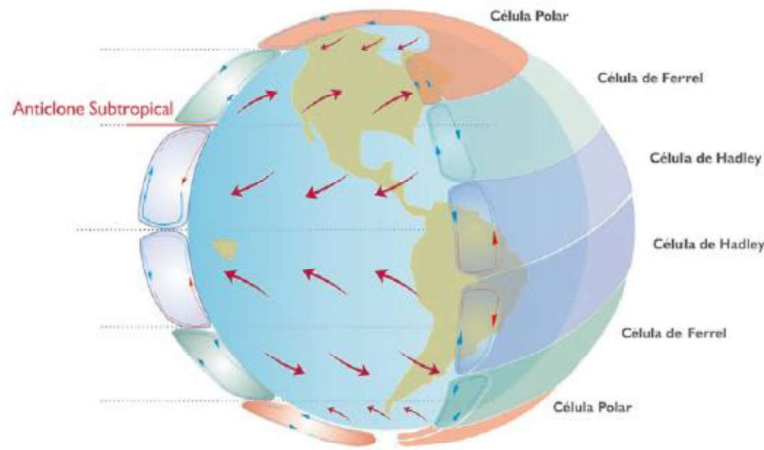


Imagem esquemática da circulação geral da atmosfera.

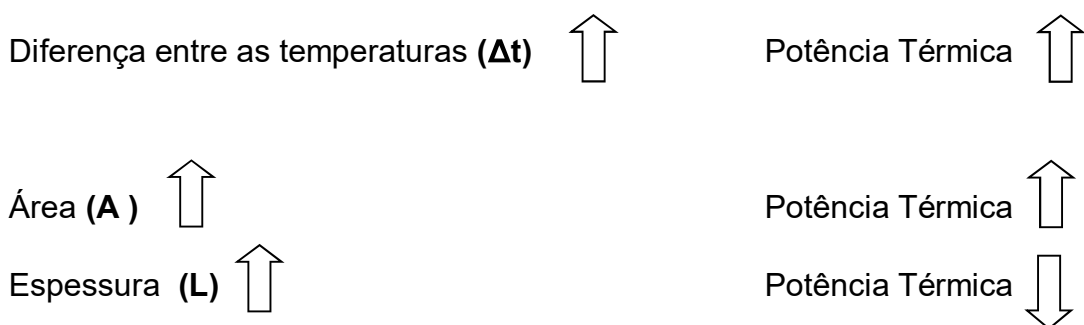
**Figura 7.21** Circulação geral da atmosfera [Oliveira; Silva; Henriques 2009]

Você pode visualizar uma animação sobre a célula de Hadley em <http://trmm.gsfc.nasa.gov>, do site do Tropical Rainfall Measurement Mission (Missão de medição das chuvas tropicais).

### Abordagem quantitativa para condução térmica

Podemos calcular a taxa de transferência de calor, isto é, a potência térmica (calor/tempo), no processo de condução pela **Lei de Fourier**.

Se consideramos que as extremidades estão situadas em dois locais com diferentes temperaturas fixas, haverá um fluxo de calor da região mais quente para a mais fria. Quais são os fatores que influenciam esse fluxo? Podemos afirmar, naturalmente, que ela depende da diferença entre as temperaturas das extremidades. Depende também área e da espessura do corpo. Valendo os seguintes comportamentos:



Ou seja, a potência térmica é diretamente proporcional à diferença de temperaturas e a área, e inversamente proporcional a espessura.

Matematicamente, temos  $P = \frac{\text{calor}}{\text{tempo}} = k \frac{A \cdot \Delta t}{L}$ , onde k é uma constante de proporcionalidade denominada **condutividade térmica do material**. Quanto maior for o valor de k, melhor condutor de calor o material é.

Algumas condutividades térmicas

| Substância                     | k (W/m.K) |
|--------------------------------|-----------|
| <b>Metais</b>                  |           |
| Aço inoxidável                 | 14        |
| Chumbo                         | 35        |
| Ferro                          | 67        |
| Latão                          | 109       |
| Alumínio                       | 235       |
| Cobre                          | 401       |
| Prata                          | 428       |
| <b>Gases</b>                   |           |
| Ar (seco)                      | 0,026     |
| Hélio                          | 0,15      |
| Hidrogênio                     | 0,18      |
| <b>Materiais de Construção</b> |           |
| Espuma de poliuretano          | 0,024     |
| Lã de pedra                    | 0,043     |
| Fibra de vidro                 | 0,048     |
| Pinho                          | 0,11      |
| Vidro de janela                | 1,0       |

**Tabela 7.6** Condutividades térmicas [Haliday; Resnick; Waker 2009]

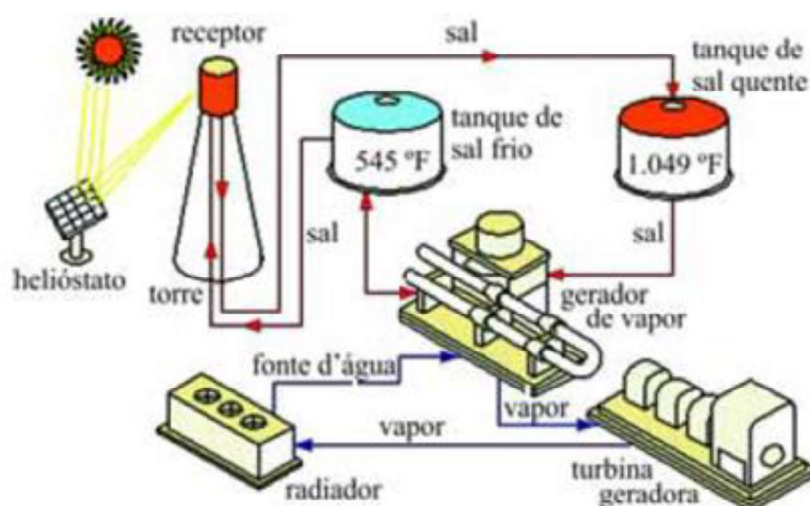
### **Para refletir**

Quando você prepara um bolo e vai retirá-lo do forno, certamente você usa uma luva ou algo similar, pois a temperatura ali é de cerca de 180 °C. Porém, o ar dentro do forno também está próximo a essa temperatura. Obviamente você não conseguirá deixar sua mão dentro do forno durante muito tempo. Mas pelo simples fato de você inserir sua mão ali, sem luva ou algo similar, durante alguns segundos, você já está em contato com algo a uma temperatura muito alta, o ar. Por que, nesse caso, não nos queimamos?

A temperatura das faíscas daquelas de velas de aniversário é muito alta, cerca de 2000 °C. Por que quando elas caem sobre nossa pele não causa queimaduras graves? [Hewitt 2015]

Para exercitar

PAS-UNB – SEGUNDA ETAPA – SUBPROGRAMA 2011 – CADERNO  
TRANSISTOR



A figura acima mostra, esquematicamente, o processo de geração de energia em uma usina que utiliza heliostato, dispositivo que consiste em uma grande área coberta de espelhos planos de rastreamento solar que direcionam a energia do Sol para um receptor (tanque) localizado no topo de uma torre central. A enorme quantidade de energia proveniente dos raios do Sol e concentrada em um ponto (na torre central) produz temperaturas que variam entre 545 °F e 1049 °F.

O receptor é composto de um tanque preenchido com um sal no estado líquido que, ao atingir a temperatura de 1.049 °F, escoar para um reservatório isolado, denominado tanque de sal quente. O conteúdo desse reservatório é bombeado para um gerador de vapor, onde fornecerá calor para a água evaporar, alimentará a turbina e gerará energia elétrica. Cedido o calor, o sal retorna para o tanque de armazenamento de sal frio, onde permanece em estado líquido (545 °F), sendo, posteriormente, bombeado para o receptor, o que possibilita o início de outro ciclo<sup>18</sup>.

<sup>18</sup>[www.lisas.de](http://www.lisas.de) (com adaptações)

Julgue os itens 1 a 4, assinalando “C” caso esteja Certo e “E” caso esteja Errado e faça os cálculos do item 5.

(C) (E) Durante a transição de fase, entre o estado sólido e o líquido, a uma temperatura constante, há aumento na entropia do sal. (Obs: O conceito de entropia será trabalhado mais adiante)

(C) (E) A diferença absoluta entre as temperaturas dos tanques de armazenamento de sal líquido é superior a 273 K.

(C) (E) Na usina descrita acima, são empregados processos de transferência de calor por meio de convecção, condução e radiação.

(C) (E) A partir do texto, infere-se que o sal líquido, devido a seu elevado calor específico, é ideal para ser utilizado como fluido de armazenamento de calor, pois requer pouca energia absorvida na forma de calor, para produzir grande variação de temperatura.

Considere que, em um tanque com a forma de um cilindro de raio 1,5 m e altura 2,0 m e preenchido com sal quente, a temperatura 15 °C durante a noite, na parte externa da parede do tanque. Com base nesses dados, determine que espessura, em mm, a parede do tanque deve ter para que o fluxo máximo de calor não ultrapasse 10 quilowatts, considerando-se apenas o fluxo de calor através das laterais.

Assuma que a condutividade térmica da liga componente do tanque seja  $0,12 \text{ J.s}^{-1}.\text{m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$  e que  $\pi=3,14$ .

## ATIVIDADE 8

Slides sobre um panorama histórico da ciência, do cartesianismo a teoria dos sistemas complexos, retiradas da dissertação de mestrado de Miguel Jorge Neto [Neto 2011].



### Princípios da Filosofia Cartesiana

- **Racionalismo:** Os fenômenos naturais podem ser compreendidos racionalmente.
- **Determinismo:** Os fenômenos naturais podem ser compreendidos em termos de causa e efeito.
- **Compartimentalização:** O Universo funciona como um relógio que pode ser entendido se compreendermos cada uma de suas **partes**.

### Filosofia Cartesiana

- **Francis Bacon:** *"Ela" deve ser escravizada, estar a serviço do homem.*



### A Fragmentação



## Movimentos Anti-Cartesianos: O Romantismo

**“Deus possa  
nos proteger da  
visão única e do  
sono de  
Newton”**



William Blake (1757-1827)

## Movimentos Anti-Cartesianos: A Arte Moderna



Pollock



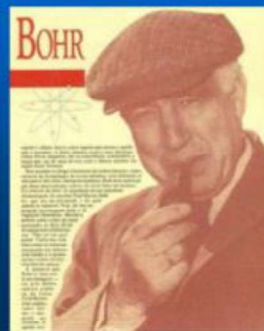
Duchamp



Kandinski


## Movimentos Anti-Cartesianos: A MQ

- Ao observarmos o mundo microscópico, não há como não alterá-lo (sujeito-objeto)
- O mundo microscópico é intrinsecamente imprevisível – a incerteza é o tijolo fundamental do Universo
- A soma das partes é diferente do todo





### A Teoria da Complexidade



- O Mundo Macroscópico também é quântico
- A incerteza e o não-determinismo impregnaram todas as áreas do conhecimento
- Goedel (década de 50): A própria Matemática se torna incerta
- Equações não-lineares

Ilya Prigogine estabeleceu as bases da teoria (Prêmio Nobel de 1977)

Apresentar o vídeo sobre teoria do caos e efeito borboleta<sup>19</sup>.

### Teoria do Caos<sup>20</sup>

Se você largar uma maçã a 10 metros de altura do chão, poderá, com as Leis de Newton, calcular o instante exato em que a maçã atingirá o solo. Se a medida da altura não for exata, tiver um erro pequeno, seu resultado também trará uma pequena incorreção. Mas, em alguns fenômenos físicos, erros mínimos nos dados utilizados podem gerar resultados com discrepâncias enormes. Esse fenômeno é popularmente conhecido como efeito borboleta. Sistemas sujeitos a essa sensibilidade com relação aos dados iniciais são estudados na Matemática pela teoria do caos. Um dos exemplos mais importantes de sistema caótico é o clima. Há até uma alegoria que diz que o bater de asas de uma borboleta de um lado do planeta pode gerar um tufão do outro lado. Se você já teve planos de praia ou piquenique frustrados por uma chuva imprevista, não culpe os meteorologistas, eles disputam cada grau centígrado de suas previsões com o próprio caos.

<sup>19</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=C4eHJ8ZJgG4>>. Acesso em 17 abr. 2018

<sup>20</sup> Disponível em: <<http://www.uff.br/sintoniamatematica/grandestemaseproblemas/grandestemaseproblemas-html/audio-caos-br.html>>. Acesso em 17 abr. 2018

## Informações complementares

A teoria do caos também é conhecida como teoria de sistemas dinâmicos. Mas o que é um sistema dinâmico? Vamos exemplificar com um sistema dinâmico discreto que corresponde a uma aplicação financeira e pode ser facilmente compreendido.

Imagine que você aplicou 50 mil reais num fundo que rende uma taxa fixa de 1% ao mês e que, em cada mês, no dia em que entrarem os juros na conta, você vai retirar 100 reais desta aplicação. No fim do primeiro mês, haverá na conta os 50 mil, mais 500 reais de juros (1% de 50 mil), menos os 100 reais que você retira da conta. Resulta que haverá 50.400 reais.

$$x + x/100 - 100,$$

isto é

$$1,01 x - 100.$$

Portanto, a partir do valor que se tem no início do mês, podemos calcular o valor que teremos no fim do mês usando a função  $f$  dada pela fórmula

$$f(x) = 1,01 x - 100.$$

Se começamos com 50 mil, no fim do primeiro mês teremos  $f(50.000) = 1,01 \times 50.000 - 100 = 50.400$  reais.

No fim do segundo mês teremos  $f(50.400) = 1,01 \times 50.400 - 100 = 50.804$  reais. Veja que  $f(50.400) = f(f(50.000))$ .

No fim do terceiro mês teremos  $f(50.804) = 51.212,04$  reais. Novamente,  $f(50.804) = f(f(50.400)) = f(f(f(50.000)))$ .

Para simplificar a notação vamos usar  $f^2(x)$  para nos referir a  $f(f(x))$ ,  $f^3(x)$  para denotar  $f(f(f(x)))$  e assim por diante.

Podemos construir uma tabela que nos dirá quanto teremos mês a mês:

|                  |               |
|------------------|---------------|
| $f^1(50.000)$    | R\$ 50.400,00 |
| $f^2(50.000)$    | R\$ 50.804,00 |
| $f^3(50.000)$    | R\$ 51.212,04 |
| $f^4(50.000)$    | R\$ 51.624,16 |
| $f^5(50.000)$    | R\$ 52.040,40 |
| $f^6(50.000)$    | R\$ 52.460,81 |
| $f^7(50.000)$    | R\$ 52.885,41 |
| $f^8(50.000)$    | R\$ 53.314,27 |
| $f^9(50.000)$    | R\$ 53.747,41 |
| $f^{10}(50.000)$ | R\$ 54.184,89 |
| $f^{11}(50.000)$ | R\$ 54.626,73 |
| $f^{12}(50.000)$ | R\$ 55.073,00 |

**Tabela 7.7** Saldo do investimento dos primeiros doze meses

## Caos

Mas e o caos, como surge? Alguns sistemas dinâmicos possuem grande sensibilidade com relação aos dados iniciais. Isso significa que se começarmos a iterar a função a partir de dois pontos diferentes, mesmo que esses pontos sejam muito próximos, o resultado depois de algumas iterações será muito diferente para um ponto e para outro.

Novamente, vamos utilizar alguns exemplos para facilitar a compreensão. Primeiro consideremos um sistema dinâmico correspondente à função  $f(x) = x + 2$ . Vamos iterar esse sistema para dois pontos iniciais bem próximos, 0 e 0,001 (a distância entre eles é de um milésimo). A tabela reproduzida na figura abaixo mostra os valores obtidos nas sucessivas iterações de  $f$  partindo de cada um destes pontos e também a distância entre os resultados obtidos com cada ponto inicial:

| $n$ | $f_n(0)$ | $f_n(0,001)$ | $f_n(0,001) - f_n(0)$ |
|-----|----------|--------------|-----------------------|
| 1   | 2        | 2,001        | 0,001                 |
| 2   | 4        | 4,001        | 0,001                 |
| 3   | 6        | 6,001        | 0,001                 |
| 4   | 8        | 8,001        | 0,001                 |
| 5   | 10       | 10,001       | 0,001                 |
| 6   | 12       | 12,001       | 0,001                 |
| 7   | 14       | 14,001       | 0,001                 |
| 8   | 16       | 16,001       | 0,001                 |
| 9   | 18       | 18,001       | 0,001                 |
| 10  | 20       | 20,001       | 0,001                 |
| 11  | 22       | 22,001       | 0,001                 |
| 12  | 24       | 24,001       | 0,001                 |
| 13  | 26       | 26,001       | 0,001                 |
| 14  | 28       | 28,001       | 0,001                 |
| 15  | 30       | 30,001       | 0,001                 |
| 16  | 32       | 32,001       | 0,001                 |
| 17  | 34       | 34,001       | 0,001                 |
| 18  | 36       | 36,001       | 0,001                 |
| 19  | 38       | 38,001       | 0,001                 |
| 20  | 40       | 40,001       | 0,001                 |

**Tabela 7.8** Valores numéricos das iterações da função  $f(x) = x+2$ .

Podemos ver que, não importa quantas vezes iteremos, a diferença entre o resultado obtido quando partimos do ponto 0 ou quando partimos de 0,001, é sempre a mesma, um milésimo.

Vamos considerar, agora, um sistema diferente, dado pela função  $g(x) = x^2 + 1$ :

| $n$ | $g_n(0)$               | $g_n(0,001)$           | $g_n(0,001) - g_n(0)$  |
|-----|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1   | 1                      | 1,000001               | 0,000001               |
| 2   | 2                      | 2,000002               | 0,000002               |
| 3   | 5                      | 5,000008               | 0,000008               |
| 4   | 26                     | 26,00008               | 0,00008                |
| 5   | 677                    | 677,00416              | 0,00416                |
| 6   | 458330                 | 458335,63              | 5,63                   |
| 7   | 210066388901           | 210071552181,61        | 5163280,61             |
| 8   | $4,41 \times 10^{22}$  | $4,41 \times 10^{22}$  | $2,17 \times 10^{18}$  |
| 9   | $1,95 \times 10^{45}$  | $1,95 \times 10^{45}$  | $1,91 \times 10^{41}$  |
| 10  | $3,79 \times 10^{90}$  | $3,79 \times 10^{90}$  | $7,46 \times 10^{86}$  |
| 11  | $1,44 \times 10^{181}$ | $1,44 \times 10^{181}$ | $5,66 \times 10^{177}$ |

**Tabela 7.9** Valores numéricos das iterações da função  $g(x) = x^2+1$ .

Como podemos observar, para a função  $g$ , a diferença entre os resultados obtidos a partir do valor inicial 0 ou do valor inicial 0,001 cresce rapidamente. A sétima iteração já é da ordem de milhões. Isso significa que se você usar a função  $g$  para modelar algum fenômeno natural, erros ou aproximações da ordem de um milésimo em seus dados iniciais, podem ocorrer diferenças gigantescas no resultado obtidos após algumas iterações.

