

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM  
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**DISSERTAÇÃO**

**Uma Proposta de Planejamento de Ensino para Aprendizagem  
Significativa do Conceito de Vácuo Através do Ensino Sob Medida**

**Rafael Belo de Souza**

**2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM  
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**UMA PROPOSTA DE PLANEJAMENTO DE ENSINO PARA  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE  
VÁCUO ATRAVÉS DO ENSINO SOB MEDIDA**

**RAFAEL BELO DE SOUZA**

*Sob a orientação da Professora  
Sílvia Moreira Goulart  
e Coorientação do Professor  
Marcelo Azevedo Neves*

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências e Matemática**, no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Área de Concentração em Ensino e Aprendizagem de Ciências e Matemática.

Seropédica, RJ  
Maio de 2023

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001". "This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001".

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S729p Souza, Rafael Belo de, 1989-  
Uma Proposta de Planejamento de Ensino para  
Aprendizagem Significativa do Conceito de Vácuo  
Através do Ensino Sob Medida / Rafael Belo de Souza.  
Seropédica, 2023.  
126 f.

Orientadora: Sílvia Moreira Goulart.  
Coorientador: Marcelo Azevedo Neves.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em  
Educação em Ciências e Matemática, 2023.

1. Ensino Médio - Aprendizagem de Física. 2. Física -  
Vácuo. 3. Metodologia de Ensino - Ensino sob medida.  
I. Goulart, Sílvia Moreira, 1956-, orient. II. Neves,  
Marcelo Azevedo, 1969-, coorient. III Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós  
Graduação em Educação em Ciências e Matemática. IV.  
Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA



TERMO Nº 841 / 2023 - PPGEDUCIMAT (12.28.01.00.00.00.18)

Nº do Protocolo: 23083.048035/2023-57

Seropédica-RJ, 25 de julho de 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO  
RAFAEL BELO DE SOUZA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências e Matemática**, no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, área de Concentração em Ensino e Aprendizagem de Ciências e Matemática.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 30 / 05 / 2023

Silvia Moreira Goulart. Prof. Dr. UFRRJ

(Orientadora)

Marcelo Azevedo Neves. Prof. Dr. UFRRJ

(Coorientador)

Cláudio Maia Porto. Prof. Dr. UFRRJ

Ana Carolina de Léo Silva. Prof. Dr. SEEDUC-RJ

(Assinado digitalmente em 25/07/2023 22:05 )

CLAUDIO MAIA PORTO  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DeptF (12.28.01.00.00.00.62)  
Matrícula: 1168136

(Assinado digitalmente em 25/07/2023 16:34 )

MARCELO AZEVEDO NEVES  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DeptF (12.28.01.00.00.00.62)  
Matrícula: 3289310

(Assinado digitalmente em 25/07/2023 21:26 )

SILVIA MOREIRA GOULART  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DeptTPE (12.28.01.00.00.00.24)  
Matrícula: 1167899

(Assinado digitalmente em 25/07/2023 21:32 )

ANA CAROLINA DE LÉO SILVA  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: 126.375.737-59

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp>  
informando seu número: **841**, ano: **2023**, tipo: **TERMO**, data de emissão: **25/07/2023** e o  
código de verificação: **e04cf07e60**

Dedico este trabalho a minha mãe Eunice Belo de Souza e a meu pai, Demildo Pinto de Souza (*in memoriam*) pelo amor, carinho e sempre me incentivarem a estudar.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me permitido chegar até aqui e concluir o curso de mestrado.

Agradeço a minha mãe Eunice Belo de Souza e a meu pai Demildo Pinto de Souza (*in memoriam*) que sempre se esforçaram para que eu pudesse estudar.

Aos Pró-Reitores de Pesquisa e Pós-Graduação Lúcia Helena Cunha dos Anjos, João Márcio Mendes Pereira e José Luis Fernando Luque Alejos que me concederam a oportunidade de realizar este curso.

Agradeço a Professora Valéria Nascimento Lebeis Pires pela parceria no trabalho, amizade para a vida, apoio e também ter me permitido estudar.

À Professora Sílvia Moreira Goulart e ao Professor Marcelo Azevedo Neves, pela excelente orientação, apoio e confiança ao longo desses anos e também pela paciência.

À Professora Carla Larissa Almeida Dias, diretora do CIEP 156 Dr. Albert Sabin, e ao Professor Carlos Eduardo Ferraz Moraes, professor de Física do CIEP 156, que gentilmente doaram os livros didáticos para esta pesquisa.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela infraestrutura concedida.

*"Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isso e ensine-o de acordo" (Ausubel, Novak, Hanesian, 1980, p. 137 apud Araujo, Mazur, 2013, p. 12).*

## RESUMO

SOUZA, Rafael Belo de. **UMA PROPOSTA DE PLANEJAMENTO DE ENSINO PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE VÁCUO ATRAVÉS DO ENSINO SOB MEDIDA**. 126 fls. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática). Instituto de Educação/Instituto Multidisciplinar. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ, 2022.

O conceito de vácuo interfere na compreensão de várias tecnologias presentes na sociedade contemporânea. Porém, o estudante do Ensino Médio, apesar de estar relativamente familiarizado com o uso dessas tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), é leigo quanto às suas características e ao seu funcionamento. O livro didático é um dos veículos de disseminação de conhecimento científico mais acessível ao estudante há muitas décadas (BARRETO, MONTEIRO, 2008; SANTOS, 2022). Então, cabe perguntar como é que o conceito de vácuo está sendo apresentado nos livros didáticos usados na Educação Básica brasileira. Portanto, nesta pesquisa buscamos identificar o conceito de vácuo apresentado em livros didáticos de Física para o Ensino Médio, aprovados no âmbito do Programa Nacional do Livro Didático em nosso país. Também buscamos um produto capaz de produzir uma aprendizagem significativa sobre esse conceito. O método de ensino-aprendizagem da educação tradicional desmotiva os alunos e induz a uma aprendizagem mecânica (AUSUBEL, 1963; 1968). Para contribuir com a superação desse problema no Ensino de Física, propomos o método do Ensino sob Medida (EsM), que é um método de ensino ativo, no qual os discentes em acesso a material introdutório ao conteúdo e devem estudá-lo previamente a aula e enviar as principais dificuldades ao docente. O professor planeja a aula com bases nestas dificuldades e as sana durante a aula, por isso, o ensino é sob medida. A partir da pesquisa bibliográfica sobre o conceito de vácuo, será elaborado um planejamento de ensino sobre o vácuo para ser aplicado na primeira e/ou segunda série do Ensino Médio. O planejamento de ensino sobre o vácuo é composto de 6 temas distribuídos em 6 aulas de 50 minutos cada uma. Essa metodologia EsM, aqui proposta, também pode ser utilizada por outros professores para elaboração de sequências didáticas para outros assuntos de Física e inclusive estendidas para outras disciplinas.

**Palavras-chave:** Ensino Médio – Aprendizagem de Física; Física – Vácuo; Metodologia de Ensino - Ensino sob medida.

## ABSTRACT

SOUZA, Rafael Belo de. **A TEACHING PLANNING PROPOSAL FOR MEANINGFUL LEARNING OF THE VACUUM CONCEPT THROUGH JUST-IN-TIME TEACHING.** 126 fls. Dissertation (Professional Master in Science and Mathematics Education). Instituto de Educação/Instituto Multidisciplinar. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ, 2022.

The concept of vacuum interferes with the understanding of various technologies present in contemporary society. However, high school students, despite being relatively familiar with the use of these digital information and communication technologies (DICT), are laymen about their characteristics and how they work. The textbook has been one of the most accessible vehicles for disseminating scientific knowledge to students for many decades (BARRETO, MONTEIRO, 2008; SANTOS, 2022). So, it is worth asking how the concept of vacuum is being presented in textbooks used in Brazilian Basic Education. Therefore, in this research we seek to identify the concept of vacuum presented in Physics textbooks for High School, approved under the National Textbook Program in our country. We are also looking for a product capable of producing significant learning about this concept. The teaching-learning method of traditional education discourages students and induces mechanical learning (AUSUBEL, 1963; 1968). To contribute to overcoming this problem in Physics Teaching, we propose the Tailored Teaching method (EsM), which is an active teaching method, in which students have access to introductory material to the content and must study it before the class and send the main difficulties to the teacher. The teacher plans the class based on these difficulties and solves them during the class, so teaching is under measure. From the bibliographic research on the concept of vacuum, a teaching plan on the vacuum will be prepared to be applied in the first and/or second year of high school. The teaching plan on vacuum is composed of 6 topics distributed in 6 lessons of 50 minutes each. This JiTT methodology, proposed here, can also be used by other teachers for the elaboration of didactic sequences for other subjects of Physics and even extended to other disciplines.

**Keywords:** High School – Physics Learning; Physics – Vacuum; Teaching Methodology - Just-in-Time Teaching.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Pilares da sala de aula invertida.....	47
<b>Figura 2:</b> Etapas do TBL e sua duração aproximada.....	54
<b>Figura 3:</b> Esquema de tubo com secção com pressão $P$ e fluxo $Q$ .....	65
<b>Figura 4:</b> Tubos associados em série.....	66
<b>Figura 5:</b> Tubos associados em paralelo.....	67
<b>Figura 6:</b> Associação em série de duas bombas hidráulicas.....	70
<b>Figura 7:</b> Representação esquemática de duas bombas associadas em série.....	71
<b>Figura 8:</b> Associação em paralelo de duas bombas hidráulicas.....	72
<b>Figura 9:</b> Representação esquemática de duas bombas associadas em paralelo...	72
<b>Figura 10:</b> Representação esquemática de duas bombas associadas em série como parte de equipamento industrial.....	73
<b>Figura 11:</b> Representação esquemática de um sistema de bombeamento constituído por duas bombas hidráulicas associadas em paralelo com destaque dos tubos de recalque e de sucção.....	74
<b>Figura 12:</b> Representação esquemática de dois tubos de recalque associados em paralelo.....	74
<b>Figura 13:</b> Sistema de vácuo industrial com cinco bombas de 200 s/litro e uma bomba de 50 s/litro associadas em paralelo.....	75
<b>Figura 14:</b> Sistema de vácuo industrial com uma bomba de 200 s/litro e uma bomba de 50 s/litro associadas em paralelo.....	75
<b>Figura 15:</b> Sistema equivalente ao sistema formado por uma bomba de 200 s/litro e uma de 50 s/litro associadas em paralelo.....	75
<b>Figura 16:</b> Sistema de vácuo industrial com duas bombas de 200 s/litro e uma bomba de 50 s/litro associadas em paralelo.....	76
<b>Figura 17:</b> Sistema equivalente ao sistema formado por duas bombas de 200 s/litro e uma de 50 s/litro associadas em paralelo.....	76
<b>Figura 18:</b> Sistema de vácuo industrial com três bombas de 200 s/litro e uma bomba de 50 s/litro associadas em paralelo.....	77
<b>Figura 19:</b> Sistema equivalente ao sistema formado por três bombas de 200 s/litro e uma de 50 s/litro associadas em paralelo.....	77

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Comparação do Ensino sob Medida com a Aprendizagem Baseada em Equipes.....	55
<b>Quadro 2:</b> Analogia entre grandezas hidráulicas e grandezas elétricas.....	68

## **LISTA DE SIGLAS**

**EsM** – Ensino sob Medida

**PNLD** – Programa Nacional do Livro Didático

**MEC** – Ministério da Educação

**SBV** – Sociedade Brasileira do Vácuo

**TBL** – Team Based Learning

**TIC** – Tecnologia de Informação e Comunicação

**TDIC** – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

**UFRRJ** – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
motivação .....	1
O contexto do ensino de Física no Ensino Médio brasileiro .....	1
Problema de Pesquisa .....	3
Objetivo Geral.....	4
Objetivos Específicos .....	4
Justificativa .....	4
Metodologia da pesquisa .....	5
Obras aprovadas pelo PNLD 2021 .....	7
Inserção na Linha de Pesquisa .....	9
Estrutura da Dissertação .....	9
1. Do conceito de vácuo .....	11
1.1. Antiguidade Clássica (aproximadamente 4000 a.C a 476 d. C) .....	11
1.1.1. A concepção Aristotélica sobre o vazio.....	12
1.2. Idade Média (476 d.C. a 1453) .....	13
1.3. Idade Moderna (1453 - 1789) .....	14
1.4. Idade Contemporânea (1789 até o presente).....	17
2. DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE VÁCUO .....	21
2.1. A Teoria da Aprendizagem Significativa – Uma visão introdutória .....	21
2.2. Os Subsúncios .....	22
2.3. A estrutura cognitiva.....	22
2.4. Os organizadores prévios.....	23
2.5. Tipos de Aprendizagem Significativa.....	23
2.6. Diferenciação progressiva e reconciliação integradora .....	23
2.7. Condições para a Aprendizagem Significativa .....	24
3 CONCEITO DE VÁCUO APRESENTADO EM LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA .....	25
3.1. O Novo Ensino Médio e o Programa Nacional do Livro Didático.....	25
3.2. Livros selecionados.....	26
3.3. Apresentação e discussão dos resultados.....	26
3.4. Coleção Multiversos .....	26
3.4.1. Livro Multiversos Ciência, Tecnologia e Cidadania .....	27
3.4.2. Livro Multiversos Ciência, Sociedade e Ambiente .....	29
3.4.3. Livro Multiversos Origens.....	29
3.4.4. Livro Multiversos Eletricidade na Sociedade e na Vida.....	30
3.4.5. Livro Multiversos Movimentos e Equilíbrios na Natureza .....	30
3.4.6. Livro Multiversos Matéria, Energia e a Vida .....	30
3.5. Coleção Diálogo .....	30
3.5.1. Livro Diálogo: Ser Humano e Meio Ambiente: Relações e Consequências .....	31
3.5.2. Livro Diálogo: O Universo da Ciência e a Ciência do Universo.....	32

3.5.3. Livro Diálogo: Energia e Sociedade: Uma Reflexão Necessária .....	33
3.5.4. Livro Diálogo: Terra um Sistema Dinâmico de Matéria e Energia .....	34
3.5.5. Livro Diálogo: Vida na Terra: Como é Possível?.....	36
3.5.6. Livro Diálogo: Ser Humano: Origem e Funcionamento.....	37
3.6. Coleção Conexões.....	37
3.6.1. Livro Conexões: Matéria e Energia .....	38
3.6.2. Livro Conexões: Energia e Ambiente.....	40
3.6.3. Livro Conexões: Saúde e Tecnologia .....	40
3.6.4. Livro Conexões: Terra e Equilíbrios.....	41
3.6.5. Livro Conexões: Universo, Materiais e Evolução .....	42
3.6.6. Livro Conexões: Conservação e Transformação .....	44
3.7. Resultados da análise dos livros didáticos .....	44
4. METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM.....	45
4.1. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem .....	45
4.2. Sala de Aula Invertida ( <i>Flipped Classroom</i> ) .....	47
4.3. Ensino sob Medida ( <i>Just in Time Teaching</i> ) .....	48
4.3.1. Primeira etapa: Tarefas de Leitura e Exercícios de Aquecimento .....	48
4.3.2. Segunda etapa: Sala de aula .....	49
4.3.3. Terceira etapa: Atividades em Grupo.....	50
4.4. Aprendizagem Baseada em Equipes ( <i>Team-Based Learning</i> ).....	50
4.4.1. Fase I – Preparação: Estudo individual.....	51
4.4.2. Fase II – Garantia de Preparo: Teste individual e em equipe, discussão e feedback .....	52
4.4.3. Fase III – Aplicação de conceitos: Tarefas da equipe e finalização .....	53
4.4.4. Avaliação da Aprendizagem Baseada em Equipes.....	54
4.5. Comparação do Ensino sob Medida com a Aprendizagem Baseada em Equipes.....	54
4.6. Relação entre a Aprendizagem Significativa e o Ensino sob Medida .....	55
5. O produto educacional: o Guia didático proposto .....	58
Guia para complementar Livros Didáticos da Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio .....	59
Sugestões para o Professor .....	61
Aprendizagem Significativa .....	61
Ensino sob Medida ( <i>Just-in-Time Teaching</i> ).....	62
Breves considerações sobre a história do vácuo .....	63
Idade Antiga (aproximadamente 4000 a.C. a 476 d.C.).....	63
Idade Média (476 d.C. a 1453) .....	63
Idade Moderna (1453 a 1789).....	64
Idade Contemporânea (1789 até o presente).....	64
Conceitos iniciais sobre escoamento de gases .....	65
Condutâncias em série .....	66
Condutâncias em paralelo.....	67

Regimes de Escoamento .....	68
Analogia entre grandezas hidráulicas (aplicadas a sistemas de vácuo) e grandezas elétricas .....	68
Proposta de exercícios .....	69
Questões Conceituais (com respostas esperadas) .....	69
Questões para a fase em sala de aula (com resoluções).....	70
Questão do tipo quebra-cabeça: puzzle (com resolução).....	74
Sugestões de Material Complementar: .....	77
Bibliografia do produto.....	79
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>84</b>
<b>Apêndice 1: SÍNTESE DA APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>90</b>
<b>Apêndice 2:.....</b>	<b>116</b>
<b>Planejamento de Curso de Extensão: planejamento de ensino sobre o vácuo fundamentado no Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) para estudantes da primeira e segunda série do Ensino Médio.....</b>	<b>116</b>
1. Descrição geral do planejamento de ensino sobre o vácuo: .....	116
2. Descrição detalhada do planejamento de ensino sobre o vácuo: .....	117
<b>Anexo: livros didáticos aprovados pelo PNLD 2021 .....</b>	<b>125</b>

# INTRODUÇÃO

## Motivação

Me chamo Rafael Belo de Souza e ingressei no Curso de Graduação em Licenciatura Plena em Física da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em 2008, onde tive contato com as disciplinas científicas da Física e com disciplinas voltadas à área de formação pedagógica, e conclui o curso em 2015.

Durante a Graduação em Física, realizei atividade de pesquisa de iniciação científica, sob a orientação do Professor Isaías Gonzaga de Oliveira, na área de supercondutividade. Meu projeto versou sobre estudos de supercondutores em escalas mesoscópicas por implementação do software COMSOL Multiphysics. Minha monografia, sob orientação do Professor Marcelo Azevedo Neves, abordou a simulação computacional de diodos semicondutores, considerando o processo de recombinação elétron-lacuna utilizando o software COMSOL Multiphysics.

Na Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, me interessei pelo estudo de estratégias educacionais e teorias sobre como tornar a aprendizagem dos conceitos de Física significativa para os estudantes. Minha dissertação sob orientação da Professora Sílvia Moreira Goulart e coorientação do Professor Marcelo Azevedo Neves abordará apresenta uma proposta que visa tornar a aprendizagem do conceito de vácuo significativa.

Na minha breve experiência como professor particular de Física percebi, que ao apresentar novos conceitos, há uma resistência dos estudantes em modificar os conhecimentos anteriores baseados no senso comum. Embora os estudantes aceitem os novos conceitos apresentados na escola, quando confrontados para explicar um fenômeno geralmente eles recorrem a conceitos que eles próprios já construíram anteriormente.

A fim de delimitar essa investigação, escolhi abordar o conceito de vácuo, pois os semicondutores, e sua implementação em chips, precisam de sistemas de vácuo para serem produzidos. Assim, no que tange à Física minha dissertação relaciona-se com minha monografia. Entretanto, este conceito não se limita à Física, pois a conservação de alimentos, a produção de medicamentos, a metalurgia, e inúmeras outras soluções tecnológicas atuais são implementadas por meio de sistemas de vácuo.

Assim, conclui que existem questões a serem pesquisadas porque alguns conceitos são selecionados e assimilados pelos estudantes, geralmente conceitos do senso-comum e conceitos científicos já superados, em detrimento de outros, geralmente conceitos científicos atuais. Essa constatação atraiu a minha atenção, e me moveu a estudar a teoria da aprendizagem significativa, de David Paul Ausubel (1918 - 2008).

## O contexto do ensino de Física no Ensino Médio brasileiro

O ensino de Física no Ensino Médio, no cotidiano escolar, muitas vezes, ocorre por meio de aulas expositivas e resolução de problemas. Essa constatação, e o esforço para a superação dessa situação, tem sido alvo de várias pesquisas em Ensino de Física realizadas no Brasil, como demonstram os trabalhos de Carvalho (2018; 2002), Delizoicov (2002), Angotti (2006), Sousa e Vianna (2020), e muitos outros. Internacionalmente, pesquisas como as de Driver (1994), e Osborne e Wittrock (1983), também abordaram o problema da aprendizagem de conceitos físicos.

Essa metodologia, de exposição de conceitos seguida da resolução de problemas, é extensamente empregada no Ensino Médio e geralmente contém muitos conceitos abstratos e fórmulas matemáticas que devem ser dominados pelos alunos, embora na maioria das vezes, não façam sentido para eles. Esse método da escola tradicional desmotiva os alunos e induz a uma aprendizagem

mecânica, isto é, baseada na memorização (AUSUBEL, 1963;1968) que possui baixa retenção cognitiva.

Em contrapartida, na perspectiva da aprendizagem significativa, espera-se uma maior atividade cognitiva dos estudantes a fim de relacionar os novos conhecimentos abordados em sala de aula com seus conhecimentos prévios de modo que os novos conhecimentos adquiram significado. Isso exige dos estudantes um determinado grau de envolvimento com o processo de ensino-aprendizagem e com a construção do próprio conhecimento. Da mesma maneira, o professor também está envolvido com a construção do conhecimento do aluno, portanto, ele deve ser um incentivador, um mediador, um desafiador das potencialidades do aluno e não “castrar” o interesse do aluno, como afirma Duarte: “Para Paulo Freire, o educador que “castra” o interesse do aluno em detrimento à memorização mecânica do ensino, poda a liberdade e a capacidade de aventurar-se pelos caminhos do saber, de modo a não formá-lo e sim, a domesticá-lo” (FREIRE apud DUARTE, 2018, p.12).

O processo de construção do próprio conhecimento exige uma atividade de pesquisa continuada, como indicam as pesquisas na área, anteriormente citadas. Essa atividade de pesquisa requer a busca e a consulta a textos didáticos, acadêmicos, e de divulgação científica. De todos esses textos, os livros didáticos são os de mais fácil acesso, na medida em que a própria escola dispõe de vários títulos.

Esta proposta é adequada ao contexto atual do ensino de Física no Brasil e da formação inicial em nível superior dos profissionais da educação, considerando a Resolução N° 2, de 1° de julho de 2015, que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para formação inicial em nível superior de profissionais do magistério, um dos valores da educação expresso no Artigo 2, § 1° “Compreende-se à docência ... envolvendo conhecimentos específicos, interdisciplinares e pedagógicos, conceitos, princípios e objetivos da formação que se desenvolvem na construção e apropriação dos valores éticos, linguísticos, estéticos e políticos do conhecimento inerentes à sólida formação científica ...” (grifos nossos).

E considerando-se também o documento PCN+ de Ciências da Natureza, revogado pela Base Nacional Comum Curricular, mas ainda expressando a intenção dos educadores a respeito de uma sólida formação do cidadão, onde se lê nos PCN+:

“A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCNEM. Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem”. (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, p. 59)

Cabe ressaltar que a Educação Brasileira passa por uma crise quanto ao Novo Ensino Médio, na medida em que a proposta da Base Nacional Comum Curricular está sendo muito criticada no meio acadêmico e na sociedade civil organizada, como prova o Parecer do Grupo de Trabalho Temporário – Novo Ensino Médio do Fórum Nacional de Educação (MEC-2023) que propõe o retorno à implementação da Resolução CNE 02/2015, de modo a garantir uma sólida formação inicial e continuada docente.

Neste contexto trabalhamos com a finalidade de construir um guia didático baseado na metodologia ativa 'Ensino sob Medida' para aulas de Física sobre o vácuo, tendo o intuito de se promover uma aprendizagem significativa, sob a

perspectiva construtivista. "Além disso, pretendemos motivar os estudantes a serem autodidatas, trabalhar em equipe e relacionar seus conhecimentos com os conteúdos tratados" (PEREIRA; OLENKA; OLIVEIRA, 2016, p.3).

Para a construção do guia didático foi escolhido o tema vácuo. Assim, nesta dissertação, também será realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o conceito de vácuo. E uma análise sobre o conteúdo apresentado sobre o vácuo pelos livros didáticos aprovados no âmbito do Programa Nacional do Livro Didático (2021).

## **Problema de Pesquisa**

No início da segunda década do século XXI, encontram-se no Ensino Médio, os adolescentes da geração chamada nativa digital; isto é, nascidos a partir de 1990<sup>1</sup> até 2010 (CAMPEIZ, 2017). Quando essa geração nasceu, o uso de tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) e da internet já era difundido socialmente, e eles constituem a primeira geração a crescer imersa nessas tecnologias, sendo a sua utilização "natural" e intuitiva para eles.

Os atuais estudantes do Ensino Médio, que se enquadram na descrição da geração nativa digital, assim como as futuras gerações, utilizam cotidianamente as TDIC, porém não compreendem os princípios que regem o seu funcionamento. Então, as tecnologias parecem "caixas pretas", que respondem às solicitações, como se fossem dotadas de "inteligência" própria. Além disso, muitos aparelhos que utilizam TDIC presentes no nosso cotidiano são vendidos com a informação de que são "inteligentes" (*smarts*), pois respondem a comandos do usuário, reforçando essa ideia de inteligência própria.

Apesar do contato cotidiano com as TDIC, paradoxalmente, os livros didáticos ainda são os principais meios de apoio ao processo de aprendizagem, pois estão disponíveis em larga escala, e gratuitamente para todos, professores e estudantes da Educação Pública, considerando a pesquisa de Santos (2021). Assim, o livro didático impresso é a principal fonte de informações fidedignas sobre os conhecimentos científicos em todas as áreas para os estudantes nativos digitais.

Na área de Física, especificamente quanto ao tema vácuo, destaca-se, que todos os aparelhos de TDIC dependem de sistemas de vácuo para serem fabricados, pois, os componentes microeletrônicos, tais como diodos e transistores, e circuitos integrados são produzidos em sistemas de vácuo.

Alguns aparelhos de TDIC também utilizam sistemas de vácuo no resfriamento de seus componentes pois "mudanças de temperatura podem ter uma maior influência na performance do circuito do que a influência devido a tolerância dos componentes" (SCHULER, 2013). Em casos extremos se o aparelho não fosse resfriado a vácuo, ele seria danificado permanentemente em segundos devido ao calor.

Então, pergunta-se: Que tipo de informações os livros didáticos atuais apresentam sobre o vácuo? São atualizadas? Esta pergunta nos conduz ao problema da pesquisa: Os livros didáticos podem oferecer uma compreensão sobre as TDIC usadas atualmente no nosso cotidiano de forma a colaborar com a construção de um conhecimento científico sobre essas tecnologias por parte dos estudantes?

---

<sup>1</sup> As datas de nascimento variam conforme as fontes.

## Objetivo Geral

- Fornecer subsídios para implementar um processo de aprendizagem significativa do conceito contemporâneo de vácuo para professores e alunos do Ensino Médio.

## Objetivos Específicos

- Construir uma revisão bibliográfica sobre o conceito de vácuo que surgiu ao longo da história, e como ele se modificou.

- Construir uma revisão bibliográfica sobre o conceito de vácuo apresentado pelos livros didáticos nacionais aprovados pelo PNLD de 2021;

- Construir uma revisão teórica da Teoria da Aprendizagem Significativa;

- Construir uma revisão teórica do Ensino sob Medida;

- Sugerir recursos didáticos;

- Sugerir uma metodologia ativa de ensino que estimule o envolvimento dos estudantes no ensino-aprendizagem de Física;

- Apresentar a metodologia EsM ao professor de Física do Ensino Médio;

- Auxiliar o professor com um formato de aula ativo e interativo;

- Incentivar os estudantes a buscar informações sobre o conceito de vácuo e suas aplicações;

- Observar a adequação da apresentação do tema vácuo pelos livros didáticos ao estabelecido na Resolução nº 2 de 2015.

- Sugerir uma proposta de Curso de Extensão intitulado: Planejamento de ensino sobre o vácuo fundamentado no Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) para estudantes do Ensino Médio.

## Justificativa

A tecnologia atualmente encontra-se amplamente difundida e os aparelhos tecnológicos podem ser acessados por parcela significativa da população, entretanto, a utilização destes aparelhos não significa que os usuários detêm compreensão da ciência e tecnologia envolvidos em sua fabricação e funcionamento. Por outro lado, para os fabricantes, os aparelhos tecnológicos devem ser fáceis de usar e funcionarem como "caixas pretas" (SOUZA, C. A., BASTOS, F. P., ANGOTTI, J. A. P., 2007, p. 77).

Nós nos encontramos na segunda década do século XXI. Nesse início de século podemos nos deparar com diversas tecnologias onde o vácuo é utilizado em inúmeras aplicações, como por exemplo: a fabricação de chips de computador e outros equipamentos eletrônicos, que é realizada em sistemas de vácuo; alguns alimentos industrializados, como carne, são embalados em sistemas de vácuo; a instalação de um ar-condicionado do tipo *split* necessita que seja produzido vácuo em seus tubos de ligação, entre muitas outras aplicações. Atualmente, há estudos e pesquisas sobre as tecnologias de vácuo, inclusive foi criada a Sociedade Brasileira do Vácuo (SBV), como uma organização social. Portanto, o conceito de vácuo é central em inúmeras teorias e tecnologias da contemporaneidade.