Certamente, pode-se argumentar que, no caso do exemplo dado, o erro relativo não é tão grande, isso é, a diferença entre  $g_n(0)$  e  $g_n(0,001)$  é de ordem bem inferior aos valores absolutos de  $g_n$  para cada uma dessas condições iniciais. Há, entretanto, outras funções para as quais o erro relativo cresce rapidamente. Tente, por exemplo, montar as tabelas acima para a função  $h(x) = -4x^2 + 4x$  e itere para os pontos iniciais 0,3 e 0,30001.

## ATIVIDADE 9

### “Os rios voadores da hileia, mal deságuam por aqui”

O objetivo desta sequência de textos e atividades é aplicar os conceitos trabalhados nas aulas anteriores (temperatura, pressão, calor e estados da matéria) para compreender um fenômeno fundamental para o clima, agricultura, vida e economia (principalmente para a região centro-sul do Brasil) denominado “Rios Voadores da Amazônia”.

### A floresta gera clima amigo: cinco segredos revelados sobre a Amazônia

O presente material foi inspirado no relatório *O futuro climático da Amazônia*, de autoria do professor e pesquisador do INPA, Antônio Donato Nobre [2014], onde, de forma bastante precisa e em linguagem extremamente acessível, são apresentados, dentre outras coisas, 5 segredos sobre como a floresta influencia o clima regional e mundial. O que faremos no decorrer dos próximos textos é olhar em detalhes os fenômenos físicos inerentes a esses processos.



Figura 7.22 O futuro climático da Amazônia

Arrogância é o ato ou efeito de arrogar(-se), de atribuir a si direito, poder ou privilégio. Não há exagero algum em afirmar que vivemos em uma sociedade que, do ponto de vista tecnológico, é extremamente arrogante. Num cenário de *smartphones*, redes sociais e técnicas super avançadas na indústria, medicina, etc, temos a tendência de associar todos esses fatos a uma tecnologia refinada, enquanto quando olhamos para uma floresta, como a Amazônia, e seus povos tradicionais, temos a tendência de classificá-los como algo distante do mundo

tecnológico e civilizado. Tecnologia é um termo inerente à atividade humana, mas não existindo um termo próprio que contemple os processos ocorridos na natureza, utilizaremos esse mesmo termo [Nobre, 2014]. A verdade é que a Floresta Amazônica é um gigante parque tecnológico, que opera em níveis de complexidade muito mais avançada que a mais moderna tecnologia criada pelo homem.

Alexander von Humbolt, naturalista do século XIX que inspirou gerações de naturalistas, Darwin entre eles, via o clima como uma força global unificadora e reconhecia a coevolução dos sistemas vivos do clima e da crosta da Terra. Humbolt acreditava, então, que a Amazônia desempenhava um papel fundamental no clima [Capra 2000]. Porém, no início do século XX, essa visão foi desbancada por Euclides da Cunha, que afirmava que “a epistemologia da ‘ciência amazônica’ florescerá se preocupar menos em revelar a hileia por inteiro”. Essa visão reducionista<sup>21</sup> influenciou grande parte das pesquisas sobre a Amazônia no século XX. Vários projetos de pesquisa foram iniciados na tentativa de se compreender a atmosfera, a biodiversidade, o balanço hídrico, etc, de forma isolada, porém sem sucesso. Nos últimos anos, os cientistas retomaram a concepção holística de Humbolt, entendendo então que não é possível estudar de forma isolada o clima e a floresta, pois esses atores são interdependentes.

### **1º Segredo: Reciclagem de umidade – geisers da floresta**

Um dos fatores responsáveis pela vida em nosso planeta é a temperatura amena que ele apresenta. Por exemplo, as temperaturas médias das superfícies dos planetas variam desde -225°C (Netuno) até 456 °C (Vênus), enquanto a da Terra é de aproximadamente 15°C [USP 2017].

Esse conforto climático deve-se em grande parte aos seres vivos capazes de realizar fotossíntese, pois nesse processo eles alteram as concentrações de CO<sub>2</sub> e água na atmosfera, principais gases responsáveis pelo efeito estufa.

---

<sup>21</sup>Visão Reducionista: Uma das heranças mais fortes do período chamado Revolução Científica presente nos dias atuais é o método analítico de Descartes, que consiste em decompor pensamentos e problemas em suas partes componentes e dispô-las em sua ordem lógica [Capra 1993]

Quando as plantas consomem CO<sub>2</sub>, a concentração desse gás diminui e a temperatura do planeta também. Isso provoca, no entanto, uma redução da taxa de crescimento das plantas, o que, por sua vez provoca um aumento da concentração de CO<sub>2</sub>, aumentando novamente a temperatura e a taxa de crescimento das plantas. As plantas funcionam então como verdadeiros termostatos naturais.

Na realização da fotossíntese, as plantas transformam água no estado líquido em vapor<sup>22</sup>. Como a água possui alto calor latente de vaporização (bem como alto calor específico), boa parte da energia proveniente da radiação solar é usada para realizar essa mudança de estado físico. Assim, a temperatura debaixo da sombra de uma árvore é menor, não apenas porque ali chega menos luz, mas também porque parte dessa energia radiante está sendo usada para evaporar a água.

Denomina-se **evapotranspiração** a combinação entre a transpiração das plantas (devido à fotossíntese) e evaporação da água do solo. Esse conceito é fundamental para a agricultura.

Na Floresta Amazônica, em particular, uma árvore de raio de copa de aproximadamente 10 metros evapotranspira cerca de 300 litros de água por dia, enquanto uma de raio de 20 metros cerca de 1100 litros. O físico Enéas Salati e outros pesquisadores estimaram que a floresta transforma 20 bilhões de toneladas de água no estado líquido em vapor em um único dia. Para comparação, o rio Amazonas, que é o maior do mundo, deságua no Oceano Atlântico cerca de 17 bilhões de toneladas por dia. Devido a essa imensa capacidade de transferir vapor d'água para a atmosfera, podemos comparar as árvores a geisers. Através deste processo, a floresta mantém o ar úmido por mais de 3000 km continente adentro.

---

<sup>22</sup> Para uma melhor visualização, da fotossíntese, e de outros processos da biologia molecular, ver animações em <http://www.johnkyrk.com/index.pt.html>.



## Exercícios

1. Calcule a quantidade de calor necessária para evaporar os 20 bilhões de toneladas de água evaporadas na Floresta Amazônica em um dia.

2. O Brasil tem o custo médio da energia mais caro do que o registrado nos Estados Unidos e no México. No entanto, o valor cobrado na Europa e no Japão é maior do que o registrado no país. Segundo um levantamento feito pelo pesquisador e professor da Trevisan Escola de Negócios, Alcides Leite, divulgado nesta segunda-feira, a tarifa média da energia elétrica no território brasileiro é de R\$ 0,333 quilowatt-hora (kWh).

Fonte: economia.terra.com.br (Acesso em 16 mar. 2017)

Qual valor, em R\$, seria gasto por um dispositivo para evaporar esta quantidade de água?

3. Suponha que se pudesse colocar toda essa água em uma chaleira elétrica gigante, e que usássemos a usina elétrica de Itaipu, cuja potência é de 14 mil Mega Watts, exclusivamente para evaporar essa quantidade de água. Quanto tempo seria necessário para realização de tal tarefa?

4. Depois que as nuvens precipitam seu precioso líquido sobre a floresta, grande parte da água se esgueira por entre o dossel e infiltra-se pelo permeável solo florestal, onde é armazenada no pacote poroso do solo, ou mais abaixo, em aquíferos gigantescos, verdadeiros oceanos subterrâneos de água doce. A água do solo começa seu retorno para a atmosfera absorvida por profundos e sofisticados sugadores, as raízes; depois sobe desafiando a força da gravidade por 40 a 60 m, ou mais, em elaboradas tubulações no xilema dos troncos. Sua última etapa passa pelas estruturas laminares evaporadoras das folhas, versáteis painéis solares químicos capazes de absorver a energia do sol e aproveitar a carícia dos ventos para transpirar e transferir copiosos volumes de água vaporosa para a atmosfera, completando assim o retorno do ciclo vertical iniciado com a chuva [Nobre 2014].

Calcule qual é o trabalho realizado contra a força peso para elevar 300 kg de água de uma altura de 60 m.

## Preparando-se para o ENEM

**5. (ENEM/2008)** Os ingredientes que compõem uma gotícula de nuvem são o vapor de água e um núcleo de condensação de nuvens (NCN). Em torno desse núcleo, que consiste em uma minúscula partícula em suspensão no ar, o vapor de água se condensa, formando uma gotícula microscópica, que devido a uma série de processos físicos, cresce até precipitar-se como chuva.

Na Floresta Amazônica, a principal fonte natural de NCN é a própria vegetação. As chuvas de nuvens baixas, na estação chuvosa, devolvem os NCNs, aerossóis, à superfície, praticamente no mesmo lugar em que foram gerados pela floresta. As nuvens altas são carregadas por ventos mais intensos, de altitude, e viajam centenas de quilômetros de seu local de origem, exportando as partículas contidas no interior das gotas de chuva. Na Amazônia, cuja taxa de precipitação é uma das mais altas do mundo, o ciclo de evaporação e precipitação natural é altamente eficiente.

Com a chegada, em larga escala, dos seres humanos à Amazônia, ao longo dos últimos 30 anos, parte dos ciclos naturais está sendo alterada. As emissões de poluentes atmosféricos pelas queimadas, na época da seca, modificam as características físicas e químicas da atmosfera amazônica, provocando o seu aquecimento, com modificação do perfil natural da variação da temperatura com a altura, o que torna mais difícil a formação de nuvens.

Fonte: ARTAXO, Paulo et. al. O mecanismo da floresta para fazer chover. In: *Scientific American*. Brasil, ano 1, nº 11, abr. 2003. P. 38-45 (com adaptações).

Na Amazônia, o ciclo hidrológico depende fundamentalmente

- a) da produção de CO<sub>2</sub> oriundo da respiração das árvores.
- b) da evaporação, da transpiração e da liberação de aerossóis que atuam como NCNs.
- c) das queimadas, que produzem gotículas microscópicas de água, as quais crescem até se precipitarem como chuva.
- d) das nuvens de maior altitude, que trazem para a floresta NCNs produzidos a centenas de quilômetros de seu local de origem.

e) da intervenção humana, mediante ações que modificam as características físicas e químicas da atmosfera da região.

## **ATIVIDADE 10**

### **2º Segredo: Nucleação das nuvens – o pó de pirlimpimpim do oceano verde**

#### **Oceano verde**

Não deve ser surpresa que nos oceanos ocorra evaporação de água. O que não é claro e imediato, no entanto, é que na Floresta Amazônica a taxa de evaporação é mais expressiva do que no oceano. A explicação reside no fato de que em uma floresta, a cada m<sup>2</sup> de solo pode existir sobre si até 10 m<sup>2</sup> de área foliar, distribuídas em diferentes níveis, enquanto no oceano, 1 m<sup>2</sup> de área coincide com 1 m<sup>2</sup> de superfície evaporadora. Em 2013 foi publicado na *Nature*, uma das mais conceituadas revistas científicas do mundo, um estudo que afirma que quase 90% de toda a água que chega à atmosfera oriunda dos continentes chegou lá através da transpiração das plantas.

Observações do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission- Missão de Medição de Precipitação Tropical) [Nasa 2017] constataram que o ar acima da Floresta Amazônica é tão limpo de poeira como o ar acima dos oceanos. Observou-se também que as nuvens formadas nos dois ambientes são também muito parecidas.

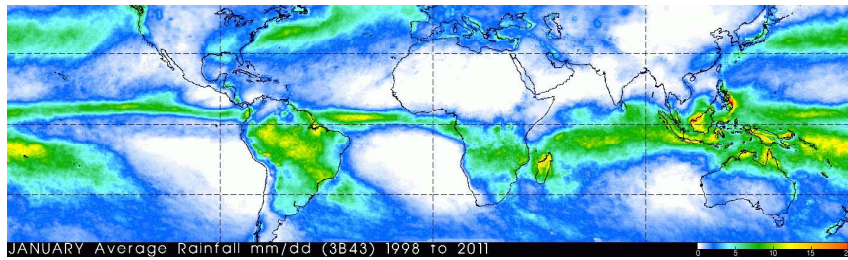


Figura 7.23 Tipos de nuvens [Moss; Moss 2014]

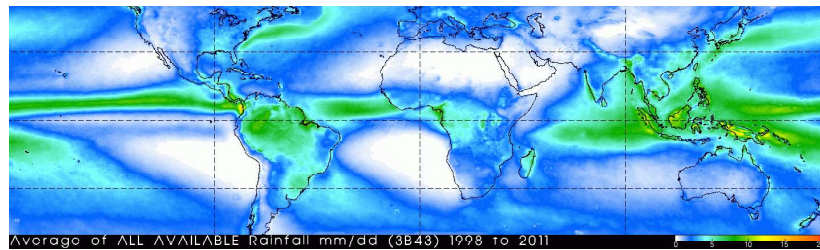
Devido à imensidão do território amazônico, sua extrema capacidade de evapotranspirar água para atmosfera e das demais semelhanças com os oceanos, os pesquisadores que estudam esse ecossistema criaram o conceito de “**oceano verde**” para se referir à hileia.

No entanto, essa comparação tinha uma contradição, não muito intuitiva, que demorou para ser esclarecida: na Floresta Amazônica chove mais, bem mais do que nos oceanos. Parece ironia, mas no que diz respeito às chuvas, os oceanos tendem a aridez.

Veja as imagens abaixo do satélite TRMM, que identificou as chuvas do planeta ao longo do ano de 2011



**Figura 7.24** Chuvas no mês de janeiro de 2011 [Nasa 2017]



**Figura 7.25** Chuvas anuais em 2011 [Nasa 2017]

Nestas figuras a escala indicada no canto direito inferior indicam o índice de precipitação. Quanto mais próximo do azul e branco, menor o índice de precipitação, ao passo que, quanto mais próximo do verde, amarelo e laranja, maior o índice de precipitação.

“O TRMM foi lançado em 1997, durante mais de doze anos o satélite voou entre a região tropical ( $30^{\circ}$  +/-) de ambos lados do equador, executando 16 órbitas por dia. Seus principais instrumentos são: o radar de precipitação, o imageador de microondas, o scanner de radiação visível e infravermelha, o sistema de nuvens e energia radiante da Terra e o sensor de imageamento de raios.” [Passow 2010].

O intrigante é que as nuvens são formadas a partir do vapor d’água resfriado, porém apenas a temperatura não inicia esse processo. É necessário que o vapor d’água se aglutine em torno de alguma superfície sólida ou líquida (núcleos de condensação) para dar início a esse fenômeno. No entanto, como vimos a pouco, o ar da floresta é limpo de poeira. Então o que provoca as chuvas na floresta?

Abaixo está descrita uma atividade prática que ilustra a formação de nuvens.

## Atividade prática<sup>23</sup> – Nuvens e núcleos

Apresentação:

Quando a umidade relativa do ar chega a 100%, o ar fica saturado e o vapor de água começa a se condensar em gotículas. Quando essas gotículas se formam próximo ao chão, forma-se o nevoeiro ou névoa. Acima do chão, essas gotículas começam a fazer surgir uma nuvem. O vapor de água vai se condensar normalmente apenas sobre uma superfície, que, no caso dessas gotículas, são pequenas partículas de poeira, sal, pólen etc. Essas partículas de poeira no ar, sobre as quais ocorre a condensação, são chamadas de núcleos de condensação. Sobre o continente, existem cerca de 5 milhões a 6 milhões desses núcleos em cada litro de ar. Sobre os oceanos há cerca de 1 milhão também para cada litro de ar. Quanto maior for essa partícula que irá servir de núcleo de condensação, maior será a gota a ser formada.

Objetivo:

Mostrar que, para a formação de uma gota, é necessário que haja uma partícula sólida sobre a qual o vapor irá se condensar.

Sugestão de problematização:

Com exceção do ar supersaturado (umidade relativa maior que 100%), o vapor vai se condensar apenas se houver a presença de núcleos de condensação suspensos no ar. Você pode fazer gotículas de água rapidamente adicionando grandes partículas ao ar.

Materiais:

- 1 garrafa de PET de 2 litros
- 1 pitão de câmara de ar de pneu de bicicleta
- 1 bomba de encher pneu de bicicleta
- Água morna
- Fósforo

---

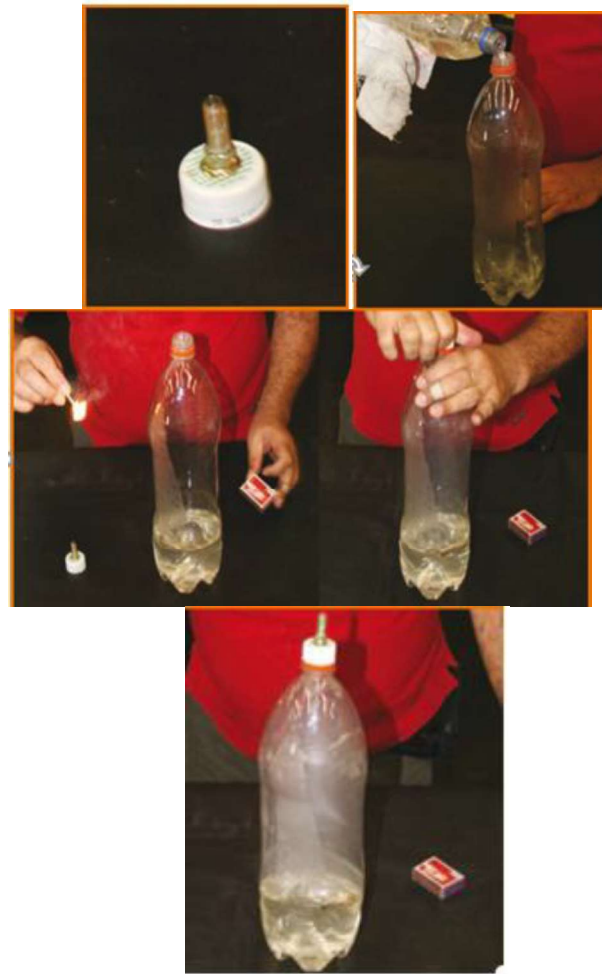
<sup>23</sup> Retirada da obra *Explorando o ensino – mudanças Climáticas* [Oliveira; Silva; Henriques 2009]. Autores: Adelino Carlos de Souza (UERJ) e Giovanni Dolif Neto (INPE).