A escola e o currículo escolar precisam ser atualizados para incluir a abordagem de teorias e tecnologias contemporâneas no processo de ensino e aprendizagem, acompanhando o desenvolvimento social, "prova disso é que, se considerados a extensão e os aspectos econômicos do nosso país, é possível verificar casos em que o livro didático é a única referência bibliográfica ou de leitura recente acessível aos alunos" (ROJO E BATISTA, 2003, p. 15 e 16, apud MATOVANI, 2009, p. 23; SANTOS, op. cit.). As autoras Beatriz de Castro

Barreto e Maria Cristina G. de Góes Monteiro afirmam que "a presença do livro didático na sala de aula é um modo de garantir, minimamente, as referências de conteúdo e de habilidades exigidas em cada série" (BARRETO, MONTEIRO, 2008, p.2). Os livros didáticos representam a maior parte das publicações editoriais, por exemplo, no Brasil, o MEC, em 2013, distribuiu 137,8 milhões de exemplares de livros didáticos e em 2022 distribuiu 150 milhões de exemplares de livros didáticos (MEC, 2013, 2022). Essa predominância dos livros didáticos nas publicações editoriais remonta há décadas, como é possível comprovar do artigo de Choppin (2004, p.3): "Os livros didáticos correspondiam, no início do século XX, a dois terços dos livros publicados e representavam, ainda em 1996, aproximadamente a 61% da produção nacional".

"O uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) pelas gerações nascidas no final do século XX vem transformando o processo educacional" (Machado, 2016, p. 1). Desta forma, esta pesquisa é relevante, pois o conceito de vácuo ajuda os estudantes a compreenderem muitos aspectos das tecnologias e produtos tecnológicos dos quais são usuários.

Além de tudo, durante o período de isolamento social devido à pandemia de Covid-19, os estudantes do Ensino Médio são instados a estudar em casa, de forma remota, utilizando como meio de comunicação um ambiente virtual de aprendizagem (AVA). O AVA se caracteriza por permitir a interação dos participantes, estudantes e professores, com a troca de informação por meio da utilização das TDIC. No entanto, de acordo com o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br) 74% de estudantes do Ensino Médio, de áreas urbanas, pertencentes às camadas sociais D e E, usaram apenas celulares para realizar as atividades escolares remotas em 2020. *A falta de recursos digitais para acessar as aulas e atividades remotas é um dos principais aspectos que podem afetar a continuidade das rotinas educativas durante a pandemia*, afirmou Alexandre Barbosa (CEtic.br/NIC.br).

O acesso ao livro didático é um dos direitos dos estudantes da Educação Básica brasileira, sendo garantido pelo Estado (Art. 4º, inciso VIII, LDB 9394/96). Mais de 80% de professores da educação pública utilizavam esse recurso no mínimo uma vez por semana, de acordo com o Censo Escolar de 2017. Estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada em 2020, analisou estratégias possíveis para universalizar o ensino remoto durante a pandemia de Covid-19, e constatou que os estudantes brasileiros *que sequer têm acesso ao sinal de internet são 3,2 milhões – para eles, recomenda-se a utilização de kits de TV digital ou apostilas e outros materiais físicos* (grifos nossos). Segundo pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, divulgada pelo jornal Folha de São Paulo de 14 de abril de 2021, 4,3 milhões de estudantes brasileiros não tinham acesso à internet no início da pandemia, e as principais razões relatadas foram: *o preço do serviço; a falta de conhecimento sobre como utilizar o serviço; e a indisponibilidade do serviço*. Assim, o livro didático se mantém como o recurso mais acessível e o mais utilizado por professores e estudantes, mesmo durante a pandemia, o que justifica a pesquisa realizada em livros didáticos.

## **Metodologia da pesquisa**

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa, na qual foi realizada uma pesquisa bibliográfica em livros didáticos de Física do Ensino Médio, recomendados pelo Programa Nacional do Livro Didático.

A pesquisa qualitativa pode ser identificada por algumas características básicas. De acordo com Godoy, "segundo esta perspectiva, um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada" (GODOY,1995), e pode apontar aspectos novos de um tema ou problema.

A pesquisa qualitativa é um estudo de caráter descritivo no qual procura-se o entendimento do fenômeno como um todo (GODOY, 1995). Este tipo de

pesquisa não objetiva quantificar as variáveis de determinado fenômeno, mas, identifica-las e descrever as relações estabelecidas entre elas.

Deste modo, afirma Kauark et. al. que "a pesquisa qualitativa está direcionada a interpretação e diagnósticos, por parte do pesquisador, de dados e informações não estatísticos, que demandem sua verificação indutivamente" (KAUARK et. al, 2010).

Segundo Marconi e Lakatos, "a finalidade da pesquisa bibliográfica é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que já foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto" (MARCONI e LAKATOS, 2003, p. 183).

Existem duas fontes de pesquisa: as fontes primárias e as secundárias. As fontes primárias consistem em dados brutos, obtidos através de pesquisa de campo e pesquisa de laboratório. As fontes secundárias consistem em documentos públicos, livros, artigos, legislação, são consultados.

No final do século XIX, Paul Otlet e Henri La Fontaine lançaram as bases da área do saber chamada de documentação. Essa área que estabeleceu o conceito de documento:

"Documento é o livro, a revista, o jornal, é a peça de arquivo, a estampa, a fotografia, a medalha, a música, é também atualmente o filme, o disco e toda a parte documental que prece ou sucede a emissão radiofônica. Ao lado dos textos e imagens há objetos documentais por si mesmos" (Realia) (OTLET, 1937, apud TANUS, RENAU, ARAÚJO, 2012).

Como demonstrado na citação acima de Otlet (apud TANUS, RENAU, ARAÚJO) existe uma vasta gama de materiais que são considerados documentos. Então, poder-se-ia argumentar que a escolha de determinado tipo de documento para uma pesquisa é arbitrária.

Porém, há uma intencionalidade do autor de determinada pesquisa, subjacente a escolha por determinados documentos e não por outros. Nesta pesquisa, como pretende-se conhecer qual concepção sobre o vácuo é disseminada no Ensino Médio, apontando enfoques e lacunas, considera-se que a análise de livros didáticos é adequada.

As pesquisas bibliográficas são necessárias, pois elas mostram a quais conteúdos é dado preferência pela maior parte das pesquisas e o que tem interessado aos pesquisadores e professores e quais conteúdos são pouco discutidos.

A pesquisa bibliográfica também é útil aos professores, pois todo ano uma parte deles é selecionada para analisar e escolher os títulos de livros didáticos que serão distribuídos as escolas pelo Programa Nacional do Livro Didático.

"Dessa forma, a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras" (MARCONI e LAKATOS, 2003, p. 183).

Para estruturar uma análise qualitativa do tipo pesquisa bibliográfica com uma perspectiva descritiva e analítica sobre o conceito de vácuo presente nos livros didáticos de Física serão empregadas as seguintes fases, conforme Marconi e Lakatos:

- 1) Escolha do tema;
- 2) Elaboração do plano de trabalho;
- 3) Identificação;
- 4) Localização;
- 5) Compilação;
- 6) Fichamento;
- 7) Análise e interpretação;
- 8) Redação.

Na fase 1 foi escolhido o tema vácuo, pois, pretende-se apontar encaminhamentos sobre as seguintes questões: Qual é o conceito de vácuo apresentado aos estudantes pelo livro didático? Qual a consistência da produção atual sobre o vácuo disseminada pelos livros didáticos? Quais as contribuições para o cotidiano dos estudantes e professores?

Ponderamos que este é um tema bem delimitado e tem condições de ser investigado seguindo a metodologia científica durante o período de duração deste curso de mestrado. Em seguida será realizada a elaboração do plano de trabalho. Este plano de trabalho não é estático e poderá sofrer alterações em função dos dados coletados na pesquisa bibliográfica propriamente dita.

A identificação é fase de reconhecimento do assunto pertinente ao tema em estudo (MARCONI e LAKATOS, 2003, p. 47). Ele será realizado pela procura em bibliotecas de escolas públicas do município de Seropédica da listagem de quais livros didáticos de Física (aprovados pelo PNLD 2021), as escolas possuem disponíveis para consulta.

Nesta fase, com o livro em mãos, será realizado o levantamento pelo sumário dos assuntos abordados pelo livro. Por último será feita a verificação da bibliografia ao final do livro.

Após, a identificação dos livros que interessam para esta pesquisa será feita a localização e consulta das fichas bibliográficas nos arquivos das bibliotecas escolares. A fase de compilação consistirá na reunião sistemática do material encontrado nos livros didáticos selecionados.

Com a finalidade de ordenar o material, conforme for obtido os livros didáticos referência, os dados serão transcritos em fichas observando-se a fidedignidade dos mesmos. A ordenação em fichas facilita o processo de consulta e seleção do material.

A fase de análise e interpretação corresponde a construção da crítica sobre o material bibliográfico. A crítica procura observar todos os elementos textuais e como são articulados pelo autor da obra. A crítica divide-se em interna e externa.

A *crítica externa* é feita sobre "o significado, a importância e o valor histórico de um documento, considerado em si mesmo e em função do trabalho que está sendo elaborado e a *crítica interna* é aquela que aprecia o sentido e o valor do conteúdo" (SALOMON, 1972, p. 256 apud MARCONI e LAKATOS, 2003, p. 48).

A interpretação dos dados visa expor inferências que podem ser feitas a partir da análise dos dados. A interpretação pode resultar na comprovação ou refutação das hipóteses. Por fim, será realizada a redação das conclusões a que o autor desta dissertação chegará com base em todas as fases anteriores.

## **Obras aprovadas pelo PNLD 2021**

O PNLD 2021 está de acordo com a BNCC e aprovou sete coleções de livros da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. As coleções aprovadas foram as seguintes:

- Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias;
- Ciências da Natureza: Lopes & Rosso;
- Matéria, Energia e Vida: Uma Abordagem Interdisciplinar;
- Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias;
- Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias;
- Multiversos: Ciências da Natureza;
- Ser Protagonista: Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Cada coleção apresentada é organizada por área de conhecimento e possui 6 volumes. Estes livros da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

englobam as disciplinas de Biologia, Física e Química. Elas podem trabalhadas durante o ano letivo de forma interdisciplinar.

O autor desta dissertação obteve acesso e realizou a pesquisa nos livros das coleções Multiversos: Ciências da Natureza; Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias, cuja bibliografia dos livros segue abaixo:

### **Multiversos: Ciências da Natureza:**

GODOY, Leandro Pereira de, DELL'AGNOLO, Rosana Maria, MELO, Wolney Candido de. 1ª ed. São Paulo: FTD, 2020. 6 v. 160 p.

- a) Multiversos: Ciências da Natureza: Ciência, Tecnologia e Cidadania;
- b) Multiversos: Ciências da Natureza: Ciência, Sociedade e Ambiente;
- c) Multiversos: Ciências da Natureza: Origens;
- d) Multiversos: Ciências da Natureza: Eletricidade na Sociedade e na Vida;
- e) Multiversos: Ciências da Natureza: Movimentos e Equilíbrios na Natureza;
- f) Multiversos: Ciências da Natureza: Matéria, Energia e a Vida.

### **Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias**

Editora Moderna (Org.). Santos, Kelly Cristina dos (Ed.). 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2020. 6 v. 160 p.

- a) Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Ser Humano e Meio Ambiente: Relações e Consequências;
- b) Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: O Universo da Ciência e a Ciência do Universo;
- c) Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Energia e Sociedade: uma Reflexão Necessária;
- d) Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Terra: um Sistema Dinâmico de Matéria e Energia;
- e) Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Vida na Terra: Como é Possível?;
- f) Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Ser Humano: Origem e Funcionamento.

### **Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias**

THOMPSON, Miguel. et al. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2020. 6 v. 152 p.

- a) Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Matéria e Energia;
- b) Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Conservação e Transformação;

THOMPSON, Miguel. et al. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2020. 6 v. 160 p.

- a) Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Energia e Ambiente;
- b) Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Saúde e Tecnologia;
- c) Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Terra e Equilíbrios;
- d) Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Universo, Materiais e Evolução.

Na construção da análise de livros didáticos apresentado nesta dissertação procura-se analisar o conteúdo de Física dos livros do PNL D 2021 segundo uma perspectiva epistemológica ou propriamente didática. Busca-se apontar quais métodos são empregados pelos livros didáticos para apresentar o conteúdo sobre o vácuo e os conteúdos que se relacionam a ele (por exemplo, a pressão atmosférica).

## **Inserção na Linha de Pesquisa**

Esta dissertação insere-se na linha de pesquisa Processos de Ensino-Aprendizagem em Ciências e Matemática visto que este estudo busca formas de proporcionar aos estudantes a aprendizagem significativa dos conceitos de Física, em particular é discutida a aprendizagem significativa do conceito de vácuo.

Através da aprendizagem significativa são investigados os fatores cognitivos e motivacionais que fazem com os estudantes retenham em sua memória determinados conhecimentos em detrimento de outros durante o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de Física.

O Ensino sob Medida é sugerido como forma de implementar a aprendizagem significativa nos estudantes. Por meio do Ensino sob Medida é sondado o conhecimento prévio dos estudantes sobre determinado tema (no caso o vácuo) e estruturada uma aula de acordo com os questionamentos apresentados pelos estudantes, transformando cada aula numa aula personalizada, parte do ensino sob medida é realizado com a utilização de TDIC (tecnologias digitais da informação e comunicação).

Isto é, com esta dissertação busca-se investigar o processo de construção do conhecimento científico e como ocorre sua apropriação pelos estudantes em sala de aula, utilizando como arcabouço teórico a aprendizagem significativa e o ensino sob medida, como estratégias para fomentar o ensino-aprendizagem dos conceitos de Física.

## **Estrutura da Dissertação**

Na introdução são apresentados a motivação para redação desta dissertação, o contexto do ensino de Física no Ensino Médio brasileiro, o problema da pesquisa, o objetivo geral e os específicos e a justificativa da dissertação. Também é apresentada a metodologia da pesquisa, os livros didáticos aprovados pelo PNL D de 2021 e a inserção na linha de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGEDUCIMAT).

No primeiro capítulo é apresentada uma breve revisão histórica do desenvolvimento do conceito de vácuo desde a Antiguidade até o presente. O vasto período histórico não permite o aprofundamento em todos os episódios históricos, assim como, não permite que sejam abordados todos os filósofos e cientistas envolvidos com o vácuo, sendo apresentadas algumas das contribuições históricas mais relevantes.

No segundo capítulo é caracterizada a Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Marco Antonio Moreira. São descritos aspectos introdutórios e centrais da teoria.

No terceiro capítulo é apresentada a análise sobre o conceito de vácuo encontrado em três coleções de livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático de 2021.

O quarto capítulo aborda as metodologias ativas. Este capítulo apresenta a Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*), o Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*) como um caso de Sala de Aula Invertida e a Aprendizagem Baseada em

Equipes (*Team-Based Learning*). É realizada uma comparação entre o Ensino sob Medida e a Aprendizagem Baseada em Equipes. Também é apresentada uma relação entre a Aprendizagem Significativa e o Ensino sob Medida.

No quinto capítulo é apresentado os conceitos de pirâmide da aprendizagem e cone da experiência e estabelecidas relações entre estes conceitos com a metodologia Ensino sob Medida e com a Teoria da Aprendizagem Significativa.

No sexto capítulo é apresentado o guia didático para complementação dos livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio em relação ao tema vácuo. Este guia constitui o produto educacional desta dissertação.

O sétimo capítulo apresenta as considerações finais, enfatizando o Ensino sob Medida como uma alternativa de trabalho em sala de aula, para que sejam atingidos os objetivos propostos.

Nas referências bibliográficas são apresentadas as obras que foram consultadas para a redação desta dissertação e que são citadas ao longo do texto.

No apêndice é apresentado um planejamento de Curso de Extensão para ensino sobre o vácuo fundamentado no Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*) para professores do Ensino Médio. No anexo é apresentado a relação de livros didáticos aprovados pelo PNLD 2021.

# 1. DO CONCEITO DE VÁCUO

Neste capítulo são resgatados momentos importantes da discussão sobre o vácuo através de uma breve revisão histórica sobre os principais pesquisadores relacionados a pesquisa básica (desenvolvimento de teorias e compreensão de fenômenos) e a pesquisa aplicada (desenvolvimento da tecnologia e aplicações do vácuo). Nesta breve revisão histórica não se tem a pretensão de esgotar o assunto e tão pouco de abordar todos os filósofos e cientistas relacionados à história do vácuo.

É importante ressaltar que esse não é um trabalho historiográfico sobre a história do vácuo. Outro ponto a destacar é que a história do vácuo (assim como, a história de qualquer ramo da ciência) não é uma sequência linear de evolução de ideias, pelo contrário ela é permeada pela disputa de diferentes pontos de vista e por avanços e retrocessos.

## 1.1. Antiguidade Clássica (aproximadamente 4000 a.C a 476 d. C)

Questionamentos filosóficos sobre a existência ou não do "vazio" remontam a idade antiga. Uma das mais antigas disputas filosóficas (se não a mais antiga) que se tem conhecimento ocorreu no século V a.C., entre atomistas, seguidores de Demócrito e eleatas, seguidores de Parmênides, de Eléia.

A teoria atomista da antiguidade defendia que a matéria podia ser dividida em partes menores que poderiam ser divididas em partículas ainda menores, porém existia um limite a partir do qual a matéria não poderia mais ser dividida. Essas partículas indivisíveis receberam o nome de átomos (do grego a - não, tomo divisão).

De acordo com essa teoria, os átomos eram partículas ínfimas e indivisíveis, que existem desde sempre e para sempre. Na teoria atomista da Grécia Antiga, os átomos tinham variados tamanhos e variadas formas. A união de átomos constituiria a matéria a nível macroscópico. As propriedades de cada material eram explicadas pela variedade de formas e tamanhos dos átomos.

Os atomistas defendiam que a experiência sensorial (do tato, olfato, audição, paladar e visão) deveria ser levada em consideração para entendimento do mundo e construção do conhecimento. E como é percebido pelos sentidos que os corpos, os quais são formados por átomos, se movimentam, eles devem movimentar-se para espaços vazios. Assim, os atomistas explicavam a existência do vazio. Sendo, o todo (universo) constituído por corpos e vazio.

Alguns dos principais representantes do atomismo grego foram Leucipo, seu discípulo e sucessor de Demócrito, e posteriormente Epicuro.

No mesmo período histórico, os eleatas - seguidores de Parmênides de Eléia, não aceitavam a utilização dos sentidos para a explicação do mundo, pois poderiam estes ser enganosos ou ilusórios. Os eleatas defendiam que a razão era o único caminho para a obtenção do conhecimento. (Eléia, cidade da antiga Magna Grécia, atual sul da Itália).

"Parmênides (aprox. 540-450 a.C.) havia ensinado que é impossível pensar sobre aquilo que não existe – o não-ser. Somente se pode raciocinar sobre aquilo que existe, e o que existe nunca pode deixar de existir, nem começar a existir" (MARTINS, s.a. p. 1). Assim, para a Escola Eleática, o vazio não existe, por ser impossível pensar sobre o nada.

Para os eleatas, a mudança também não existe, pois segundo essa escola de pensamento "aquilo que existe também não pode transformar-se em algo diferente, pois toda mudança significa o desaparecimento de algo e o aparecimento de outra coisa." (MARTINS, s.a. p. 1)

Outro filósofo eleata, Zenão, argumentou no sentido de mostrar que é impossível pensar sobre o movimento sem que surjam absurdos. Ele não almejava

mostrar que o movimento não existe como impossibilidade física, isto é, que o movimento não existe no mundo em que vivemos, mas que é impossível pensar logicamente sobre ele.

Os pensadores eleatas pretendiam descrever uma realidade filosófica profunda que somente pode ser alcançada por meio do pensamento, por isso, rejeitavam o emprego dos sentidos na descrição da realidade.

Concluindo, as escolas de pensamento atomista e eleata possuíam **teorias divergentes** sobre a constituição do universo (ou o todo) e suas teorias apresentavam **visões conflitantes** sobre o vácuo. Enquanto para os atomistas, o vácuo era uma realidade física, pois segundo esses pensadores os corpos devem movimentar-se para espaços vazios; para os eleatas, o vácuo é uma impossibilidade sendo inclusive impossível pensar sobre ele.

### 1.1.1. A concepção Aristotélica sobre o vazio

Aristóteles (Estagira, 384 a. C. - Atenas, 322 a. C.) foi um importante filósofo grego. Segundo a teoria aristotélica, a matéria podia ser dividida infinitamente em partículas cada vez menores, porém nunca se chegaria a uma partícula de tamanho nulo. Assim, segundo esta teoria, como a matéria pode ser infinitamente dividida, os átomos não existem, e todo o espaço estava preenchido com um material *continuum*, divisível ao infinito.

Deste modo, segundo a teoria aristotélica o vácuo não existe. É atribuída ao aristotelismo, a concepção de que a natureza tem **horror ao vácuo**. Destaca-se que a negação do vazio e o horror ao vácuo são questões epistemológicas, não uma escolha pessoal de Aristóteles. Pois na época de Aristóteles já existiam dois grandes grupos filosóficos um a favor e outro contra a existência do vácuo (atomistas e eleatas) e o arcabouço da teoria de Aristóteles foi estruturado de forma que caso ele adotasse a existência do vazio estaria destruindo a própria teoria.

Para Aristóteles, o universo se divide em dois mundos, o mundo sublunar e o mundo supralunar. O planeta que habitamos faz parte do mundo sublunar e neste mundo todas as coisas são transientes, passageiras e constituídas por quatro elementos: terra, água, ar e fogo. Neste mundo todas as coisas procuram o seu lugar natural de acordo com a substância a partir do qual são formadas. Objetos mais densos formados de terra e água tendem a ficar embaixo e objetos menos densos formados de ar e fogo tendem a ficar em cima.

Por outro lado, o mundo supralunar, formado pela lua, os planetas e as estrelas, é imutável sendo constituído pela quinta essência, o éter, que não existe no mundo sublunar. Essa quinta essência é invisível e preenche todo o espaço, assim, o espaço não é vazio, não há vácuo. "O mundo supralunar é formado por esferas concêntricas dessa substância invisível, que girando em torno da Terra transportariam os astros celestes". Os próprios planetas e estrelas seriam constituídos por um éter mais denso. (MARTINS, s.a. p. 2). De acordo com essa teoria, o movimento natural dos corpos no mundo sublunar é vertical e transitório e no mundo supralunar é eterno e circular.

Para os aristotélicos, os corpos (do mundo sublunar) somente podiam mover-se sob a influência de um motor externo. Um motor é o que move sem ser movido. Por exemplo, quando uma pedra é arremessada a potência motora imprimida pelo arremessador é a causa inicial do movimento (o arremessador é o motor), porém, a pedra mantém-se em movimento, devido ao ar que precipitava-se por detrás da pedra para evitar a formação de um vazio e dessa forma o ar empurra a pedra para frente.

De acordo com essa teoria a luz do Sol (que tem sua origem no mundo supralunar) pode chegar até nós, pois ela se propaga através do éter, ela também pode se propagar através de objetos transparentes, mas não pode fazê-lo através do vazio.

Aristóteles possuía vários argumentos contra o vazio, nesta dissertação vamos destacar apenas o argumento a seguir: Para Aristóteles dois movimentos são proporcionais um ao outro em relação a velocidade, pois todo movimento ocorre no tempo. E se o tempo dos dois movimentos são finitos. Um tempo é proporcional ao outro.

Assim, como não é possível determinar uma proporção entre o movimento no vazio e o movimento no meio material (pleno), o movimento no vazio torna-se sem sentido, pois ele teria uma velocidade instantânea, infinita.

"Porém, entre o vazio e o pleno não há proporção, como fora provado. Onde, se é sustentado que há movimento no vazio, necessariamente se segue essa inconsistência." (In PHYSICA IV, 12, n.7 apud SANTOS, 2017, p. 12)

O argumento apresentado acima pode ser apresentado de outra forma: Todo meio material possui uma resistência e após um corpo ser impelido por um motor, a velocidade do corpo é proporcional a resistência do meio. Dado um corpo e um motor, quanto menor a resistência do meio, maior a velocidade do corpo. Deste modo se o vazio existisse, e um corpo fosse impelido no vazio, como não há resistência, o corpo deveria atingir uma velocidade instantânea ou infinita.

Concluindo que segundo a Teoria Aristotélica, não admitia a existência de espaços vazios na natureza, ou seja, o vácuo não poderia existir. A Teoria Aristotélica foi a concepção predominante sobre o universo nos séculos seguintes, por ser uma teoria bem estruturada com argumentos aparentemente irrefutáveis e que explicava muitas questões.

Porém, na Antiguidade, as ideias de Aristóteles não eram aceitas por todos os pensadores. Por exemplo, podemos citar Tito Lucrécio (94 a. C - 55 a. C), Sextus Empiricus (160 - 210 d. C) e Platão (428/427 a. C - 348/347 a. C), mestre de Aristóteles.

## **1.2. Idade Média (476 d.C. a 1453)**

Na Idade Média, a ideia do "horror ao vácuo" era aceita e defendida por muitos pensadores, dentre os quais, é possível destacar o filósofo persa Avicena (980 d.C. - 1037 d. C.). Esta ideia pode ser percebida, por exemplo, no trecho de seus escritos destacada a seguir:

“A ventosa dos barbeiros puxa a pele para dentro dela porque ela puxa o ar ao aspirá-lo e porque o ar não pode se separar da pele, a menos que entre no espaço uma outra coisa” (AVICENNE, *Le livre de Science*, vol. 2, pp. 26-7 apud MARTINS, 1989, p.18 apud LONGUINI, NARDI, 2000, p. 2-3).

Neste período, na Europa medieval, ocorreu a ascensão da Igreja Católica. Nesse contexto surgiu a filosofia escolástica que consiste em um método de pensamento crítico que objetiva conciliar a fé cristã com um sistema de pensamento que enfatiza a razão, notadamente a filosofia grega (aristotélica e platônica).

Tomás de Aquino (1225 d.C.- 1274 d.C.), um dos principais representantes da filosofia escolástica, ao revisar os textos da Antiguidade Clássica, notadamente os de Aristóteles, dialoga e se posiciona contrariamente aos argumentos deste autor.

Segundo a teoria de Aristóteles, a resistência do meio é indispensável para a ocorrência de movimento e o movimento no vazio é impossível, por ele não possuir resistência (levando a inconsistência da velocidade infinita). Deste modo como o movimento no vazio é impossível, a própria existência do vazio é impossível para o aristotelismo.

Tomás de Aquino, por outro lado, defende que a resistência não é condição indispensável para a ocorrência de movimento e que o movimento pode ocorrer no pleno (meio material) e no vazio. Na teoria de tomásica, o vazio existe.

Segundo a concepção tomásica, (embora Tomás de Aquino não discuta diretamente a noção de espaço), o espaço é divisível. E como o espaço é divisível, ele é finito, isto é, possui início e fim. Os intervalos de tempo também são

limitados. Como todo movimento ocorre no tempo e no espaço, todo movimento possui velocidade limitada, seja no vazio, seja no meio material. Assim, espaços vazios podem ocorrer na natureza.

"Assim sendo, há proporção entre o movimento no vazio e o movimento no pleno, pois há tempo e velocidades determinadas no movimento seja no pleno ou no vazio. A intensidade da velocidade no vazio, portanto, depende exclusivamente da força motora." (*In PHYSICA IV*, 12, n. 8 apud SANTOS, 2017, p. 17)

"Na Idade Média, Gil de Roma, Nicolau de Autrecourt, Isidoro de Sevilha, Beda e Guillaume de Conches; e entre os árabes, Razés, aceitavam, ou admitiam, a possibilidade do vácuo." (ROSA, s.a. p. 125)

Em 1277 um concílio religioso em Paris, presidido pelo bispo Etienne Tempier, condenou várias teses de Aristóteles, incluindo a visão de que um vácuo é impossível...Atendo-se ao poder supremo de Deus, os escolásticos procuraram demonstrar que alternativas para uma grande variedade de explicações físicas de Aristóteles eram logicamente possíveis, e a posição dominante do sistema aristotélico não foi seriamente enfraquecida (PIRES, 2011, p. 67)

No século XIV, o pensamento escolástico começou a entrar em decadência levando por um lado ao misticismo e por outro lançando as bases que culminariam no Renascimento científico, artístico e cultural.

### 1.3. Idade Moderna (1453 - 1789)

No século XVI, os textos dos antigos atomistas foram revisitados por alguns filósofos, como por exemplo, Giordano Bruno (1548 d.C. - 1600 d.C.), que passaram a defender essa visão de mundo. Galileu Galilei (1564 d.C. - 1642 d.C.), importante cientista renascentista, também adotou uma postura atomista. Isto é no século XVI houve um ressurgimento da concepção de vácuo dos atomistas gregos da Antiguidade.

Galileu foi apresentado ao problema das bombas aspirantes somente conseguirem elevar a água de poços até a altura de 10,3 metros. A explicação aceita na época, era de que ao se puxar o embolo da bomba, para se evitar a formação de um espaço vazio no interior do cilindro onde o pistão se movimentava, a água aderiu a ele, subindo até o limite de 10,3 metros, altura na qual o próprio peso da água romperia a coluna de água pela ação da gravidade. Essa explicação é aristotélica, pois remete à noção de horror ao vácuo, visto que a natureza não poderia admitir a existência de espaços vazios. Galileu não se dedicou profundamente sobre esse problema designando o seu assistente Evangelista Torricelli (1608 d.C – 1647 d.C.) para procurar explicações.