**Figura 7.26** Materiais para a atividade prática “Nuvens e núcleos”

Procedimentos:

- Fixe o pitão de câmara de ar na tampinha da garrafa.
- Coloque um pouco de água morna na garrafa.
- Acenda o fósforo, apague-o, jogue-o na garrafa e em seguida feche-a.
- Aperte a garrafa e depois solte.
- Observe a formação de uma nuvem na garrafa.
- Com a bomba, coloque bastante ar dentro da garrafa, fazendo pressão.
- Libere a válvula do pitão e observe novamente a formação da nuvem.
- Quando aumentar a pressão, a garrafa fica transparente e, quando soltar, ela fica translúcida.



**Figura 7.27** Procedimento da atividade prática “Nuvens e núcleos”

Orientações complementares:

Por que a utilização da bomba de ar e da válvula fez com que a pressão ficasse mais intensa?

O uso da bomba de ar fez com que a pressão dentro da garrafa aumentasse bastante, dificultando a condensação do vapor de água sobre as minúsculas partículas sólidas da fumaça do fósforo. Quando a válvula é acionada e o ar começa a sair, a pressão de dentro da garrafa cai rapidamente, fazendo com que mais vapor de água saia da água quente, aumentando a umidade do ar dentro da garrafa e favorecendo a formação das gotículas que formam a nuvem. Esse processo de queda de pressão acontece na natureza quando uma “bolha” de ar que é aquecida pelo Sol perto da superfície começa a subir por ser menos densa e então começa a sofrer uma queda de pressão com a altura, até chegar a uma determinada altura em que essa “bolha” de ar se condensa e forma



uma nuvem. Várias “bolhas” de ar que sobem numa área próxima se acumulam, formando grandes nuvens, que geram tempestades acompanhadas de chuva forte, rajadas de vento, raios, relâmpagos, trovões e até granizo.

Possíveis desdobramentos:

Estudar as mudanças de estado físico da água. Pesquisar a condensação em situações ligadas ao nosso dia-a-dia, como a destilação e a transformação de energia em turbinas termoelétricas ou ainda em situações que estão em estudo, como a criogenia [Oliveira; Silva; Henriques 2009].

Retomando a Floresta Amazônica, quando as árvores realizam fotossíntese elas liberam, além de água e O<sub>2</sub>, uma espécie de “perfume”, denominado *compostos orgânicos voláteis biogênicos*. Um exemplo desses compostos é o isopropeno. Verificou-se que, devido à radiação solar e à reação com água, esses perfumes emanados pela floresta geram uma espécie de poeira muito fina, que funciona como núcleos de condensação de chuva. Assim, a Floresta Amazônica gera tanto o vapor d’água como os núcleos de condensação de chuva [Nobre 2014].

Outra descoberta de grande importância é que esses compostos funcionam também como purificadores de ar. Observou-se, por exemplo, que a concentração de ozônio na Amazônia é bem menor que em regiões remotas, como a Antártida.

Os habitantes da floresta são privilegiados, pois respiram o ar mais puro do planeta, livre de poeira e de poluentes.

## ATIVIDADE 11

### Preparando-se para o ENEM

**1. (ENEM/2008)** As florestas tropicais estão entre os maiores, mais diversos e complexos biomas do planeta. Novos estudos sugerem que elas sejam potentes reguladores do clima, ao provocarem um fluxo de umidade para o interior dos continentes, fazendo com que essas áreas de floresta não sofram variações extremas de temperatura e tenham umidade suficiente para promover a vida. Um fluxo puramente físico de umidade do oceano para o continente, em locais onde

não há florestas, alcança poucas centenas de quilômetros. Verifica-se, porém, que as chuvas sobre florestas nativas não dependem da proximidade do oceano. Essa evidência aponta para a existência de uma poderosa “bomba biótica de umidade” em lugares como, por exemplo, a bacia amazônica. Devido à grande e densa área de folhas, as quais são evaporadores otimizados, essa “bomba” consegue devolver rapidamente a água para o ar, mantendo ciclos de evaporação e condensação que fazem a umidade chegar a milhares de quilômetros no interior do continente.

Fonte: NOBRE, A. D. *Almanaque Brasil Socioambiental*. Instituto Socioambiental, 2008, p. 368-9 (com adaptações).

As florestas crescem onde chove, ou chove onde crescem as florestas? De acordo com o texto,

- a) onde chove, há floresta.
- b) onde a floresta cresce, chove.
- c) onde há oceano, há floresta.
- d) apesar da chuva, a floresta cresce.
- e) no interior do continente, só chove onde há floresta.

2. Escreva um pequeno texto justificando a resposta a questão anterior.

3. As florestas tropicais regulam o clima, provocando um fluxo de umidade para dentro do continente. Em períodos de seca isso também acontece? A evapotranspiração nesse período é mais ou menos intensa? Justifique.

## ATIVIDADE 12

**3º Segredo: Bomba biótica de umidade – doar água para receber chuva**

Qual a idade da Floresta Amazônica?

Estudos indicam que ela possui pelo menos 25 mil anos. Existem, no entanto, estimativas de que ela tenha até milhões de anos.

Uma pergunta instigadora é: como a floresta resistiu às mudanças climáticas naturais neste longo período?

O ar úmido vindo do oceano é fundamental para a manutenção do ecossistema amazônico. Como discutimos na atividade “Como se formam as brisas”, a combinação das correntes de convecção acima das águas dos oceanos na região tropical e do movimento de rotação da Terra dão origem à célula de Hadley, que por sua vez é a responsável pelos ventos alísios, que leva naturalmente umidade à região amazônica.

No entanto, a existência desses ventos explicaria apenas a umidade presente nos primeiros quilômetros da costa. Nobre explica que:

A Floresta, por evaporar com muita facilidade, gera zonas de baixas pressão, fazendo com os ventos alísios não percorram apenas alguns quilômetros, como deveria ser, mas avancem floresta adentro. Então, as florestas evaporam quantidades colossais de água, liberam perfumes que funcionam como sementes de chuva e a consequência disso é que consegue importar ar úmido do oceano.

[...]

Ao contrário, se a floresta for removida, o continente terá muito menos evaporação do que o oceano contíguo – com a consequente redução na condensação – o que determinará uma reversão nos fluxos de umidade, que irão da terra para o mar criando um deserto onde antes havia floresta. [Nobre 2014]

Os pesquisadores Makarieva e Gorshkov desenvolveram uma teoria denominada “bomba biótica de umidade”, na qual uma das previsões é de que em períodos de seca mais intensa as árvores da Floresta Amazônica evaporam mais água do que em outras situações. Esse fato contraria tanto nosso senso comum (pois sabemos que em períodos secos as plantas, quando não regadas, morrem), como o conhecimento mais técnico dos ecofisiologistas sobre outros ecossistemas, onde nesses períodos os estômatos das plantas tendem a ficar fechados para economizar água.

#### **4º Segredo: Rios aéreos – água fresca pelas artérias suspensas**

Se você analisar as paisagens ao longo de um mapa mundi, observará que, ao longo da linha do Equador estarão concentradas as florestas tropicais,

enquanto na região compreendida entre as linhas correspondentes aos trópicos de Câncer e Capricórnio está concentrada a maior parte dos desertos. Observe a figura abaixo, onde as regiões em marrom são os desertos. Você consegue nomeá-los?

Tal fato é explicado por um fenômeno já estudado em nossas atividades: “A célula de Hadley”. Por um processo de transferência de calor por convecção, a umidade do ar fica concentrada na região equatorial, enquanto nas demais regiões da faixa tropical prevalece ar seco, favorecendo assim a formação de desertos.

Grande parte do território brasileiro está situada nesta faixa de desertos. Por que então não observamos esse clima por aqui?

Salati e colaboradores, por meio de assinaturas químicas do vapor de água oriunda do oceano, da água que voltava ao Atlântico através da bacia Amazônica, que a floresta devia exportar quantidades significativas de vapor d’água para a região centro-sul. Análises posteriores concluíram que as chuvas nessa região vêm da Floresta Amazônica. A grande quantidade de vapor d’água evapotranspirada pela Amazônia é empurrada pelos ventos alísios para o oeste, e a Cordilheira dos Andes bloqueia este vapor. Parte dele precipita ali, alimentando as cabeceiras do Rio Amazonas; outra parte viaja para o sul, distribuindo auspiciosas chuvas na região centro meridional da América do Sul. Esse fenômeno foi popularizado como **“rios voadores da Amazônia”**<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> Você pode obter mais informações sobre este fenômeno em <http://riosvoadores.com.br>.



Figura 7.30 Os rios voadores da Amazônia [Moss; Moss 2014]

A assinatura química mencionada consiste em fazer uma **análise isotópica** de amostras de água.

Na tabela periódica estão listados todos os elementos químicos conhecidos. No entanto, para cada elemento presente na tabela, existe uma série de isótopos, ou seja, átomos que apresentam a mesma quantidade de prótons, porém com um número diferente de nêutrons. Como na formação de uma molécula a interação mais importante é a elétrica, a quantidade de nêutrons no núcleo exerce pouca influência na ligação química entre os átomos.

Por exemplo, a fórmula molecular da água é  $H_2O$ , mas na natureza existem os isótopos:

- $^1H$ , que apresenta apenas um próton e é o que está presente na tabela periódica. Também chamado de prótio.
- $^2H$  que possui um próton e um nêutron em seu núcleo atômico. Também chamado de deutério.

- $^3\text{H}$  possui dois nêutrons e um próton em seu núcleo atômico. Também chamado de trítio.
- $^{16}\text{O}$ , que apresenta oito prótons e oito nêutrons em seu núcleo atômico.
- $^{17}\text{O}$ , que apresenta oito prótons e nove nêutrons em seu núcleo atômico.
- $^{18}\text{O}$ , que apresenta oito prótons e dez nêutrons em seu núcleo atômico.

Existem, então 27, possibilidades de se formar uma molécula de água (pelo **Princípio Fundamental de Contagem**: 3 possibilidades de escolher o primeiro isótopo de hidrogênio X 3 possibilidades de escolher o segundo isótopo de hidrogênio X 3 possibilidades de se escolher um isótopo de oxigênio).

A **Análise Isotópica** é a técnica utilizada pelos cientistas para se medir qual é proporção de determinados isótopos em uma determinada amostra. Ela é feita a partir de um instrumento chamado **espectrômetro de massas**, que consiste na geração de íons a partir da amostra estudada, para então submetê-los a campos elétricos e magnéticos, e verificar sua trajetória. Esse estudo é fundamental para diversas áreas, como a Ecologia, Ciência Forense, Agronomia, Geologia e Arqueologia. Em cada local do planeta, como oceanos, rios, continente, etc., existe uma certa proporção desses isótopos. Analisando essas proporções, pode-se traçar o itinerário percorrido, não apenas pela água, mas pelos outros elementos dos ciclos biogeoquímicos.

A partir da análise isotópica de amostras d'água obtidas em diversas regiões brasileiras, feitas principalmente pelo Centro de Energia Nuclear para Agricultura da Universidade de São Paulo (Cena-USP) em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e com o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, foi possível traçar um mapa das chuvas em nosso país.

## 5° Segredo: Dossel rugoso – freio de arrumação nos ventos

Faça uma busca na internet sobre um mapa de furacões. A diferença entre os termos ciclones, tufões e furacões é apenas uma questão geográfica; ou seja, dependendo de onde o fenômeno ocorre é atribuído um nome diferente. Assim quando ocorre no Oceano Atlântico ou Pacífico Leste, chama-se **furacão**. No Pacífico Oeste, **tufão**. E os dois fenômenos são classificados como ciclones [Terra 2017]. Você deve observar algo curioso, de que, ao que parece, não há esse tipo de fenômeno extremo sobre a Amazônia. Segundo, Nobre:

“Makarieva e Gorshkov demonstraram teoricamente como uma grande área terrestre coberta por floresta não permite a formação de furacões e outros padrões climáticos anômalos, incluindo secas e enchentes. Em sua explicação, a fricção turbulenta local com o dossel da floresta -que transpira ativamente, o que resulta em chuvas uniformes sobre grandes áreas-, e a tração do vento pela bomba biótica em distâncias maiores diminui muito a chance de organização de tormentas como tornados ou furacões. As trajetórias registradas dos furacões comprovam o ambiente ameno nas regiões cobertas por florestas extensas e áreas oceânicas próximas<sup>50</sup>. Ou seja, além de todos os outros serviços da floresta ao clima, ela ainda oferece um seguro contra destrutivos eventos atmosféricos, atenuando a concentração de energia nos ventos!” [Nobre 2014]

Vejamos na atividade prática abaixo, alguns fatos sobre a medida da velocidade dos ventos.

### Atividade Prática<sup>25</sup> – Velocidade do vento

Apresentação:


O movimento horizontal das parcelas de ar em relação à superfície terrestre é definido como vento. O vento também aparece quando massas de ar se deslocam seguindo o princípio físico simples em que um fluido (como o ar) sujeito à ação da gravidade se move das áreas de alta densidade (alta pressão à superfície) para as de baixa densidade (baixa pressão à superfície). Diariamente, muitos profissionais necessitam saber qual é, aproximadamente, a intensidade do vento naquele instante. Foi pensando nisto que, em 1806, um marinheiro chamado Francis Beaufort (1774-1857) teve a idéia de relacionar

---







<sup>25</sup> Retirada da obra *Explorando o ensino – mudanças climáticas*. Autores: Helio Camargo Júnior (Inpe), Giovanni Dolif Neto (Inpe), Gilvan Sampaio (Inpe), Lana Nárcia Leite da Silveira (EEB), Marcos Barbosa Sanches (Inpe) e Maria Emília Mello Gomes (AEB/Programa AEB Escola).

fatos observados com a intensidade do vento, criando então a chamada “Escala Beaufort”. Essa escala vai de 0 (vento calmo) até 12 (furacão).

Na tabela a seguir, podemos ver a relação visual e a intensidade aproximada do vento.

|   | FORÇA | DESIGNAÇÃO                     | VELOCIDADE   | ASPECTO DO MAR   | INFLUÊNCIA EM TERRA   |
|---|-------|--------------------------------|--------------|--|---|
|    | 0     | Calma                          | 0 – 0,5 km/h | Espelhado  | A fumaça sobe verticalmente.  |
|    | 1     | Vento brando e fresco. Viração | 2 – 6 km/h   | Mar encrespado com pequenas rugas, com aparência de escamas.     | A direção do vento é indicada pela fumaça.  |
|    | 2     | Brisa leve                     | 7 – 12 km/h  | Ligeiras ondulações de 30 cm, com cristas, mas sem arrebentação. | Sente-se o vento no rosto, movem-se as folhas das árvores.                                      |
|  | 3     | Brisa fraca                    | 13 – 18 km/h | Grandes ondulações de 60 cm com princípio de arrebentação.       | As folhas das árvores se agitam e as bandeiras desfraldam.                                      |
|  | 4     | Brisa moderada                 | 19 – 26 km/h | Pequenas vagas, mais longas, de 1,5 m.                           | Poeira e pequenos papéis soltos são levantados. Movem-se os galhos das árvores.                 |
|  | 5     | Brisa forte                    | 27 – 35 km/h | Vagas moderadas de forma longa e uns 2,4 m.                      | Movem-se as pequenas árvores.   |
|  | 6     | Vento fresco                   | 36 – 44 km/h | Grandes vagas de até 3,6 m. Muitas cristas brancas.              | Assobios na fiação. Movem-se os maiores galhos das árvores. Guarda-chuva usado com dificuldade. |



|   |    |                     |                  |   |  |
|---|----|---------------------|------------------|---|--|
|    | 7  | Vento forte         | 45 – 54 km/h     | Mar grosso. Vagas de até 4,8 m de altura. Espuma branca de arrebatção.  | Movem-se as grandes árvores. É difícil andar contra o vento.             |
|    | 8  | Ventania            | 55 – 65 km/h     | Vagalhões regulares de 6 a 7,5 m de altura.   | Quebram-se os galhos das árvores. É difícil andar contra o vento.        |
|    | 9  | Ventania forte      | 66 – 77 km/h     | Vagalhões de 7,5 m com faixas de espuma densa. O mar rola.  | Danos nas partes salientes das árvores. Impossível andar contra o vento. |
|   | 10 | Tempestade          | 78 – 90 km/h     | Grandes vagalhões de 9 m a 12 m. O vento arranca as faixas de espuma. A superfície do mar fica toda branca. A visibilidade é afetada. | Árvores são arrancadas. Danos na estrutura dos prédios.                  |
|  | 11 | Tempestade violenta | 91 – 104 km/h    | Vagalhões excepcionalmente grandes, de até 13,5 m. A visibilidade é muito afetada. Navios de tamanho médio somem no cavado das ondas. | Muito raramente observado em terra.                                      |
|  | 12 | Furacão             | 105 ou mais km/h | Mar todo de espuma. Espuma e respingos saturam o ar. A visibilidade é seriamente afetada.   | Grandes estragos.  |

**Figura 7.29** Velocidade dos ventos.

Como o vento representa as variações espaciais de pressão, ele possui características como velocidade, direção e sentido. Todas essas informações podem ser coletadas por um instrumento conhecido como anemômetro.

Objetivos:

- Construir um medidor de intensidade de vento chamado anemômetro.
- Utilizar uma escala que permite conhecer a intensidade aproximada do vento.

Sugestão de problematização:

É possível estimar a velocidade do vento? Você consegue, estando dentro do carro, estimar a velocidade do carro sem ver o velocímetro?

Materiais:

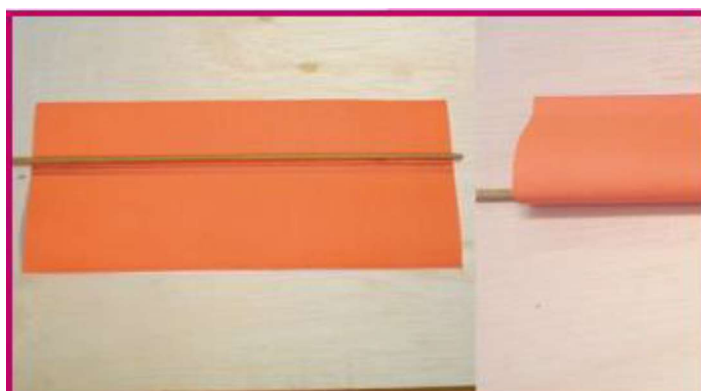
- 1 régua de 30 cm
- 1 tesoura pequena
- 1 transferidor
- 1 capa de caneta esferográfica
- 1 caneta hidrocor
- Cola
- 2 cartolinas em cores diferentes (laranja e vermelha)
- 1 canudo
- 1 vareta de madeira de fazer pipa
- 1 percevejo
- 1 garrafa PET com água ou areia até a metade



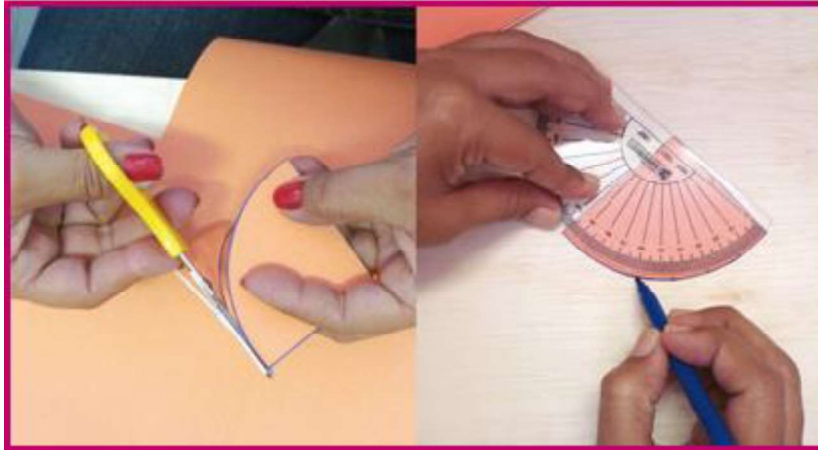
**Figura 7.30** Materiais.

Procedimentos:

- Corte a cartolina laranja no tamanho 10 cm x 24 cm.
- Dobre-a ao meio e cole a vareta de madeira na dobra feita. Esta será a base do seu medidor de vento.
- Com o transferidor, desenhe na cartolina laranja um arco de 90°.
- Recorte-o e divida-o, com marcas de caneta, em intervalos de 15°. Esta será a escala de medição do seu medidor de vento.
- Corte uma tira da cartolina vermelha (17 cm x 1 cm) e cole-a no canudo, da ponta para o centro. Este será o ponteiro do seu medidor de vento.
- Sobreponha as peças feitas anteriormente, uma sobre as outras, e prenda-as com o percevejo na vareta colada.
- Para a fabricação da base, pegue a garrafa e encha com água ou areia.
- Fure a tampa da garrafa e insira a capa de caneta.
- Fixe a capa de caneta com metade para dentro da garrafa.
- Insira a vareta de madeira na capa de caneta.
- Fixe a garrafa em um local com vento e observe a direção do mesmo.



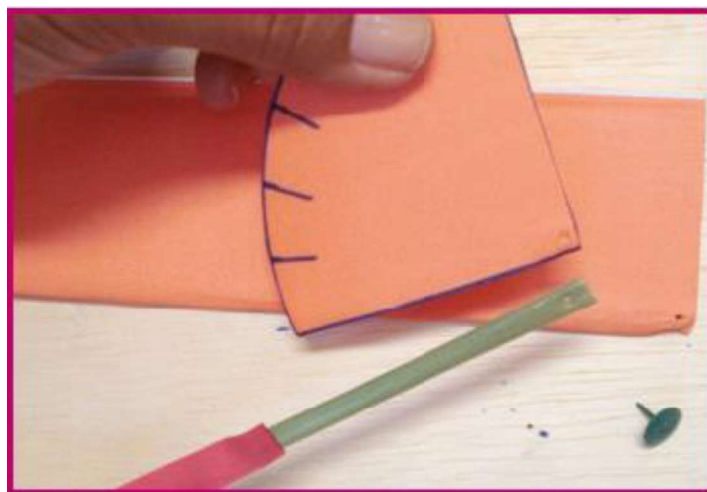
**Figura 7.32** Demosntração do procedimento 1.



**Figura 7.32** Demonstração do procedimento 2.



**Figura 7.33** Demonstração do procedimento 3.



**Figura 7.34** Demonstração do procedimento 4.



**Figura 7.35** Demonstração do procedimento 5.



**Figura 7.36** Demonstração do procedimento 6.

Orientações complementares:

É padronizado que a direção e o sentido do vento são definidos com relação ao norte geográfico. Assim, quando o anemômetro registra ventos de nordeste, isto significa que o vento escoar na direção nordeste-sudoeste, originando-se do sentido nordeste. Nos aeroportos de todo o mundo, a unidade de medida para velocidade do vento é o “nó”: 1 nó equivale a 1,85325 km/h.

Possíveis desdobramentos:

Estimule o aluno a fazer experimentos de campo, relacionando a intensidade do vento ao seu cotidiano. Faça uma excursão em aeroportos ou aeroclubes, na área onde é realizada a medição do vento e de outras variáveis atmosféricas;

Estimule o aluno a conversar com o observador meteorológico. Incentive o aluno a fazer uma pesquisa sobre o poder energético do vento (energia eólica). Estimule o aluno a preparar esta experiência numa feira de ciências, colocando em forma de cartaz a Escala Beaufort.

Atenção!

A atividade aqui exposta deve ser desenvolvida, de preferência, sob a supervisão do professor. Vale lembrar que é sempre recomendável cuidado no manuseio de materiais como tesoura, fósforo e outros que podem ferir quando usados inadequadamente.

### ATIVIDADE 13

Vinícius de Moraes, em seu poema *O operário em construção*, fala da importância de quando nós, sujeitos em construção, adquirimos a dimensão da poesia

*“Foi dentro da compreensão  
Desse instante solitário  
Que, tal sua construção  
Cresceu também o operário.  
Cresceu em alto e profundo  
Em largo e no coração  
E como tudo que cresce  
Ele não cresceu em vão  
Pois além do que sabia  
- Exercer a profissão -  
O operário adquiriu  
Uma nova dimensão:  
A dimensão da poesia.”*

No nosso primeiro encontro, discutimos como os temas relacionados à água e as mudanças climáticas são comentadas na mídia e como essas questões impactam diretamente nossas vidas. O verso **“os rios voadores mal deságuam por aqui”**, da música *Quede Água*, de Lenine, levou-nos a um

percurso onde estudamos os conceitos de temperatura, pressão, estados da matéria e suas mudanças, calor e teoria do caos. E para “não dizer que não *falamos* das flores”, vimos como esses conceitos nos ajudam a entender que a Floresta Amazônica é um sistema vivo e complexo que influencia o tempo e o clima local, regional e global, e, portanto, precisa ser conservada.

Para além de se conseguir converter temperaturas entre as escalas Celsius, Fahrenheit ou Kelvin, ou de se calcular quanta energia é necessária para evaporar a água de um dia amazônico, de entender os cálculos relacionados à pressão e como ela influencia os pontos de fusão e ebulição das substâncias, de entender que o clima é um fenômeno complexo, valendo a teoria do caos, ou ainda, como estes conceitos nos ajudam a entender o processo dos rios voadores da Amazônia, espera-se que esses temas colaborem para a formação de operários, professores e estudantes em construção. E que isso também ajude a cumprir os versos de nosso poeta camarada:

*E foi assim que o operário  
Do edifício em construção  
Que sempre dizia sim  
Começou a dizer não.*

Dizer **não** é um imperativo nesses tempos onde sombras do passado bradam contra a liberdade, contra a democracia, contra a arte e contra a vida!

Saravá!

Para avaliarmos o saldo deste percurso, refaça o item a seguir, retirado da atividade 1:

Levando em conta que as águas do planeta obedecem a um certo ciclo, represente de forma esquemática, no espaço abaixo, como compreende esse ciclo, inserindo agora os elementos e conceitos aprendidos nas últimas aulas.

## Capítulo 8

### Análise dos resultados

A aplicação do presente produto iniciou-se no dia 14 de setembro de 2017 e terminou no dia 21 de dezembro de 2017. A intervenção foi realizada nas turmas de segundo ano dos cursos técnicos integrados ao ensino médio em Meio Ambiente, Análises Clínicas e Vigilância em Saúde do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Águas Lindas. A proposta inicial era utilizar apenas um bimestre letivo, no entanto, por motivos que explicaremos a seguir, utilizamos o terceiro e quarto bimestre.

A aplicação do produto foi bastante desafiadora para o professor e estudantes, pois o referido ano letivo foi atípico. No ano de 2016, o Brasil presenciou uma verdadeira “primavera secundarista”, na qual, indignados com a “reforma” do ensino médio e com a proposta da PEC 55, apelidada justamente como PEC da maldade, ou PEC do fim do mundo, estudantes ocuparam milhares de escolas e universidades. O câmpus Águas Lindas de Goiás do IFG, foi a segunda escola ocupada no Brasil e uma das quais a ocupação teve maior duração. Na esteira deste movimento, provocados em grande medida pelos discentes, os servidores também deflagraram uma das primeiras greves do funcionalismo público daquele momento. Para cumprir os 200 dias letivos preconizados pela legislação educacional, o ano letivo de 2016 terminou em 2017 e, por conseguinte o ano letivo de 2017 terminou apenas em 2018, com o agravante de que todos os sábados no período de aulas foram utilizados para tal reposição.

Outro fato é que no período aconteceram alguns eventos institucionais que contaram com a participação dos 14 câmpus do IFG, tais como: o Festival de Artes, realizado em Itumbiara, de 7 a 10 de novembro, o Simpósio de Pesquisa e Extensão (SIMPEEX), realizado em Aparecida de Goiânia, de 9 a 11 de outubro e o Encontro de Culturas Negras, realizado em Uruaçu, no início de novembro, além de eventos de menor porte tais como visitas técnicas isoladas dos cursos e atividades do movimento estudantil. Assim o quórum em sala de aula nesses dias foi bastante comprometido.



Somado a isso, ainda existe o agravante da rotina dos estudantes ser bastante pesada. Eles cursam 18 disciplinas, e o horário de aulas é das 7 às 17 horas. O cansaço acumulado desde 2016, a rica agenda das atividades mencionadas e a sobre carga natural do currículo e horário de aulas, forçou-nos a esticar os prazos previstos na aplicação das atividades e até mesmo abortar a aplicação de algumas etapas. O que não é contraditório com a presente proposta de uma educação, como recomenda Freire, dialógica e que a relação professor–aluno seja horizontal. A seguir, narramos os principais pontos observados na aplicação das atividades, bem como os dados obtidos.

### Atividade 1 – Reportagens e relato do debate

Foi solicitado aos discentes que pesquisassem, uma semana antes, reportagens cuja temática fosse a questões relacionadas à água e mudanças climáticas, para que realizássemos um debate com esta temática. Os principais fatos levantados no debate são apresentados no quadro abaixo:

| Meio Ambiente  | Análises Clínicas  |
|--|--|
| Que, em relação aos impactos ambientais, os governantes combatem apenas os sintomas e não as causas  | Temperatura recorde no Irã (50°C)  |
| Sobre uma nota onde o Papa Francisco critica aqueles que negam as mudanças climáticas  | Ciclones nas Ilhas Bahamas (Irmã)  |
| Críticas aos modos produção que enxergam na natureza apenas um valor de uso  | Projeto em Cabo Verde sobre agricultura e mudanças climáticas                            |
| Reutilização da água   | Índice médio de desperdício de 30%   |
| Presença de micro plásticos na água “potável”  | Tempestades tropicais  |
| Alteração do tamanho de algumas espécies de peixes devido ao aquecimento global  | Formação de lagos na Antártida   |
| Higiene de galões de água  | Aproveitamento de água a partir do soro de leite   |
| Críticas ao projeto de lei PLS 259/2015, que trata da dessalinização da água   | Posicionamento dos líderes mundiais frente as mudanças climáticas, principalmente o Papa |
| Influência da Floresta Amazônica nas mudanças climáticas   | A mudanças climáticas podem acabara com alguns parasitas                                 |
| Uma estudante sugeriu o documentário A lei da água <sup>26</sup> , no qual onde diversos especialistas falam sobre o impacto que a reforma florestal provocará na questão hídrica brasileira | Presença de micro plásticos na água.   |
|  | Rios Voadores da Amazônia  |
|  | A fúria dos ventos e das águas   |
|  | Alguns países são adaptáveis ao aquecimento global                                       |
|  | Redução das chuvas em São Paulo  |

**Quadro 8.1** Reportagens levantadas pelos alunos [Elaborado pelo autor]

<sup>26</sup> Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=jgq\\_SXU1qzc](https://www.youtube.com/watch?v=jgq_SXU1qzc)>

Devido a uma atividade paralela realizada pelo Movimento Estudantil, não foi possível sistematizar da mesma forma o debate inicial sobre as reportagens e impressões iniciais sobre a temática na turma de Vigilância em Saúde. No entanto, em uma sondagem mais superficial, contatou-se várias narrativas parecidas com as duas outras turmas. Uma vez que naquela semana as notícias sobre o furacão Irmã e sobre a escassez de chuvas em várias regiões do Brasil eram bem frequentes. Abaixo estão os títulos e os links das reportagens pesquisadas pelos estudantes.

| <b>Meio Ambiente</b>   | <b>Análises Clínicas</b>   | <b>Vigilância em Saúde</b>   |
|--|--|--|
| <p>“Microplásticos contaminam água da torneira nos cinco continentes”<br/>           Fonte: Uol Notícias – Ciência e saúde</p>   | <p>“Na Flórida Trump agradece socorristas por reação rápida ao furacão Irmã”<br/>           Fonte: <a href="https://www.google.com.br/amp/s/g1.globo.com/google/amp/g1.globo.com/mundo/noticia/na-florida-trump-agradece-socorristas-por-reacao-rapida-ao-furacao-irma.ghtml">https://www.google.com.br/amp/s/g1.globo.com/google/amp/g1.globo.com/mundo/noticia/na-florida-trump-agradece-socorristas-por-reacao-rapida-ao-furacao-irma.ghtml</a></p> | <p>“Mudança climática já afeta 82% da vida na Terra”<br/>           Fonte: <a href="https://www.terra.com.br/noticias/mudanca-climatica-ja-afeta-82-da-vida-na-terra,d772507f0d631be13875a0822d0e0f4bljn5xrc0.html">https://www.terra.com.br/noticias/mudanca-climatica-ja-afeta-82-da-vida-na-terra,d772507f0d631be13875a0822d0e0f4bljn5xrc0.html</a></p> |
| <p>“Quase toda a água potável do mundo tem plástico. E a sua saúde?”<br/>           Fonte: <a href="http://saude.abril.com.br">saude.abril.com.br</a></p>  | <p>“Há uma nova ameaça invisível na água potável — microplásticos”<br/>           Fonte: <a href="http://exame.abril.com.br/ciencia/ha-uma-nova-ameaca-invisivel-na-agua-potavel-microplasticos/">http://exame.abril.com.br/ciencia/ha-uma-nova-ameaca-invisivel-na-agua-potavel-microplasticos/</a></p>   | <p>“Quais as maiores ameaças para o mundo, segundo 50 Prêmios Nobel”<br/>           Fonte: <a href="http://exame.abril.com.br/mundo/quais-as-maiores-ameacas-para-o-mundo-segundo-50-premios-nobel/">http://exame.abril.com.br/mundo/quais-as-maiores-ameacas-para-o-mundo-segundo-50-premios-nobel/</a></p>   |
| <p>“Cientistas brasileiros analisam impactos das mudanças climáticas na Amazônia”<br/>           Fonte: <a href="http://www.brasil.gov.br/meioambiente/2017/02/cientistas-brasileiros-analisam-impactos-das-mudancas-climaticas-na-amazonia">www.brasil.gov.br/meioambiente/2017/02/cientistas-brasileiros-analisam-impactos-das-mudancas-climaticas-na-amazonia</a></p> | <p>“Consequências do aquecimento do mar podem superar expectativas”<br/>           Pesquisadores decidiram aquecer uma fina camada de água do fundo do mar em torno da estação de Rothera, na Antártida</p>  | <p>“O planeta pede água”<br/>           Fonte: <a href="http://revistagalileu.globo.com/revista/galileu/0,,edg82626-7943-201,00-o+planeta+pede+agua.html">http://revistagalileu.globo.com/revista/galileu/0,,edg82626-7943-201,00-o+planeta+pede+agua.html</a></p>   |
| <p>“Poluição física (Térmica) – Usinas termoelétricas”<br/>           Fonte: G1 - 10/10/2011</p>   | <p><a href="http://exame.abril.com.br/ciencia/cons-equencias-do-aquecimento-do-mar-podem-superar-expectativas/">http://exame.abril.com.br/ciencia/cons-equencias-do-aquecimento-do-mar-podem-superar-expectativas/</a></p>   | <p>Águas e mudanças climáticas<br/>           Fonte: <a href="http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext_pr&amp;pid=s0103-40142008010200001">http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext_pr&amp;pid=s0103-40142008010200001</a></p>   |
| <p>“O que são os rios voadores que distribuem a água da Amazônia”</p>  | <p>“Mudanças climáticas farão com que furacões fiquem mais intensos.”</p>  | <p>“Há uma nova ameaça invisível na água potável — microplásticos”</p>   |

|  |   |   |
|--|---|---|
| Fonte: G1 – 01/02/2017   |   | Fonte:<br><a href="http://exame.abril.com.br/ciencia/ha-uma-nova-ameaca-invisivel-na-agua-potavel-microplasticos/">http://exame.abril.com.br/ciencia/ha-uma-nova-ameaca-invisivel-na-agua-potavel-microplasticos/</a>   |
| “Mudança climática provocará uma explosão de vida na Antártida”<br>Fonte:<br><a href="https://brasil.elpais.com/ciencia">https://brasil.elpais.com/ciencia</a> | <a href="http://exame.abril.com.br/ciencia/mudancas-climaticas-farao-com-que-furacoes-figuem-mais-intensos/">http://exame.abril.com.br/ciencia/mudancas-climaticas-farao-com-que-furacoes-figuem-mais-intensos/</a>   | “Mundo está inerte para crise da água causada pelo clima, alerta o IPCC”<br>Fonte:<br><a href="http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/02/mundo-esta-inerte-para-crise-da-agua-causada-pelo-clima-alerta-o-ipcc.html">http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/02/mundo-esta-inerte-para-crise-da-agua-causada-pelo-clima-alerta-o-ipcc.html</a>   |
|  | “Consequências do aquecimento do mar podem superar expectativas”  | “Guerra entre Estados Unidos e Coreia do Norte mudaria clima da Terra Embate entre Coreia do Norte e EUA e teste com bomba de hidrogênio acendem sinal vermelho”<br>Fonte:<br><a href="http://www.otempo.com.br/mobile/capa/mundo/guerra-entre-estados-unidos-e-coreia-do-norte-mudaria-clima-da-terra-1.1518340">http://www.otempo.com.br/mobile/capa/mundo/guerra-entre-estados-unidos-e-coreia-do-norte-mudaria-clima-da-terra-1.1518340</a> |
|  | Fonte:<br><a href="https://www.efe.com/efe/brasil/varios/consequencias-do-aquecimento-mar-podem-superar-expectativas-aponta-estudo/50000250-3367255">https://www.efe.com/efe/brasil/varios/consequencias-do-aquecimento-mar-podem-superar-expectativas-aponta-estudo/50000250-3367255</a> | “Consequências do aquecimento do mar podem superar expectativas”<br>Fonte:<br><a href="http://exame.abril.com.br/ciencia/consequencias-do-aquecimento-do-mar-podem-superar-expectativas/">http://exame.abril.com.br/ciencia/consequencias-do-aquecimento-do-mar-podem-superar-expectativas/</a>   |
|  | “Formação de lagos azuis na Antártida preocupa cientistas Um fenômeno semelhante se encontra por trás do degelo inédito da Groenlândia”   | “Mudanças climáticas farão com que furacões fiquem mais intensos. Com o aumento das temperaturas, os cientistas acreditam que sua intensidade aumentará, mas sua frequência não”<br>Fonte:<br><a href="http://exame.abril.com.br/ciencia/mudancas-climaticas-farao-com-">http://exame.abril.com.br/ciencia/mudancas-climaticas-farao-com-</a>   |

|  |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
|  |   | que-furacoes-fiquem-mais-intensos/ |
|  | Fonte:<br><a href="https://googleweblight.com/?lite_url=https://brasil.elpais.com/brasil/2016/08/22/ciencia/1471879655_591528.html%3frel%3dmas&amp;lc=pt-br&amp;s=1&amp;m=748&amp;host=www.google.com.br&amp;ts=1505388829&amp;sig=anty_l1u3ar8ua9pnoezbencapydys97a">https://googleweblight.com/?lite_url=https://brasil.elpais.com/brasil/2016/08/22/ciencia/1471879655_591528.html%3frel%3dmas&amp;lc=pt-br&amp;s=1&amp;m=748&amp;host=www.google.com.br&amp;ts=1505388829&amp;sig=anty_l1u3ar8ua9pnoezbencapydys97a</a> |                                    |
|  | “Elementos apontam para relação entre furacões e mudanças climáticas”<br>Fonte:<br><a href="http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/mundo/2017/09/12/interna_mundo,722189/elementos-apontam-para-relacao-entre-furacoes-e-mudancas-climaticas.shtml">http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/mundo/2017/09/12/interna_mundo,722189/elementos-apontam-para-relacao-entre-furacoes-e-mudancas-climaticas.shtml</a>  |                                    |
|  | “Mudanças climáticas podem causar também a extinção de parasitas, afirmam cientistas”<br>Fonte:<br><a href="http://g1.globo.com/natureza/blog/nova-etica-social/post/mudancas-climaticas-podem-causar-tambem-extincao-de-parasitas-afirmam-cientistas.html">http://g1.globo.com/natureza/blog/nova-etica-social/post/mudancas-climaticas-podem-causar-tambem-extincao-de-parasitas-afirmam-cientistas.html</a>  |                                    |