Evangelista Torricelli e Vincenzo Viviani, tendo como base experimentos anteriores e também a dinâmica dos fluidos (eles aplicaram os princípios da dinâmica dos fluidos ao ar), construíram em 1643, o experimento simplificado descrito a seguir: Eles emborcaram um tubo selado nas duas extremidades contendo mercúrio numa cuba também cheia de mercúrio, ao abrir a extremidade de baixo do tubo que estava submersa na cuba, eles observaram que o mercúrio desceu até a altura de 0,76 m. Dessa forma, eles haviam construído o primeiro barômetro de mercúrio. Torricelli também defendeu que na parte superior do tubo foi formada uma região vazia, ou seja, um vácuo. "Coube então a ele, o título de ser a primeira pessoa a produzir um vácuo" (BASSALO, 1996; apud LONGUINI e NARDI, 2000), chamado de vácuo torricelliano.

Torricelli defendia que a força que sustentava o mercúrio na altura de 0,76 m era o peso do ar (do mar de ar que circunda a Terra), ou seja, a pressão atmosférica. Deste modo, Torricelli foi o primeiro a defender a interpretação

moderna aceita atualmente. "Foi, portanto, devido à experiência de Torricelli, que a pressão atmosférica pôde ser medida pela primeira vez" (LONGUINI e NARDI, 2000, p. 69).

Pode-se supor que a partir dos resultados encontrados por Torricelli, a existência do vácuo foi aceita pela comunidade científica. Porém, o desenvolvimento científico não ocorre de forma linear e parte dos cientistas contemporâneos de Torricelli não aceitaram estes resultados como uma prova conclusiva da existência do vácuo, dentre os quais é possível destacar René Descartes (1596 d.C. - 1650 d.C.). A questão crucial para os pensadores deste período era saber se a região acima do mercúrio e desprovida de ar era realmente um vácuo absoluto, ou seja, completamente vazia ou não?

Alguns pensadores continuaram adeptos do "horror ao vácuo" que remonta a teoria de Aristóteles e negaram que foi formado uma região de vácuo acima do mercúrio. René Descartes, à época da publicação dos resultados de Torricelli já havia desenvolvido a sua 'Filosofia Natural', na qual, a matéria se assemelharia a uma esponja, sendo constituída por partículas grandes intercaladas por espaços vazios e estes espaços seriam preenchidos por partículas menores, assim, a matéria possuiria poros. Essas partículas menores que preenchem os espaços entre as partículas maiores receberam o nome de **matéria sutil**. Nesta teoria, não há diferenciação entre a matéria terrestre e a matéria celeste.

De acordo com esta teoria, a matéria sutil preenche todo o espaço entre os corpos celestes e é responsável por manter a orbita destes corpos e por conferir peso aos corpos terrestres, pois exerce pressão sobre os últimos.

Examinado o experimento de Torricelli e aplicando os princípios de sua Filosofia Natural, Descartes concluiu que a região acima do mercúrio não poderia ser vazia, pois a matéria sutil teria penetrado pelos poros do tubo de vidro.

Blaise Pascal (1623 d.C. – 1662 d.C.) interessou-se pelo resultado obtido por Torricelli. Para testar a hipótese da pressão atmosférica aventada por Torricelli como capaz de equilibrar a coluna de mercúrio, Pascal realizou simplificada, o raciocínio descrito a seguir: realizar o experimento de Torricelli ao sopé de uma montanha e no topo da montanha, onde haveria menos ar (e conseqüentemente menos pressão atmosférica) para sustentar a coluna de mercúrio.

Então Florin Perier (1605 d.C. – 1672 d.C.) a pedido de Pascal, realizou o experimento descrito no parágrafo anterior na montanha de Puy-de-Dôme, uma montanha de 1450 m de altitude na cidade de Clermont na França observando uma diferença de aproximadamente oito centímetros na coluna de mercúrio no sopé e no topo da montanha, provando deste modo a hipótese de Pascal que a pressão atmosférica varia com a altura. Este experimento foi fundamental também para validar a interpretação de Torricelli.

"Ao chegar à conclusão de que o peso do ar não é o mesmo a distintas alturas, e que a coluna de mercúrio varia com a pressão, Pascal derrubou a teoria do "horror ao vácuo", atribuindo, então, à pressão atmosférica os efeitos observados" (COELHO e NUNES, 1992, p.25; apud LONGUINI e NARDI, 2000) contribuindo para negar a concepção aristotélica de que o vácuo seria impossível.

Toricelli e Pascal demonstraram que a região acima do mercúrio no barômetro era desprovida de matéria como mercúrio e ar, porém não dispunham de meios para provar que a região acima do mercúrio era um vácuo total, ou seja, não tinham como provar se haveria ou não penetrado algum tipo de matéria pelo tubo de vidro.

"Durante o século XVII as opiniões ficaram divididas. Descartes foi extremamente influente, e uma grande proporção dos pensadores aceitou que o vácuo de Torricelli era apenas um vazio relativo" (MARTINS, s.a. p.3).

O cientista e prefeito da cidade de Magdeburgo na Alemanha, Otto Von Guericke (1602 d.C. - 1686 d.C.) se interessou em estudar os efeitos de um espaço evacuado. Para obter um espaço evacuado, primeiramente, ele encheu um recipiente com água e lacrou-o, em seguida bombeou a água, pensando que restaria apenas um espaço vazio no interior do recipiente, porém, o ar penetrou por pequenas frestas.

Posteriormente, ele percebeu que não era necessário encher o recipiente com água. E passou a bombear o ar do interior de um recipiente com um pistão, construindo assim a primeira bomba de vácuo.

O seu experimento mais famoso, os "Hemisférios de Magdeburgo" consistia em dois hemisférios ocios de metal de 35,5 cm de diâmetro que foram encaixados para formar uma esfera na qual foi feito vácuo em seu interior por meio de uma bomba. A pressão atmosférica sobre a esfera evacuada foi tão grande que foram necessárias duas parselhas com oito cavalos cada para separar os hemisférios. Em seguida, quando o ar foi reintroduzido na esfera, os hemisférios se separaram espontaneamente.

Christiaan Huygens (1629 d.C. – 1695 d. C.) e outros propuseram a teoria ondulatória da luz. No século XVII, com esta teoria foi possível explicar algumas propriedades da luz como refração e reflexão. Porém, essa teoria não foi bem aceita na época.

Isaac Newton (1643 d.C. - 1727 d.C.) era atomista e aceitava a ideia de que o vácuo absoluto é possível, pois para ele se a matéria sutil de Descartes preenchesse o espaço celeste, isso atrapalharia o movimento dos planetas. A Lei da Gravitação Universal de Newton assume a ideia de que os corpos celestes se atraem mutuamente com o inverso do quadrado da distância. Essa atração ocorre por meio de uma força que se transmite à distância (força de campo), sem necessidade de contato e, portanto, sem necessidade de um meio material (seja éter ou matéria sutil) para se transmitir.

"A teoria corpuscular da luz, desenvolvida por Newton, também ajudava a aceitar a existência do vácuo, pois permitia que a luz se propagasse do Sol até a Terra e passasse através do vazio" (MARTINS, s.a. p.3).

Em 1712, Thomas Newcomen (1664-1729) inventou uma máquina térmica para bombear a água de poços, que foi muito utilizada em minas de carvão. A máquina de Newcomen consistia num:

"cilindro com um êmbolo móvel, ligado a uma grande alavanca. Ela cedia ao contrapeso, puxando o embolo e forçando a entrada do vapor por sucção. Uma vez cheio, o suprimento de vapor era interrompido e um banho de água resfriava o cilindro, condensando o vapor e produzindo vácuo. O peso da atmosfera forçava, então, o embolo para baixo, expulsando a água do cilindro e bombeando a água da mina; devido ao contrapeso, o balanço realizava uma força ascensional, iniciando um novo ciclo" (QUADROS, 1996 apud SOUZA, SILVA, 2021, p.3).

Em última análise, a máquina de Newcomen é uma máquina que possui seu funcionamento relacionado ao vácuo e a pressão atmosférica

A Física do século XVII teve um extraordinário desenvolvimento, tanto nos campos metodológico e conceitual, quanto no experimental. De acordo com Rosa "o século XVII é fundamental na história da Física, pois este período histórico correspondeu ao advento da Física Moderna que substituiria a Física Antiga, que remontava à Grécia de Aristóteles (ROSA. s.a. p. 123-124).

Ainda de acordo com Rosa (s.a), a Física Moderna:

"Tratava-se, em última análise, de criar uma nova Ciência, um novo conjunto teórico e conceitual que, de forma coerente, lógica, matematizada e experimental, explicasse os fenômenos físicos [...] a questão da existência, ou não, do vácuo adquiriria importância fundamental." (p. 124).

#### 1.4. Idade Contemporânea (1789 até o presente)

Para recapitular a ideia de vácuo predominante na Idade Contemporânea, vamos nos fundamentar no texto “O éter ou o nada: Ainda se estuda a existência de uma entidade invisível que preenche todo o espaço” (MARTINS, s.a.).

Os cientistas Thomas Young (1773 d.C. – 1829 d.C.) e Augustin Fresnel (1788 d.C. – 1827 d.C.) desenvolveram trabalhos relacionados a óptica. A teoria corpuscular da luz de Newton não explicava os fenômenos de difração e interferência da luz. Young e Fresnel demonstraram experimentalmente que esses fenômenos podem ser explicados quantitativamente pela teoria ondulatória da luz de Huygens.

Na teoria ondulatória de Huygens, a luz era considerada como uma "perturbação mecânica que se propagava através de forças de contato entre corpúsculos<sup>2</sup>" (SILVA, 2006, p. 1) e exigia a presença de um meio para que as ondas luminosas se propagassem, chamado de éter luminífero. No início do século XIX, a teoria ondulatória era aceita pela maioria dos cientistas como correta para explicação da natureza da luz.

Os fenômenos elétricos e magnéticos também foram investigados em profundidade nos séculos XVIII e XIX resultando no advento da teoria eletromagnética. Porém haviam divergências entre os cientistas da época que se dividiam entre duas teorias radicalmente diferentes.

Um grupo de cientistas dentre os quais pode-se destacar Charles Augustin Coulomb (1736 d.C. – 1806 d.C.) e André-Marie Ampère (1775 d.C. – 1836 d.C.) descreviam os fenômenos eletromagnéticos como forças exercidas à distância. O outro grupo do qual pode-se destacar Michael Faraday (1791 d.C. – 1867 d.C.) e James Clerk Maxwell (1831 d.C. – 1879 d.C.) advogavam que os fenômenos eletromagnéticos ocorriam por intermédio de um mediador.

Ambas as teorias eram capazes de explicar satisfatoriamente os fenômenos eletromagnéticos que ocorrem nos meios materiais, por exemplo, a transmissão de sinais por telégrafos com fios. A teoria de ação a distância não permite a descrição de como uma carga elétrica no vazio irradia energia, pois, a carga elétrica não pode interagir com o nada. A teoria de Maxwell adota o éter e ele é o responsável por transmitir a energia de uma carga elétrica que oscila no "vazio".

“A teoria de Maxwell estudava os fenômenos eletromagnéticos utilizando os conceitos de campos elétricos e magnéticos, que eram considerados por ele como propriedades do éter – uma substância física especial, que preenchia todo o espaço” (MARTINS, 2005, p. 1).

A teoria de ação a distância não era compatível com os fenômenos eletromagnéticos que ocorrem no vazio, visto que não fornecia uma explicação para estes fenômenos. Este fato foi crucial para que a teoria eletromagnética de Maxwell fosse a adotada pela comunidade científica.

Para a física do século XIX ser consistente, a existência do éter é indispensável e ele preencheria todos os espaços vazios. O vácuo preenchido pelo éter é visto como um fato científico para a física deste período.

No final do século XIX para que a luz se propagasse pelo vazio, o vazio deveria ser preenchido pelo éter (luminífero). Em 1887, Albert Michelson (1852 d.C. – 1931 d.C.) e Edward Morley (1838 d.C. – 1923 d.C.) construíram um interferômetro com o objetivo de realizar medidas da velocidade da Terra em relação ao éter, de forma indireta, por meio de variações na medida da velocidade da luz.

---

<sup>2</sup> Segundo o artigo intitulado A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos de Fabio W. O. da Silva, Huygens não menciona em sua proposta original da teoria ondulatória da luz, nem mesmo algumas características mais elementares das ondas, como amplitude de vibração, frequência, período ou comprimento de onda. Ignorar esses aspectos pode induzir à atribuição, a um autor do século XVII, de uma interpretação contemporânea da natureza, ou seja, um anacronismo.

Conforme a Teoria de Maxwell, "suponha que o éter esteja parado em todo o universo e a Terra se desloca através do éter" (MARTINS, 2023, p. 5). Então ao se mover pelo éter, em volta da Terra existiria o "vento do éter". Como a propagação da luz seria uma perturbação do éter, a velocidade da luz seria diretamente influenciada pelo "vento do éter".

Então se o vento do éter estiver passando numa certa direção horizontal em relação a Terra e a luz estiver viajando nessa direção horizontal e no mesmo sentido do vento do éter, ela demorará determinado tempo para viajar determinada distância (MARTINS, 2023, p. 6).

Entretanto se a luz estiver viajando nessa mesma direção horizontal, porém com sentido contrário ao vento do éter, a luz demoraria mais tempo para percorrer a mesma distância (MARTINS, 2023, p. 6).

Com o interferômetro Michelson e Morley esperavam encontrar uma pequena variação no tempo em que a luz demoraria para percorrer determinada distância, na direção horizontal e perpendicular ao vento do éter.

O interferômetro foi projetado desta forma, pois seria mais viável detectar uma variação da velocidade da luz nesta configuração do que tentar detectá-la na direção horizontal, a favor e contra o vento do éter.

Eles não conseguiram encontrar nenhuma variação na velocidade da luz e por conseguinte não conseguiram "observar o efeito do movimento do éter na superfície da Terra, conforme descrito por Maxwell" (MARTINS, 2023, p. 16).

Michelson e Morley não provaram e nem refutaram a existência do éter, eles "concluíram que ele se movia junto com a Terra" (MARTINS, 2023, p. 20). "A teoria de Stokes explicava o resultado nulo do experimento com o interferômetro, pois, segundo essa teoria, o éter era arrastado nas vizinhanças da Terra, não existindo o vento de éter" (MARTINS, 2023, p.49).

Michelson e Morley e nem outro cientista do período consideraram abandonar o éter, pois ele era uma das bases do eletromagnetismo e da ótica ondulatória do século XIX.

A Física do século XX foi marcada por um período de renovação da interpretação dos fenômenos físicos, com a emergência da Física Quântica, inclusive do vácuo.

Henri Poincaré (1854 d.C. – 1912 d.C.) postulou que:

“É impossível medir o movimento absoluto da matéria, ou melhor, o movimento relativo da matéria em relação ao éter. Só se pode evidenciar o movimento da matéria em relação à matéria.” Em 1899 Poincaré deu a essa hipótese o nome de “lei da relatividade”, e nos anos seguintes intitulou-o “princípio do movimento relativo” e “princípio da relatividade” (MARTINS, s.a. p.5).

Esse princípio guiou Albert Einstein (1879 d.C. – 1955 d.C.) na construção da teoria da relatividade. Na teoria da relatividade restrita publicada em 1905 que descreve os fenômenos eletromagnéticos, Einstein postula que a velocidade da luz é a mesma em todos os referenciais inerciais. Na teoria da relatividade restrita, o éter foi abandonado, visto que ele não foi detectado experimentalmente e não fazia sentido manter na teoria, algo que não pode ser detectado.

Em 1915, Einstein publicou a teoria da relatividade geral. Esta teoria descreve as interações gravitacionais em termos de curvatura do espaço-tempo causadas pela matéria e pela energia. Por exemplo, segundo a relatividade geral, o Sol não atrai a Terra por meio de uma força (como na teoria da Gravitação Universal de Newton), nesta teoria, a massa do Sol curva o espaço-tempo a sua volta no qual a Terra se situa. Ao seguir essa curvatura, a Terra descreve um movimento de translação em torno do Sol.

Um espaço vazio não tem propriedades físicas, não pode ser encurvado. Assim, segundo Einstein "podemos dizer que de acordo com a teoria geral da relatividade, o espaço é dotado de qualidades físicas; neste sentido, portanto,

existe um éter" (EINSTEIN, 1920, p. 10). O éter que havia sido abandonado na teoria da relatividade restrita é reintroduzido na física do início do século XX, através da teoria da relatividade geral.

"De acordo com a teoria geral da relatividade, o espaço sem éter é impensável; pois em tal espaço não haveria a propagação da luz, mas também nenhuma possibilidade de existência para padrões de espaço e tempo (régua e relógios), nem, portanto, quaisquer intervalos de espaço-tempo no sentido físico. Mas este éter não pode ser pensado como dotado da qualidade característica de mídia ponderável, como consistindo de partes que podem ser rastreadas através do tempo. A ideia de movimento não pode ser aplicada a ele" (EINSTEIN, 1920, p. 10).

Em 1927, Werner Heisenberg (1901 d.C. – 1976 d.C.) propôs o princípio da incerteza (LOURENÇO, 2021, p.45), que é um dos princípios fundamentais da física quântica. Segundo este princípio é impossível conhecer com exatidão o valor de duas grandezas físicas associadas a uma partícula no mesmo instante de tempo. Por exemplo, quanto maior a precisão da medida da posição de uma partícula num dado instante menor será a precisão da medida do *momentum* no mesmo instante.

A física clássica é determinista, pois permite determinar as propriedades de uma partícula ou sistema físico, porém, o princípio da incerteza demonstra que a física quântica é probabilística, ou seja, é possível conhecer as propriedades de uma partícula ou sistema físico com um determinado nível de precisão, mas, não é possível determiná-las.

As relações de incerteza são responsáveis pelo aparecimento de pares de partículas virtuais na Física. De uma forma geral, uma partícula virtual é uma "partícula que não chegou a acontecer". Uma partícula virtual tem massa nula e existe apenas durante um breve período de tempo numa diminuta região do espaço (H. FRITZSCH, p.146 apud MOREIRA, 2009, p. 3).

Usaremos o par elétron-pósitron para exemplificar (porém vários "tipos" de partículas podem ser produzidas): quando a incerteza na energia atinge determinado valor calculado pela Física Quântica, um fenômeno contrário ao senso comum pode ocorrer no vácuo, a produção de um par de partículas virtuais consistindo de um elétron e um pósitron espaço (adaptado de H. FRITZSCH, p.146 apud MOREIRA, 2009, p. 3).

Se de alguma maneira, esse par de partículas virtuais receber energia de fora do vácuo, elas podem tornar-se partículas reais, sem violar o princípio da conservação da energia. Se o par não receber energia externa, ele desaparece tão rapidamente quanto foi produzido (adaptado de H. Fritzsich, p.146 apud Moreira, 2009, p. 3).

O par elétron-positrón é virtual, mas isso significa então que o vácuo está cheio de um grande número (essencialmente infinito) de pares elétron-positrón virtuais (H. FRITZSCH, p.146 apud MOREIRA, 2009, p. 3). Ou seja, o vácuo da Física Quântica não é vazio.

Em 1948, o cientista Hendrik Casimir (1909 d.C. – 2000 d.C.) previu que entre duas placas metálicas paralelas situadas no vácuo e eletricamente neutras surge uma força que tende a aproximá-las. Essa força não tem origem elétrica e tampouco gravitacional. "A força de Casimir pode ser calculada utilizando o conceito de energia de vácuo do campo eletromagnético, a qual inclui apenas as flutuações provenientes dos fótons virtuais" (CRUZ, 2019, p. 21). O Efeito Casimir foi comprovado experimentalmente em 1958 por M.Sparnay e recentemente confirmado por outros experimentos muito mais precisos (COUGO-PINTO, FARINA, TORT, 1999).

"Há outros efeitos do vácuo quântico que já foram medidos, mas que são mais difíceis de explicar, como o desvio de Lamb

(uma variação dos níveis atômicos de energia devidos à interação dos elétrons com o vácuo quântico), a polarização do vácuo e a força de Casimir-Polder entre átomos neutros, o fator giromagnético anômalo do elétron, a emissão espontânea de luz por átomos, etc.. Eles não serão discutidos aqui, mas é importante mencioná-los para indicar que não é apenas pelo efeito Casimir que a teoria foi confirmada" (MARTINS, s.a. p.8).

Do início da Idade Contemporânea (1789) até o final do século XIX predominou a **concepção clássica de vácuo**. Destaca-se que no século XX, o advento da Mecânica Quântica e da Relatividade mudaram radicalmente a interpretação dos fenômenos físicos e criaram novos conceitos. Em relação ao vácuo, este deixou de ser vazio para ser preenchido por uma densidade (necessariamente) infinita de pares de partículas virtuais, ou seja, surgiu a **concepção quântica de vácuo**.

Concluindo que a história do vácuo remonta há milênios, a história intercala períodos nos quais os pesquisadores consideravam a existência do vácuo como uma "certeza científica" com períodos nos quais a existência do vácuo era considerada um absurdo.

## 2. DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE VÁCUO

A teoria da Aprendizagem Significativa, elaborada por David Paul Ausubel (1963, 1968), é uma teoria cujo interesse é a aquisição e retenção significativa de conhecimentos em situação formal de ensino-aprendizagem, no período em que foi elaborada situação formal de ensino-aprendizagem referia-se à sala de aula. Atualmente situação formal de ensino-aprendizagem pode ocorrer em sala de aula ou a distância, por intermédio das TDICs. Nesta dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, abordaremos alguns conceitos da teoria da Aprendizagem Significativa, conforme descrito por Marco Antonio Moreira (2011). Este capítulo objetiva apresentar as características principais da teoria da Aprendizagem Significativa e suas conexões com este trabalho.

### 2.1. A Teoria da Aprendizagem Significativa – Uma visão introdutória

A aprendizagem mecânica é aquela na qual o estudante por meio da repetição memoriza o conhecimento que é transmitido a ele (a). Essa forma de aprendizagem tem baixa retenção cognitiva sendo esquecida em pouco tempo. Como alternativa a essa forma de aprendizagem foi proposta por David Paul Ausubel na década de 1960, a Teoria da Aprendizagem Significativa. A aprendizagem significativa não se opõe a aprendizagem mecânica pelo contrário, as duas formam um *contínuo*, no qual elas ocupam os extremos, existindo entre elas uma área intermediária, chamada por Marco Antonio Moreira de zona cinza, ou seja, não se trata de uma dicotomia.

Na aprendizagem significativa, os novos conhecimentos interagem de maneira **substantiva** e **não-arbitrária** com os conhecimentos prévios que o aprendiz já possui. (MOREIRA, 2012, p. 2). Substantiva significa que a aprendizagem é não literal, pois determinado conceito ou proposição pode ser expresso de diferentes maneiras, equivalentes em significado. Assim, a aprendizagem significativa não pode depender do uso **exclusivo** de determinados signos **em particular** (MOREIRA, 1997, p. 2). Um dos indícios de que a aprendizagem foi significativa é se o estudante é capaz de expressar o novo conhecimento com suas próprias palavras. "Não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende" (MOREIRA, 2012, p. 2).

Esse conhecimento prévio especificamente relevante para aquisição e retenção de novos conhecimentos é chamada na Teoria da Aprendizagem Significativa de **ideia-âncora** ou **subsunçor**.

Na perspectiva da aprendizagem significativa, a estrutura cognitiva prévia, isto é, os conhecimentos prévios e sua organização hierárquica, é o principal fator, a variável isolada mais importante, afetando a aprendizagem e a retenção de novos conhecimentos (MOREIRA, 2012, p. 9).

Importante destacar que a estrutura cognitiva prévia é uma estrutura dinâmica com algumas ideias-âncora sendo esquecidas devido, por exemplo, devido à falta de interação com novos conhecimentos e com outras ideias-âncora se tornando mais estáveis na estrutura cognitiva, devido a sua alta interação com novos conhecimentos.

Como a estrutura cognitiva é dinâmica, os conhecimentos relevantes em determinado momento podem não ser em outro. E esses conhecimentos também são idiossincráticos, o que é importante para um indivíduo pode não ser para outro e vice-versa. Os conhecimentos são selecionados e somente os conhecimentos mais relevantes para determinado indivíduo, ou seja, apenas os conhecimentos,

ideias, conceitos, fórmulas, etc. mais utilizadas por determinado indivíduo se mantêm na estrutura cognitiva.

É importante destacar que aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem correta. Por exemplo, durante vários anos na escola, o vácuo é apresentado ao estudante como uma região do espaço desprovida de matéria e energia, este conceito de vácuo sendo aprendido de forma significativa pelo estudante dificulta ou até mesmo bloqueia o aprendizado do que é o vácuo conforme descrito pela Física Quântica.

## **2.2. Os Subsunoçores**

Na Teoria da Aprendizagem Significativa conforme proposta na década de 1960 por David Ausubel, os subsunoçores são conceitos especificamente relevantes que servem de base para novas aprendizagens potencialmente significativas, sendo chamados por esse autor de conceitos subsunoçores, entretanto, atualmente os subsunoçores não são apenas conceitos, eles são qualquer "tipo" de conhecimento prévio especificamente relevante para a aprendizagem de novos conhecimentos, tais como, "proposições, modelos mentais, construtos pessoais, concepções, ideias, invariantes operatórios, representações sociais e, é claro, conceitos" (MOREIRA, 2012, p. 28). Lembrando que ancoragem é uma metáfora.

A aprendizagem significativa é baseada na interação entre subsunoçores e novos conhecimentos potencialmente significativos. É importante destacar que a Teoria da Aprendizagem Significativa não se resume apenas a isso, ela é uma vasta e complexa teoria que descreve a aquisição e a retenção do conhecimento de maneira significativa.

"É importante, no entanto, não atribuir um caráter estático, de mero ancoradouro, aos subsunoçores, pois o processo é interativo, dinâmico, e nele o subsunçor se modifica." (MOREIRA, 2012, p. 9).

## **2.3. A estrutura cognitiva**

A estrutura cognitiva pode ser considerada como uma estrutura de subsunoçores inter-relacionados e hierarquicamente organizados, sendo uma estrutura dinâmica (MOREIRA, 2012, p. 20) que se modifica ao longo do tempo e ao longo das aprendizagens significativas de uma determinada pessoa.

A estrutura cognitiva prévia do aprendiz é crucial para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos, "pois a estrutura cognitiva particular do aprendiz precisa conter ideias-âncora relevantes com as quais ele possa relacionar os novos conhecimentos" (AUSUBEL, 2000, p. 17). A estrutura cognitiva prévia é a base na qual ocorrerão aprendizagens significativas.

É com essa base de conceitos e princípios relevantes que os novos conhecimentos potencialmente significativos se relacionarão, caso os novos conhecimentos encontrem ideias-âncora especificamente relevantes. Pois é a interação entre novos conhecimentos e estrutura cognitiva que confere significado psicológico ao novo conhecimento que é apresentado ao aprendiz e torna a aprendizagem potencialmente significativa.

E como cada aprendiz possui uma estrutura cognitiva única, um novo conhecimento transmitido em situação formal de ensino (aula presencial ou a distância) à uma classe, pode ser significativo para um estudante e não para o outro.

## 2.4. Os organizadores prévios

Se o estudante não possui as ideias-âncora necessárias para aprender determinado conteúdo, o que se deve fazer? A aprendizagem mecânica deve ser evitada, embora, ela seja necessária em alguns momentos, principalmente, nas primeiras aprendizagens de uma pessoa, pois é impossível aprender tudo de forma significativa. Segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa devem ser fornecidos organizadores prévios.

**Organizadores prévios** são informações que fazem a ligação entre o que o aluno já sabe e o que ele deveria saber para compreender, de forma significativa, o assunto que o professor irá lecionar. Isto é, são subsídios instrucionais fornecidos ao estudante para subsidiar a aprendizagem do conteúdo a ser lecionado. O organizador prévio pode ser qualquer tipo de material de aprendizagem que cumpra essa função, tais como uma leitura introdutória, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, entre outras possibilidades.

As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este" (MOREIRA, 2012, p. 11).

Não é fácil dizer se um material é ou não um organizador prévio, pois isso depende da disponibilidade ou não de subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz e se esse material apresentado num nível maior de generalidade e inclusividade será capaz de fornecer ancoragem para os conhecimentos posteriores e se o aprendiz terá condições de relacioná-lo a sua estrutura cognitiva.

## 2.5. Tipos de Aprendizagem Significativa

De acordo com a teoria de Ausubel, existem três tipos de aprendizagem significativa, a saber: a aprendizagem representacional, a aprendizagem conceitual e a aprendizagem proposicional.

O tipo mais elementar de aprendizagem significativa, porém a mais essencial de todas é a aprendizagem representacional, pois, ela é a base para os outros tipos de aprendizagem significativa.

"Aprendizagem representacional é a que ocorre quando símbolos arbitrários passam a representar, em significado, determinados objetos ou eventos em uma relação unívoca, quer dizer, o símbolo significa apenas o referente que representa" (MOREIRA, 2012, p. 16). Geralmente, essa correspondência unívoca é feita entre signos linguísticos e o objeto/evento que representa.

"A aprendizagem conceitual ocorre quando o sujeito percebe regularidades em eventos ou objetos, passa a representá-los por determinado símbolo e não mais depende de um referente concreto do evento ou objeto para dar significado a esse símbolo" (MOREIRA, 2012, p. 12-13). O significado passa a ser mental.

As aprendizagens representacional e conceitual são pré-requisitos para a aprendizagem proposicional. Uma proposição é uma afirmação proposta para exame e discussão e respectiva tomada de decisão sobre ela podendo ser considerada verdadeira ou falsa. "A aprendizagem proposicional é a capacidade de construção de significados para ideias ordenadas na forma de proposição" (DUTRA, 2015, p. 24).