**Quadro 8.2** Títulos e links das reportagens [Elaborado pelo autor]

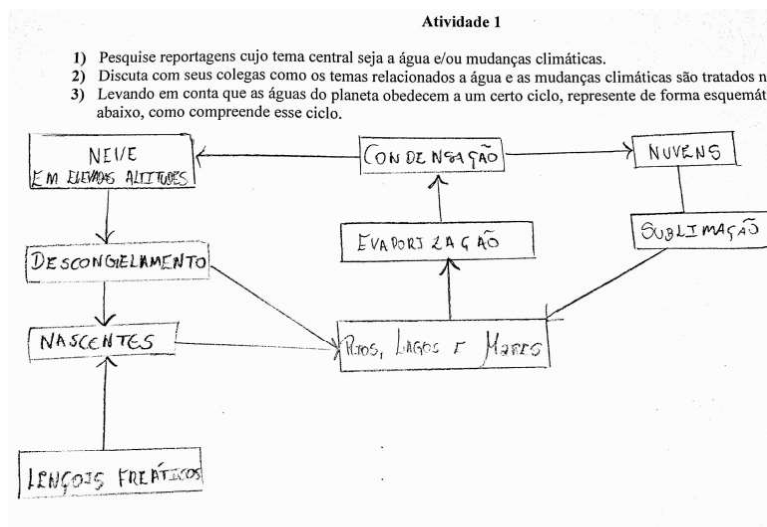
### Representação do ciclo da água

Na questão sobre as representações sobre o ciclo da água observou-se o seguinte:

| Meio Ambiente   | Análises Clínicas  | Vigilância em Saúde   |
|---|--|---|
| 17 representações constando a evapotranspiração das plantas como etapa do ciclo da água, sendo que, dentre estas, em apenas duas aparece o ser humano dentro deste ciclo. Em 9 representações os ciclos apresentados são praticamente idênticas àquelas apresentadas em livros didáticos do ensino fundamental. | 15 conforme o indicado nos livros de ciências do ensino fundamental e 8 que de algum modo comparecem as plantas como integrantes do processo; destas, em apenas uma representação o ser humano é mencionado. | 11 não representaram os seres vivos como parte integrante do processo e 14 desenharam casas, inserindo o homem como parte do ciclo, porém não representaram plantas ou algo parecido. |

**Quadro 8.3** Representações do ciclo da água [Elaborado pelo autor]

A figura a seguir indica um exemplo de um ciclo da água representado por um estudante nesta atividade.



**Figura 8.1** Representação do ciclo da água produzido por um estudante durante a aplicação do produto.

Observe que nesta representação não traz a contribuição dos seres vivos no ciclo da água.

Na análise dos dados da atividade final, será mostrado um exemplo de comparação entre as representações do ciclo da água antes e após a aplicação do produto educacional.

### Diferenciação entre “tempo” e “clima”

Em relação ao questionamento entre a diferença entre os conceitos de tempo e clima, observamos os seguintes resultados

| Meio Ambiente  | Análises Clínicas  | Vigilância em Saúde   |
|--|--|---|
| Apenas um estudante não soube diferenciar estes dois termos satisfatoriamente. | 2 estudantes não souberam diferenciar satisfatoriamente os dois conceitos<br>21 estudantes descreveram, que tempo está relacionado as condições instantâneas da atmosfera, enquanto clima não. Porém em 7 destas descrições, foram atribuídas características de imutabilidade ao clima, por exemplo<br>“Não, tempo vive em constante mudança, já o clima é típico de cada região onde <b>não possui mudança constante</b> ” (grifo meu) | 8 estudantes não souberam diferenciar satisfatoriamente os dois conceitos.<br>17 souberam diferenciar satisfatoriamente os dois conceitos, sendo que destes 2 estudantes conferiram ao clima aspectos de imutabilidade. |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>“Não. Tempo é um estado momentâneo e Clima é mais duradouro, algo <b>permanente</b>”</p> |  |
|--|---|--|

**Quadro 8.4** Diferenciação entre tempo e clima [Elaborado pelo autor]

Destaca-se o fato de que alguns estudantes conceituaram clima como algo permanente, pois isso dificulta o entendimento do agravamento das mudanças climáticas. Pois, como se pode falar em mudanças climáticas se as características não mudam?

## Atividade 2

Foi distribuído aos discentes a letra da música *Quede Água* e apresentado um vídeo da mesma<sup>27</sup>. Após a escuta da música, foi destinado um tempo da aula para que os estudantes manifestassem suas impressões sobre a música e quais versos chamaram-lhe mais a atenção. Os versos “E a tragédia da seca, da escassez/ Cair sobre todos nós/Mas sobretudo sobre os pobres outra vez/Sem terra, teto, nem voz” e “Algo que parecia tão distante/ Periga, agora tá perto/ Flora que verdejava radiante/ Desata a virar deserto” chamaram bastante atenção dos estudantes das três turmas.

Em seguida foi escrito na lousa o verso “Os rios voadores da hileia, mal desaguam por aqui”. Em seguida, foi questionado seu significado. Seguindo a leitura da atividade, os estudantes verificaram a origem do termo hileia. Nesse momento expliquei, de forma bastante breve, o fenômeno dos rios voadores da Amazônia, assim como o percurso didático que iríamos desenvolver para entender, de forma mais aprofundada, este fenômeno.

## Atividade 3

Na atividade prática onde se pedia para ordenar, por meio do tato, a temperatura de quatro recipientes, a sala foi dividida em dois grupos. Inicialmente pensou-se em um número maior de grupos, porém por uma limitação na quantidade de termômetros disponíveis no laboratório a atividade

<sup>27</sup> Disponível em (<https://www.youtube.com/watch?v=P6ZdZjTxrHU>).

foi feita apenas com dois grupos por turma. As sequências obtidas pelos grupos foram, em todas as turmas foram:

**4, 2, 3, 1 e 4, 3, 2, 1**

Após as medidas como o termômetro, foram obtidas as sequências.

**Meio Ambiente: 14°C, 23°C, 25°C, 36°C**  
**11°C, 24,5°C, 26°C, 41°C**

**Análises Clínicas: 10°C, 34°C, 34°C, 42°C**  
**14°C, 22°C, 25°C, 33°C**  
**13°C, 24C, 24°C, 35°C**

**Vigilância em Saúde: 14,5°, 24°C, 26°C, 39°C**  
**16°C, 23°C, 26°C, 36°C**

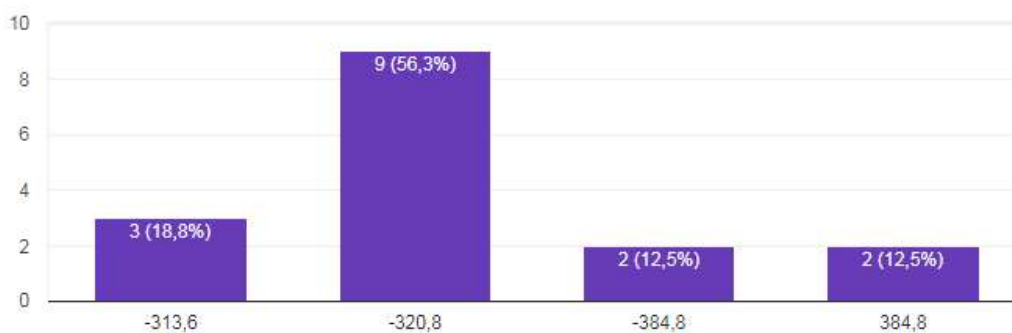
Inicialmente, esperava-se que as medidas das temperaturas, por meio do termômetro, dos recipientes 2 e 3 fossem idênticas. A hipótese é que, como diversos estudantes mergulharam as mãos nos potes com água quente e fria para depois mergulhá-los nos que continham água em temperatura ambiente, ocorreram diversas trocas de calor, ocasionando essa ligeira diferença de temperatura.

Embora isto tenha comprometido um pouco o objetivo inicial da atividade, foi possível argumentar com os estudantes que o nosso tato não é perfeitamente confiável para mensurar a temperatura de um corpo, o que justifica a utilização de termômetros. Quanto às questões de vestibular, propostas para resolverem em casa, foram obtidos os seguintes resultados:

| Questão  | A (%) | B(%)  | C(%)  | D(%) | E(%) | Em branco(%) |
|----------|-------|-------|-------|------|------|--------------|
| <b>1</b> | 6,25  | 6,25  | 12,5  | 75   | 0    | 0            |
| <b>2</b> | 0     | 6,25  | 6,25  | 87,5 | 0    | 0            |
| <b>3</b> | 6,2   | 0     | 93,8  | 0    | 0    | 0            |
| <b>4</b> | 50    | 18,75 | 31,25 | 0    | 0    | 0            |
| <b>6</b> | 75    | 0     | 18,8  | 6,2  | 0    | 0            |

**Quadro 8.5** Respostas da Atividade 3 pela turma de Meio Ambiente (16 respostas) [Elaborado pelo autor]

16 respostas



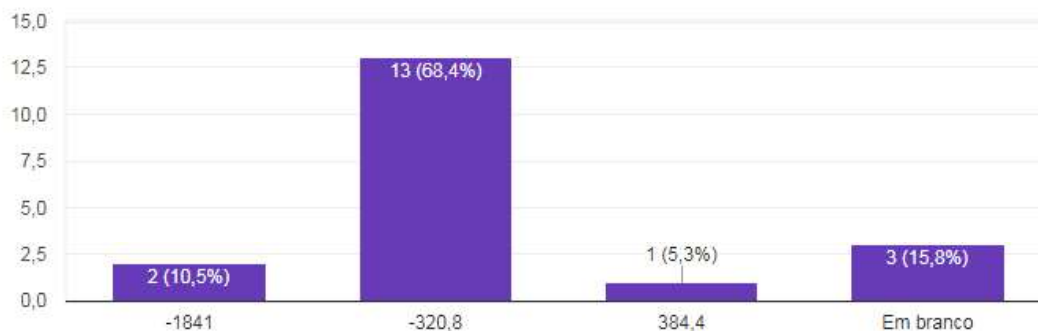
**Figura 8.2** Respostas da questão 5 da Atividade 3 pela turma de Meio Ambiente (16 respostas) [Elaborada pelo autor]

| Questão | A(%) | B(%) | C(%) | D(%) | E(%) | Em Branco |
|---------|------|------|------|------|------|-----------|
| 1       | 0    | 0    | 100  | 0    | 0    | 0         |
| 2       | 0    | 0    | 0    | 100  | 0    | 0         |
| 3       | 0    | 0    | 100  | 0    | 0    | 0         |
| 4       | 52,6 | 0    | 36,8 | 10,5 | 0    | 0         |
| 6       | 73,7 | 5,25 | 15,8 | 0    | 0    | 5,25      |

**Quadro 8.6** Repostas da Atividade 3 pela turma de Análises Clínicas (19 respostas) [Elaborado pelo autor]

### Questão 5

19 respostas

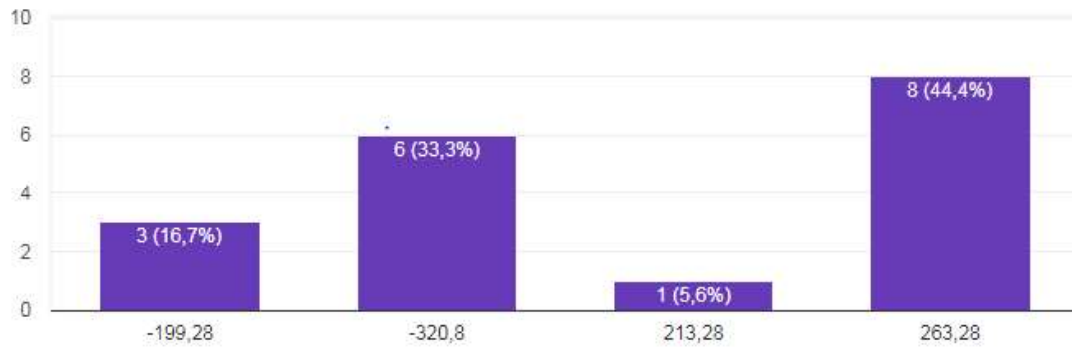


**Figura 8.3** Respostas da questão 5 da Atividade 3 pela turma de Análises Clínicas (19 respostas) [Elaborada pelo autor]

| Questão | A (%) | B(%) | C(%) | D(%) | E(%) | Nula(%) |
|---------|-------|------|------|------|------|---------|
| 1       | 83,3  | 0    | 0    | 16,7 | 0    | 0       |
| 2       | 0     | 0    | 0    | 94,4 | 0    | 5,6     |
| 3       | 5,55  | 0    | 88,9 | 0    | 0    | 5,55    |
| 4       | 33,3  | 0    | 38,9 | 11,1 | 11,1 | 5,6     |
| 6       | 50    | 0    | 44,4 | 0    | 5,6  | 0       |

**Quadro 8.7** Respostas da Atividade 3 pela turma de Vigilância em Saúde (18 respostas) [Elaborado pelo autor]





**Figura 8.4** Respostas da questão 5 da Atividade 3 pela turma de Vigilância em Saúde (18 questões) [Elaborada pelo autor]

#### **Atividade 4**

Na atividade 4, os estudantes, divididos em grupos, realizaram as duas experiências sobre pressão atmosférica e densidade do ar, e responderam uma lista de exercícios, cujas respostas estão indicadas a seguir.

| Questão | A (%) | B(%) | C(%) | D(%) | E(%) | Em branco(%) |
|---------|-------|------|------|------|------|--------------|
| 1       | 52,6  | 0    | 5,3  | 0    | 5,3  | 0            |
| 2       | 0     | 15,8 | 0    | 0    | 84,2 | 0            |
| 3       | 84,2  | 0    | 0    | 0    | 0    | 15,8         |
| 4       | 0     | 0    | 5,25 | 5,25 | 89,5 | 0            |
| 5       | 5,2   | 0    | 0    | 21,1 | 73,7 | 5,2          |
| 6       | 15,8  | 68,4 | 5,3  | 5,3  | 0    | 5,3          |
| 7       | 0     | 0    | 57,9 | 26,3 | 0    | 15,8         |
| 8       | 0     | 0    | 94,7 | 0    | 0    | 5,3          |
| 9       | 0     | 0    | 100  | 0    | 0    | 0            |

**Quadro 8.8** Respostas da Atividade 4 pela turma de Meio Ambiente (19 respostas) [Elaborado pelo autor]

| Questão | A (%) | B(%) | C(%) | D(%) | E(%) | Em branco(%) |
|---------|-------|------|------|------|------|--------------|
| 1       | 0     | 0    | 36,4 | 0    | 0    | 63,3         |
| 2       | 0     | 90,9 | 0    | 0    | 9,1  | 0            |
| 3       | 63,3  | 0    | 0    | 0    | 18,2 | 18,2         |
| 4       | 9,1   | 0    | 9,1  | 0    | 81,8 | 0            |
| 5       | 0     | 9,1  | 9,1  | 0    | 45,5 | 36,4         |
| 6       | 9,1   | 81,8 | 0    | 0    | 0    | 9,1          |
| 7       | 0     | 0    | 54,5 | 27,3 | 0    | 18,2         |
| 8       | 18,2  | 0    | 63,6 | 0    | 0    | 18,2         |
| 9       | 9,1   | 0    | 81,8 | 0    | 0    | 9,1          |

**Quadro 8.9** Respostas da Atividade 4 pela turma de Análises Clínicas (11 respostas) [Elaborado pelo autor]

| Questão | A (%) | B(%) | C(%) | D(%) | E(%) | Em branco(%) |
|---------|-------|------|------|------|------|--------------|
| 1       | 40    | 0    | 50   | 10   | 0    | 0            |
| 2       | 10    | 30   | 0    | 10   | 50   | 0            |
| 3       | 50    | 0    | 20   | 0    | 0    | 30           |
| 4       | 0     | 0    | 50   | 10   | 40   | 0            |
| 5       | 10    | 0    | 30   | 0    | 10   | 50           |
| 6       | 10    | 90   | 0    | 0    | 0    | 0            |
| 7       | 10    | 10   | 80   | 0    | 0    | 0            |
| 8       | 20    | 0    | 80   | 0    | 0    | 0            |
| 9       | 10    | 0    | 90   | 0    | 0    | 0            |

**Quadro 8.10** Respostas da Atividade 4 pela turma de Vigilância em Saúde (10 respostas) [Elaborada pelo autor]

## Atividade 5

Foi solicitado aos estudantes que formulassem uma hipótese prévia sobre o experimento do regelo, ressaltando que não seria avaliado naquele momento se a explicação estaria certa ou errada. Após a leitura do material, o estudante deveria reformular, ou confirmar, a hipótese levantada no primeiro momento. No levantamento de hipóteses preliminares a maioria dos estudantes atribuíam ao aumento de pressão como responsável pelo fenômeno do regelo, porém não

sabiam identificar de forma satisfatória como se dava esta relação. Após a leitura do material, conseguiram reformular corretamente a hipótese.