## 2.6. Diferenciação progressiva e reconciliação integradora

Considere, por exemplo, que determinado aluno já possui formado em sua estrutura cognitiva o conceito de vácuo e à medida que avança em seus estudos vai aprendendo sobre os diferentes tipos de aplicações do vácuo, podemos citar exemplos tão diversos como na odontologia, na horticultura, na instalação de ar-

condicionado (modelo split), a cada novo tipo de aplicação do vácuo que o estudante aprende, o subsunçor vácuo torna-se mais rico, mais elaborado, mais diferenciado e mais "capaz" de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas. A cada nova aprendizagem, o subsunçor vácuo torna-se mais estável na estrutura cognitiva do estudante do exemplo.

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

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

Por exemplo, quando o aluno estuda sobre vácuo é preciso que ele(a) faça muitas reconciliações entre diferenças reais ou aparentes entre os muitos tipos de aplicações do vácuo. Diz-se, assim, que teriam ocorrido reconciliações integradoras.

O estudante aprende através da ocorrência simultânea destes dois mecanismos: diferenciação progressiva de conceitos mais gerais e abrangentes que vão-se diferenciando e especificando cada vez mais; e reconciliação integradora entre conceitos já suficientemente diferenciados e especificados para originarem conceitos mais gerais (VALADARES, 2011, p. 3).

## 2.7. Condições para a Aprendizagem Significativa

Segundo Marco Antonio Moreira, são duas as conduções para a aprendizagem significativa ocorrer. 1) O material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, etc) deve ser potencialmente significativo. 2) O aprendiz deve ter predisposição para aprender.

Na primeira condição, observe que não existe material significativo, o significado não está no material em si. Ele pode ser apenas potencialmente significativo, pois o significado é atribuído pelas pessoas que utilizarão determinado material.

O material deve ser construído preferencialmente numa linguagem familiar ao aprendiz de forma que seja relacionável de forma não-litera e não-arbitrária à estrutura cognitiva prévia do aprendiz.

A segunda condição não se trata de vontade de aprender determinado conteúdo, mas, por algum motivo, o aprendiz deve querer relacionar o material que lhe é apresentado à sua estrutura cognitiva prévia.

Esta segunda condição é mais difícil de ser satisfeita, pois, o aprendiz precisa ter em sua estrutura cognitiva, os subsunçores adequados e relevantes com as quais o material de aprendizagem possa ser relacionado, ou seja, não é suficiente o aprendiz ter a predisposição para aprender se ele(a) não tiver as ideias-âncora apropriadas.

Inclusive, o aprendiz pode querer relacionar o "novo" conteúdo do material de aprendizagem à sua estrutura cognitiva, não porque ele(a) considera aquele conteúdo útil, mas, porque sabe que se não aprendê-lo, ficará reprovado nas provas finais, ou seja, a predisposição para aprender não tem nada a ver com vontade de aprender.

### **3 CONCEITO DE VÁCUO APRESENTADO EM LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA**

#### **3.1. O Novo Ensino Médio e o Programa Nacional do Livro Didático**

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (Lei 9394/96) foi alterada pela Lei 13.415/2017. Esta lei propõe a implementação de grandes mudanças para o ensino médio. Uma das mudanças é o aumento da carga horária de 800 horas para 1.000 horas por ano letivo. O aumento da carga horária ocorrerá de forma gradual. O primeiro ano do ensino médio terá a carga horária aumentada em 2022, o segundo ano em 2023 e o terceiro ano em 2024.

O ensino médio, anterior a reforma, era formado por um conjunto de disciplinas que deveriam ser obrigatoriamente cursadas. Outra mudança no novo ensino médio é a adoção de uma carga horária mais flexível, que contemple a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e a oferta de itinerários formativos. Cada estudante deve optar por um itinerário formativo e cada itinerário oferece disciplinas específicas.

A BNCC garante uma formação básica isonômica e igualitária aos estudantes da educação básica do Brasil que possui dimensões continentais e muitas diferenças regionais. No novo Ensino Médio é oferecida uma base comum de conhecimentos aos estudantes e esta base é complementada pelos itinerários formativos.

Os itinerários formativos são compostos por disciplinas de uma área do conhecimento (Matemáticas e suas Tecnologias, Linguagens e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas) e da formação técnica e profissional (FTP) ou mesmo nos conhecimentos de duas ou mais áreas e da FTP.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio tem uma proposta na qual se valoriza a integração entre as disciplinas que compõem a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), na qual as disciplinas de Física, Biologia e Química fazem parte de uma única área. Entende-se que os conteúdos científicos não são estáticos ou independentes uns dos outros e podem ser trabalhados conjuntamente, de maneira contextual e interdisciplinar, integrando suas semelhanças e discutindo suas diferenças epistemológicas (MEC, 2021, p. 20)

A BNCC deve ocupar no máximo 1800 horas do currículo e as outras 1200 horas devem ser ocupadas pelos itinerários formativos (esta carga horária refere-se aos três anos do ensino médio). É importante ressaltar que a “lei do Novo Ensino Médio” não determina que todas as escolas passem a ter o ensino médio integral, mas sinaliza que, progressivamente, as matrículas em tempo integral sejam ampliadas.

O Ministério da Educação operacionaliza por meio do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD). Este programa de âmbito nacional tem a função de avaliar e disponibilizar obras didáticas, pedagógicas e literárias para as escolas públicas da educação básica, de forma regular e gratuita.

Os diferentes tipos de obras pedagógicas (livros didáticos, paradidáticos, dicionários, entre outros) são distribuídos gratuitamente para as escolas, que os repassam para os estudantes, que devem devolvê-los à escola ao final do ano letivo. A distribuição destas obras constitui-se em importante subsídio para que os alunos tenham acesso a informações científicas. Principalmente, os alunos em situação de vulnerabilidade social que não possuem acesso à internet. Para estes, o

livro didático gratuito constitui-se na única fonte de acesso a informações científicas (BARRETO, MONTEIRO, 2008; SANTOS, 2021).

Concluindo que “no que se refere aos marcos legais, além de assegurar a qualidade, correção e adequação dos conteúdos impressos e digitais apresentados, as obras precisam garantir os direitos de aprendizagem aos estudantes do Ensino Médio” (MEC, 2020, p. 17).

### **3.2. Livros selecionados<sup>3</sup>**

Para esta pesquisa foram selecionados os livros didáticos da área de Ciência da Natureza e suas Tecnologias aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2021. Os livros são organizados em coleções. Cada coleção é formada por seis livros. Cada livro possui conteúdo referente as disciplinas de Química, Física e Biologia. Cada livro pode ser usado em qualquer uma das três séries do Ensino Médio e os conteúdos (capítulos) não precisam ser estudados seguindo a ordem em que são apresentados no livro.

As coleções de livros são:

- Conexões - Ciências da Natureza e Suas Tecnologias
- Ciências da Natureza
- Matéria, Energia e Vida: Uma Abordagem Interdisciplinar
- Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias
- Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias
- Multiversos - Ciências da Natureza
- Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias

O autor desta dissertação teve acesso aos livros das coleções Multiversos, Diálogo e Conexões e os resultados apresentados nas próximas seções referem-se a análise dos livros destas coleções.

### **3.3. Apresentação e discussão dos resultados**

Nas próximas seções são apresentadas as discussões dos resultados para a Coleção Multiversos, Coleção Diálogo e Coleção Conexões. O texto dos livros pode sugerir diferentes ideias ou categorias para o vácuo.

### **3.4. Coleção Multiversos**

Os livros da coleção Multiversos são organizados em unidades que se subdividem em temas. Os temas subdividindo-se em subtemas. Os livros que compõem a coleção são: Multiversos Ciência, Tecnologia e Cidadania, Multiversos Ciência, Sociedade e Ambiente, Multiverso Origens, Multiversos Eletricidade na Sociedade e na Vida, Multiversos Movimentos e Equilíbrios na Natureza e Multiversos Matéria, Energia e a Vida.

Cada livro da Coleção Multiversos apresenta as seguintes seções, segundo os autores da coleção Leandro Godoy, Rosana Maria Dell'Agnolo e Wolney C. Melo:

- Atividades: as atividades empregam diferentes recursos com o objetivo de aprimorar a competência leitora.

---

<sup>3</sup> Na apresentação dos resultados são descritas as referências ao tema vácuo encontradas nos livros didáticos pesquisados, o que não exclui a possibilidade de alguma referência ao vácuo ter passado despercebida e não ser citada nesta dissertação.

- Atividades Extras: visam reforçar a verificação conceitual dos temas da Unidade.
- Oficina Científica: esta seção sugere o trabalho com atividades práticas e favorece o desenvolvimento do pensamento científico.
- Falando de: esta seção aborda os temas contemporâneos transversais da BNCC.
- Integrando com: nesta seção, temas complementares aos conceitos estudados são propostos, permitindo a articulação entre as Ciências da Natureza e outras áreas do conhecimento.
- Saiba Mais: boxe presente ao longo dos temas que amplia ou complementa conceitos necessários para o desenvolvimento dos assuntos.
- Espaços de Aprendizagem: este boxe apresenta sugestões de locais para visita, livros, filmes e links da internet.

### 3.4.1. Livro Multiversos Ciência, Tecnologia e Cidadania

O livro Multiversos Ciência, Tecnologia e Cidadania, apresenta na Unidade 4 Física Contemporânea, Tema 1: Ondulatória, tópico Onda Mecânica na página 132, discute as principais características das ondas mecânicas e apresenta referência a palavra vácuo no trecho reproduzido abaixo:

"A principal característica de uma onda mecânica é que ela só pode se propagar em meios materiais, não havendo possibilidade de propagação no vácuo. Quanto a forma de propagação, elas podem ser longitudinais ou transversais" (grifo nosso) (GODOY, AGNOLO, MELO, 2020, p.132)

Logo abaixo ao texto é apresentada a figura de duas sirenes. Uma está posicionada no espaço sideral ao lado de um astronauta. Na figura há indicação de que está sirene vibra, mas que não há som no vácuo. A outra sirene está inserida parcialmente na água e parcialmente no ar. Na água há um mergulhador e fora da água num deck há a figura de uma mulher. Também há indicação de que está sirene vibra e de que a água vibra e o ar vibra, ou seja, existe propagação de som nestes ambientes. A legenda da figura diz: "A onda sonora é um exemplo de onda mecânica".

Ainda na página 132, no subtema 'ondas eletromagnéticas' também é feito menção ao vácuo no texto a seguir:

"As ondas eletromagnéticas são produzidas por processos elétricos e magnéticos, em função da movimentação de cargas elétricas. Elas não necessitam de meio material para se propagar, podendo ocorrer inclusive no vácuo...no vácuo, todas viajam com a mesma velocidade de propagação:  $c = 3 \times 10^8$  m/s" (grifos nossos) (GODOY, AGNOLO, MELO, 2020, p.132)

A seguir é apresentada uma figura esquemática do espectro eletromagnético com indicação da frequência e comprimento de onda das radiações eletromagnéticas com destaque para a região do espectro onde se encontra a luz visível.

Na página 134, o livro apresenta na atividade número 2, uma situação hipotética na qual dois astronautas passeiam pela Lua em seus trajes pressurizados e pergunta como isso é possível já que as ondas sonoras não se propagam no vácuo do espaço.

No Tema 1: Ondulatória, a concepção de vácuo pode ser inserida na categoria **situação de referência** (situação na qual não é possível a propagação de ondas mecânicas, mas que não interfere na propagação de ondas eletromagnéticas).

Na mesma Unidade, no tema 2 Radiações eletromagnéticas e suas aplicações, subtema 'Radiação ionizante e radiação não ionizante', na página 136, o vácuo é referenciado no seguinte trecho:

Sabendo que todas as radiações eletromagnéticas se propagam no vácuo com a mesma velocidade  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s e que  $v = \lambda \cdot f$ , é possível concluir que o comprimento de onda ( $\lambda$ ) e a frequência ( $f$ ) são inversamente proporcionais (grifo nosso) (GODOY, AGNOLO, MELO, 2020, p.136).

Em seguida é apresentada uma figura com uma representação qualitativa do espectro eletromagnético mostrando que as ondas de baixa frequência, rádio, micro-ondas, infravermelho e luz visível são radiações não ionizantes e que o ultravioleta, raios-x e raios gama são radiações ionizantes.

Na página 141, na atividade 1, o livro repete a mesma figura da página 136, com uma representação qualitativa do espectro eletromagnético e solicita que o estudante responda duas questões quantitativas e duas qualitativas, considerando o valor aproximado de  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s como a velocidade da luz no vácuo.

No tema 2: Radiações eletromagnéticas, o vácuo também pode ser categorizado como **situação de referência**.

No texto introdutório do tema 3: Tópicos de Física Moderna, na página 142 do livro, discorre-se que os cientistas do final do século XIX acreditavam que a Física já estava toda explicada com a exceção de dois "detalhes".

Os detalhes eram a explicação sobre o meio de propagação da luz que consideram ser o éter e a radiação do corpo negro. A explicação desses dois "detalhes" deu origem à Relatividade e à Mecânica Quântica, respectivamente (GODOY, AGNOLO, MELO, 2020, p.142).

O éter preencheria todo o espaço e seria indispensável para a propagação das ondas eletromagnéticas, inclusive a luz. É importante a diferenciação entre éter e vácuo, pois ambos aparecem relacionados e podem ser confundidos como se fossem o mesmo conceito.

Na página 147, no tópico Experimento de Michelson-Morley, antes de apresentar o experimento, o livro discorre que até o final do século XIX, os cientistas acreditavam que o Universo seria preenchido por um meio elástico e invisível, o éter e que toda onda mecânica ou eletromagnética deveria propagar-se neste meio (GODOY, AGNOLO, MELO, 2020, p.147).

Algumas atividades propostas neste livro da coleção Multiversos, abrangem o conceito de vácuo e fazem os estudantes refletirem sobre ele, embora este não seja o objetivo das atividades que são sempre sobre outros conteúdos de Física. Porém estes outros conteúdos relacionam-se de alguma maneira com o conceito de vácuo como por exemplo, ondas sonoras, explorado na atividade 2 da página 134, espectro eletromagnético trabalhado na atividade 1 da página 141, entre outros.

Na atividade 14 da página 155, pretende-se observar se o estudante é capaz de relacionar os conteúdos estudados no Tema 3: Tópicos de Física Moderna, para julgar uma afirmação sobre a velocidade da luz no vácuo, ou seja, se ocorreu uma aprendizagem proposicional, segundo a teoria da Aprendizagem Significativa.

### 3.4.2. Livro Multiversos Ciência, Sociedade e Ambiente

No Livro Multiversos Ciência, Sociedade e Ambiente não foi encontrada nenhuma referência ao vácuo.

### 3.4.3. Livro Multiversos Origens

O livro Multiversos Origens em seu Tema 1: Formação e Estrutura do Universo, na página 13, em seu texto introdutório sobre as estruturas que compõem o Universo e as distâncias imensuráveis que as separam (se comparado com nossos padrões cotidianos de distância) cita o vácuo no seguinte trecho ao definir a que significa ano-luz:

Um ano-luz é uma unidade de medida astronômica que equivale à distância percorrida pela luz em um ano no vácuo (grifo nosso) (GODOY, AGNOLO, MELO, 2020, p.13).

A ideia de vácuo contida na citação acima pode ser atribuída a categoria **situação de referência**, pois a condição para a definição de ano-luz é que a velocidade da luz seja medida no vácuo.

No tema 3: Observando o Universo: reflexão da luz, na página 28, o livro começa este tema definindo alguns conceitos iniciais, entre eles apresenta o seguinte conceito sobre a luz:

A luz é uma onda eletromagnética e a sua velocidade de propagação no vácuo é de, aproximadamente,  $3,0 \times 10^5$  Km/s (grifo nosso) (GODOY, AGNOLO, MELO, 2020, p.28).

Nesta mesma página, no 'boxe Saiba Mais: Onda', é reforçada a definição de que as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo (com a velocidade da luz) e em alguns meios materiais (com velocidade próxima à da luz), o que não ocorre com as ondas mecânicas que não podem propagar-se no vácuo.

No tema 3, o vácuo pode ser categorizado como **situação de referência**, pois é condição para a definição da velocidade da luz que essa velocidade seja medida no vácuo.

No tema 4: Observando o Universo: refração da luz, na página 39, o livro destaca que a velocidade de propagação da luz no ar é praticamente igual à que ela tem ao se propagar no vácuo.

Na página 40 é definida o índice de refração absoluto como igual a razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio ( $n = c/v$ ) e este índice indica o número de vezes que a velocidade da luz é menor no meio material quando comparada a velocidade da luz no vácuo.

No tema sobre refração da luz na seção atividades extras, o exercício 11 apresentado na página 51 afirma que a velocidade da luz no vácuo é  $3,0 \cdot 10^8$  m/s e solicita aos estudantes que calculem a velocidade da luz num material transparente com índice de refração absoluto de 1,3.

Na seção 'Integrando com Matemática e suas Tecnologias', na página 52, o livro reitera a definição de ano-luz como a distância percorrida pela luz em um ano, no vácuo. E a atividade 2, apresentada na página 53, pergunta ao estudante quanto tempo a luz demora para percorrer no vácuo a distância de um parsec.

No tema 4, o vácuo pode ser categorizado como **situação de referência**, pois no vácuo, a velocidade da luz é invariável e possui valor máximo. A velocidade de propagação da luz em meios materiais é geralmente comparada a velocidade que a luz possui no vácuo.

Também se nota que neste livro, o conceito de vácuo não é abordado. E o vácuo é apenas citado como um "termo acessório" que serve para a definição de outros conceitos como, por exemplo, o significado de ano-luz e a definição da velocidade da luz.

#### **3.4.4. Livro Multiversos Eletricidade na Sociedade e na Vida**

No Livro Multiversos Eletricidade na Sociedade e na Vida não foi encontrada nenhuma referência ao vácuo.

#### **3.4.5. Livro Multiversos Movimentos e Equilíbrios na Natureza**

No Livro Multiversos Movimentos e Equilíbrios na Natureza não foi encontrada nenhuma referência ao vácuo.

#### **3.4.6. Livro Multiversos Matéria, Energia e a Vida**

Este livro na Unidade 1: A composição dos ambientes, no Tema 3: Energia no tópico sobre energia sonora na página 29 cita o vácuo ao na seguinte passagem:

Por depender da movimentação dos átomos e das moléculas, o som não se propaga na inexistência delas, ou seja, o som não se propaga no vácuo (grifo nosso) (GODOY, AGNOLO, MELO, 2020, p.28).

No trecho acima, o vácuo pode ser relacionado a categoria **condição** que impede a propagação das ondas sonoras.

Na Unidade 1: Composição dos ambientes, no tema 4: Movimentos, na página 34, ao definir o quilograma-padrão, o livro apresenta a imagem de um cilindro constituído de uma liga metálica de platina-irídio, envolto por duas campânulas de vidro fechadas a vácuo.

No tema 4, a ideia de vácuo pode ser associada a categoria **conservação**, pois ao impedir a interação do cilindro de platina-irídio com as moléculas de ar, o vácuo atua na conservação das propriedades do cilindro que define o quilograma-padrão, visto que de outra forma ele apresentaria variações em sua massa ao se considerar períodos de tempo longos, como séculos.

Este livro menciona o vácuo para explicar que ondas sonoras não se propagam no vazio, mas, o conceito de vácuo não é abordado. O livro também apresenta uma aplicação do vácuo, ao discutir sobre o quilograma-padrão, embora explorar essa aplicação não seja o objetivo.

### **3.5. Coleção Diálogo**

Os livros da coleção Diálogo são organizados em Unidades que se dividem em capítulos que se subdividem em tópicos. A coleção é composta pelos seguintes livros: Diálogo: Ser humano e meio ambiente: relações e consequências, Diálogo: O universo da ciência e a ciência do universo, Diálogo: Energia e sociedade: uma reflexão necessária, Diálogo: Vida na Terra: como é possível?, Diálogo: Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia e Diálogo: Ser humano: origem e funcionamento.

Cada livro da coleção Diálogo, segundo a Editora responsável Kelly Cristina dos Santos, possui a seguinte estrutura:

- Abertura da Unidade: no início de cada unidade existem duas páginas de abertura que apresentam imagens e textos relacionados ao conteúdo que será estudado.
- Abertura de capítulo: no início do capítulo são apresentadas situações que fazem parte do cotidiano e que os estudantes e professor podem relacionar ao conhecimento científico.
- Investigue: nesta seção são sugeridas atividades práticas investigativas, nas quais é possível investigar hipóteses e analisar resultados para chegar a uma conclusão.
- Atividades: seção na qual são propostos exercícios para resolução. A seção também conta com questões de provas oficiais do Enem e de diversas instituições de ensino e pesquisa.
- Ampliando seus conhecimentos: Esta seção sugere referências bibliográficas complementares, filmes, livros e sites.
- Respostas: nesta seção são apresentadas as respostas dos exercícios propostos.
- Siglas: apresenta os significados das siglas que são encontradas no livro.
- Ser consciente: esta seção apresenta reflexões relacionadas a preservação do meio ambiente.
- Boxe complementar: apresenta mais informações sobre o conteúdo estudado e outros assuntos relacionados a ele.
- Trocando ideias: neste boxe é sugerido que você troque ideias com seus colegas sobre temas relevantes relacionados ao conteúdo estudado.
- Dica: este boxe apresenta informações importantes para compreender o conteúdo.
- Vocabulário: boxe que destaca o significado de algumas palavras do texto importantes para a compreensão do conteúdo.
- Retomando o que estudei: nesta seção é feita uma revisão do conteúdo estudado no capítulo.

### 3.5.1. Livro Diálogo: Ser Humano e Meio Ambiente: Relações e Consequências

O livro Diálogo: Ser humano e meio ambiente: relações e consequências, na Unidade 1: Ecologia e biodiversidade, no capítulo 8: Termodinâmica, no tópico segunda lei da termodinâmica, na página 99, para explicar a segunda lei da termodinâmica, o livro solicita que o leitor considere uma câmara fechada que contenha uma certa quantidade de gás ideal. Essa câmara é ligada por uma válvula fechada a uma segunda câmara inicialmente **evacuada**. A válvula fechada impede o fluxo de gás entre os dois recipientes. Em seguida, a válvula é aberta (e com a temperatura constante), o gás se expande de forma espontânea e ocupa o volume dos dois recipientes até que a pressão em ambos se iguale. É apresentada uma figura com a representação dessas duas situações. Podemos atribuir neste caso que ao vácuo a categoria de **lugar vazio** (desprovido de matéria) e que pode ser ocupado, espontaneamente se as condições permitirem.

Porém, o caso contrário no qual o gás retorna espontaneamente da segunda câmara para a primeira e a segunda câmara retorna ao seu estado inicial de vácuo não ocorre, pois, "o fato de as partículas terem um movimento aleatório torna muito maior a probabilidade de haver um aumento na desordem de sua distribuição do que o contrário" (SANTOS, 2020, p. 99).

Na página 134, na Unidade 2: Saúde Humana, no capítulo 3: Sons e audição humana, no tópico ondas sonoras, é fornecida a definição geral de onda e exemplificados os tipos de onda como ondas sonoras, luminosas, ondas que ocorrem na superfície da água, ondas de rádio, entre outras. Em seguida é apresentada a diferenciação entre ondas mecânicas e eletromagnéticas. Enquanto, as ondas mecânicas se propagam em meios materiais e sua velocidade depende das características desse meio, as ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio material para se propagar. No **vácuo**, as ondas eletromagnéticas propagam-se com a velocidade da luz e diferenciam-se entre si pelos valores de suas frequências e comprimentos de onda. Também é apresentada a seguinte indagação aos estudantes: “As ondas mecânicas se propagam no vácuo? Justifique sua resposta”. Observa-se que nesta passagem, o vácuo pode ser considerado na categoria **situação de referência**.

### 3.5.2. Livro Diálogo: O Universo da Ciência e a Ciência do Universo

Na unidade 3: A Terra e o Universo, capítulo 2: Movimento na Terra, tópico queda livre, página 114, o vácuo é citado no seguinte trecho:

"Quando um corpo cai devido somente à ação da gravidade, desprezando a resistência do ar, dizemos que ele está em **queda livre**. Isso ocorre no **vácuo** ou em um local em que a força de resistência do ar pode ser desprezada, como para pequenos deslocamentos próximos à superfície da Terra" (SANTOS, 2020, p.134).

No trecho acima o vácuo pode ser enquadrado na categoria **ausência** de resistência. Este trecho é precedido com uma discussão das ideias de Aristóteles e Galileu sobre o movimento de queda livre.

Segundo Aristóteles numa queda livre, após uma aceleração inicial, os corpos caem com velocidade constante num movimento uniforme, proporcional a suas massas, assim, corpos mais pesados caem mais rapidamente do que corpos leves.

Galileu realizou experiências, nas quais ele abandonava esferas em rampas com diferentes inclinações e percebeu que os movimentos não eram uniformes, mas acelerados. E que quanto maior a inclinação da rampa, maior a aceleração adquirida pela esfera. Sendo que a direção vertical corresponde a aceleração máxima.

Galileu também realizou experiências na qual uma esfera era impelida para subir um plano inclinado e verificou que quanto menos acentuada era a inclinação da rampa, mais a esfera demorava para alcançar o repouso.

Baseando-se nas observações dessas e de outras experiências, Galileu concluiu que o movimento de queda livre é acelerado e que a influência da resistência do ar é a responsável por fazer corpos de massas diferentes desenvolverem velocidades diferentes no movimento de queda e não as massas propriamente ditas, como defendia Aristóteles. Isto é no vácuo, corpos de massas diferentes abandonados da mesma altura devem atingir a superfície ao mesmo tempo, pois caem sob efeito da mesma aceleração.

O desafio do professor ao lecionar sobre queda livre é conseguir substituir a concepção aristotélica dos estudantes (ou pelo menos da maioria deles) pela concepção de Galileu. É um desafio, pois a concepção de Aristóteles (conhecimento prévio) aproxima-se bastante das observações cotidianas e do senso comum. Os conhecimentos prévios são convicções, certezas que os estudantes possuem sobre os fenômenos físicos do cotidiano. Eles são parte do caminho a percorrer, necessário, para a (re)construção do próprio conhecimento dos estudantes. O estudante é que reconstrói continuamente o seu próprio conhecimento.

Ao lado do trecho do livro destacado anteriormente há uma figura do astronauta da Apollo 15, David R. Scott, na superfície da Lua em 1971, onde ele realizou um experimento no qual ele soltou da mesma altura uma pena de falcão e um martelo e observou os dois chegarem a superfície lunar ao mesmo tempo, visto que a Lua "não tem uma atmosfera significativa como a Terra, ela não experimenta clima, como vento ou temperatura atmosférica ou precipitação como chuva e neve" (NASA, 2023). Na internet, existem vídeos sobre este experimento.

Ainda no capítulo 2, no subtópico lançamento vertical, na página 117, ao discutir sobre o fenômeno do lançamento vertical, o livro adota a seguinte simplificação: que para a análise deste tipo de movimento deve ser **desprezada a resistência do ar**, o equivalente a dizer que para a análise deve ser considerado que ele ocorre no **vácuo**. Esta simplificação é adequada para o nível de ensino pretendido, pois, elimina complicações e permite explorar didaticamente as características do movimento. Novamente aqui percebe-se que o vácuo pode ser encaixado na categoria **ausência** (de resistência).

O livro desdobra o lançamento vertical em lançamento para cima e lançamento para baixo. No lançamento para baixo, o corpo inicia o movimento de queda livre com determinada velocidade na direção vertical e essa velocidade aumenta gradativamente com o tempo devido a atuação da aceleração da gravidade.

No lançamento para cima, o corpo inicia o movimento com determinada velocidade vertical que diminui gradativamente com o tempo, pois o movimento ocorre na direção contrária a aceleração da gravidade até que no ponto mais alto da trajetória descrita pelo corpo, a velocidade torna-se nula e ocorre a inversão do sentido do movimento.

A partir da inversão do sentido do movimento, o corpo inicia uma queda livre com velocidade inicial nula e passa a descrever um movimento acelerado, cuja velocidade aumenta com o passar do tempo, pois agora ele ocorre a favor da aceleração da gravidade.

Como foi considerado que o movimento ocorre no vácuo (pois foi desprezada a resistência do ar), o tempo de subida é igual ao tempo de descida e o corpo passa duas vezes em cada posição da trajetória (exceto pela altura máxima), em instantes diferentes com velocidades de mesmo valor, mas com sentidos contrários. Essa simetria só é possível porque foi desprezada a resistência do ar, tornando a descrição do movimento didática.

Na Unidade 3: A Terra e o Universo, capítulo 3: A vida na Terra, tópico antigas e novas suposições, página 134, o livro discute sobre a possibilidade de vida em outros locais do Universo, além do planeta Terra e apresenta uma linha do tempo apontando alguns pensadores e cientistas desde a Antiguidade que discutiram esse tema. A linha do tempo também apresenta descobertas recentes de exoplanetas realizadas com o auxílio de telescópios e sondas espaciais.

O livro apresenta como curiosidade a micrografia de tardígrados que são micro-organismos que sobrevivem em condições extremas, pois entram em estado de resistência. Eles são capazes de sobreviver a temperatura e pressão extremas, ausência de água e radiação extrema. Inclusive alguns experimentos demonstram que eles conseguem sobreviver ao **vácuo** do espaço (SANTOS, 2020, p. 134).

Neste breve relato sobre o tardígrado, o livro nos leva a refletir sobre as condições indispensáveis para a ocorrência da vida, em especial, se o vácuo é um fator que impede o desenvolvimento da vida. Assim, pode ser atribuída ao vácuo a ideia de **condição** (para a existência ou não de vida).

### 3.5.3. Livro Diálogo: Energia e Sociedade: Uma Reflexão Necessária

Na unidade 1: Energia elétrica, capítulo 2: Transmissão de energia elétrica, no tópico carga e força elétricas, na página 21, o livro inicia este tópico com a discussão que os fenômenos elétricos estão relacionados a estrutura atômica da matéria. A matéria possui quantidades iguais de elétrons e prótons (cargas

elétricas negativas e positivas). Na natureza, os corpos são geralmente eletricamente neutros, mas com a adição de energia é possível eletrizá-los pela adição de elétrons (tornado-os eletricamente negativos) ou pela retirada de elétrons (tornado-os eletricamente positivos). A seguir, o livro discute os três processos de eletrização: por atrito, por contato ou por indução.

É apresentada uma breve discussão sobre a intensidade da força elétrica concluindo que ela é numericamente expressa pela lei de Coulomb. A lei de Coulomb possui no lado direito da igualdade a constante de proporcionalidade  $k$ , chamada de constante eletrostática. A constante eletrostática é característica do meio no qual a carga se encontra.

No final da discussão sobre carga e força elétricas, na página 24, o livro apresenta que para o **vácuo**, a constante eletrostática é representada  $k_0$ , e vale:  $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ . Assim nota-se que o valor medido no vácuo é tomado como referência, assim, atribuímos ao vácuo a categoria de **situação de referência** (para medida) em relação ao qual as outras constantes eletrostáticas são comparadas.

Na seção de atividades (página 29) relacionadas ao capítulo anteriormente mencionado, observa-se que a ideia apresentada nos exercícios 7, 8, 9 e 11 é a mesma, nestes exercícios o livro solicita aos estudantes que considerem determinado arranjo de cargas elétricas (todas diferentes entre si) e determine a intensidade da força elétrica entre as cargas de cada arranjo.

Nos exercícios 7, 9 e 11, o livro solicita aos estudantes que para a resolução considerem que os arranjos de cargas elétricas devem ser considerados situando-se no **vácuo**. Analisamos que essa solicitação é feita, pois o vácuo é usado para eliminar as possíveis influências ou interferências do meio externo sobre as cargas, simplificando os cálculos e permitindo a aplicação exata da lei de Coulomb de forma didática. Consideramos que essa simplificação é válida para o nível de ensino pretendido, porém cria uma situação artificial que somente seria obtida em laboratório.

Entretanto no exercício 8, o livro não pede que os estudantes considerem o vácuo. Neste exercício, o livro solicita que os estudantes calculem a distância entre o estigma de uma flor e um grão de pólen para que força elétrica atrativa entre eles se iguale ao peso do grão de pólen (forças eletrostáticas estão presentes no fenômeno da polinização). Não faria sentido considerar que a flor estivesse no vácuo. Porém ao não considerar o vácuo, este fenômeno está sujeito a interferências do meio e nenhuma menção a isso é feita. Assim, nestes exercícios o vácuo pode ser atribuído a categoria de **ausência** (de meio material ou de interferências externas).

Na unidade 1: Energia elétrica, capítulo 4: Eletroquímica, na seção Atividades, na página 63, na primeira questão, o livro propõe aos alunos que julguem se três proposições estão corretas, a primeira proposição para julgamento se refere a café embalado a **vácuo**. Aqui, vemos que o livro sugere que os alunos relacionem os conteúdos estudados, os transformem e os apliquem para resolver as proposições sugeridas.

Neste exercício é necessária a aplicação da aprendizagem proposicional que é o mais alto nível da aprendizagem significativa e dependente das outras duas formas de aprendizagem, a representacional e a conceitual. Neste exercício, pode ser atribuída ao vácuo a categoria de **asepsia** para conservação de alimentos, pois impede a propagação de micro-organismos que os degradam.

#### 3.5.4. Livro Diálogo: Terra um Sistema Dinâmico de Matéria e Energia

Na Unidade 1: Sol, capítulo 2: Ondas Eletromagnéticas, na página 21, o capítulo contextualiza o espectro eletromagnético com a composição das estrelas, mostrando que o estudo do espectro eletromagnético não é totalmente abstrato e possui aplicação em problemas de ciência aplicada. O livro destaca que a maneira de determinar a composição das estrelas foi descoberta pela cientista Cecilia Payne-Gaposchkin durante a pesquisa para seu doutorado, a qual concluiu que as

estrelas são compostas principalmente de hidrogênio e hélio. Esta contextualização também ajuda a mitigar a ideia de que a ciência é feita somente por homens.

O livro discute que no interior do Sol, a temperatura é elevada a ponto de unir os átomos de hidrogênio num processo denominado fusão. Esse processo libera grande quantidade de energia, principalmente na forma de calor e luz, sendo a luz um tipo de onda eletromagnética. Essa energia atravessa as camadas do Sol e absorve a assinatura dos elementos químicos que atravessa. Ao chegar aqui na Terra, a determinação do espectro eletromagnético da luz do Sol apresenta linhas pretas características, cada uma dessas linhas indica a presença de determinado elemento químico no Sol, principalmente hidrogênio.

A seguir, o livro apresenta uma definição para as ondas eletromagnéticas:

“As ondas eletromagnéticas são propagações de energia no espaço na forma de campos elétricos e magnéticos oscilantes. Esse tipo de onda não necessita de um meio material para se propagar, pois propaga-se no **vácuo**, ao contrário de outras ondas, como as sonoras” (SANTOS, 2020, p. 21).

Após a definição é apresentada uma figura com uma representação da propagação de uma onda eletromagnética. Assim, notamos que nesta definição, que o vácuo está inserido na categoria **situação de referência**.

Na página 22, o livro continua a discussão sobre ondas eletromagnéticas e afirma que “no **vácuo**, as ondas eletromagnéticas possuem a mesma velocidade de propagação, a velocidade da luz, que representamos pela letra  $c$  e cujo valor é de aproximadamente 300 000 km/s” (SANTOS, 2020, p.22). Nesta página também é mostrada uma representação didática do espectro eletromagnético, relacionando a frequência e o comprimento de onda com o respectivo tipo de onda como ondas de rádio, micro-ondas, radiação infravermelha, etc., chamando atenção para o espectro visível. Assim, o vácuo também é relacionado a categoria **situação de referência**, pois somente no vácuo, a luz possui velocidade  $c$ .

Nas atividades deste capítulo, localizadas na página 25, a palavra **vácuo** aparece nos exercícios 1, 5, 6 e 9. No exercício 1, o livro apresenta quatro afirmações e solicita que os estudantes julguem se as afirmações são verdadeiras ou falsas. Na afirmação 3, o livro pergunta se as ondas eletromagnéticas são capazes de se propagar no vácuo. Assim, o vácuo também se enquadra na categoria **condição** que permite ou não a propagação de ondas.

No exercício 5, é perguntado se os raios gama ou as ondas de rádio se propagam com maior velocidade no vácuo. Nesta questão é necessário que os estudantes realizem uma reconciliação integradora e percebam que apesar dos dois tipos de ondas possuírem frequências e comprimentos de ondas distintos, ambas fazem parte do espectro eletromagnético, ou seja, ambas se propagam com a mesma velocidade no vácuo. Neste exercício, o vácuo situa-se na categoria **situação de referência**.

No exercício 6, pergunta-se qual onda que não se propaga no vácuo, então, são apresentadas as seguintes alternativas: a) raios X, b) raios gama, c) ultravioleta, d) ultrassom, e) ondas de rádio. Aqui novamente, os estudantes precisam realizar uma reconciliação integradora entre os diferentes tipos de onda para perceber semelhanças e regularidades entre elas e concluir que as alternativas a), b), c), e) compõem o espectro eletromagnético, logo propagam-se no vácuo. Assim, por eliminação a alternativa correta de onda que não se propaga no vácuo é d) ultrassom que é uma onda mecânica.

No exercício 9, a palavra vácuo aparece, porém ela não deve ser levada em consideração como um conceito para a resolução deste exercício. O vácuo aparece apenas para contextualizar o exercício que solicita aos estudantes que calculem a razão entre dois valores de comprimentos de onda dados.

Na Unidade 1: Sol, capítulo 3: O espectro solar e a Terra, na página 26, o livro descreve que o Sol emite energia na forma de ondas eletromagnéticas com

diferentes comprimentos de onda como radiação infravermelha, luz visível e radiação ultravioleta. Apesar destas ondas propagarem-se com a mesma velocidade no **vácuo**, elas interagem de forma diferente com a matéria. Assim, destacamos que o vácuo pode ser categorizado como **condição** para medição/determinação da velocidade das ondas eletromagnéticas.

### 3.5.5. Livro Diálogo: Vida na Terra: Como é Possível?

Na abertura da Unidade 1: Do átomo a vida, página 12, o livro apresenta uma breve contextualização sobre o que será estudado na unidade. Ele apresenta informações sobre os tardígrados, animais invertebrados e microscópicos, que fazem o estudante/leitor refletir sobre as condições necessárias para a ocorrência de vida. Segue reprodução do trecho do livro: “Eles (os tardígrados) suportam temperaturas de  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  e pressão atmosférica alta ou baixa, inclusive o **vácuo**...” (SANTOS, 2020, p.12). Neste trecho, o vácuo se pode ser inserido na categoria de **condição** (para a existência ou não de vida).

Na página 40, o livro começa a discussão sobre o campo magnético de um fio retilíneo. Nesta página é apresentada a representação das linhas de campo magnético ao redor de um fio e vetores do campo magnético. Também são apresentadas representações da regra da mão direita aplicada a um fio percorrido por corrente elétrica. Essa regra permite a determinação da orientação das linhas do campo magnético ao redor do fio.

Esta discussão prossegue pela página 41 que apresenta a Lei de Ampère que permite calcular quantitativamente o valor do campo magnético. Esta lei possui uma constante de proporcionalidade chamada de permeabilidade magnética do meio e representada por  $\mu$ . O livro apresenta o valor desta constante para o **vácuo**, que vale  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}\text{ T} \cdot \text{m/A}$ . Nesta seção, ao vácuo pode ser atribuída a ideia de **padrão**, pois em geral os valores de constantes obtidas no vácuo são utilizados como padrão.

Na Unidade 2: Estudando a célula, capítulo 4: Introdução à Óptica, na seção de atividades, página 136, a palavra vácuo é citada no exercício 4. Este exercício apresenta três proposições para julgamento e escolha da verdadeira. Neste exercício, os estudantes precisam realizar a reconciliação integradora dos conhecimentos adquiridos ao longo do capítulo para realizar o julgamento das proposições. Trata-se de aplicar a aprendizagem proposicional, a aprendizagem significativa de mais alto nível. A proposição no qual o vácuo é citado segue reproduzida: “Os únicos meios transparentes são o **vácuo** e o vidro de grande espessura”.

Na página 136, o exercício 5 também apresenta uma proposição em relação ao **vácuo** para julgamento, neste exercício, o vácuo está relacionado a categoria **situação de referência**, pois o exercício pergunta se a velocidade de propagação da luz em qualquer meio será sempre menor que a velocidade de propagação da luz no vácuo.

Na Unidade 2: Estudando a célula, capítulo 6: Refração da luz, no tópico Formação da imagem por refração da luz, página 142, o livro explica que “a refração da luz ocorre quando ela passa de um meio para outro. Isso altera a velocidade de propagação da luz e pode também mudar a sua trajetória” (SANTOS, 2020, p. 142). O livro deixa claro que a refração da luz não é um fenômeno abstrato, pois mostra que o fenômeno de refração da luz é o princípio de funcionamento das fibras óticas que são largamente utilizadas para transmissão de dados via internet, contextualizando o estudo sobre refração da luz.

Ao continuar a discussão, o livro afirma que a velocidade de propagação da luz é máxima no vácuo e vale  $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$ . A velocidade que a luz possui no ar é muito próxima da velocidade no vácuo, mas reduz-se substancialmente na água e no vidro. A propriedade que indica o quanto a velocidade da luz é reduzida é chamada refração.

Num meio material, a velocidade da luz é sempre menor que a velocidade da luz no vácuo. Essa característica é dada pela relação entre a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ) e a velocidade da luz no meio ( $v$ ) e é chamada índice de refração absoluto ( $n$ ). Como  $n$  é dado pela razão entre duas velocidades,  $n$  é uma grandeza adimensional. O livro também apresenta uma tabela com o valor do índice de refração no vácuo ( $n = 1$ ) e o valor deste índice em diferentes meios. Durante a discussão da página 142 sobre refração da luz, destaca-se que o **vácuo** pode ser incluído na categoria **padrão** ou **situação de referência**.

Na página 142, do livro *Diálogo: Vida na Terra como é possível?*, a palavra vácuo é citada quatro vezes. Esta é a página com a maior ocorrência da palavra vácuo. Em todas as outras páginas de todos os outros livros da Coleção *Diálogo*, nas quais a palavra vácuo é citada, ela é referida apenas uma vez.

Nas atividades do capítulo 6: *Refração da Luz*, página 150, na atividade 1 são propostas quatro afirmações para julgamento como verdadeiras ou falsas, também é solicitado que as afirmações falsas sejam justificadas. A palavra vácuo é citada na quarta afirmação que segue reproduzida: "A velocidade da luz em qualquer meio sempre será maior que a velocidade da luz no **vácuo**" (SANTOS, 2020, p.150). Espera-se que os alunos relacionem os conhecimentos adquiridos ao longo do capítulo e concluam que esta afirmação é falsa, pois a velocidade da luz é máxima no vácuo. Nesta afirmação para julgamento, observa-se que a palavra vácuo pode ser inserida na categoria **situação para referência**.

### 3.5.6. Livro *Diálogo: Ser Humano: Origem e Funcionamento*

No Livro *Diálogo: Ser Humano: Origem e Funcionamento* não foi encontrada nenhuma referência ao vácuo.

## 3.6. Coleção *Conexões*

Os livros da coleção *Conexões* são organizados em capítulos que se subdividem em tópicos. Os livros que compõem a coleção são: *Conexões Matéria e Energia*, *Conexões Energia e Ambiente*, *Conexões Saúde e Tecnologia*, *Conexões Terra e Equilíbrios*, *Conexões Universo, Materiais e Evolução* e *Conexões Conservação e Transformação*.

Cada livro da Coleção *Conexões* apresenta as seguintes seções, segundo os autores da coleção Miguel Thompson, Eloci Peres Rios, Walter Spinelli, Hugo Reis, Blaidi Sant'Anna, Vera Lúcia Duarte de Novais e Murilo Tissoni Antunes:

- Ponto de partida: envolve as três disciplinas e instiga os estudantes para o estudo do volume e suas temáticas.
- Para começo de conversa: imagem e questão(ões) contextualizadora(s) sobre um problema apresentado. Podem ser questões de levantamento de conhecimento prévio ou de hipóteses.
- Caixa de ferramentas: explicação de alguns termos ou conceitos essenciais para a compreensão do texto.
- Interligações: apresenta texto e atividades como oportunidade de relacionar o conteúdo do capítulo com situações cotidianas ou outras áreas do conhecimento.
- Atividades: sequência de atividades ao longo do capítulo.
- Comunicando ideias: atividade que envolve o desenvolvimento de habilidades relacionadas à comunicação de conteúdos científicos.
- Fique por dentro: traz indicações de *sites*, livros, revistas e artigos, além de sugestões de vivências em ambientes fora da escola.
- Atividade prática: práticas, algumas de cunho investigativo, relacionadas não só a interpretação de resultados, mas ao planejamento de experimentos.

- Atividades finais: conjunto de atividades e problemas sobre o conteúdo do capítulo, com aplicação dos conceitos ou sua mobilização em novas situações.
- Próximos passos: ao final do capítulo, com intenção de conectar os conhecimentos, estabelece uma relação entre o capítulo em que se encontra e o seguinte.
- Ponto final: recupera a abertura do volume e realiza um fechamento, que pode ser uma sequência de atividades, um projeto, uma proposta de ampliação ou outros.

### 3.6.1. Livro Conexões: Matéria e Energia

A discussão conceitual a seguir é baseada nos tópicos ‘Modelo Nuclear de Rutherford’ (página 30) e ‘A questão não respondida por Rutherford e o modelo de Rutherford-Bohr’ (página 31) do capítulo 1 - ‘O mundo que nos cerca: do que a matéria é feita’ do livro Conexões: Matéria e Energia de autoria de Thompson, Miguel. et al.

O modelo de átomo de Rutherford é constituído por um núcleo de carga elétrica positiva que contém quase toda a massa do átomo. Os elétrons, partículas com carga elétrica negativa e com massa desprezível em relação ao núcleo, orbitam o núcleo numa região denominada eletrosfera.

O modelo de Rutherford, elaborado pelo cientista Ernest Rutherford (1871 - 1937), explica o espalhamento das partículas alfa ( $\alpha$ ), pois as partículas  $\alpha$  possuem carga positiva e ao passarem próximo ao núcleo teriam a sua trajetória desviada, visto que seriam repelidas pelo núcleo também de carga positiva.

Uma pequena parte das partículas  $\alpha$  choca-se com o núcleo que contém quase toda a massa do átomo, assim, essas partículas ricocheteiam no núcleo e voltam no sentido da fonte que as emitiu.

Os elétrons possuiriam massa desprezível comparada as partículas  $\alpha$  que atravessam a eletrosfera, isto é o *momentum* dos elétrons é desprezível em relação ao das partículas  $\alpha$  que neste caso não mudariam de direção.

O modelo de Rutherford prevê que a região entre o núcleo e a eletrosfera (e praticamente toda a eletrosfera) é **vazia**, um vácuo subatômico, porém, o livro não faz nenhuma referência a este vazio. Este vazio também é parte da explicação do fato das partículas  $\alpha$  que incidem sobre a eletrosfera não sofrerem desvio de trajetória.

A questão não respondida por Rutherford é de como átomo pode ser estável, possuindo partículas de carga negativa (elétrons) que orbitam um núcleo de carga positiva?

Se os elétrons estivessem parados, eles deveriam ser atraídos pelo núcleo. Se os elétrons estivessem se movendo ao redor do núcleo, os cientistas da época já sabiam com base nas leis do Eletromagnetismo que elétrons em movimento irradiam energia, assim, nos dois casos o átomo se desintegraria.

O cientista Niels Bohr (1885 - 1962) completou o modelo de Rutherford através da elaboração de postulados para o elétron. “A estabilidade do átomo foi justificada, portanto, por um modelo em que os elétrons giram ao redor do núcleo em **camadas eletrônicas** ou **níveis de energia**” (THOMPSON et. al., 2020, p. 31), nas quais eles não irradiam energia.

No capítulo 2: Energia e movimento, no tópico ‘Queda livre: gravidade agindo’ apresentado nas páginas 48 e 49, o livro inicia a discussão comparando o movimento de queda nas proximidades da superfície da Terra de uma folha de papel aberta e uma folha amassada. E traz a discussão que as duas folhas caem com velocidades diferentes devido à resistência do ar.

E na situação hipotética das duas folhas serem abandonadas numa região de **vácuo** (nas proximidades da superfície da Terra), as duas cairiam com a mesma velocidade, pois as duas estariam submetidas a mesma aceleração da gravidade e não haveria resistência do ar. Esse movimento é chamado de **queda livre** e um dos

primeiros a pensar sobre isso foi Galileu Galilei. Na discussão sobre queda livre, o vácuo apresenta a ideia de **ausência de resistência**.

Na página 49, o livro Conexões: Matéria e Energia indaga qual é o valor da aceleração da gravidade nas proximidades da Terra, considerando que todos os corpos possuem a mesma aceleração no vácuo?

O livro relata que “experimentos realizados em tubos de **vácuo** acoplados a uma máquina fotográfica permitem dimensionar a aceleração de queda de um corpo qualquer” (THOMPSON et. al., 2020, p. 49). O livro apresenta, na página 49, a foto estroboscópica da queda de uma esfera realizada em intervalos constantes de tempo. E para o mesmo intervalo de tempo, a esfera percorre distâncias cada vez maiores.

Com base na foto, o livro Conexões: Matéria e Energia conclui que a aceleração da gravidade nas proximidades da Terra é  $9,8 \text{ m/s}^2$ . E que o movimento de queda livre é um movimento uniformemente variado com aceleração igual a aceleração da gravidade.

Na discussão sobre o valor da aceleração da gravidade, o vácuo pode ser categorizado como **condição para a regularidade do movimento** (para medição do movimento). A página 49 é a página na qual a palavra vácuo aparece mais vezes, num total de quatro vezes.

Na página 52, no tópico atividades, na primeira atividade é solicitado ao estudante que considere uma pedra que despenca do 8º andar de um edifício, a 31,25 m do solo. Desprezando a resistência do ar, o livro solicita que sejam calculadas algumas grandezas.

Ao desprezar a resistência do ar, o livro solicita que o movimento seja considerado como ocorrendo no vácuo, o que cria uma situação artificial, porém simplifica os cálculos, de maneira que as fórmulas do movimento uniformemente variado possam ser aplicadas. Aqui, o vácuo traz uma ideia de **simplificação**.

No capítulo 2: Energia e movimento, no tópico ‘A energia potencial gravitacional’, na página 52, o livro inicia a discussão deste tópico afirmando-se que “próximo da superfície da Terra, os corpos, quando soltos a determinada altura, caem acelerando, aumentando sua velocidade à razão de, aproximadamente, 10 m/s a cada segundo de queda. Isso, naturalmente, quando a resistência do ar é desprezada” (THOMPSON et. al., 2020, p. 52).

Observe que o livro deixa claro que os corpos caem com aceleração constante no caso da resistência do ar ser desprezada, ou seja no vácuo. Neste caso, o vácuo pode ser incluído na categoria **condição para a regularidade do movimento**.

Na página 67, no capítulo 3: Calor e energia, no tópico ‘Radiação térmica’, o livro inicia a discussão, comparando a Terra a uma enorme estufa, pois a temperatura na Terra é maior que no meio exterior (espaço) assim como ocorre numa estufa.

Uma estufa recebe os raios do Sol, absorve grande parte da energia deles e os reemite por radiação térmica. Como as paredes e o teto da estufa são feitas de vidro isso facilita a absorção dos raios solares e impede que grande parte da radiação térmica saia da estufa, desta forma o interior da estufa tem temperatura mais elevada que o meio externo.

Neste tópico, o livro relata que:

“a radiação térmica é um processo de propagação de calor que se caracteriza pelo transporte de energia por meio de ondas eletromagnéticas (radiação infravermelha). Esse processo de transmissão de calor ocorre tanto no vácuo (grifo nosso) quanto em meios materiais” (THOMPSON et. al., 2020, p. 67).

No trecho destacado acima sobre radiação térmica, observa-se que o vácuo se enquadra na categoria **ausência** (de interferências externas, pois o vácuo não impede ou interfere na propagação de ondas eletromagnéticas).

### 3.6.2. Livro Conexões: Energia e Ambiente

No Livro Conexões: Energia e Ambiente não foi encontrada nenhuma referência ao vácuo.

### 3.6.3. Livro Conexões: Saúde e Tecnologia

O livro Conexões: Saúde e Tecnologia na página 41 no tópico ‘Pressão atmosférica’ discute que uma das primeiras tentativas para medir a pressão atmosférica foi realizada pelo cientista Evangelista Torricelli (1608 - 1647).

Nesta página é descrito o experimento do barômetro de Torricelli, no qual ele emborcou um tubo de vidro de um metro de comprimento contendo mercúrio numa cuba também contendo mercúrio e observou que a coluna de mercúrio no interior do tubo desceu e estabilizou-se na altura de 76 centímetros.

Torricelli concluiu que esta situação de equilíbrio na referida altura ocorreu, pois, a pressão exercida pelo ar na superfície de mercúrio contida na cuba equilibrou o peso do mercúrio que restava no interior do tubo de vidro. Desta forma Torricelli foi o primeiro a defender o entendimento atual do que é a pressão atmosférica.

Embora, o livro apresente, nas páginas 41 e 42, uma discussão sobre pressão atmosférica e barômetro de Torricelli, ele não faz nenhuma referência ou discussão ao longo do texto sobre "o vácuo formado na região superior do tubo de vidro, pois além do entendimento da atuação da pressão atmosférica, também é atribuído a Torricelli, o mérito de ser o primeiro cientista a produzir uma região de vácuo" (BASSALO, 1996; apud LONGUINI e NARDI, 2000).

Na atividade 3 da página 48 é apresentada uma figura de um experimento semelhante ao de Torricelli e indicado que na região superior do tubo há vácuo, embora isso não seja considerado para a resolução do problema. O problema afirma que o tubo e a cuba contêm um líquido de densidade  $3,4 \text{ g/cm}^3$  e solicita que seja calculado qual é nessa condição, a altura da coluna de líquido que está equilibrando a pressão atmosférica.

Na página 53, o livro apresenta o tópico ‘Transformações gasosas e os gases perfeitos’. Na atividade 5 da página 58 (referente ao tópico da página 53) é solicitado que se considere dois recipientes ligados por uma torneira. O recipiente I é rígido, possui 10 litros de capacidade, sob pressão de 1,5 atm e contém uma massa gasosa. Um tubo de volume desprezível com uma torneira liga o recipiente I ao II. Inicialmente **vazio**, o recipiente II fica totalmente preenchido pela massa gasosa após a abertura da torneira. A seguir é apresentado um gráfico pressão *versus* volume com dados fictícios que representa a passagem do gás do recipiente I para o II. A seguir é solicitado que sejam calculados alguns parâmetros do sistema. Observa-se que no tópico ‘Pressão atmosférica’ e nas atividades das páginas 48 e 58 não é feita nenhuma discussão sobre o vácuo.

Na página 131, inicia-se o capítulo 6: Ondas Eletromagnéticas e a Medicina. Ao longo das páginas 131 e 132 são apresentadas definições de grandezas físicas que caracterizam as ondas. Na página 133 é apresentada a distinção entre ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. Onde afirma-se que:

Quanto a sua natureza, ondas podem ser classificadas em dois tipos. As **ondas mecânicas**, como as que se propagam em cordas ou as ondas sonoras, são aquelas que

exigem a existência de um meio para se propagar. O outro tipo são as **ondas eletromagnéticas**, que se propagam até mesmo no vácuo (grifo nosso) (THOMPSON et. al., 2020, p. 133).

Na definição de ondas eletromagnéticas apresentada acima, nota-se que o vácuo apresenta a ideia de **ausência** de interferências externas, pois o vácuo não interfere na propagação de ondas eletromagnéticas.

No tópico, ‘Mas o que são ondas eletromagnéticas?’, na página 134, o livro afirma que até o século XIX, eletricidade e magnetismo eram vistos como fenômenos que pouco se relacionavam. Os cientistas Hans Christian Oersted e Michael Faraday perceberam, através de experimentos, relações entre eletricidade e magnetismo. E o cientista, James Clerck Maxwell encontrou uma formulação teórica única para essas duas áreas do conhecimento. E com essa formulação, Maxwell previu a existência das ondas eletromagnéticas e que a luz é uma onda desse tipo. Então, o livro apresenta a seguinte definição para onda eletromagnética:

De acordo com a teoria elaborada por Maxwell, uma onda eletromagnética é descrita como resultante da oscilação de campos elétricos e magnéticos que se propagam perpendicularmente entre si, e com a velocidade da luz no vácuo (grifo nosso) (THOMPSON et. al., 2020, p. 134).

Na definição acima, o vácuo aparece com a ideia de **situação de referência** para determinação/medição da velocidade, pois a velocidade das ondas eletromagnéticas é igual a velocidade da luz, desde que as ondas estejam se propagando no vácuo.

A atividade 1 da página 140, apresenta cinco proposições e solicita que os estudantes a classifiquem em verdadeira ou falsa e escrevam um texto justificando suas escolhas. Isto é, esta atividade solicita que os estudantes diferenciem e integrem os conhecimentos que adquiriram sobre o vácuo ao longo do capítulo. A resolução desta atividade trata-se uma aprendizagem proposicional. A palavra vácuo aparece na segunda proposição: “Apenas as ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo (grifo nosso), ou seja, onde não existe matéria” (THOMPSON, et. al., 2020, p. 140).

Observa-se que a proposição acima apresenta a definição clássica de vácuo, e que o vácuo desta afirmação transmite a ideia de **ausência** de matéria.

Para resolução da atividade 3, da página 140, é solicitado ao estudante que considere a velocidade das ondas eletromagnéticas no ar igual à velocidade da luz no **vácuo**. Aqui, o vácuo tem a ideia de **situação de referência** no qual a velocidade das ondas eletromagnéticas é medida.

#### 3.6.4. Livro Conexões: Terra e Equilíbrios

Na página 33, no tópico “Onde a 2ª lei de Newton pode ser percebida? Plano inclinado”, o livro apresenta a seguinte afirmação: “Quando um corpo cai livre, sob a ação da gravidade e sem qualquer resistência, sua aceleração é, aproximadamente,  $10 \text{ m/s}^2$ ” (grifo nosso) (THOMPSON et. al., 2020, p.33). A expressão “sem qualquer resistência” traz implícita a ideia de vácuo, embora o vácuo não seja discutido.

Na página 41, no tópico “O equilíbrio líquido-vapor”, o livro pergunta: “O que ocorre com um líquido em um sistema fechado, em que há um espaço vazio sobre a superfície desse líquido?” (grifo nosso) (THOMPSON et. al., 2020, p.41). Aqui, há novamente implícita a ideia de vácuo.