Embora não esteja no corpo do trabalho, nesta etapa sugerimos aos alunos a leitura do artigo *Aprendendo com as esquisitices da água* de autoria da professora Márcia Barbosa [Barbosa 2015], no qual a autora comenta sobre algumas propriedades anômalas da água. No período em que terminávamos esse relato, observamos que no volume 15, nº2, da revista Física na Escola foi publicado um artigo em que se sugere uma unidade de ensino potencialmente significativa com o referido trabalho da professora [Bruneli; Damásio; Raicik 2017], no qual, além das questões físicas específicas, é apresentada uma ótima oportunidade de um trabalho interdisciplinar sobre as questões de gênero relativas à produção de conhecimento científico.

### Atividade 6

Foi encaminhado, via formulário do Google, uma questão que foi cobrada no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) cujo objetivo foi de verificar se os estudantes conseguiam diferenciar os conceitos de temperatura e calor. As estatísticas das repostas estão indicadas nos gráficos a seguir.

|                            | A (%) | B (%) | C (%) | D (%) | E (%) |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Meio Ambiente</b>       | 25    | 18,8  | 43,8  | 6,3   | 6,3   |
| <b>Vigilância em Saúde</b> | 20    | 15    | 25    | 15    | 25    |
| <b>Análises Clínicas</b>   | 23,8  | 19    | 19    | 19    | 19    |

**Quadro 8.11** Respostas da questão sobre temperatura e calor [Elaborada pelo autor]

Esta questão do ENEM está relacionada à competência de área 1 (compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade) e habilidade 3 (confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas) [Brasil 2012].

A partir dos resultados indicados nos gráficos, bem como por meio da escuta realizada em sala de aula, concluiu-se que os estudantes não sabiam qual era a diferença entre os dois conceitos físicos. Após a leitura da primeira parte do material e da discussão entre os discentes, a questão foi respondida novamente e, então, os alunos chegaram à resposta correta.

### **Atividade 7**

Devido às questões narradas na abertura deste relato, a aplicação da atividade 7 foi bastante mitigada. Não foi possível, por exemplo, realizar as atividades práticas previstas, como também não foi trabalhada a lei de Fourier para a condução de calor. Optamos em dar maior ênfase no fenômeno da Célula de Hadley, haja vista que ele está diretamente relacionado com a temática do trabalho.

### **Atividade 8**

Esta atividade foi aplicada no formato de aula expositiva, na qual comentou-se de forma resumida uma linha do tempo com alguns dos principais marcos do pensamento da Física, suas limitações e as influências que causaram em outras áreas do conhecimento.

Em duas turmas, Análises Clínicas e Meio Ambiente, foi exibido em um sábado letivo o filme *O ponto de mutação*, inspirado no livro de mesmo nome de Fritjof Capra<sup>28</sup>, que facilitou bastante a discussão.

O que mais chamou atenção é que, em um primeiro momento, vários estudantes não viam problemas na concepção cartesiana de compartimentalização dos saberes. Foi necessário, portanto, intervir, no sentido de esclarecer que essa visão não é necessariamente ruim, no entanto é limitada, e vem causando diversos problemas em áreas como política, saúde educação, meio ambiente etc.

Após a apresentação dos slides, retirados da dissertação de mestrado de José Miguel Neto [2011], do vídeo do canal Nerdologia e da atividade sobre a

---

<sup>28</sup> Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=tQIOla80w5Y&t=2559s>

Teoria do Caos da Universidade Federal Fluminense, comentamos ainda sobre a “nova matemática” que esse ramo exige. Explicamos então, de forma bastante superficial, a ideia central dos atratores de Lorenz e fractais, bem como apresentamos as imagens associadas.

### **Atividades 9, 10, 11, 12**

O terceiro momento pedagógico iniciou-se com a atividade 9, no entanto a reorganização do cronograma forçou à recondução do tempo previsto na discussão e aplicação desta etapa. O questionário da atividade 11 foi reformulado, com a inserção da questão do ENEM que estava inicialmente na atividade 9 e foi enviado por meio de formulário do Google.

As demais atividades (9, 10, 12 e a avaliação final) foram compiladas em um único documento de texto e discutidas em um encontro de duas aulas. Para contribuir com a elaboração da atividade final, na qual se pedia para refazer o ciclo da água, foi compartilhado também o relatório *O Futuro Climático da Amazônia*, de Antonio Donato Nobre, bem como o vídeo de uma palestra que o mencionado autor proferiu no TEDX<sup>29</sup>. Não foi possível executar as atividades experimentais de formação de nuvens e medição da velocidade dos ventos.

### **Resultados da atividade 11**

Após a reformulação, a atividade ficou da seguinte forma:

#### **Questão 1**

[...]

Na Amazônia, o ciclo hidrológico depende fundamentalmente

- a) da produção de CO<sub>2</sub> oriundo da respiração das árvores.
- b) da evaporação, da transpiração e da liberação de aerossóis que atuam como NCNs.
- c) das queimadas, que produzem gotículas microscópicas de água, as quais crescem até se precipitarem como chuva.

---

<sup>29</sup> Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=01jYiXbpnoE>

d) das nuvens de maior altitude, que trazem para a floresta NCNs produzidos a centenas de quilômetros de seu local de origem.

e) da intervenção humana, mediante ações que modificam as características físicas e químicas da atmosfera da região.

### **Questão 2**

[...]

As florestas crescem onde chove, ou chove onde crescem as florestas? De acordo com o texto,

- a) onde chove, há floresta.
- b) onde a floresta cresce, chove.
- c) onde há oceano, há floresta.
- d) apesar da chuva, a floresta cresce.
- e) no interior do continente, só chove onde há floresta.

### **Questão 3**

Escreva um pequeno texto justificando a resposta a questão anterior.

### **Questão 4**

As florestas tropicais regulam o clima, provocando um fluxo de umidade para dentro do continente. Em períodos de seca isso também acontece? A evapotranspiração nesse período é mais ou menos intensa? Justifique.

Abaixo, são apresentados os dados da Atividade 11:

## Respostas das questões 1 e 2

### Meio Ambiente

| Questão | A (%) | B (%) | C (%) | D (%) | E (%) |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1       |       | 100   |       |       |       |
| 2       |       | 50    |       | 50    |       |

**Quadro 8.12** Respostas à Atividade 11 pela turma de Meio Ambiente (4 respostas) [Elaborado pelo autor]

### Análises Clínicas

Um aluno não soube responder. Os demais indicaram que a evapotranspiração era menos intensa.

| Questão | A (%) | B (%) | C (%) | D (%) | E (%) |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1       | 15,8  | 68,4  | 0     | 10,5  | 5,3   |
| 2       | 26,3  | 68,4  | 5,3   | 0     | 0     |

**Quadro 8.13** Respostas à questão 4 pela turma de Análises Clínicas (19 respostas) [Elaborado pelo autor]

### Vigilância em Saúde

Quatro estudantes responderam que o fenômeno continua a existir, porém não indicaram se mais ou menos intenso. Dois responderam que a intensidade aumenta e os demais com menor intensidade.

| Questão | A (%) | B (%) | C (%) | D (%) | E (%) |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1       | 9,1   | 45,5  | 9,1   | 36,4  | 0     |
| 2       | 0     | 90,9  | 9,1   | 0     | 0     |

**Quadro 8.14** Respostas à questão 4 pela turma de Análises Clínicas (11 respostas) [Elaborado pelo autor]

### Respostas da questão 3

| Meio Ambiente   | Vigilância em Saúde  | Análises Clínicas   |
|---|--|---|
| <p>“Pois existe uma bomba biótica de umidade que faz com que mais rápido faça evaporação.(2)”</p> <p>“Pois onde tem árvores tem água”.</p> <p>“Pelo que entendi, nas florestas existem grandes quantidades de folhas que acumulam água e por isso a floresta consegue recuperar a umidade do ar com a evaporação. Por isso, onde há floresta, chove”.</p> | <p>“É necessário que exista florestas para que ocorra o processo da chuva”</p> <p>“As florestas são responsáveis pelas chuvas, devido á isso a onde a floresta cresce, chove, por que no local que a mesma se estabelecer irá chover”.</p> <p>“Pois a vegetação depende de suas condições ambientais, ou seja, se a floresta está grande, é porquê</p> | <p>“Porque dependendo da floresta que a chuva se forma, Esse é um exemplo clássico do Brasil onde no interior do país só chove por causa da floresta amazônica que produz rios flutuantes.”</p> <p>“As árvores só cresce se haver água, se não chove, as árvores não crescem.”</p> <p>“Acredito eu que onde chove facilita as condições para que um floresta cresça, porém onde tem floresta chove,</p> |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p><i>a chuva contribui para o o seu desenvolvimento”.</i></p> <p><i>“Pois conforme a transpiração das plantas se criam as nuvens”.</i></p> <p><i>“Porque o ciclo hidrológico na região amazônica, que detém um dos maiores índices pluviométricos do planeta. É importante se estudar como acontece todo esse processo da evaporação, transpiração e da liberação de aerossóis que atuam como NCNs.”</i></p> <p><i>“Onde á oceano à floresta.. pois é necessário da chuva pra ter floresta e a chuva vem do oceano, com isso as florestas apenas limpam à chuva”.</i></p> <p><i>“Pois as florestas são bem necessárias pra um bom ciclo de água e chuva frequente, sem elas não choveria em diversos lugares”.</i></p> <p><i>“As florestas crescem onde chove”</i></p> <p><i>“Se não existe a Amazônia, nosso clima - no Brasil - seria desértico”.</i></p> | <p><i>assim como em outros lugares onde não existe floresta. Ademais a floresta precisa de chuva para crescer, já a chuva não necessariamente precisa da floresta para se formar.”</i></p> <p><i>“Pois necessariamente para as plantas crescerem elas necessitam de água.”</i></p> <p><i>“A floresta serve como um regulador de clima para o continente, então onde ela está, chove.”</i></p> <p><i>“Devido à grande e densa área de folhas, as quais são evaporadores otimizados, essa “bomba” consegue devolver rapidamente a água para o ar, mantendo ciclos de evaporação e condensação que fazem a umidade chegar a milhares de quilômetros no interior do continente.”</i></p> <p><i>“As florestas podem funcionar como uma “bomba de umidade” devido a certos processos que ela possui. Os oceanos podem até influenciar mas onde há florestas a transpiração e evaporação que cria um ciclo de precipitação e chuva constante”</i></p> <p><i>“Se não tem uma floresta não tem evapotranspiração, logo não tem chuva.”</i></p> <p><i>“Porque o desenvolvimento de uma vegetação necessita de condições favoráveis.”</i></p> <p><i>“Acredito que onde chove a floresta porque a chuva influencia na qualidade do solo o que interfere diretamente no desenvolvimento de plantas.”</i></p> <p><i>“Se a floresta tem seu próprio fluxo ela então tem seu ciclo e normalmente onde chove, há floresta.”</i></p> |
|--|--|--|



|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p><i>“Para que haja uma vegetação é necessário condições favoráveis. A umidade dos oceanos e das florestas proporcionam o estabelecimento, crescimento e manutenção das florestas, etc.”</i></p> <p><i>“Devido as florestas tropicais promoverem mais umidade no local onde estão inseridas, consequentemente, influenciam na regulação do clima e na ocorrência de chuvas.”</i></p> <p><i>“Acredito que por causa dá umidade do oceano.”</i></p> <p><i>“Há transpiração de água é evaporada e assim se formam várias nuvens que se espalharam pelo país”</i></p> <p><i>“Os grandes números de florestas faz com que a água contida nelas seja evaporada, causando a precipitação.”</i></p> <p><i>“Creio que as florestas influenciam nas chuvas da área.”</i></p> <p><i>“Não é necessário que chova para que as florestas cresçam, ela tem o auxílio de alguns fatores da natureza.”</i></p> |
|--|--|--|

**Quadro 8.15** Respostas à questão 3 pelas turmas de Meio Ambiente, Análises Clínicas e Vigilância em Saúde [Elaborado pelo autor]

#### Respostas da questão 4

| <b>Meio Ambiente</b>                    | <b>Vigilância em Saúde</b>  | <b>Análises Clínicas</b>  |
|---|---|---|
| Nenhum estudante respondeu a questão 4. | Quatro estudantes responderam que o fenômeno continua a existir, porém não indicaram se mais ou menos intenso. Dois | Dois estudantes responderam que o processo de evapotranspiração fica mais intenso, enquanto |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | responderam que a intensidade aumenta e os demais com menor intensidade. | os demais responderam que fica menos intenso. |
|--|--|---|

**Quadro 8.16** Respostas à questão 4 pelas turmas de Meio Ambiente, Vigilância e Análises Clínicas [Elaborado pelo autor]

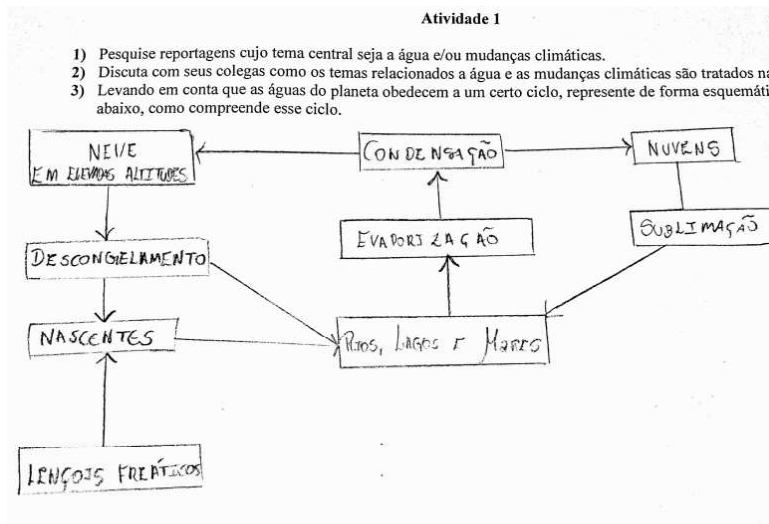
## Resultado das atividades 9, 10 e 12

| Meio Ambiente  | Análises Clínicas e Vigilância em Saúde   |
|--|---|
| Os estudantes da turma não responderam as questões. Entregaram somente o desenho do ciclo da água e o texto levantando os pontos positivos e negativos da intervenção realizada. | No geral os estudantes conseguiram reconhecer que a relação matemática que fornece a quantidade de calor necessário para evaporar a quantidade de água de um dia amazônico, da primeira questão, é $Q = m L$ , no entanto encontraram bastante dificuldade na conversão de unidades e no manuseio de números em notação científica. Nenhum estudante soube calcular corretamente o pedido nas questões 2 e 3. Voltaremos a essas duas questões no próximo ano letivo, uma vez que o conteúdo programático em boa parte do ano é o eletromagnetismo. Quanto a quarta questão os estudantes souberam que a relação matemática para se calcular o trabalho realizado para se elevar um corpo de massa $m$ a uma altura $h$ é dada por $W = m g h$ , no entanto de forma análoga a primeira questão, se atrapalharam com as unidades de medida. |

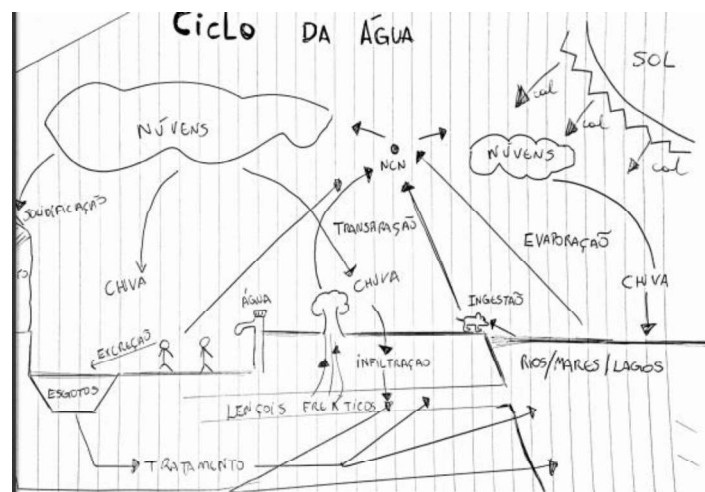
**Quadro 8.17** Respostas às questões envolvendo termodinâmica e a Floresta Amazônica [Elaborado pelo autor]

| Meio Ambiente   | Análises Clínicas  | Vigilância em Saúde   |
|---|--|---|
| 14 representações, sendo que em 11 foi indicada a presença da vegetação, e destas em 1 a presença dos núcleos de condensação de chuva. Em 2 a presença do gelo e neve. Em 5 a presença dos seres humanos. Em três a Célula de Hadley. E em 4 a representação padrão dos livros didáticos. | 15 representações, sendo que em 13 foi indicada a presença da vegetação como parte integrante do ciclo. O ser humano aparece em 8 delas. O gelo e a neve em 2. A célula de Hadley em 3. As relações matemáticas $Q = m L$ e $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ em 1. E em uma representação foi a padrão dos livros didáticos do ensino fundamental. | 19 representações, sendo que em 17 foi indicada a presença da vegetação como parte integrante do ciclo e destas 5 a presença dos NCC. O ser humano aparece em 9 delas. O gelo e a neve em 7. A célula de Hadley em 8. E em uma representação foi a padrão dos livros didáticos do ensino fundamental. |

**Quadro 8.18** Nova representação do ciclo da água [Elaborado pelo autor]



**Figura 8.5** Representação do ciclo da água produzido por um estudante durante a aplicação do produto.



**Figura 8.6** Representação do ciclo da água produzido pelo mesmo estudante após a aplicação do produto.

Observa-se que a concepção acerca do ciclo da água foi ampliado, pois comparece mais elementos, outros atores e outras relações que não compareciam no primeiro.