Na página 78, no capítulo 3: Movimento circular e gravitação universal, o tópico “A lua cai mesmo?” inicia-se com uma discussão sobre lançamento horizontal. São expostos aspectos qualitativos do lançamento horizontal e apresentada a experiência de pensamento que permitiu a Isaac Newton concluir que a força que atua na queda de uma maçã e a força que atua para manter a lua em órbita são da mesma natureza.

De forma que: “Newton estabeleceu que entre duas massas quaisquer, estejam elas na Terra ou no espaço vazio, sempre haverá uma interação gravitacional” (grifo nosso) (THOMPSON et. al., 2020, p.78). Embora o trecho destacado cite o espaço vazio (entre corpos celestes) nenhuma discussão é feita sobre o vácuo que existe no Universo.

Na página 81, no capítulo 3: Movimento circular e gravitação universal, no tópico “O peso varia e a massa se conserva” é feita uma discussão sobre campo gravitacional e a discussão é contextualizada pelo fenômeno das marés que é um fenômeno originado pela atuação do campo gravitacional da lua sobre a massa de água dos oceanos da Terra.

A discussão sobre campo gravitacional continua pela página 82, onde o livro demonstra o cálculo para obter o valor do vetor aceleração da gravidade que é aproximadamente  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Nesta página, o livro destaca que “Esse resultado confirma o valor adotado anteriormente para a aceleração de queda dos corpos próximos à superfície da Terra quando se despreza o atrito com o ar” (grifo nosso) (THOMPSON et. al., 2020, p. 82).

No trecho grifado acima, o livro deixa claro que este valor para a aceleração da gravidade é válido para a situação hipotética de corpos que estão submetidos a aceleração da gravidade terrestre no vácuo. Embora possa ser considerado uma aproximação razoável para a situação cotidiana de corpos que “caem” sob a aceleração da gravidade e estão sujeitos a resistência do ar. Aqui novamente, não é feita nenhuma discussão sobre o vácuo.

Concluindo que no livro Conexões: Terra e equilíbrios, o vácuo é citado indiretamente, apesar de nenhuma discussão sobre ele ser realizada.

### 3.6.5. Livro Conexões: Universo, Materiais e Evolução

No capítulo 1: Óptica geométrica, no tópico “Refração da luz”, no começo da página 27 é afirmado que:

“No vácuo a luz se propaga com velocidade de aproximadamente  $3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ , valor que indicamos pela letra  $c$ . Os cientistas perceberam que apenas no vácuo a luz atinge essa velocidade. Em qualquer outro meio, a velocidade de propagação da luz, que indicamos pela letra  $v$ , é menor que  $c$ ” (THOMPSON et. al., 2020, p. 27).

No trecho destacado acima, percebe-se que o vácuo apresenta a ideia de **situação de referência** para medida da velocidade da luz, pois apenas no vácuo a luz atinge a velocidade  $c$ .

A afirmação destacada acima de que no vácuo, a luz atinge a velocidade  $c$  é seguida pela definição do índice de refração absoluto ( $n$ ) que relaciona  $v$  com  $c$ . “O índice de refração absoluto indica quantas vezes a velocidade da luz no vácuo é maior que a velocidade da luz em outro meio” (THOMPSON et. al., 2020, p. 27).

Na definição do índice de refração absoluto, a velocidade da luz no vácuo é tomada como velocidade de referência em relação a qual a velocidade da luz em outros meios é comparada. Assim, ao vácuo pode ser atribuída a ideia de **situação de referência** para medição/determinação da velocidade da luz.

Em seguida é calculado o índice de refração para o vidro, e chega-se ao resultado de 1,5. “Esse resultado indica que a velocidade da luz no vácuo é 1,5 vez maior que a velocidade da luz no vidro” (THOMPSON et. al., 2020, p. 27). Na página 27 também é apresentada uma tabela com o valor do índice de refração de alguns meios materiais, sendo por fim afirmado que a velocidade de propagação da luz no ar é muito próxima da velocidade da luz no vácuo.

Assim nestes exemplos, o vácuo também aparece com a ideia de **situação de referência** para medição da velocidade da luz, sendo que o valor da velocidade da luz obtida em outros meios sempre é comparado a velocidade que a luz adquire no vácuo. Na página 27, a palavra vácuo é citada seis vezes. Esta é a página do livro em que a palavra vácuo é mencionada com mais frequência.

Ainda na página 27, o livro apresenta a primeira lei da refração e a segunda lei da refração, conhecida como lei de Snell-Descartes. Na página 28 é apresentado um exemplo numérico da lei de Snell-Descartes, no qual é calculado a velocidade da luz na água quando essa passa do ar para a água formando ângulos de incidência de  $60^\circ$  e de refração de  $30^\circ$ . O cálculo para determinação da velocidade da luz na água envolve a velocidade da luz no **vácuo**.

Na página 29 é apresentada a seção atividades. Na atividade 1 é apresentada uma tabela com índices de refração absolutos para alguns meios. A atividade se divide nos itens a), b) e c). No item b) pergunta-se “para qual dos meios a luz proveniente do **vácuo** apresentará maior desvio em relação à direção original?” (THOMPSON et. al., 2020, p. 29).

Na atividade 3 pede-se para considerar que a velocidade da luz em certo óleo seja igual a  $\frac{2}{3}$  da velocidade da luz no vácuo. A atividade se divide nos itens a) e b). No item a) solicita-se que seja representado graficamente um raio de luz proveniente do óleo e que incida obliquamente na superfície de separação com o ar e no item b) solicita-se determinar o índice de refração absoluto do óleo.

As atividades continuam pela página 30. Na atividade 5, solicita que se considere um raio de luz monocromático propagando-se no vácuo (**índice de refração igual a 1**) que incide perpendicularmente numa placa de vidro e retorna ao vácuo. Apresenta-se um gráfico da velocidade da luz em função do tempo no vácuo e no vidro. Então pergunta-se qual é a espessura da placa de vidro e qual é o índice de refração absoluto do vidro. Percebe-se que nas atividades o vácuo possui a ideia de **situação de referência**.

Na página 45, no capítulo 1: Óptica geométrica, no tópico “Lentes plásticas de alto índice de refração”, o livro apresenta breves considerações sobre a evolução das lentes de óculos que se tornaram mais finas e leves. Isto foi conseguido devido a obtenção de plásticos com altos índices de refração, pois, “quanto maior o índice de refração de um material mais lentamente a luz se move através dele o que resulta em um maior desvio dos raios de luz que incidem obliquamente” (THOMPSON et. al., 2020, p. 45).

O livro traz o seguinte exemplo “o índice de refração do plástico CR-39 é 1,498, o que significa que a luz atravessa esse material cerca de 50% mais lentamente do que no vácuo” (grifo nosso) (THOMPSON et. al., 2020, p. 45). Neste exemplo, o vácuo também possui a ideia de **situação de referência** no qual a velocidade da luz é medida e comparada.

No capítulo 4: A luz das estrelas, no tópico 'Luz também é onda, nas páginas 98 e 99, é apresentado o tópico "Luz também é onda" no qual são apresentadas as grandezas físicas que caracterizam as ondas e a equação fundamental da ondulatória. Após a apresentação dessas grandezas, ao final da página 99, o livro apresenta a seguinte afirmação:

"Podemos classificar as ondas quanto a sua natureza. O som é um tipo de onda denominado **onda mecânica**, diferentemente da classificação atribuída às ondas de luz. As **ondas mecânicas** são aquelas que necessitam de um meio para se propagar,

como as que se propagam em cordas, ou as ondas sonoras. O outro tipo são as **ondas eletromagnéticas**, que se propagam até mesmo no vácuo" (grifo nosso) (THOMPSON et. al., 2020, p. 99).

No parágrafo destacado acima, o vácuo apresenta a ideia de **ausência** de interferências externas, pois o vácuo não interfere na propagação de ondas eletromagnéticas.

Na finalização do tópico "Luz também é onda", na página 100, o livro afirma que:

"De acordo com a teoria elaborada por James Clerck Maxwell em 1864, uma onda eletromagnética é descrita como resultante da oscilação de campos elétricos e magnéticos que se propagam perpendicularmente entre si e com a velocidade da luz no vácuo, que é de 300.000 km/s" (grifo nosso) (THOMPSON et. al., 2020, p. 100).

No trecho acima é associada ao vácuo a ideia de **situação de referência**, pois as ondas eletromagnéticas adquirem a velocidade de 300.000 km/s no vácuo. Sendo que geralmente as velocidades das ondas eletromagnéticas medidas em outros meios são comparadas a velocidade que as ondas eletromagnéticas adquirem no vácuo.

### **3.6.6. Livro Conexões: Conservação e Transformação**

O capítulo 2 "Termodinâmica" inicia-se na página 30. Na página 43, no tópico "Transformação adiabática" embora o vácuo não seja diretamente citado, o livro apresenta como exemplo de transformação adiabática (transformação gasosa na qual não ocorre troca de calor com o meio externo), "o ato de retirar parte do ar do interior de embalagens contendo alimentos ou objetos, pois são desprezíveis as trocas de calor entre o ambiente e o ar contido na bomba ou nas embalagens" (THOMPSON et. al., 2020, p. 42).

### **3.7. Resultados da análise dos livros didáticos**

Uma parcela dos livros didáticos analisados apresenta várias concepções, ideias ou categorias de vácuo, porém todos eles apresentam o conceito clássico de vácuo e o conceito de vácuo não é discutido isoladamente em nenhum livro, ele sempre aparece como um "conceito acessório" para a discussão de outros conceitos físicos, como ondas eletromagnéticas ou o barômetro de Torricelli, por exemplo.

Nenhum dos livros apresenta o conceito atual de vácuo quântico. Embora o conceito clássico de vácuo clássico contribua para o entendimento de parte considerável dos fenômenos físicos, a tecnologia atual não pode ser entendida sem a apresentação do conceito contemporâneo de vácuo quântico.

## 4. METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Neste capítulo será apresentado brevemente o que são metodologias ativas de ensino-aprendizagem. Serão apresentadas as características da metodologia Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*) e da Aprendizagem Baseada em Equipes (*Team-Based Learning*) e feita uma comparação entre elas. Também buscou-se estabelecer uma relação entre a Aprendizagem Significativa e o Ensino sob Medida.

### 4.1. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem

Na metodologia tradicional o docente e o livro didático são os meios principais do conhecimento. Ao docente cabe à função de ser o transmissor dos conhecimentos presentes no livro didático por meio de aulas expositivas e de ser o protagonista do processo de ensino-aprendizagem e aos estudantes cabe a função passiva de serem expectadores da aula, devendo memorizar os conhecimentos transmitidos pelo docente. Essa é a concepção bancária da educação.

Nas palavras de Paulo Freire:

"A narração, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em "vasilhas", em recipientes a serem "enchidos" pelo educador. Quanto mais vá "enchendo" os recipientes com seus "depósitos", tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente "encher", tanto melhores educandos serão" [...]. "Em lugar de comunicar-se, o educador faz "comunicados" e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção "bancária" da educação [...]" (FREIRE, 2011, p. 80)

Entretanto, o ensino tradicional baseado na transmissão de informações pelo docente não é mais eficiente na sociedade atual, visto que, atualmente os estudantes dispõem de várias fontes de informação. Assim, aulas expositivas não prendem mais a atenção dos alunos e talvez não façam mais sentido, pois os estudantes por meio das TDIC podem acessar informações a qualquer hora, em qualquer lugar e em vários formatos como vídeos, áudios, leituras, jogos, ente outros; não dependendo mais exclusivamente da sala de aula, do livro didático e do professor.

A avaliação da escola tradicional é baseada no que o aluno memorizou e é capaz de repetir sobre aquilo que o docente ensinou e este tipo de avaliação geralmente ocorre em momentos específicos do curso. Esta modalidade de avaliação é baseada no sistema de pontos e conceitos e visa gerar classificações, ou seja, é uma avaliação somativa. Devido a forma que a avaliação tradicional possui, os alunos estudam apenas para o momento da prova, não compreendendo significativamente o conteúdo em questão e na maioria das vezes não conseguem discutir sobre este mesmo conteúdo em momento posterior.

Como alternativa ao ensino tradicional surgem, a partir da década de 1980, as metodologias ativas. De acordo com Mota e Rosa, "as metodologias ativas procuram um ambiente de aprendizagem onde o aluno é estimulado a assumir uma postura ativa e responsável em seu processo de aprender, buscando a autonomia, a

autorregulação da aprendizagem e a aprendizagem significativa (MOTA, ROSA, 2018, p.1).

Uma das características das metodologias ativas é o estímulo a autonomia dos estudantes no sentido de buscarem, por conta própria, materiais e informações adicionais sobre o conteúdo que foi lecionado de forma a desenvolverem o hábito da pesquisa, da leitura e do estudo extra-classe, ampliando assim o seu conhecimento de mundo.

“A autorregulação da aprendizagem é definida como o processo no qual o aluno estrutura, monitora e avalia o seu próprio aprendizado” (ZIMMERMAN, SCHUNK, 2011 apud GANDA, BORUCHOVITCH, 2018, p. 2). A autorregulação também contribui para que os alunos sejam autônomos no contexto educacional. “O aluno se autorregula quando participa ativamente, do ponto de vista metacognitivo, motivacional e comportamental, do seu próprio processo de aprendizagem” (ZIMMERMAN, 2000 apud BASSO, ABRAHÃO, 2018).

Nas metodologias ativas, a função do docente deixa de ser de transmissor do conhecimento para mediador do conhecimento, pois ele é incumbido de planejar aulas com atividades diversificadas e metodologias que buscam maior interação entre os atores (docentes e alunos) envolvidos no processo de ensino-aprendizagem subsidiados pelos materiais de ensino. A função dos alunos também é modificada e deixa de ser passiva e receptora de conteúdos para uma função proativa de construtor do próprio conhecimento.

Deste modo, os alunos são retirados da posição de simples expectadores da aula proferida pelo docente e são estimulados a participar das aulas, pela realização de trabalhos em grupo, pela discussão de situações-problema ou pela realização de tarefas práticas. E o docente assume a posição de guia do processo de ensino, indicando o caminho e sanando as dúvidas dos alunos.

Assim, as metodologias ativas buscam despertar o interesse dos alunos pelos conteúdos, tornando-os questionadores e engajados com o processo de construção do próprio conhecimento, deste modo, os estudantes tornam-se protagonistas do processo de ensino-aprendizagem. As metodologias ativas também buscam desenvolver nos estudantes, habilidades que são requeridas pelo mercado de trabalho, como capacidade de comunicação, flexibilidade, trabalho em equipe, capacidade de solucionar problemas, entre outras.

Nas metodologias ativas, os alunos são avaliados por meio de avaliações formativas que ocorrem ao longo de todo o curso. Nessas avaliações são aferidas a participação e o envolvimento dos alunos em discussões sobre o conteúdo. Alguns requisitos observados pela avaliação formativa são: se os estudantes questionaram e tiraram dúvidas com o docente, se cumpriram as tarefas e se são capazes de discutir sobre o conteúdo lecionado. A avaliação formativa visa aferir se os alunos têm compreensão e domínio do conteúdo.

Atualmente, existem várias metodologias ativas, tais como, o Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching), a Instrução pelos Colegas (Peer Instruction), a Aprendizagem baseada em Times (Team-Based Learning), a Aprendizagem Baseada em Projetos (Project-Based Learning), a Gamificação (Gamification), entre outras.

Entretanto, "apesar do surgimento das metodologias ativas, o quadro educacional atual pode ser considerado um mosaico, pois nele coexistem professores que ainda utilizam a metodologia tradicional enquanto outros utilizam metodologias inovadoras" (ANTUNES, 2014 apud LOVATO et al., 2018).

No contexto do ensino de Física, existem vários trabalhos que corroboram a ideia de que o ensino ativo promove, entre outros benefícios, uma melhor aprendizagem conceitual (e.g. BEICHNER *et al.*, 2007; HAKE, 1998; CROUCH; MAZUR, 2001; BARROS *et al.*, 2004; RUDOLPH *et al.*, 2014 apud OLIVEIRA, ARAUJO, VEIT, 2016).

## 4.2. Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*)

Na aula tradicional e expositiva, o tempo em sala de aula é utilizado quase integralmente para apresentação do conteúdo e transmissão de informações pelo docente. A sala de aula invertida é uma metodologia ativa na qual os alunos estudam previamente o conteúdo em casa e o tempo em sala de aula é utilizado para dúvidas, discussões e atividades práticas. A sala de aula invertida visa otimizar o uso do tempo em sala de aula e tornar a aula mais atrativa.

Na sala de aula invertida, os ambientes são invertidos. O estudo do conteúdo orientado pelo professor é realizado em casa a partir da leitura de textos e vídeos pré-gravados e a aplicação dos conceitos, resolução de exercícios e atividades práticas, como experimentos e simulações são realizadas em sala de aula sob a supervisão do docente, transformando a sala de aula num ambiente interativo e dinâmico.

A sala de aula invertida também é conhecida como sala de aula híbrida devido a união do ensino presencial com o ensino à distância. "A Sala de Aula Invertida é uma estratégia metodológica cujo objetivo é tornar a sala de aula mais atrativa para os estudantes da geração digital de maneira que possa auxiliá-los em “aprender a aprender”" (ALCANTARA, 2020).

A sala de aula invertida pode ser aplicada em todos os níveis de ensino e em todas as disciplinas. Como vantagens da sala de aula invertida pode-se destacar para os alunos: oferece flexibilidade no horário de estudos para alunos que trabalham e estudam, os alunos podem rever o conteúdo várias vezes durante a pré-aula até adquirirem o domínio necessário, gera nos alunos, o senso de responsabilidade pela própria aprendizagem.

Para o docente podemos citar algumas vantagens da sala de aula invertida como: o professor pode utilizar recursos didáticos diferenciados, como jogos, vídeos, experimentos prendendo mais a atenção dos alunos, maior produtividade na sala de aula devido a diminuição da dispersão dos alunos e maior interação entre docente e alunos, permitindo a identificação de necessidades específicas de ensino.

Os pilares da sala de aula invertida são ambiente flexível, cultura de aprendizagem, conteúdo dirigido e educador profissional. Veja comentários sobre esses pilares na figura 1 extraída de Junior, 2020:

Figura 1: Pilares da sala de aula invertida.

<b>F</b> <i>FLEXIVE ENVIRONMENT</i>	<b>L</b> <i>LEARNING CULTURE</i>	<b>I</b> <i>INTERNATIONAL CONTENT</i>	<b>P</b> <i>PROFESSIONAL EDUCATOR</i>
<b>Ambiente Flexível</b> Criar espaços flexíveis nos quais os estudantes escolhem quando e onde aprendem. Flexibilizar a sequência de aprendizagem de cada estudante e a avaliação da aprendizagem.	<b>Cultura de Aprendizagem</b> No modelo tradicional, a fonte principal de informação é centrada no professor. Na abordagem invertida a responsabilidade da instrução passa a ser centrada no estudante.	<b>Conteúdo Dirigido</b> Educadores pensam em como usar o modelo <i>Flipped</i> para ajudar estudantes na compreensão conceitual e determinam o que precisam ensinar e quais materiais eles devem acessar por conta própria.	<b>Educador Profissional</b> É mais exigente e é continuamente demandado, fornecendo <i>feedback</i> imediato em aula, avaliando o trabalho. Conecta-se com outros facilitadores, aceita críticas e tolera o caos controlado em aula.

Fonte: Junior (2020) adaptado de Schmitz (2016).

A sala de aula invertida é composta por três etapas sendo eles: a etapa 1) antes da aula: o docente elabora e planeja o conteúdo incluindo, por exemplo, textos e vídeos, inclusive podem ser gravados vídeos pelo próprio docente. Então, o docente disponibiliza-os para os estudantes por meio de Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) para que estes realizem seus estudos antes da aula. São exemplos de AVAs, o Moodle e o Google Classroom.

Na etapa 2) durante a aula: os estudantes apresentam ao docente, dúvidas sobre o conteúdo que surgiram durante a etapa 1 e os estudantes participam ativamente da construção do conhecimento por meio de atividades colaborativas sugeridas pelo docente, como trabalhos e discussões em grupo, experimentos, simulações computacionais, construção de mapas conceituais, entre outros.

Na etapa 3) depois da aula: nesta etapa é feito o fechamento do conteúdo e o docente propõe atividades de revisão e avaliações formativas para identificar a necessidade de novos estudos sobre o conteúdo ou se os estudantes já estão prontos para seguir para o próximo conteúdo. Caso, o docente decida prosseguir para o próximo conteúdo, ele disponibiliza o material para a próxima aula presencial e reinicia o ciclo metodológico.

Existem várias metodologias ativas que se encaixam no conceito de sala de aula invertida, “pois o termo é usado para descrever diversos modelos que utilizam o estudo prévio do conteúdo seguido de exercícios em sala de aula como é o caso do Just-in-Time Teaching” (ALCANTARA: org., 2020, p. 12) ou Ensino sob Medida, na tradução livre.

A sala de aula invertida não rearranja somente as funções do docente e dos estudantes, mas, reorganiza o modelo de construção do conhecimento, ao transferir o protagonismo do processo de ensino-aprendizagem do docente para os estudantes ao criar condições para que estes se tornem mais engajados e envolvidos com a construção do seu próprio conhecimento.

### **4.3. Ensino sob Medida (*Just in Time Teaching*)**

Nas próximas seções, se objetiva apresentar as principais características do Ensino sob Medida e da Aprendizagem Baseada em Equipes e as relações com esta dissertação. Para que o leitor possa estabelecer conexões entre estas metodologias ativas e a teoria da Aprendizagem Significativa.

O Ensino sob Medida é uma metodologia de ensino proposta por Gregor Novak da Universidade de Indiana (EUA) e colaboradores, em 1999 (NOVAK et al., 1999 apud ARAUJO, MAZUR, 2013), que permite ao docente ter ciência dos conhecimentos prévios e dúvidas dos estudantes antes da aula. Deste modo, ele (a) pode planejar a aula de acordo com esses conhecimentos prévios e preparar aulas sob medida para superação das principais dúvidas e dificuldades apresentadas por cada turma.

Destaca-se como objetivos do Ensino sob Medida, a formação do hábito de leitura pelos estudantes antes das aulas, o estímulo a autonomia dos estudantes em relação a busca do conhecimento, o desenvolvimento da comunicação e argumentação pelos estudantes, a realização de trabalhos colaborativos, o estímulo aos estudantes a serem protagonistas do processo de ensino aprendizagem.

#### **4.3.1. Primeira etapa: Tarefas de Leitura e Exercícios de Aquecimento**

O Ensino sob Medida (EsM) é ideal para levar em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes, conforme preconiza a teoria da aprendizagem significativa, pois, a primeira etapa desta metodologia de ensino consiste em tarefas de leitura e "exercícios de aquecimento" (*warm-up exercises*) a serem realizados antes da aula. Nesta etapa, "o docente envia e solicita que os alunos leiam materiais de apoio, as chamadas tarefas de leitura, por exemplo,

algum capítulo do livro-texto, artigos curtos da internet entre outros e respondam eletronicamente algumas questões conceituais sobre os tópicos" (ARAUJO, MAZUR, 2013, p.371).

O prazo para os estudantes responderem as questões antes da aula é definido pelo docente e deve permitir que o mesmo elabore sua aula de acordo com as respostas fornecidas, desta forma, o ensino sob medida constitui-se numa estratégia de ensino personalizada, pois cada aula é preparada de acordo com as dúvidas e dificuldades apresentadas por uma turma específica.

Os exercícios de aquecimento não podem ser tão fáceis que não exijam nenhum esforço cognitivo dos estudantes (deve evitar perguntas cujas respostas já estão nos textos) e também não podem ser tão difíceis que inviabilizem a resposta dos estudantes, isto é, eles devem estimular os estudantes a produzirem suas próprias argumentações sobre o tema que será discutido em sala de aula.

Isto é, os exercícios de aquecimento devem ter uma dificuldade adequada ao nível de ensino. Os estudantes devem pensar sobre os conceitos fornecidos pelas tarefas de leitura e combiná-los com seus conhecimentos prévios para fundamentarem suas respostas. Os exercícios de aquecimento também servem para que os estudantes se preparem para as aulas e estimular o pensamento crítico sobre o material estudado.

As tarefas de leitura e também os exercícios de aquecimento também podem constituir-se em organizadores prévios e servir de "ponte" entre o que o estudante já sabe e o que ele deveria saber para compreender o conteúdo que será apresentado em aula. Caso o estudante não possua os conhecimentos prévios necessários para a aula.

#### **4.3.2. Segunda etapa: Sala de aula**

As repostas das tarefas de leitura servem de subsídio para que o docente elabore sua aula. Com conhecimento antecipado das dúvidas e dificuldades dos estudantes, o docente tem a possibilidade de utilizar os recursos pedagógicos e didáticos adequados, como vídeos, experimentos, simulações de computador, entre muitas outras possibilidades para a superação das dificuldades apresentadas pela turma e pode preparar aulas sob medida para seus estudantes.

O docente faz uma breve exposição oral (em torno de 10 minutos) e em seguida apresenta algumas respostas selecionadas devido ao seu potencial para servir de ponto de partida para as discussões em sala de aula. Durante a aula, o docente apresenta essas respostas, sem, no entanto, identificar os estudantes autores, para que estes estudantes não sejam pressionados pelos colegas ou para que não ocorra algum tom jocoso. Conforme Formica, Easley e Spraker (2010, apud ARAUJO, MAZUR, 2013, p. 372), os estudantes que possuem as respostas selecionadas geralmente mostram-se motivados a participar intensamente das discussões.

Nesta etapa do Ensino sob Medida ocorre um intercâmbio de informações entre docente e estudantes que é mediada pela linguagem. "Estas discussões em sala de aula são essenciais para a aprendizagem significativa, pois segundo Ausubel (1968), a linguagem é essencial para a conceitualização" (AUSUBEL, 1968 apud MOREIRA 2012).

Na ausência de linguagem, a ocorrência do compartilhamento de significados é praticamente inviável. Esta etapa do Ensino sob Medida visa desenvolver a comunicação verbal e não-verbal dos estudantes.

Cada disciplina construiu uma linguagem própria que lhe é característica e continua a desenvolver-se a partir desta linguagem, assim, é crucial para a compreensão de um conteúdo ou disciplina, o conhecimento e apropriação de sua linguagem específica.

Ao final das discussões espera-se que os estudantes sejam capazes de explicar o conteúdo abordado em sala de aula com suas próprias palavras de acordo com o significado científico atualmente aceito. Este é um indicativo de que

a aprendizagem significativa ocorreu, pois, a aprendizagem significativa é aquela onde os novos conhecimentos são expressos de maneira não-literaL pelos aprendizes.

Esta etapa do EsM visa desenvolver nos estudantes a capacidade de comunicação para expressarem seu entendimento do conteúdo apresentado pelo docente em sala de aula, de modo que, consigam fundamenta-la com a construção de argumentos para embasarem suas próprias exposições.

#### **4.3.3. Terceira etapa: Atividades em Grupo**

Segundo Araujo e Mazur, 2013, "o ponto principal para promover o engajamento dos estudantes durante a aula é que haja mudança nas atividades que realizam". As explicações do conteúdo pelo docente devem ser breves (por volta de dez minutos) intercaladas com outras atividades que saiam fora da rotina tradicional da sala de aula, como organizar os estudantes em círculos para discussões em aula, trabalhos em atividades experimentais em laboratórios didáticos entre outras. Cada mudança de atividade permite que os estudantes renovem sua atenção e coloquem em ação os novos conceitos estudados.

Após a aula, o docente deve enviar questões contextualizadas para que os estudantes respondam por meio da internet, estas questões exigem dos estudantes que eles relacionem e sintetizem os vários conceitos aprendidos em sala de aula, isto é, demandam um esforço cognitivo maior dos estudantes, pois eles precisam transformar os conceitos e aplicá-los a situações novas, estas questões são chamadas de quebra-cabeças (puzzles).

Desta forma nota-se que todo o design do EsM foi pensado de forma a conferir aos estudantes o protagonismo do processo de ensino-aprendizagem, no sentido de buscarem o conhecimento e formarem o hábito de estudos "independentes" antes das aulas e também estimula o estudo colaborativo entre eles, por meio das atividades desenvolvidas em aula.

De acordo com a aprendizagem significativa, o material de aprendizagem não deve ser apresentado de forma linear, do mais fácil para o mais difícil. Ele deve ser primeiramente apresentado num nível mais geral de abstração e inclusividade e em seguida ser refinado para abranger os aspectos mais específicos, com idas e vindas entre os níveis. O Ensino sob Medida apresenta o conteúdo desta forma, permitindo que a aprendizagem significativa seja implementada.

#### **4.4. Aprendizagem Baseada em Equipes (*Team-Based Learning*)**

Vamos apresentar uma breve exposição sobre a Aprendizagem Baseada em Equipes como o objetivo de compará-la com o Ensino sob Medida na seção seguinte.

A aprendizagem baseada em equipes (ABE) é uma metodologia ativa de ensino-aprendizagem desenvolvida na década de 1970 por Larry Michaelsen para grandes turmas dos cursos de administração da Universidade de Oklahoma, turmas com aproximadamente cem estudantes. O ABE também pode ser aplicado em turmas menores com vinte e cinco a trinta estudantes.

O ABE é uma metodologia de aprendizagem colaborativa. Esta metodologia é implementada pela formação de equipes de estudantes que trabalharão em colaboração para resolver um problema ou construir conhecimento por meio do compartilhamento de ideias e responsabilidades entre os membros da equipe. As equipes devem ser formadas pelo docente que não pode delegar essa formação aos estudantes.