Foi solicitado aos discentes que avaliassem a intervenção realizada nos dois bimestres, destacando os aspectos positivos e negativos. A seguir consta alguns exemplos desta avaliação.

| Meio Ambiente  | Análises Clínicas   | Vigilância em Saúde   |
|--|---|---|
| Por ser uma turma de curso técnico em meio ambiente, vários estudantes gostaram da temática por estar em | A metodologia foi aprovada pela maioria dos discentes. No entanto alguns estudantes relataram que | A metodologia foi aprovada pelos estudantes. Muitos narraram que o entendimento sobre o ciclo da água foi |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>consonância com o eixo formativo. Houve diversas críticas a quantidade de atividades propostas. Segue abaixo a transcrição de três avaliações feitas pelos estudantes da turma:</p> <p><i>“Acredito que este trabalho e todo o conteúdo trabalhado durante essa nova perspectiva de física me apresentou novos patamares e questionamentos acerca dos estudos e paradigmas que o ensino de exatas tem. Ver poesia, música, literatura e outros campos artísticos misturados ao ensino da física foi muito positivo, trabalhar de forma diferente foi magnífico!</i></p> <p><i>Mas um dos pontos um pouco negativo foi o grande número de atividades avaliativas, sendo que poderiam ser reduzidas”.</i></p> <p><i>“Os pontos positivos: Não teve prova e o prof. deixa entregar depois. Negativos: muitas listas e com isso fiquei perdida com tanta coisa para responder”.</i></p> <p><i>“Foi deveras positivo tratar mais sobre assuntos do nosso curso e realidade misturando-a tanto com a física quanto com outras disciplinas, é algo importante, que se precisa de estudos e foi desenvolvido com criatividade. Ponto negativo: a questão do tempo, pois não o tivemos tanto para nos aprofundar um pouco mais no estudo e nas atividades”.</i></p> | <p>embora a temática seja interessante, não aprofundamos de forma satisfatória os temas apresentados. Vários também se queixaram da quantidade de atividades. Um estudante narrou, de forma explícita, que não aprovou a intervenção, preferindo a ‘velha’ metodologia.</p> <p><i>“Pontos positivos: Mostrar mais especificamente o que faz e como acontecem as coisas até os devidos menores itens necessários e presentes em certo acontecimento. Pontos negativos: mesmo que tantas coisas não houve grandes aprofundamentos”.</i></p> <p><i>“Eu gostei da metodologia utilizada no 3° e 4° bimestre. As explicações antes das questões nas listas me ajudaram bastante, porém o melhor é sempre manter um prazo de entrega senão haverá atrasos e enrolar como vem acontecendo, isto não é bom nem para nós, nem para o senhor”.</i></p> <p><i>“Os pontos positivos foram mais as vantagens que as outras pessoas da sala acharam, maior divisão de conteúdos e forma de avaliação diferente, o que eu realmente achei pouca vantagem e que não melhorou em relação ao método antigo. Os negativos sim são minha opinião, pouco aproveitamento do conteúdo, listas em mais listas que não consegui compreender de verdade nenhuma e como consequência não vou levar muita coisa desse conteúdo como conhecimento”.</i></p> | <p>ampliado. Ressaltaram também que os textos associados as listas de exercícios facilitaram o entendimento dos conceitos. No entanto muitos estudantes acharam a sequência de atividades, aliado ao horário em que a aula era ministrada (último horário da tarde de quinta-feira) exaustiva. Houve também queixas quanto a não realização de algumas atividades práticas previstas. Abaixo, segue a transcrição de três comentários feitos por estudantes da turma:</p> <p><i>“O que mais me chamou atenção na sequência de atividades foi como o professor relacionou textos de outros meios pra relacionar como o conteúdo que seria estudado, como os versos da música ‘Quede Água’ de Lenine, com os conceitos de temperatura, pressão, estados da matéria e suas mudanças, calor e teoria do caos. Outro ponto positivo foi a metodologia prática e lúdica no laboratório, pois assim, no chamou atenção e aprendemos melhor. Não tenho nenhum ponto negativo a ressaltar”</i></p> <p><i>“Pontos Positivos São atividades práticas que envolvem a turma; Exercita o conteúdo aprendido em sala; Prepara os alunos para o realizar vestibular Pontos Negativos A metodologia é ótima, apenas exaustiva.”</i></p> <p><i>“Gostei muito de estudar o ciclo da água. Eu particularmente não sabia e nem imaginava que às nuvens muitas vezes vem do Amazonas, e chega aqui. E que várias delas nem foram formadas aqui.</i></p> |
|---|--|---|

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p><i>Ponto negativo foi apenas não termos mais aulas práticas.<br/>Pois a aula prática que iria ter não dará tempo”.</i></p> |
|--|--|---|

**Quadro 8.19** Pontos positivos e negativos destacados pelas turmas [Elaborado pelo autor]

## Capítulo 9

### Considerações Finais

O presente trabalho indica a necessidade, e a viabilidade, do tratamento das questões socioambientais no currículo de física da educação básica. Destacamos as dificuldades encontradas neste percurso, uma vez que essa temática não é, geralmente, abordada em nossa formação docente inicial, mesmo que isso seja previsto em lei (PNEA). Então, o docente de física possui, a princípio, uma dificuldade maior em tratar esses assuntos. O objetivo desta dissertação, bem como do produto educacional desenvolvido, foi o de amenizar essa tensão entre a baixa, ou nenhuma, formação em educação ambiental dos currículos de licenciatura em Física e a necessidade em abordá-la.

É importante destacar que a proposta passa por uma mudança de foco do processo pedagógico, deslocando o protagonismo do professor para a relação dialógica estudante - professor, como recomenda Freire. É necessário que o docente dê voz ao estudante, para que ele possa manifestar quais são suas concepções primeiras acerca do assunto, quais são suas contribuições para o desenvolvimento da temática, e partir desta escuta, disponibilizar os meios para que o jovem possa criar rupturas com as concepções de lugar comum, acessando conceitos mais sistematizados.

Outro ponto que sublinhamos é fato de que o objetivo das aulas de física na educação básica não deve ser o de criar futuros cientistas, apenas. Então, apesar de a formalização matemática se fazer presente nas aulas, não devemos supervalorizar esse meio, fomentando outras possibilidades de compreensão e explicação dos fenômenos físicos estudados.

Morin, 2011, diz que devemos transformar as fronteiras entre as disciplinas em princípios organizadores do conhecimento. Assim, ao nos propormos a inserir a pauta ambiental no currículo de física, devemos pensar e agir de forma sistêmica, holística, de forma a agregar outras áreas em nosso domínio de estudo.

Os resultados obtidos na aplicação do produto, bem como o retorno dado pelos estudantes de forma informal, nos motivam a continuar com esta abordagem. A educação brasileira ganhará muito, se o método científico oriundo da física clássica, e principalmente da moderna e contemporânea, for mobilizado para a compreensão de outros temas de cunho socioambiental.

## Apêndice A

### Análise Isotópica para Compreensão dos Ciclos Biogeoquímico

Na tabela periódica estão listados todos os elementos químicos conhecidos. No entanto para cada elemento presente na tabela, existe uma série de isótopos, isto são átomos que apresentam a mesma quantidade de prótons, porém com um número diferente de nêutrons. Na formação de uma molécula a interação mais importante é a elétrica, fazendo que a quantidade de nêutrons no núcleo exerça pouca influência na ligação química entre os átomos.

Por exemplo, a fórmula molecular da água é  $H_2O$ , mas na natureza existem os isótopos:

- $^1H$ , que apresenta apenas um próton e é o que está presente na tabela periódica. Também chamado de prótio.
- $^2H$  que possui um próton e um nêutron em seu núcleo atômico. Também chamado de deutério
- $^3H$  possui dois nêutrons e um próton em seu núcleo atômico. Também chamado de trítio.
- $^{16}O$ , que apresenta oito prótons e oito nêutrons em seu núcleo atômico.
- $^{17}O$ , que apresenta oito prótons e nove nêutrons em seu núcleo atômico.
- $^{18}O$ , que apresenta oito prótons e dez nêutrons em seu núcleo atômico.

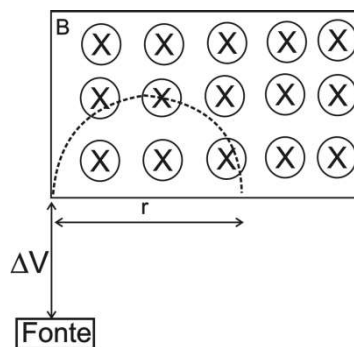
Existem então 27 possibilidades (pelo **Princípio Fundamental de Contagem**: 3 possibilidades de escolher um isótopo de hidrogênio x 3 possibilidades de se escolher um isótopo de oxigênio).

A **Análise Isotópica** é a técnica utilizada pelos cientistas para se medir qual é proporção de determinados isótopos em uma determinada amostra. Ela é feita a partir de um instrumento chamado **espectrômetro de massas**, que consiste na geração de íons a partir da amostra estudada, submetê-los a campos elétricos e magnéticos, e verificar sua trajetória. Este estudo é fundamental para diversas áreas ecologia, ciência forense, agronomia, geologia e arqueologia.

O pioneiro desta técnica foi J. J Thomson, que descobriu o elétron, bem como determinou sua razão carga/massa.

## QUESTÕES DE VESTIBULARES

**Questão 01 - (UFCG PB/2009)** A razão carga/massa ( $e/m$ ) para um elétron foi calculada pela primeira vez por J.J. Thomson em 1897 durante seus estudos sobre os raios catódicos. Essa razão pode ser calculada utilizando-se o experimento esquematizado na figura.



Nesse experimento, um feixe de elétrons é acelerado através de uma diferença de potencial  $\Delta V$  e depois é submetido a um campo magnético uniforme  $B$  perpendicular à direção da velocidade do feixe de elétrons (na figura, penetrando no plano do papel  $\otimes$ ). O campo magnético deflete o feixe eletrônico em um caminho circular de raio  $r$ . Com base no texto acima, a razão carga/massa é dada por:

- a)  $\frac{B(\Delta V)^2}{r}$
- b)  $\frac{2\Delta V}{r}$
- c)  $\frac{2\Delta V}{Br}$
- d)  $\sqrt{\frac{2\Delta V}{Br}}$
- e)  $\frac{2\Delta V}{(Br)^2}$

**Resolução:**

$$\Delta V = \frac{\text{Energia}}{\text{Carga}} \Rightarrow \text{Energia} = \Delta V \cdot q = \text{Energia}_{\text{cinética}} = \frac{mv^2}{2}$$

$$\Delta V \cdot q = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{2 \cdot \Delta V \cdot q}{m} \quad (\text{I})$$

$$F_{\text{centrípeta}} = \frac{mv^2}{r} = F_{\text{magnética}} = qvB$$

$$\frac{mv^2}{r} = qvB \Rightarrow v^2 = \left( \frac{qrB}{m} \right)^2 \quad (\text{II})$$

Comparando (I) e (II), temos:

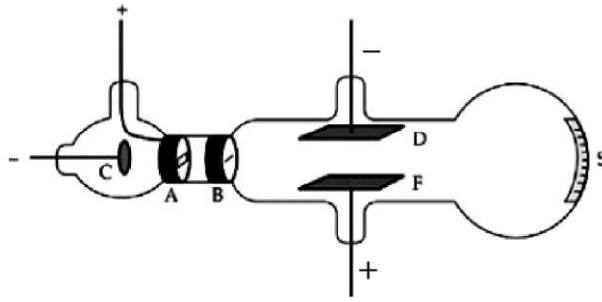
$$\frac{2\Delta Vq}{m} = \left( \frac{qrB}{m} \right)^2$$

$$\frac{q}{m} = \frac{2\Delta V}{(Br)^2}$$

**Gabarito: E**

**Questão 02 - (UFJF MG/2009)** No ano de 1897, J.J. Thomson usou o dispositivo da figura abaixo para medir a razão  $q/m$ , entre a carga  $q$  e a massa  $m$  do elétron. Neste dispositivo, elétrons produzidos no catodo C passam pelas fendas nos eletrodos A e B e pela região entre as placas D e F antes de atingir a tela S, onde produzem uma mancha luminosa. Entre as placas D e F, existem um campo elétrico  $\mathbf{E}$  e um campo magnético  $\mathbf{B}$  uniformes, perpendiculares entre si e à direção de movimento dos elétrons. Esses campos, devidamente ajustados, permitem que um elétron passe entre as duas placas sem sofrer desvio. A energia cinética e, portanto, a velocidade dos elétrons, quando entram na região entre as placas D e F, é determinada pela energia potencial  $qV$ , em que  $q$  é a carga do elétron e  $V$  é a diferença de potencial entre os eletrodos A e B.





- a) Considerando para a razão  $q/m$  do elétron o valor de  $1,8 \times 10^{11}$  C/kg, calcule a velocidade adquirida por um elétron ao passar pelos eletrodos A e B, quando a diferença de potencial  $V$  entre eles é de 100 volts.
- b) Considerando que o campo elétrico devido à polarização das placas D e F tem intensidade de  $6,0 \times 10^6$  N/C e sentido da placa F para a placa D, encontre o módulo, a direção e o sentido do campo magnético necessário para que o elétron, com a velocidade calculada no item anterior, não sofra desvio.
- c) Mantendo constantes os valores do campo elétrico e do campo magnético do item b, o que ocorreria com o feixe de elétrons se a diferença de potencial entre os eletrodos A e B fosse superior a 100 volts? Justifique sua resposta.

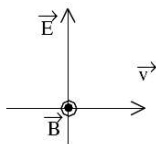
### Resolução

$$a) U = \frac{E}{q} \Rightarrow E = q \cdot U = E_{cinética} = \frac{mv^2}{2}$$

$$qU = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2 \frac{q}{m} U} = \sqrt{2 \cdot (1,8 \cdot 10^{11}) \cdot 10^2} = 6 \cdot 10^6$$

$$v = 6,0 \times 10^6 \text{ m / s}$$

b)

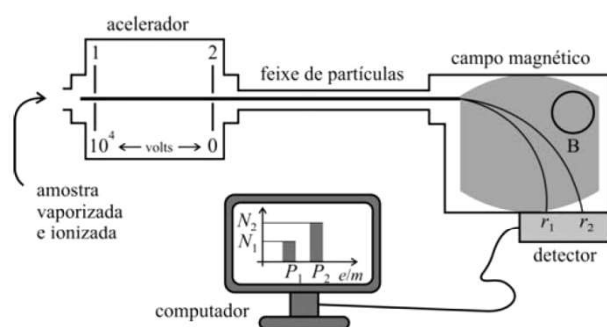


$$q \cdot E = q \cdot v \cdot B \quad \therefore B = \frac{E}{v} \quad \therefore B = \frac{6,0 \times 10^6}{6,0 \times 10^6}$$

$$B = 1,0 \text{ T}$$

- c) A velocidade dos elétrons nesse caso é maior, e a força magnética também é maior, desviando os elétrons para cima.

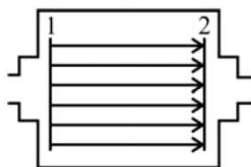
**Questão 03 - (UnB DF/2014)**



A figura acima ilustra o espectrômetro de massa, que permite determinar a razão carga-massa das amostras componentes do solo. As amostras são vaporizadas e inseridas na câmara de ionização, onde são bombardeadas por um feixe de elétrons com energia suficiente para arrancar um ou mais dos seus elétrons, tornando-as positivas. A amostra ionizada e vaporizada é inserida em uma câmara aceleradora com potencial de aceleração igual a  $10^4$  V. O feixe de partículas deixa a câmara aceleradora e entra em uma região de campo magnético constante  $B$ , onde se separa em dois feixes. Em seguida, atinge o detector em duas regiões distintas, proporcionais aos raios de curvatura  $r_1$  e  $r_2$ , relacionados às partículas dos tipos 1 e 2, respectivamente. O sinal detectado é enviado para um computador, que mostra, em um gráfico, o número de partículas ( $N$ ) em função da razão carga-massa ( $e/m$ ).

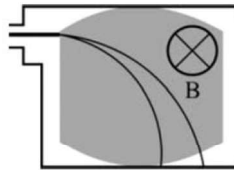
Considerando essas informações e assumindo  $1,6 \times 10^{-19}$  C como o módulo da carga do elétron, julgue seguintes.

( ) Na câmara aceleradora, o campo elétrico entre as placas indicadas por 1 e 2 está orientado da esquerda para a direita, conforme a figura abaixo.



( ) O módulo do campo elétrico entre as placas 1 e 2, na câmara aceleradora, independe da distância entre as placas.

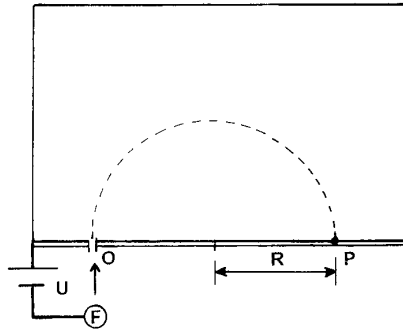
- ( ) Ao sair da placa 2 na região aceleradora, cada partícula de massa  $M$  tem velocidade superior a  $5,00 \times 10^{-8} \sqrt{M} \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ , desde que tenha perdido apenas um elétron.
- ( ) Na câmara aceleradora, a energia potencial elétrica é menor que 2 femto-joules, supondo-se que um elétron tenha sido arrancado na câmara de ionização.
- ( ) A figura abaixo ilustra corretamente a direção e o sentido do vetor campo magnético  $B$ , responsável pelo comportamento das partículas, segundo as informações apresentadas.



- ( ) A força centrípeta associada ao raio de curvatura  $r_1$  é maior que a associada ao raio de curvatura  $r_2$ .
- ( ) Sabe-se que um condutor transportando uma corrente tem carga líquida zero; por isso, um campo magnético não exerce força sobre esse condutor.
- ( ) O trabalho realizado pela força magnética na trajetória circular das partículas é nulo.
- ( ) A razão carga-massa de uma partícula com carga  $q$  e massa  $m$ , inserida no campo magnético  $B$ , é dada por  $\frac{q}{m} = \frac{2V}{r^2 B^2}$ , em que  $V$  é a diferença de potencial e  $r$ , o raio da trajetória.
- ( ) Considerando-se um mesmo valor para a ionização, existem mais átomos do tipo 2 cuja massa é menor que a massa de átomos do tipo 1.

**Gab:** CEECECECCE

**Questão 04 - (UFBA/1999)** A figura ao lado esquematiza o experimento realizado por J. J. Thomson para determinar a razão carga/massa do elétron. Nesse experimento, os elétrons, de massa  $m$  e carga  $q$ , são emitidos pela fonte  $F$ , a partir do re-pouso, e acelerados pela ddp  $U$  da fonte, penetrando na região do campo de indução magnética uniforme  $\vec{B}$ , através do orifício  $O$  existente na placa e incidindo no ponto  $P$ .



Desprezando-se as ações gravitacionais, é correto afirmar:

- 01. As linhas de indução magnética são perpendiculares ao plano da figura, orientadas para fora desse plano.
- 02. A força magnética que atua nos elétrons tem sentido da direita para a esquerda.
- 04. Na região de  $\vec{B}$ , a variação da energia cinética é zero.
- 08. A medida do segmento  $\overline{OP}$  é  $\frac{mv}{qB}$
- 16. O tempo de permanência dos elétrons na região de  $\vec{B}$  é  $\frac{\pi m}{qB}$

Indique a soma dos itens corretos

**Gab:** 20

**Questão 05 - (UNICAMP SP/1995)** Um elétron é acelerado, a partir do repouso, ao longo de 8,8mm, por um campo elétrico constante e uniforme de módulo  $E = 1,0 \times 10^5$  V/m. Sabendo-se que a razão carga/massa do elétron vale  $e/m = 1,76 \times 10^{11}$  C/kg, calcule:

- a) a aceleração do elétron.
- b) a velocidade final do elétron.

Ao abandonar o campo elétrico, o elétron penetra perpendicularmente a um campo magnético constante e uniforme de módulo  $B = 1,0 \times 10^{-2}$ T.

- c) qual o raio da órbita descrita pelo elétron?

**Gab:**

- a)  $a = 1,76 \times 10^{16}$  m/s<sup>2</sup>;
- b)  $v = 1,76 \times 10^7$  m/s;
- c)  $R = 1,0 \times 10^{-2}$ m

## CONCENTRAÇÃO DE ISÓTOPOS

Como vimos, elemento químico é definido pelo número de prótons presentes em seu núcleo. Porém, o número de nêutrons pode variar, alterando, portanto, sua massa. Isótopos são, então, elementos químicos que apresentam o mesmo número de prótons, mas com diferentes massas atômicas. Geralmente, os isótopos mais abundantes na natureza são aqueles que apresentam menor massa. Na Tabela 1, é apresentada uma lista de alguns elementos químicos e o percentual que são observados destes na natureza.

| Elemento   | Isótopo          | Abundância natural relativa (%) |
|------------|------------------|---------------------------------|
| Hidrogênio | $^1\text{H}$     | 99,985                          |
|            | $^2\text{H}$     | 0,015                           |
| Carbono    | $^{12}\text{C}$  | 98,89                           |
|            | $^{13}\text{C}$  | 1,11                            |
| Nitrogênio | $^{14}\text{N}$  | 99,63                           |
|            | $^{15}\text{N}$  | 0,37                            |
| Oxigênio   | $^{16}\text{O}$  | 99,76                           |
|            | $^{17}\text{O}$  | 0,04                            |
|            | $^{18}\text{O}$  | 0,20                            |
| Enxofre    | $^{32}\text{S}$  | 95,00                           |
|            | $^{33}\text{S}$  | 0,76                            |
|            | $^{34}\text{S}$  | 4,22                            |
|            | $^{36}\text{S}$  | 0,01                            |
| Estrôncio  | $^{84}\text{Sr}$ | 0,56                            |
|            | $^{86}\text{Sr}$ | 9,86                            |
|            | $^{87}\text{Sr}$ | 7,02                            |
|            | $^{88}\text{Sr}$ | 82,56                           |

**Tabela 1** Abundâncias naturais relativas de alguns isótopos [Ghidini et al apud Caxito & Silva, 2015]

Werner & Brand [2011] explicam que devemos enfatizar a quantidade relativa de um isótopo estável, isto é, não radioativo, em uma amostra, e não sua quantidade absoluta. A forma que se expressa isto é na razão **isótopo pesado/isótopo leve**. Esta escolha é feita nesses moldes, pois o erro analítico em medidas relativas é menor do que em medidas absolutas. Essas razões são

representadas pela notação delta  $\delta$ , em valores de ‰ (per mil), por meio da fórmula:

$$\delta = \left[ \left( \frac{R_{amostra}}{R_{padrão}} - 1 \right) \right] * 1000$$

Onde  $R_{amostra}$  representa a razão isotópica medida na amostra e  $R_{padrão}$  representa um padrão que geralmente é um material de referência calibrado com um padrão internacional. Neste caso, os valores de  $\delta$  são comparados a esses padrões que são arbitrariamente fixados em em 0 ‰ (Caxito & Silva, 2015). Na tabela 2 são apresentados alguns valores e padrões internacionais para a razão isotópica de alguns elementos. A letra V que aparece nas siglas (VPDB por exemplo) significa que o valor utilizado foi determinado pela IAEA (*International Atomic Energy Agency*), em Viena, Áustria

Quanto aos sinais de  $\delta$  [Pereira; Benedito 2007] explicam que:

“um valor positivo de  $\delta$  indica que a amostra tem razão isotópica maior que o padrão e que possui mais espécies isotópicas pesadas comparadas a este. Por outro lado, os valores negativos indicam que a amostra tem uma razão isotópica menor que aquela padrão. Considerando por exemplo, uma amostra desconhecida com um valor de  $\delta^2H$  de -50 ‰, isto significa que ela tem razão  $^2H/^1H$ , 50 mil partes por mil, ou 5% menor que a razão  $^2H/^1H$  padrão água.”

| Razão isotópica  | Padrão Internacional                     | Valor do Padrão                       |
|------------------|--|---------------------------------------|
| $^2H/^1H$ ou D/H | Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW) | 0,00015575                            |
| $^{13}C/^12C$    | Vienna Pee Dee Belemnite (VPDB)          | 0,0111802                             |
| $^{15}N/^14N$    | Ar atmosférico (AIR)                     | 0,0036782                             |
| $^{18}O/^16O$    | Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW) | VSMOW = 0,0020052<br>VPDB = 0,0020672 |
|                  | ou<br>Vienna Pee Dee Belemnite (VPDB)    |                                       |
| $^{34}S/^32S$    | Vienna Canyon Diablo Troilite (VCDT)     | 0,0451509                             |

**Tabela 2** Padrões internacionais de razão isotópica [Werner; Brand 2011]

## CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

Nos processos físicos, químicos e biológicos, as abundâncias dos isótopos estáveis nos reagentes e produtos são modificadas. Os isótopos mais leves tendem a estabelecer ligações mais frágeis, quando comparadas as ligações feitas pelos mais pesados. Isto provoca uma tendência em se observar mais isótopos leves nos produtos e mais pesados nos reagentes das reações. Esse fenômeno, denominado *fracionamento isotópico* [Caxito; Silva 2015], é de grande relevância para o estudo da ecologia, pois podemos usar os dados das tabelas 1 e 2, para estabelecer traçadores que lançam luz na compreensão dos ciclos biogeoquímicos. Segundo Miranda [1995], um ciclo biogeoquímico é o trânsito de determinados compostos entre a litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera. Rubenstein e Hobson [2004] apud Pereira e Benedito [2007] elencam os isótopos dos principais ciclos, bem como os processos que alteram as abundâncias destes.

### **Carbono ( $\delta^{13}C$ ):**

#### **a) Processos biológicos e/ou biogeoquímicos**

Varia nos tecidos vegetais com fracionamento isotópico durante a fotossíntese em espécies de via C3, C4 e CAM; condições ambientais que limitam as reações enzimáticas durante a fotossíntese ou alteram a abertura estomatal.

#### **b) Processos antropogênicos**

Agricultura (com plantas C4) em ecossistemas naturais (com plantas C3), fontes de poluição aquática ou atmosférica

### **Hidrogênio ( $\delta^2H$ ) e Oxigênio ( $\delta^{18}O$ ):**

#### **a) Processos biológicos e/ou biogeoquímicos**

Varia em corpos d'água com padrões de precipitação, temperatura, altitude e umidade relativa.

#### **b) Processos antropogênicos**

Irrigação com águas subterrâneas, criação de lagos artificiais que influenciam os padrões climáticos locais, mudança de clima induzida pelo homem.

### **Nitrogênio ( $\delta^{15}N$ ):**

#### **a) Processos biológicos e/ou biogeoquímicos**

Varia nos tecidos vegetais pelo modo da fixação do N<sub>2</sub>, fixação simbiótica, conversão direta do N<sub>2</sub> atmosférico.

#### **b) Processos antropogênicos**

Uso de fertilizantes na agricultura, práticas do uso do solo que resultam na amonificação ou perda de <sup>14</sup>N.

### **Enxofre ( $\delta^{34}S$ )**

#### **a) Processos biológicos e/ou biogeoquímicos**

Varia na natureza com distribuição dos sulfetos leves e pesados na rocha-mãe, qualidade das condições para o desenvolvimento das plantas (aeróbico x anaeróbico), deposição atmosférica de fontes naturais.

#### **b) Processos antropogênicos**

Fontes pontuais de poluição e a poluição do ar por combustíveis fósseis.

Segundo Caxito e Silva [2015]:

“Para se determinar as razões isotópicas a maioria dos isótopos úteis ao estudo dos ciclos biogeoquímicos pode ser medida através de IRMS (IRMS – Isotope Ratio Mass Spectrometer) de fonte gasosa, ou seja, as amostras líquidas, sólidas ou gasosas são convertidas em gases simples antes de serem analisadas. Medidas das razões isotópicas <sup>2</sup>H/<sup>1</sup>H, <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N, <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C, <sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O e <sup>34</sup>S/<sup>32</sup>S são realizadas a partir dos gases de H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO e SO<sub>2</sub>, respectivamente.”



## CICLO DA ÁGUA

A partir da análise isotópica de amostras d'água obtidas em diversas regiões brasileiras, feitas principalmente pelo Centro de Energia Nuclear para Agricultura da Universidade de São Paulo (Cena-USP) em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e com o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, foi possível traçar um mapa das chuvas em nosso país.

Nobre [2014] aponta que a grande responsável pelo benéfico ciclo de chuvas que ocorrem no quadrilátero delimitado por Cuiabá, ao Norte, São Paulo, a Leste, Buenos Aires, ao Sul, e a cordilheira dos Andes, a Oeste é a Floresta Amazônica. A partir da análise dos valores  $\delta^2H$  e  $\delta^{18}O$  de amostras de vapor d'água obtidas na região citada verificou-se que a grande floresta, importa vapor úmido oriundo do Oceano Atlântico, e por um processo denominado evapotranspiração, devolve esta umidade para a atmosfera [Salati et. Al 1979], porém a uma taxa que chega a ser dez vezes superior a taxa com que o oceano evapora.

Jasecko et. Al [2013] corroboraram esta estimativa, dizendo que:

*“Here we use the distinct isotope effects of transpiration and evaporation to show that transpiration is by far the largest water flux from Earth's continents, representing 80 to 90 per cent of terrestrial evapotranspiration.”*

Todo esse vapor d'água é bloqueado pelas Cordilheiras dos Andes, e é direcionado para o Sul, inundando-nos com as chuvas, que é responsável pela agricultura, manutenção dos rios etc. Olhando um mapa-múndi, observa-se uma interessante simetria entre a distribuição de desertos e florestas no planeta. Pela nossa posição geográfica, o clima brasileiro era para ser desértico não fosse essa auspiciosa combinação entre Amazônia e Andes.

Porém, segundo Nobre [2014], devolver esta umidade para atmosfera, é apenas o primeiro passo deste ciclo. As nuvens que formam a chuva necessitam de núcleos de condensação, pois apenas a temperatura não é capaz de formá-las. É necessário que haja água superfície sólida ou líquida que funcione como

“semente” de chuva. Ao estudar as trocas de gás carbônico, também via análise isotópica, cientistas brasileiros do INPA e da USP, em colaboração com holandeses, alemães e italianos, verificaram que as árvores liberam compostos orgânicos voláteis biogênicos (BVOCs), que cumprem a tarefa de sementes de chuva.

## Referências Bibliográficas

- BARBOSA, L. G. D.; CASTRO, R. S. DE. O ensino de conceitos de termodinâmica a partir do tema aquecimento global. **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–11, 2007.
- BARBOSA, M. C. Aprendendo com as esquisitices da água. **e-Boletim da Física. International Centre for Condensed Matter Physics**, v. 1, p. 1–5, 2015.
- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. DE. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, p. 30–59, 2014.
- BISCAINO, A. P. As potencialidades da temática previsão do tempo para o ensino de ciências. **Física na Escola**, v.15, n1, 2017, p. 25–28, 2017.
- BRASIL. **Constituição Federal da República**. 1988
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**.1996
- BRASIL. **Matriz de referência ENEM**. 2012
- BRUNELLI, S. DE C. H.; DAMÁSIO, F.; RAÍCIK, A. C. A física premiada: Márcia Barbosa, a água e a sala de aula. **Física na Escola**, v.15, n2, 2017a, 2017.
- CAPRA, F. **O ponto de Mutação**. 9. ed. São Paulo: Cultrix, 1993.
- CAPRA, F. **A teia da vida**. São Paulo: Editora Cultrix, 2000.
- CARAMELLO, G. W. **Aspectos da Complexidade: contribuições da Física para compreensão do tema ambiental**. p. 258, 2012.
- CARAMELLO, G. W.; OLIVEIRA, M.; COSTA, D. A. **A Perspectiva Freireana na Formação Continuada de Professores de Física ( Paulo Freire ' s Perspective in the Continuing Education of Physics Teachers )**. p. 51–72, 2014.
- CAXITO, F. A.; SILVA, A. V. **ISÓTOPOS ESTÁVEIS : FUNDAMENTOS E TÉCNICAS APLICADAS À CARACTERIZAÇÃO E PROVENIÊNCIA GEOGRÁFICA DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS**. **Geonomos**, v. 23, n. 1, p. 10–17, 2015.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. E. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.
- FEYNMAN, R. P. **Física em seis Lições**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2001.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia Saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GAIO, D. C. **Análogo elétrico da dinâmica hídrica em plantas vasculares**. [s.l.] Universidade Federal do Mato Grosso, 2011.
- GRAF. **Grupo de Reelaboração do Ensino de Física**. Rio de Janeiro:1998.
- GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física**. LTC, 2016.
- HALIDAY; RESNICK; WAKER, J. **Fundamentos de Física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. 8° ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

- HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. São Paulo: Saraiva, 2015.
- HORNES, A.; SILVA, S. DE C. R. DA; PINHEIRO, N. A. M. **Uma atividade histórico-crítica da evolução científica, tecnológica e social no estudo da termodinâmica**. Simpósio Nacional de Ensino de Física. **Anais...**2005
- JASECHKO, S. et al. (2013). Terrestrial water fluxes dominated by transpiration. *Nature*. **Nature**, 2007.
- JUNIOR, G. G. D. **RECURSOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO ( TIC ) RECURSOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E**. [s.l.] Universidade Federal do Mato Grosso, 2011.
- JUNIOR, P. G. **As lições de Paulo Freire. Filosofia, educação e política**. Barueri - SP: Manole, 2012.
- LEFF, E. **Epistemologia Ambiental**. São Paulo:.
- MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.; GIMARÃES, C. **Física: Contexto e Aplicações**. São Paulo: Scipione, 2017.
- MIRANDA, E. E. (1995). **50 palavras: A Ecologia**. São Paulo: Loyola. São Paulo: Loyola, 1995.
- MORIN, E. **O método. A natureza da natureza**. Europa - América LTDA, 1997.
- MORIN, E. **A cabeça bem feita**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- MOSS, G; MOSS, M. **Os rios voadores, a Amazônia e o clima brasileiro. Caderno do professor**. São Paulo: Horizonte, 2014.
- MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “ Física ”. **Ciência e Educação**, p. 617–638, 1980.
- NASA. **Precipitation Measurent Mission**. Disponível em: < <https://pmm.nasa.gov/trmm>>. Acesso em 20 de setembro de 2017.
- NETO, M. J. **Física Ambiental e Teoria da Complexidade: Possibilidades de Ensino na Educação Básica**. [s.l.] Universidade Federal do Mato Grosso, 2011.
- NOBRE, A. D. **O Futuro Climático da Amazônia O Futuro Climático da Amazônia**.2014.
- NUSSENZVEIG, M. H. **Física Básica 2: Flúidos, Oscilações e Calor**. São Paulo: Blucher, 1996.
- OLIVEIRA, G. S. DE; SILVA, N. F. DA; HENRIQUES, R. **Mudanças Climáticas: ensino fundamental e médio**. Brasília: MEC, SEB, MCT, AEB, 2009.
- PASSOW, M. **TRMM - Tropical Rainfall Measuring Mission: Bringing remot sensing of precipitation into your classroom \* TRMM: trazendo o o sensorimamento remoto para sua sala de aula**. *Terraedidática*, 6(1):03-08 <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>> 2010
- PEREIRA, A. L. Isótopos estáveis em estudos ecológicos : métodos , aplicações e perspectivas. **Revista de Biociências. Taubaté. v.13**, p. 16–27, 2007.
- PEREIRA, V. M. R. **Análogo elétrico da pressão de turgescência em células guarda de vicia faba: Modelo científico e conceitual**. Universidade Federal do Mato Gross, 2013.
- PETROBRÁS. **Projeto Rios Voadores**. Disponível em: <<http://riosvoadores.com.br>>. Acesso em: 27 nov. 2017.
- RAISG. **Amazonia sob pressão**. São Paulo:

- ROSA, J. G. **Manuelzão e Miguilim: Corpo de Baile**. 12. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2016.
- SARAMAGO, J. **Ensaio sobre a cegueira**. São Paulo: Companhia das Letras 1995
- SILVEIRA, F. L. DA. Um tema negligenciado em textos de física geral: A vaporização da água. **Física na Escola**, v. 14, n.2f, p. 27–30, 2016.
- SOBRINHO, F. J. C. **Análise de livros didáticos do nível médio quanto a potencialidade para uma possível aprendizagem significativa de física ambiental**. Universidade Federal do Mato Grosso, 2009.
- TAVARES, A. DA S. **Física Ambiental e Teoria da Complexidade: Inserção de Tópicos Essenciais da Teoria da Complexidade no Ensino Médio - A Viabilidade de uma Proposta**. Universidade Federal do Mato Grosso, 2011.
- TAVARES, A. DA S. **Análise da evapotranspiração e condutância como processo dinâmico em dois ecossistemas amazônicos na perspectiva da teoria da complexidade**. Universidade Federal do Mato Gross, 2015.
- TERRA. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/>>. Acesso em 10 de Dezembro de 2017.
- TORRES, C. M.; SOARES, N. G.; PENTEADO, P. C. **Física Ciência e Tecnologia: Termofísica, Óptica, Ondas**. São Paulo: Moderna, 2001.
- UNESP. **Projeto experimentos de Física com materiais do dia-a-dia**. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/>>. Acesso em 10 de setembro de 2017.
- USP. **Ciência a Mão**. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br>Acesso em 10 de setembro de 2017.
- WATANABE, G. Elementos Para Uma Abordagem Temática : a Questão Das Águas E Sua Complexidade. **Mestrado em Ensino de Ciências. São Paulo: USP.**, 2008.
- WERNER, R. A.; BRAND, W. A. Referencing strategies and techniques in stable isotope ratio analysis. **Rapid communications in massa spectrometry**, p. 501–519, 2001.