As equipes devem ser formadas por estudantes com níveis de engajamento heterogêneos, de forma a permitir o intercâmbio de informações e

modos de pensar diferentes, pois, os alunos com engajamento diferenciado e que alcançam os melhores resultados tendem a se isolar.

O desempenho do trabalho em equipe supera em 98% dos casos, o desempenho individual do melhor membro da equipe quando é aplicado o mesmo teste a ambos, de acordo com uma pesquisa realizada por Watson, Michaelsen e Sharp em 1991 apud Oliveira, Araujo, Veit, 2016.

“Existem muitas evidências mostrando que a aprendizagem colaborativa é muito mais efetiva que aprender sozinho” (CESS VAN DEVLEUTEN, 2014 apud MARTINS, GERMANI, TEMPSKI, 2015). Assim, o objetivo desta breve descrição da Aprendizagem Baseada em Equipes é mostrar ao leitor o potencial desta metodologia na promoção da aprendizagem significativa.

A primeira ação é a definição das equipes. As equipes devem ser formadas pelo professor de forma a constituir equipes que possuam diversidade em sua composição (no que se refere a estudantes com diferentes níveis de engajamento) e diminuir possíveis barreiras a coesão da equipe.

Alguns fatores podem resultar em dificuldades de coesão da equipe, tais como: estudantes que não participam e/ou realizam as atividades, desta forma, os outros membros ficarão sobrecarregados e tenderão a isolá-los, vínculos afetivos entre os componentes (irmãos, namorados, amigos muito próximos) também dificultam a coesão da equipe, entre outros.

A aprendizagem baseada em equipes se divide em três fases: Fase I – Preparação: Estudo individual, Fase II – Compromisso compartilhado: Teste individual e em equipe, discussão e feedback e Fase III – Aplicação de conceitos: Tarefas da equipe e finalização. Estas fases serão apresentadas a seguir.

A Fase I – Preparação: Estudo individual ocorre antes da aula. Nesta fase o professor envia materiais para estudo, tais como, leituras selecionadas, pode solicitar que os estudantes assistam a uma palestra ou a realização de um experimento, por exemplo, previamente a aula com o objetivo de expô-los aos conceitos que serão trabalhados em aula.

A preparação individual pré-aula é uma fase muito importante, ela tem grande influência na posterior união ou não da equipe. No caso, dos estudantes que não se prepararem para a aula por meio da realização das tarefas propostas nesta fase, eles não terão condições de contribuir para o desempenho coletivo da equipe.

Uma preparação deficitária ou a ausência de preparação nesta fase dificulta a união da equipe, visto que, “resulta em ressentimento dos alunos que se prepararam, pois estes percebem a sobrecarga causada pelos seus colegas menos dispostos e/ou menos capazes” (BOLLELA, et. al., 2014).

A Fase II – Compromisso compartilhado: Teste individual e em equipe, discussão e feedback é realizada em aula e consiste na aplicação pelo docente da avaliação da garantia de preparo individual seguido da aplicação da avaliação da garantia de preparo em grupo. Estas avaliações visam verificar qual é o nível de preparo dos estudantes obtido na fase anterior e se estão prontos para resolver questões individualmente e colaborar com o grupo.

A Fase III – Aplicação de conceitos: Tarefas da equipe e finalização. Nesta fase, os grupos devem resolver situações-problema propostas pelo professor por meio da aplicação dos conceitos aprendidos nas fases anteriores. A fase III deve ocupar a maior parte da carga horária.

#### **4.4.1. Fase I – Preparação: Estudo individual**

Esta fase realiza-se previamente a aula e confere aos estudantes uma postura ativa em relação ao aprendizado, pois os incumbe de uma parte da responsabilidade pela construção do próprio conhecimento, tornando-os (em conjunto com o professor) responsáveis pelo processo de ensino-aprendizagem. Nesta fase, eles são instados a se preparar e estudar para a aula.

Nesta fase, eles estudam individualmente para que nas próximas fases do Ensino Baseado em Equipes possam contribuir com o desempenho do grupo. Deste modo, caso o estudante ainda não possua algum conhecimento sobre o conteúdo que será trabalhado em aula, esta fase fornece subsídios iniciais com os quais ele poderá relacionar seus aprendizados posteriores. Note-se que esta metodologia educacional também tem potencial para promover aprendizagem significativa.

Os materiais para este estudo prévio são geralmente disponibilizados aos estudantes com no mínimo dois dias de antecedência. O material pode ser a leitura de um texto, assistir à realização de um experimento, etc. Caso o estudante não realize a tarefa proposta, e não possua conhecimentos prévios sobre o conteúdo que será apresentado em aula, provavelmente ele terá um desempenho individual e em grupo insatisfatório.

#### **4.4.2. Fase II – Garantia de Preparo: Teste individual e em equipe, discussão e feedback**

O teste individual e em equipe são aplicados em aula. Eles são os mecanismos básicos que visam garantir a preparação individual da fase anterior. O primeiro a ser aplicado é o teste individual que deve ser respondido sem consulta a materiais bibliográficos ou anotações.

O teste individual é formado por dez a vinte questões de múltipla escolha abordando os conceitos mais relevantes da leitura ou outra atividade da fase I. As questões podem ter, por exemplo, quatro alternativas de resposta e a atividade ocorre do seguinte modo:

O docente disponibiliza ao estudante, as questões e um cartão resposta contendo quatro alternativas para cada questão e o estudante pode marcar mais de uma alternativa em cada questão, se ele não tiver certeza da opção correta.

Se o estudante marcar a resposta correta ele recebe o total de quatro pontos, mas, se ele estiver em dúvida entre duas, ele pode marcar ambas apostando dois pontos em cada uma, por exemplo. Numa mesma questão ele pode realizar qualquer combinação de respostas desde que a soma totalize quatro (marcando de uma até as quatro repostas). Quanto mais alternativas, o estudante marcar, menor será a sua pontuação na questão.

A próxima etapa desta fase é a aplicação do teste em equipe que deve ser resolvido pelos grupos previamente definidos pelo professor. Este teste é composto pelo mesmo conjunto de questões do teste individual que também devem ser respondidas sem consulta.

Os estudantes do grupo devem discutir as questões entre si. Cada membro do grupo deve tecer argumentos sobre porque acredita que determinada alternativa é a correta. Os membros precisam realizar uma discussão entre si e chegar a um consenso de qual é a melhor opção em cada questão. Nesta etapa, fica evidenciada a responsabilidade dos discentes de estudarem os materiais fornecidos na fase de preparação (Fase I), caso contrário não terão condições de sustentar suas posições e contribuir com as discussões do grupo. Esta fase de discussões também visa desenvolver a capacidade de comunicação dos estudantes.

O teste em grupo deve ser respondido utilizando-se um instrumento que garanta o retorno (*feedback*) imediato (ou o mais rápido possível) aos estudantes de qual é a opção correta. Para esta finalidade, o docente pode fornecer aos estudantes, por exemplo, um cartão-resposta contendo as alternativas cobertas por etiquetas. E a resposta correta deve ter um marcador, por exemplo, uma estrela.

A pontuação do grupo em cada questão depende do número de etiquetas retiradas. Se cada questão tiver quatro opções e o grupo encontra a resposta correta ao retirar uma etiqueta, ele obtém a pontuação máxima de quatro pontos naquela questão. E a pontuação vai diminuindo a medida que mais etiquetas são retiradas até encontrar-se a resposta correta. O grupo não pontua na questão se todas as etiquetas forem retiradas para encontrar a resposta correta.

Após, segue-se a etapa denominada apelação. Nesta fase, as equipes podem recorrer se não concordarem com a formulação de determinada questão ou com sua resposta. A apelação deve ser feita por todo o grupo e a argumentação deve estar fundamentada em referências bibliográficas. O grupo deve propor uma nova redação e/ou formato para a questão e qual resposta considera correta. A apelação também deve ser apresentada ao professor em formulários criados para essa finalidade.

Os grupos que tiverem apelações aceitas ganham pontos. O docente pode responder as apelações aceitas imediatamente ou na próxima aula, comentando-as e expandindo-as. Na sequência, o docente pode comentar cada teste ou realizar uma breve exposição para a classe sobre os conceitos mais importantes apresentados nos testes.

#### **4.4.3. Fase III – Aplicação de conceitos: Tarefas da equipe e finalização**

Esta é a fase principal da Aprendizagem Baseada em Equipes e ocorre durante a aula. Esta fase deve ocupar a maior parte do tempo disponível para a aula ou conjunto de aulas sobre o mesmo conteúdo. O docente deve apresentar as equipes de estudantes problemas desafiadores que exijam que eles relacionem os conhecimentos aprendidos, por meio de interpretação e análises.

Estes problemas desafiadores podem ser apresentados na forma de cenários/problemas relevantes e presentes na prática profissional diária (BOLLELA, et. al., 2014). Os problemas não podem ser simples demais e também não podem ser excessivamente complexos a ponto de impossibilitar a sua resolução pelos estudantes. Os problemas servem para estimular discussões entre os estudantes e promover a interação entre eles. A fase de aplicação encerra uma aula ou conjunto de aulas baseado na Aprendizagem Baseada em Equipes e recomenda-se que seja planejada a partir quatro princípios:

(a) problema significativo: o problema deve exigir a utilização dos conhecimentos aprendidos nas aulas e deve ser contextualizado, por exemplo, uma situação profissional que os estudantes encontrarão.

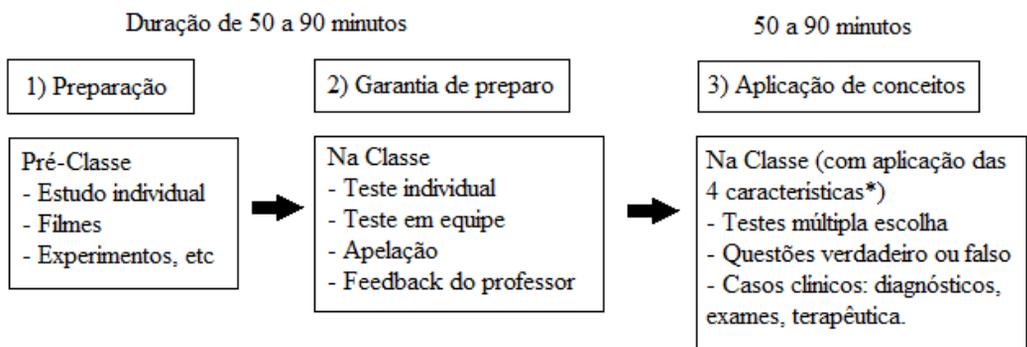
(b) mesmo problema: deve ser fornecido o mesmo problema para todas as equipes, para que ao final elas possam discutir as diferentes respostas encontradas e os diferentes percursos metodológicos utilizados para resolução.

(c) escolha específica: as equipes devem fornecer respostas específicas, objetivas e curtas. O docente não deve solicitar aos estudantes que produzam longas repostas. As repostas não precisam ser necessariamente de múltipla escolha.

(d) relato simultâneo: o relato das repostas das equipes deve ocorrer de forma simultânea. Sugere-se por exemplo, a utilização de murais ou pequenos quadros para que as equipes exponham suas repostas. Assim, cada equipe se compromete em defender sua resposta no debate. Se todas as equipes escolherem a mesma resposta, o docente pode estimular o debate perguntando porque nenhuma equipe escolheu outras repostas possíveis.

As fases da Aprendizagem Baseada em Equipes com sua duração aproximada estão resumidas na figura 2:

Figura 2: Fases do TBL e sua duração aproximada.



\* Problema significativo, mesmo problema, escolha específica, relatos simultâneos.

Fonte: Adaptado de Bollela, et. al., 2014.

#### 4.4.4. Avaliação da Aprendizagem Baseada em Equipes

Na sala de aula tradicional, os estudantes têm responsabilidade apenas com o docente e são avaliados de forma somativa por ele por meio de provas e testes. Numa sala de aula onde é implementada a Aprendizagem Baseada em Equipes, os estudantes têm também responsabilidade com os outros estudantes e eles são avaliados de forma individual e coletiva e a avaliação pode ter caráter formativo e/ou somativo.

Na Aprendizagem Baseada em Equipes, além da avaliação do professor, os estudantes também são avaliados pelos seus pares, pois quem melhor que os outros estudantes para fazerem a avaliação do desempenho e engajamento dos outros membros da equipe na realização das tarefas. Esta avaliação pelos próprios estudantes pode ser realizada, por exemplo, por meio de uma escala likert. Na escala likert, o professor pode oferecer faixas para avaliação, variando da mínima a máxima.

Os instrumentos utilizados para a avaliação são o resultado do teste individual e em equipe e a avaliação realizada pelos pares de forma a produzir uma avaliação que resulte numa visão integral de como ocorreu o envolvimento de cada estudante com as aulas e tarefas realizadas.

#### 4.5. Comparação do Ensino sob Medida com a Aprendizagem Baseada em Equipes

Na etapa anterior a aula, no Ensino sob Medida (EsM) os alunos precisam estudar previamente o conteúdo, de forma individual, por meio das tarefas de leitura, responder as questões conceituais e enviá-las respondidas ao docente antes da aula.

Anteriormente a aula na Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE), os alunos precisam realizar um estudo prévio do conteúdo, também de maneira individual assim como no EsM, porém nesta fase da ABE, o docente define as equipes.

Durante a aula, no Ensino sob Medida, o docente utiliza as respostas fornecidas pelos estudantes para planejar e ministrar uma aula para determinada turma de forma a considerar os conhecimentos prévios e as principais dúvidas apresentadas pelos estudantes na etapa anterior.

No EsM, a aula inicia-se com uma breve exposição pelo docente (em torno de dez minutos), em seguida ele apresenta algumas repostas selecionadas dos alunos pelo potencial para iniciar as discussões sobre o conteúdo. A maior parte do tempo da aula deve ser utilizado para as discussões sobre o conteúdo. Em

seguida, o docente precisa propor atividades diversificadas como assistir um vídeo, atividades experimentais, entre outras.

Durante a aula na Aprendizagem Baseada em Equipes, o docente aplica o teste de preparação individual e o teste de preparação em equipe. Estes dois testes constituem-se nos instrumentos que visam garantir a preparação individual da fase anterior.

Ainda durante a aula na ABE, segue-se a apelação, na qual os grupos podem recorrer se não concordarem com a formulação de determinada questão ou com sua resposta. A apelação deve ser baseada em referências bibliográficas. Na sequência, o docente pode realizar uma breve exposição para a turma sobre os conceitos mais importantes. O docente também apresenta problemas desafiadores as equipes de estudantes, estes problemas constituem a fase principal da ABE e devem ocupar a maior parte do tempo da aula.

Após a aula, no EsM o docente envia aos estudantes questões mais complexas denominadas *puzzles* (quebra-cabeças), os estudantes devem retornar as questões respondidas ao docente. A ABE não prevê tarefas para casa após a aula.

No quadro 1, apresenta-se uma comparação entre as características do Ensino sob Medida e da Aprendizagem Baseada em Equipes:

Quadro 1: Comparação do Ensino sob Medida com a Aprendizagem Baseada em Equipes.

-	<b>Ensino sob Medida</b>	<b>Aprendizagem Baseada em Equipes</b>
Etapa anterior a aula	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausência de formação de equipes.</li> <li>- Estudo prévio individual (tarefas de leitura);</li> <li>- Questões conceituais pós-leitura, respondidas e enviadas ao professor ainda antes de ir para a aula.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organização de equipes definidas pelo professor.</li> <li>- Estudo prévio individual.</li> </ul>
Aula 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aula ministrada sob medida para determinada turma, pois, o professor utiliza os conhecimentos prévios e principais dúvidas dos alunos para o planejamento da aula;</li> <li>- Breve apresentação oral do professor;</li> <li>- Apresentação de respostas selecionadas de alguns estudantes;</li> <li>- Discussões sobre o conteúdo em estudo;</li> <li>- Atividades diversificadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolução de questões conceituais em sala de aula (Teste de Preparação Individual);</li> <li>- Realização de tarefas de aplicação dos conceitos (Teste de Preparação em Equipe);</li> <li>- Recurso (apelação);</li> <li>- Breve exposição oral ao professor.</li> <li>Tarefas da equipe e finalização</li> </ul>
Após a aula	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolução de questões mais complexas do tipo quebra-cabeça e envio ao professor.</li> </ul>	-

Fonte: o autor.

#### 4.6. Relação entre a Aprendizagem Significativa e o Ensino sob Medida

A primeira etapa do Ensino sob Medida (pré-aula), constituída pela leitura de textos introdutórios (mas que também pode contar com recursos multimídia como vídeos) e pela resolução de exercícios de aquecimento visa fornecer aos estudantes os conhecimentos prévios especificamente relevantes (subsunoçores) necessários para a aula, caso eles não possuam, ou seja, organizadores prévios. E relembrar os subsunoçores, caso eles já possuam. De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), para que uma aprendizagem seja potencialmente significativa, os novos conhecimentos devem ancorar-se em

subsunçores, deste modo a primeira etapa do Ensino sob Medida é compatível com a TAS.

Desta maneira, "o EsM operacionaliza o levantamento de dúvidas e dificuldades dos alunos permitindo que o professor possa de fato levar em conta o conhecimento prévio deles na organização do ensino" (ARAÚJO, MAZUR, 2013, p.373). Esta etapa do EsM desperta a autonomia nos estudantes para estudarem por conta própria e buscarem novas informações.

Para ser adequada a aprendizagem significativa, as tarefas de leitura e os exercícios de aquecimento devem apresentar os aspectos mais gerais e inclusivos do conteúdo que será posteriormente trabalhado pelo docente durante a aula.

Na segunda etapa do Ensino sob Medida, a aula inicia-se com uma breve exposição oral (em tono de 10 minutos) sobre o conteúdo e em seguida o docente inicia a discussão com a turma a partir de respostas dos exercícios de aquecimento da etapa anterior selecionadas de alguns estudantes.

Geralmente nas aulas de Ciências da Natureza, os estudantes apresentam concepções alternativas sobre o conteúdo estudado e nas discussões em sala de aula, o docente mostra porque as concepções alternativas não se sustentam e isso pode provocar a mudança conceitual intencionada, e os conhecimentos científicos serem aprendidos pelos estudantes de forma significativa.

As concepções alternativas também conhecidas como concepções espontâneas são entendidas como os conhecimentos que os alunos detêm sobre os fenômenos naturais e que muitas vezes não estão de acordo com os conceitos científicos, com as teorias e leis que servem para descrever o mundo em que vivem. O objetivo de trabalhar concepções alternativas no ensino de ciências se faz diante da necessidade de levar ao aluno a uma mudança conceitual. (LEÃO, KALHIL, 2015, p. 2).

Se ao final, das discussões os estudantes demonstram domínio do conteúdo, sendo capazes de explicá-lo com suas próprias palavras, este é um indício de que a aprendizagem ocorreu de forma significativa. A aprendizagem significativa é não-literal, isto é, não pode depender de conceitos memorizados e repetidos de forma única.

A terceira etapa do Ensino sob Medida é constituída por atividades que saiam da rotina escolar como atividades em grupos, organização dos alunos em círculos para discussão do conteúdo, realização de experimentos simples em sala de aula ou laboratórios didáticos entre outras.

Nesta etapa do Ensino sob medida são fornecidos aos estudantes, questões do tipo quebra-cabeças que exigem que eles relacionem os conteúdos aprendidos durante as aulas, percebendo regularidades e estabelecendo comparações entre eles, ou seja exigem que os alunos transformem ao máximo os novos conhecimentos adquiridos, a fim de que possam aplicar o conteúdo estudado para resolver as questões quebra-cabeças propostas. Esta etapa do Ensino sob Medida está em consonância com o tipo de aprendizagem significativa mais complexa que é a aprendizagem proposicional. Na aprendizagem proposicional, os estudantes devem desenvolver a capacidade de decidir se afirmações são verdadeiras ou falsas.

Assim observa-se total aderência entre a forma como é implementada a metodologia ativa Ensino sob Medida e os objetivos da Teoria da Aprendizagem Significativa. O Ensino sob Medida é uma metodologia que viabiliza a implementação da aprendizagem significativa.

Foi escolhida a utilização do Ensino sob Medida para o desenvolvimento do produto educacional proposto nesta dissertação, pois se entende, de acordo com Pastorio et. al. (2020, p. 2) que o Ensino sob Medida:

“coloca o aluno em um papel ativo de aprendizagem; facilita a contextualização dos conteúdos; permite ao aluno uma preparação prévia para a aula presencial; proporciona ao professor um melhor entendimento das dificuldades dos seus alunos, permitindo a otimização das aulas; favorece a adoção de uma rotina de estudos constante pelos estudantes”.

Tendo como base a afirmação de Pastorio (Idem), nota-se que a metodologia ativa Ensino sob Medida está de acordo com os preceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa.

## **5. O PRODUTO EDUCACIONAL: O GUIA DIDÁTICO PROPOSTO**

A seguir apresenta-se o produto educacional desenvolvido para complementar a lacuna existente nos livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio referente aos temas vácuo e ciência e tecnologia do vácuo. Este produto educacional também pode auxiliar professores de Física do Ensino Médio a desenvolver uma prática de aprendizagem significativa dos conceitos de Física por meio da aplicação do Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*). A sequência didática foi elaborada para exploração do conceito de vácuo que é o tema de Física escolhido para esta dissertação, porém este guia didático pode ser adaptado para outros temas de Física e outras disciplinas.

**Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e  
Matemática  
Mestrado Profissional**

**GUIA PARA COMPLEMENTAR LIVROS DIDÁTICOS DA  
ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS  
TECNOLOGIAS DO ENSINO MÉDIO**

**Mestrando Rafael Belo de Souza  
Orientadora: Professora Sílvia Moreira Goulart  
Coorientador: Professor Marcelo Azevedo Neves**

**Seropédica  
2023**

Prezados (as) Professores (as),

A pesquisa bibliográfica realizada nos livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático de 2021 revelou que o tema vácuo não é abordado. O tema vácuo é apenas citado pelos livros e aparece sempre relacionado a outros temas de Física como barômetro de Torricelli, radiação eletromagnética e outros.

O tema vácuo é de fundamental importância para o entendimento de grande parte da tecnologia atual. O vácuo é empregado em setores tecnológicos variados como por exemplo, a embalagem de alimentos à vácuo (para evitar a proliferação de micro-organismos e aumentar a vida útil dos alimentos), a instalação de ar-condicionado *split* (é preciso que seja feito vácuo nos tubos que fazem a conexão entre a evaporadora e a condensadora do ar-condicionado), na produção de *microchips* de eletrônicos em geral e em muitas outras áreas tecnológicas.

Destaca-se que a falta de abordagem do tema vácuo pelos livros didáticos deixa uma lacuna na formação dos estudantes relacionadas à compreensão de muitas tecnologias atuais.

Visando suprir esta lacuna, construiu-se esta proposta de guia didático com o objetivo de complementar as informações dos livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias sobre o tema vácuo.

Esta proposta é complementada por um planejamento didático sobre o vácuo para formação continuada de professores do Ensino Médio. O planejamento de ensino aqui proposto foi construído levando-se em conta a metodologia Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) com o objetivo de implementar uma aprendizagem significativa.

Este planejamento de ensino pode constituir-se numa unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS).

Bom trabalho!

## Sugestões para o Professor

Para implementação do planejamento didático aqui proposto sobre o vácuo, os(as) professores(as) devem guiar-se pela Teoria da Aprendizagem Significativa e pela metodologia Ensino sob Medida. Breves apresentações sobre ambas seguem nas próximas seções. Em seguida são apresentadas breves revisões sobre a história do vácuo e sobre conceitos iniciais de escoamento de gases. Também são sugeridas propostas de exercícios para serem aplicados durante as três fases do Ensino sob Medida. Os exercícios propostos têm como público-alvo a primeira e/ou segunda série do Ensino Médio.

### Aprendizagem Significativa

A aprendizagem mecânica é aquela na qual os conhecimentos devem ser decorados e reproduzidos pelos estudantes. Essa forma de aprendizagem possui baixa retenção cognitiva e ainda é amplamente utilizada pelas escolas. Como alternativa de superação da aprendizagem mecânica, David Paul Ausubel propôs, na década de 1960, a Teoria da Aprendizagem Significativa.

A aprendizagem significativa é aquela que segundo Marco Antonio Moreira ocorre de maneira substantiva (não-literal) e não arbitrária. Substantiva significa que para a aprendizagem ser significativa ela não pode depender de frases decoradas ou fórmulas prontas, o estudante deve ser capaz de transmitir o conhecimento que adquiriu com as próprias palavras. Não arbitrária significa que o novo conhecimento não pode ser adquirido de maneira “isolada” para que ele tenha significado ele deve relacionar-se e interagir com conhecimentos prévios especificamente relevantes já existentes na estrutura cognitiva do estudante. É essa interação que confere significado aos novos conhecimentos.

Estes conhecimentos prévios especificamente relevantes são chamados na Teoria da Aprendizagem Significativa de ideias-âncora ou subsunçores. E se o estudante não possui as ideias-âncora para que determinada aprendizagem significativa ocorra. Neste caso, a aprendizagem mecânica deve ser evitada. Devem ser fornecidos organizadores prévios.

Organizadores prévios são informações introdutórias que fazem a ligação entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deveria saber para que determinada aprendizagem seja significativa.

A aprendizagem significativa confere maior estabilidade, mais tempo de permanência dos conhecimentos adquiridos na estrutura cognitiva do sujeito que aprende em comparação com a aprendizagem mecânica.

Possivelmente, a ideia mais importante da Teoria da Aprendizagem Significativa encontra-se resumida na seguinte frase de autoria do próprio Ausubel:

“Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria isto: o fator singular que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p. 137 apud ARAUJO, MAZUR, 2013, p. 12).

Isto é, de acordo com esta teoria o docente deve primeiro descobrir quais são os conhecimentos prévios dos estudantes e na ausência destes complementá-los com organizadores prévios. Isto possibilita que os novos conhecimentos encontrem conhecimentos com os quais possam interagir e ancorar-se, de forma que a aprendizagem ocorra de forma significativa.

## Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*)

A metodologia Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*) foi proposta por Gregor Novak da Universidade de Indiana e colaboradores, em 1999, (NOVAK et. al.,1999 apud ARAUJO, MAZUR, 2013) é dividida em três etapas.

O ensino sob Medida ocorre por meio da implementação de três etapas: I) Tarefas de Leitura (TL) sobre os conteúdos e temas a serem trabalhados em sala de aula, II) Discussões em sala de aula sobre as TL e III) Atividades em grupo envolvendo os conceitos trabalhados nas TL e na discussão em aula.

Na primeira etapa, o docente envia aos estudantes, por meio da internet, materiais introdutórios sobre o tema que será estudado chamado de tarefas de leitura e também envia questões conceituais (*warm up exercises*). Em locais que não possuem acesso à internet, as tarefas de leitura e questões conceituais podem ser do próprio livro didático.

O docente estipula um prazo para que os estudantes retornem as questões respondidas antes da aula. Ele utiliza estas questões para examinar os conhecimentos prévios (subsunçores) dos alunos e também suas principais dúvidas. Desta forma, o docente utiliza estas informações para planejar aulas personalizadas para determinada turma, tornando o ensino sob medida.

Na segunda etapa que se desenvolve em sala de aula, o docente faz uma breve exposição oral sobre o conteúdo (cerca de dez minutos). Em seguida, ele reapresenta as questões conceituais e repostas de alguns alunos selecionadas pelo potencial para iniciar a discussão sobre o conteúdo proposto. As repostas devem ser apresentadas sem identificar os autores, para evitar comentários e tons jocosos dos colegas.

O docente deve indicar os erros cometidos na resolução dos exercícios e maneiras de superá-los, assim como discutir as soluções adequadas apresentadas pelos alunos para as questões propostas (OLIVEIRA, 2012, p.14).

Nessa fase “é comum que os alunos que tiveram suas repostas selecionadas sintam-se motivados a participar mais intensamente das discussões” (FORMICA, EASLEY, SPRAKER, 2010 apud ARAUJO, MAZUR, 2013, p. 11).

A terceira etapa, de atividades após a discussão, é em certa medida subjetiva, pois a escolha das atividades que serão desenvolvidas depende das características do docente e da turma.

Com a intenção de manter os alunos interessados, as atividades precisam ser variadas, intercalando atividades individuais e em grupo, exposições orais curtas, exercícios de fixação e práticos, a cada nova atividade, a atenção dos alunos renova-se (RIBEIRO, et. al., 2022, p. 4).

Posteriormente a aula, o docente envia para os alunos, questões do tipo quebra-cabeças (puzzles). Essas questões apresentam um nível de dificuldade maior que as questões apresentadas anteriormente. Elas mobilizam vários conceitos para sua resolução e exigem que os alunos integrem e sintetizem os conhecimentos adquiridos durante a aula. A aplicação do puzzle encerra a aplicação da metodologia Ensino sob Medida.

Observa-se que o Ensino sob Medida visa aproveitar de forma mais eficiente o tempo disponível em sala de aula. Pois, na aula/pedagogia tradicional, o docente utiliza a maior parte do tempo na exposição de conceitos. No Ensino sob Medida, os conceitos são previamente estudados pelos alunos e o tempo em sala de aula é utilizado pelo professor para ajudar os alunos a superar as dificuldades encontradas no conteúdo.

Assim, conclui-se que o Ensino sob Medida é uma metodologia totalmente compatível com a Teoria da Aprendizagem Significativa na medida em que se mostra como uma forma de implementar os conceitos da teoria.

## Breves considerações sobre a história do vácuo

### Idade Antiga (aproximadamente 4000 a.C. a 476 d.C.)

Os questionamentos sobre a existência ou não do vazio remontam a Idade Antiga. Um dos mais antigos embates filosóficos conhecidos ocorreu na Grécia no século V antes de Cristo entre atomistas e eleatas.

Na teoria atomista da antiguidade, a matéria era formada por partículas ínfimas e indivisíveis chamadas de átomos (do grego a - não, tomo divisão). Para os atomistas, os cinco sentidos deveriam ser utilizados para explicar o mundo. E como os corpos movem-se pelo espaço, eles precisam mover -se para espaços vazios. Assim, a teoria atomista admite a existência de espaços vazios (vácuo) na natureza.

Para os eleatas, os sentidos não deveriam ser utilizados na descrição do mundo, pois eles podem ser enganosos e ilusórios. Para os eleatas, a forma correta de explicar a natureza seria através da razão. Para esta escola de pensamento é impossível pensar sobre o vazio sem chegar a contradições e/ou absurdos, assim, os eleatas consideram que a existência do vazio não é possível. As duas escolas de pensamento possuíam teorias divergentes sobre a constituição da natureza e sobre o vazio.

Ainda na Antiguidade, o filósofo grego Aristóteles (384 a. C. - 322 a. C.) propôs a teoria do **horror ao vácuo**, segundo a qual a natureza cria mecanismos para impedir a formação de espaços vazios (vácuos). Aristóteles foi um dos pensadores mais influentes de sua época e sua teoria foi adotada nos séculos seguintes.

### Idade Média (476 d.C. a 1453)

Surgem pensadores a favor e contra a teoria do horror ao vácuo. Entre os pensadores que aceitavam o horror ao vácuo pode-se citar o filósofo persa Avicena (980 d.C. - 1037 d. C.).

Na Europa Medieval ocorreu a ascensão da Igreja Católica. Nesse contexto emergiu a filosofia escolástica que consiste em um método que objetiva conciliar a fé cristã com um sistema de pensamento que enfatiza a razão, notadamente a filosofia grega aristotélica e platônica.

Tómas de Aquino (1225 d.C.- 1274 d.C.), um dos principais pensadores da escolástica ao revisar os textos de Aristóteles, se posiciona contrariamente à teoria do horror ao vácuo.

Para Aristóteles, a ocorrência de movimento depende da resistência do meio sendo proporcional a ele. Assim, o movimento no vácuo é impossível, pois como o vácuo não possui resistência qualquer movimento que ocorra nele adquiriria velocidade infinita, uma contradição.

Porém para Tómas de Aquino, a resistência do meio não é condição essencial para a ocorrência de movimento. Pois, para ele todo movimento ocorre no espaço e no tempo e como o espaço e o tempo são limitados, todo movimento possui velocidade finita, quer ele ocorra no meio material ou no vazio. Assim, espaços vazios podem ocorrer na natureza.

No século XIV, o pensamento escolástico começou a entrar em decadência levando por um lado ao misticismo e por outro lançando as bases que culminariam no Renascimento científico, artístico e cultural.

## **Idade Moderna (1453 a 1789)**

Galileu Galilei (1564 d.C. - 1642 d.C.) foi apresentado ao problema das bombas aspirantes somente conseguirem elevar a água dos poços até a altura de 10,3 metros. Ele não se dedicou a resolver esse problema e designou seu assistente Evangelista Torricelli (1608 d.C – 1647 d.C.) para isso.

Torricelli constrói o primeiro barômetro da história ao emborcar um tubo contendo mercúrio numa cuba também com mercúrio e observar ele se estabilizar na altura de 76 cm. Torricelli defendeu que na parte superior do tubo previamente preenchida com mercúrio e depois esvaziada foi formada uma região de vácuo, pois o ar não atravessou o mercúrio para preencher a região. Ele também defendeu baseado na aplicação de dinâmica dos fluidos ao ar que a coluna de mercúrio foi equilibrada pela pressão atmosférica.

Este resultado não foi aceito por toda a comunidade científica. Nessa época, René Descartes (1596 d.C. - 1650 d.C.) já havia formulado a teoria da matéria sutil na qual a matéria se assemelharia a uma esponja, sendo constituída por partículas grandes e espaços vazios entre elas. Os espaços vazios seriam preenchidos por partículas menores, assim, a matéria possuiria poros. Desta forma para Descartes não foi formado um vácuo absoluto no barômetro de Torricelli, apenas um vácuo parcial, pois a matéria sutil teria penetrado pelos poros do vidro.

Blaise Pascal (1623 d.C. – 1662 d.C.) repetiu a experiência de Torricelli na base e no topo de uma montanha e viu que o mercúrio se estabilizava em alturas diferentes o que comprovava a explicação pela pressão atmosférica e refutava o horror ao vácuo.

## **Idade Contemporânea (1789 até o presente)**

No século XIX, surgem explicações divergentes para os fenômenos eletromagnéticos. Uma explicação baseada na ação a distância dentre os quais destacam-se os cientistas Charles Augustin Coulomb (1736 d.C. – 1806 d.C.) e André-Marie Ampère (1775 d.C. – 1836 d.C.) e a outra na qual os fenômenos eletromagnéticos ocorrem por intermédio de um mediador que foi chamado de éter entre os defensores desta teoria destacam-se os cientistas Michael Faraday (1791 d.C. – 1867 d.C.) e James Clerk Maxwell (1831 d.C. – 1879 d.C.).

A teoria da ação a distância não era capaz de explicar os fenômenos eletromagnéticos que ocorrem no vazio. Isto foi fundamental para que a teoria eletromagnética de Maxwell fosse adotada pela comunidade científica.

Em 1905, Albert Einstein (1879 d.C. – 1955 d.C.) publicou a teoria da relatividade restrita que descreve os fenômenos eletromagnéticos. Nesta teoria, a energia dos campos elétrico e magnético estão "armazenadas" no vácuo e o éter torna-se desnecessário.

Em 1915, Einstein publicou a teoria da relatividade geral que descreve as interações gravitacionais. Um espaço vazio não tem propriedades físicas, não pode ser encurvado, desta forma para a teoria ser consistente o éter precisou ser reintroduzido na Física do século XX.

Em 1927, Werner Heisenberg (1901 d.C. – 1976 d.C.) postulou o princípio da incerteza que é um dos princípios fundamentais da física quântica. Segundo este princípio é impossível conhecer com exatidão o valor de duas grandezas físicas associadas a uma partícula no mesmo instante de tempo.

As relações de incerteza são responsáveis pelo aparecimento de pares de partículas virtuais na Física. De uma forma geral, uma partícula virtual é uma "partícula que não chegou a acontecer". Uma partícula virtual tem massa nula e existe apenas durante num breve período de tempo numa diminuta região do espaço (H. FRITZSCH, p.146 apud MOREIRA, 2009, p. 3). O vácuo da Física Quântica é preenchido por uma quantidade essencialmente infinita de pares de partículas virtuais.

Estas partículas foram comprovadas experimentalmente em 1958 pelo cientista Marcus Sparnay (1923 d.C. – 2015 d.C.) (COUGO-PINTO, FARINA, TORT, 1999) pela observação do Efeito Casimir (proposto em 1948 pelo cientista Hendrik Casimir, 1909 d.C. – 2000 d.C.) na qual duas placas metálicas paralelas situadas no vácuo aproximam-se, não por interação elétrica ou gravitacional. "A força de Casimir pode ser calculada utilizando o conceito de energia de vácuo do campo eletromagnético, a qual inclui apenas as flutuações provenientes dos fótons virtuais" (CRUZ, 2019, p. 21).

Desta forma para a Física atual, o vácuo não é um lugar vazio, ele é preenchido por uma densidade de pares de partículas virtuais. A história do vácuo é permeada por momentos nos quais a existência do vácuo é rejeitada com períodos nos quais ele é uma "certeza científica".

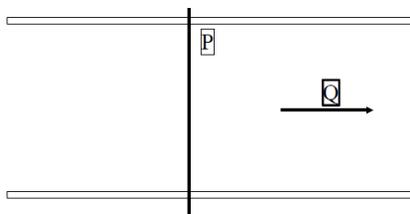
### Conceitos iniciais sobre escoamento de gases

Para obter vácuo num sistema, geralmente inicia-se a bombear a câmara de vácuo a partir da pressão atmosférica até alcançar-se a pressão final desejada. Enquanto o gás do sistema é bombeado, "o fluxo do gás se estabelece em diferentes regimes, definidos pelo valor da pressão, que é sinônimo de densidade molecular ou livre caminho médio" (GAMA, 2002, p. 21).

Assim, para descrever o comportamento de um sistema de vácuo, é fundamental, descrever o fluxo de gás que se estabelece nos diferentes regimes de escoamento.

Considere uma tubulação onde há um escoamento de gás através de uma seção, como mostra a figura 3.

Figura 3: Esquema de tubo com seção com pressão P e fluxo Q.



Fonte: Gama, 2002, p. 21.

Num intervalo de tempo  $\Delta t$  escoam pela seção transversal um volume de gás  $\Delta V$ . A relação entre essas duas grandezas define a velocidade de bombeamento ( $S$ ):

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (1)$$

Ao produto da pressão pela velocidade de bombeamento, chamamos de vazão de massa do gás:

$$Q = PS \quad (2)$$

Logo, podemos escrever,

$$Q = P \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (3).$$

Em geral,  $S$  é medido em litro/s e  $Q$  em torr.litro/s.

Se num tubo temos um escoamento de gás (geralmente provocado pela ação de uma bomba de vácuo), temos uma diferença de pressão entre dois pontos deste tubo, e o fluxo se estabelece da pressão maior para a menor.

"Considerando duas seções transversais A e B, para as quais as pressões são  $P_A$  e  $P_B$ , respectivamente, e o fluxo de massa é  $Q$ , definimos a condutância

entre A e B como a razão do fluxo de massa pela diferença de pressão, ou seja": (GAMA, 2002, p.2)

$$C_{AB} = \frac{Q}{P_A - P_B} \quad (4).$$

A condutância é medida em litro/s. A condutância mede a facilidade com a qual o gás escoar pelo sistema de vácuo.

A impedância mensura a dificuldade para o gás escoar pelo sistema. Fisicamente, a impedância é definida como o inverso da condutância:

$$Z_{AB} = \frac{1}{C_{AB}} = \frac{P_A - P_B}{Q} \quad (5).$$

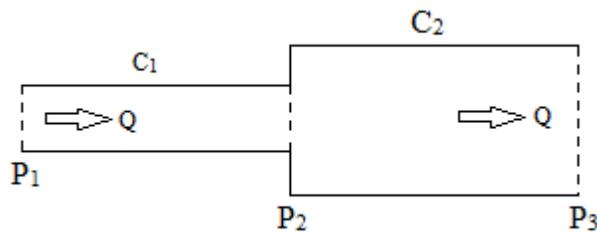
A unidade de medida da condutância é o s/litro.

"Destaca-se que, no caso de um tubo ou tubulação em série, enquanto a vazão (Q) é constante (o que expressa a lei da conservação da vazão), a velocidade de bombeamento (S) e a pressão (P) variam continuamente ao longo do comprimento da tubulação" (GAMA, 2002, p. 22).

### Condutâncias em série

Considere uma tubulação formada por dois tubos de seções transversais diferentes ligados em série, observe que apesar da diferença entre as seções transversais, o fluxo de massa que entra por um tubo é igual ao fluxo que sai pelo segundo tubo, isto é, a vazão se mantém constante. Esta situação está ilustrada na figura 4.

Figura 4: Tubos associados em série.



Fonte: adaptado de Gama, 2002, p. 21.

A condutância no tubo 1 é:

$$C_1 = \frac{Q}{P_1 - P_2}$$

E a condutância no tubo 2 é:

$$C_2 = \frac{Q}{P_2 - P_3}$$

Como a vazão é constante, temos:

$$Q = C_1(P_1 - P_2) = C_2(P_2 - P_3)$$

Então:

$$(P_1 - P_2) = \frac{Q}{C_1}$$

$$(P_2 - P_3) = \frac{Q}{C_2}$$

Somando-se as duas últimas equações:

$$(P_1 - P_3) = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

Logo,

$$\frac{(P_1 - P_3)}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_{eq}}$$

onde  $C_{eq}$  representa a condutância total ou condutância equivalente do sistema. Esta equação se generaliza para n tubos como:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (6)$$

Como a impedância é o inverso da condutância, segue que:

$$Z_{eq} = Z_1 + Z_2$$

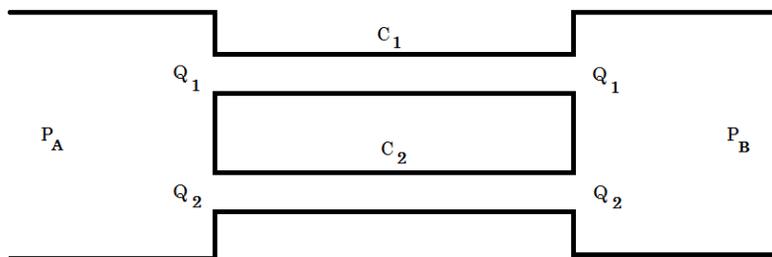
A equação acima é generalizada para n tubos como:

$$Z_{eq} = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n \quad (7)$$

### Condutâncias em paralelo

No caso de condutâncias em paralelo, a vazão se divide entre dois ou mais tubos, porém permanece constante, obedecendo a lei de conservação da vazão. Observe a seguir, a figura 5 que ilustra a situação de dois tubos ligados em paralelo.

Figura 5: Tubos associados em paralelo.



Fonte: Onusic, Medina, Douglas, s.a, p. 6.

A vazão total será dada por:

$$Q = (P_A - P_B)C_1 + (P_A - P_B)C_2$$

$$\frac{Q}{P_A - P_B} = C_1 + C_2$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

que pode ser generalizada para n tubos em paralelo como:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (8).$$

Considerando a impedância temos que:

$$Z_{eq} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}$$

A equação anterior é generalizada para n tubos como:

$$Z_{eq} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \dots + \frac{1}{Z_n} \quad (9)$$

### Regimes de Escoamento

Existem três regimes de escoamento de gases: viscoso, molecular e intermediário. A seguir vamos caracterizar e distinguir os três estados. Os três estados são categorizados em função do livre caminho médio. Não é objetivo deste material tratar os regimes de escoamento quantitativamente.

O escoamento viscoso ocorre quando o livre caminho médio é pequeno quando comparado com as dimensões da câmara e das tubulações no qual o gás está encerrado, ou seja, o número de choques entre as moléculas é muito maior que o número de choques entre as moléculas e as paredes (GAMA, 2002, p. 13 e 24).

O gás encontra-se em regime de escoamento molecular, quando o livre caminho médio é maior que as dimensões da câmara e da tubulação. Por extensão, quando o livre caminho médio é da ordem das dimensões da câmara e das tubulações, tem-se o regime intermediário (GAMA, 2002, p. 13).

### Analogia entre grandezas hidráulicas (aplicadas a sistemas de vácuo) e grandezas elétricas

Um sistema de vácuo é um sistema hidráulico, no qual o fluido está na forma gasosa e geralmente é o ar. Pode ser estabelecida uma analogia entre sistemas hidráulicos e circuitos elétricos.

Os tubos e outros elementos correspondem aos fios, que apresentam determinada impedância que mensura a "dificuldade" para a passagem do gás pelo sistema que é análoga a resistência elétrica que é a "dificuldade" que o circuito impõe a passagem da corrente elétrica.

Observa-se que "quanto menor o diâmetro do tubo e maior o seu comprimento, maior será essa resistência. Pelo contrário, quanto maior o diâmetro e menor o comprimento, menor a resistência" (GAMA, 2002, p. 22).

A condutância hidráulica que mensura a "facilidade" para a passagem do gás pelo sistema fica análoga a condutância elétrica que mede a "facilidade" para a passagem da corrente pelo circuito elétrico. Observe que a condutância hidráulica é o inverso da impedância e a condutância elétrica é o inverso da resistência.

Continuando a associação entre as grandezas, a diferença de pressão é análoga à diferença de potencial, o fluxo de massa é análogo à corrente elétrica e as bombas fazem o papel de forças eletromotrizes. Segue um resumo da analogia entre grandezas hidráulicas e grandezas elétricas no quadro 2.

Quadro 2: Analogia entre grandezas hidráulicas e grandezas elétricas.

Sistema Hidráulico (vácuo)	Símbolo	Circuito Elétrico (eletricidade)	Símbolo
Tubos (e outros elementos)	-	Fios	-
impedância	$Z_{AB}$	resistência	$R$
condutância hidráulica	$C_{AB}$	condutância elétrica	$G$
diferença de pressão	$P_A - P_B$	diferença de potencial	$U_A - U_B$
fluxo de massa (vazão)	$Q$	corrente elétrica	$i$
bombas	-	forças eletromotrizes	-

Fonte: o autor.

"É importante notar que a vazão em massa  $Q$  tem o mesmo valor em qualquer secção de uma tubulação (ou de tubos em série). Isto expressa a lei de

conservação da vazão em massa, que é equivalente a lei de conservação de massa" (GAMA, 2002, p. 22).

### **Proposta de exercícios**

Seguindo a metodologia Ensino sob Medida, esta proposta é dividida em três momentos. Questões conceituais (exercícios de aquecimento) para o pré-aula, questões para serem resolvidas durante a aula e questões para o pós-aula (questões do tipo quebra-cabeças). Esta proposta de exercícios tem como público alvo o a primeira e/ou segunda série do Ensino Médio.

As questões conceituais precisam ser resolvidas pelos estudantes e as respostas devolvidas ao docente antes da aula. As repostas destas questões constituem importante subsídio para que o docente planeje uma aula focada em dirimir as dificuldades apresentadas pela turma, ou seja, uma aula sob medida.

As questões conceituais foram construídas baseadas na apostila "A Ciência e Tecnologia do Vácuo: Resumo Histórico e Algumas Aplicações" de Roberto A. Stempniak. Sociedade Brasileira de Vácuo. FACAP/CDT – Faculdade de Ciências Aplicadas de São José dos Campos, SP.

As questões da fase a ser desenvolvida em sala de aula e a questão do tipo quebra-cabeça (*puzzle*) para o pós-aula foram adaptadas do livro didático, aprovado pelo PNLD 2021, Conexões Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Energia e Ambiente.

As questões adaptadas do livro Conexões Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Energia e Ambiente foram contextualizadas pelo autor desta dissertação para integrarem esta proposta. Para todas as questões da proposta são apresentadas possíveis respostas esperadas dos estudantes.

### **Questões Conceituais (com respostas esperadas)**

1) O que é vácuo?

R: Lugar vazio, lugar com ausência de matéria e energia.

Região na qual não existe matéria ou energia.

Condição de um local completamente vazio, sem a presença de matéria.

Região parcialmente desprovida de matéria e energia.

2) Defina vazão ou fluxo de massa de gás?

R: A vazão ou fluxo de massa mede a quantidade de gás que atravessa uma seção transversal do tubo a determinada pressão, por unidade de tempo. A vazão é definida pelo produto  $Q = PS$ , onde  $Q$  é a vazão,  $P$  é a pressão e  $S$  é a velocidade de bombeamento. A vazão  $Q$  é medida em torr·litro/s. Ou seja, a vazão corresponde a taxa de escoamento de gás pela tubo.

3) O que é pressão? E o que é uma superfície isobárica?

R: A pressão é definida pela razão entre a força (normal a superfície) e a área da superfície na qual essa força está aplicada. A unidade de pressão no Sistema Internacional é o Pascal que corresponde a aplicação de uma força de 1 Newton numa área de 1 metro quadrado.

Superfície isobárica é uma superfície na qual todos os pontos estão submetidos a mesma pressão.

4) Defina impedância e condutância?

R: Fisicamente, o conceito de impedância está associado à dificuldade (resistência) oferecida pelo tubo à passagem do gás.

A capacitância mede a facilidade com que o gás escoo pela tubulação.

Ou seja, a capacitância é o inverso da impedância.

5) Realize um levantamento de dispositivos elétricos residenciais que dependem do vácuo para funcionarem ou para serem fabricados<sup>4</sup>.

**Lâmpada incandescente:** contêm um vácuo parcial. As lâmpadas incandescentes emitem luz a partir do aquecimento de um filamento (geralmente de tungstênio). Entretanto um metal aquecido na presença de oxigênio sofre um processo de oxidação fazendo com que o filamento se rompa. Por isso é produzido vácuo no interior da lâmpada, o qual é parcialmente preenchido com argônio, que protege o filamento de tungstênio da degradação química.

**Ar-condicionado tipo split:** durante a instalação é necessário que seja produzido vácuo na tubulação que liga a unidade interna e externa do aparelho)

**Todos os dispositivos eletrônicos** (notebooks, smartphones, smart TVs, tablets): os microchips são fabricados em sistemas de vácuo.

**Garrafa térmica:** Recipiente para preservar a temperatura alta ou baixa de líquidos. A garrafa térmica é constituída essencialmente de um frasco de vidro de paredes duplas entre as quais é produzido vácuo para reduzir a possibilidade de transferência de calor por condução.

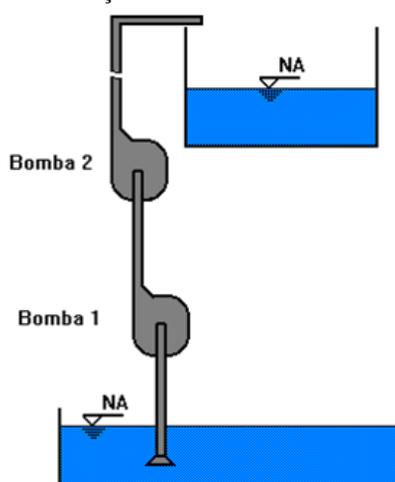
**Placas solares:** também são produzidas em sistemas de vácuo.

### Questões para a fase em sala de aula (com resoluções)

Exercício 1) Considere a seguinte situação: necessita-se elevar a água de um reservatório até uma caixa d'água que fica localizada no teto de um edifício, porém as bombas hidráulicas não são capazes de elevar a água até a altura pretendida.

Quando as bombas hidráulicas disponíveis no mercado funcionando isoladamente não são capazes de elevar a água até a altura que se necessita, geralmente é utilizada uma associação em série de duas ou mais bombas (associação com mais de três bombas não é usual). Duas bombas estão associadas em série quando elas têm a seguinte configuração: a primeira bomba puxa a água do reservatório e a eleva para a sucção da segunda bomba que eleva a água para o reservatório superior. Esta situação está ilustrada na figura 6:

Figura 6: Associação em série de duas bombas hidráulicas.



Fonte: Professor Hugo Alexandre Soares Guedes. Disponível em:

<https://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2019/05/Associa%C3%A7%C3%A3o-de-bombas.pdf>

<sup>4</sup> O exercício 5 foi adaptado da atividade da página 8 do livro Leituras de Física Eletromagnetismo: para ler, fazer e pensar - 1 a 6 (GREF) e as respostas são baseadas na apostila Ciência e Tecnologia do Vácuo: Resumo Histórico e Algumas Aplicações (SBV).

A associação em série é a mais adequada para ser utilizada nesta situação, pois, a altura final a que a associação de bombas consegue elevar a água é igual a soma das alturas à que as bombas conseguem elevar a água operando isoladamente (em situações reais, devido a perdas no sistema, a altura final é um pouco menor que a altura mencionada).

Observe a figura 6, acima, que representa duas bombas hidráulicas, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, ligadas em série, de impedâncias, respectivamente, 5 s/litro e 8 s/litro, entre as extremidades das bombas existe uma diferença de pressão de 6,5 torr. Vamos obter o valor de duas grandezas importantes associadas a essa tubulação: a vazão (fluxo de massa) que percorre cada bomba e a diferença de pressão entre as extremidades de cada bomba.

**Solução:**

**Dados:**

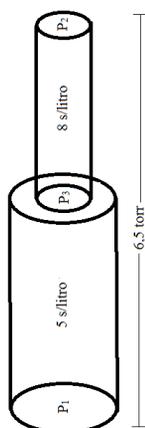
$Z_1 = 5 \text{ s/litro}$

$Z_2 = 8 \text{ s/litro}$

$P_1 - P_2 = 6,5 \text{ torr}$

Considere a representação esquemática das bombas deste exercício associadas em série apresentada na figura 7:

Figura 7: Representação esquemática de duas bombas associadas em série.



Fonte: o autor.

**Cálculo da Vazão (Q):**

A impedância equivalente ( $Z_E$ ) da associação é:

$$Z_E = Z_1 + Z_2 \Rightarrow Z_E = 5 + 8 \Rightarrow Z_E = 13 \text{ s/litro}$$

Assim,

$$Z_E = \frac{P_1 - P_2}{Q} \Rightarrow 13 = \frac{6,5}{Q} \Rightarrow 13Q = 6,5 \Rightarrow Q = 0,5 \text{ torr} \cdot \text{litro/s}$$

Na associação em série as duas bombas ficam submetidas a mesma vazão, neste caso  $Q = 0,5 \text{ torr} \cdot \text{litro/s}$ .

A diferença de pressão entre as extremidades de cada bomba é dada por:

Na bomba 1:

$$Z_1 = \frac{P_1 - P_3}{Q} \Rightarrow 5 = \frac{P_1 - P_3}{0,5} \Rightarrow P_1 - P_3 = 2,5 \text{ torr}$$

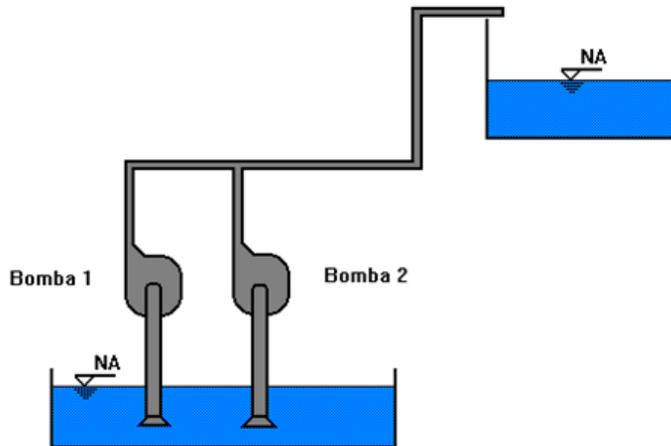
Na bomba 2:

$$Z_2 = \frac{P_3 - P_2}{Q} \Rightarrow 8 = \frac{P_3 - P_2}{0,5} \Rightarrow P_3 - P_2 = 4 \text{ torr}$$

Exercício 2) Considere agora a situação na qual uma bomba hidráulica funcionando isoladamente consegue elevar a água até a altura na qual localiza-se a caixa d'água de um edifício. Esta bomba consegue elevar determinada vazão até a

caixa d'água, porém, no horário de pico de consumo pelos moradores, esta vazão não é suficiente. Neste caso pode-se associar duas bombas hidráulicas em paralelo. Duas bombas estão associadas em paralelo como ilustrado na figura 8 quando elas estão montadas uma ao lado da outra e puxam em conjunto a água do reservatório e a elevam até a mesma altura. Neste tipo de associação a vazão total é dada pela soma das vazões das duas bombas. Porém, a altura a que a associação de bombas em paralelo consegue elevar a água é igual a altura que uma bomba operando isoladamente eleva a água.

Figura 8: Associação em paralelo de duas bombas hidráulicas.



Fonte: Prof. Hugo Alexandre Soares Guedes. Disponível em:

<https://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2019/05/Associa%C3%A7%C3%A3o-de-bombas.pdf>

Se as mesmas bombas do exercício anterior estivessem ligadas em paralelo, como na figura 8, elas estariam sob a mesma diferença de pressão, 6,5 torr, mas percorridos por diferentes vazões. Qual seria a vazão em cada bomba? E qual seria a vazão total?

**Solução:**

**Dados:**

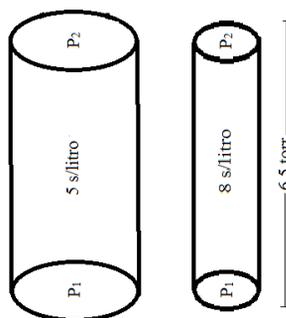
$$Z_1 = 5 \text{ s/litro}$$

$$Z_2 = 8 \text{ s/litro}$$

$$P_1 - P_2 = 6,5 \text{ torr}$$

Considere a representação esquemática das duas bombas deste exercício associadas em paralelo apresentada na figura 9:

Figura 9: Representação esquemática de duas bombas associadas em paralelo.



Fonte: o autor.

$$Q_1 Z_1 = P_1 \Rightarrow Q_1 \cdot 5 = 6,5 \Rightarrow Q_1 = 1,3 \text{ torr} \cdot \text{litro/s}$$

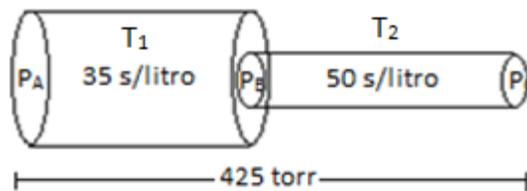
$$Q_2 Z_2 = P_2 \Rightarrow Q_2 \cdot 8 = 6,5 \Rightarrow Q_2 = 0,8125 \text{ torr} \cdot \frac{\text{litro}}{\text{s}} \Rightarrow Q_2 \cong 0,8 \text{ torr} \cdot \text{litro/s}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q \cong 1,3 + 0,8 \cong 2,1 \text{ torr} \cdot \text{litro/s}$$

A vazão na bomba 1 é de 1,3 torr · litro/s, na bomba 2 de aproximadamente 0,8 torr · litro/s e na associação em paralelo, a vazão total é de aproximadamente 2,1 torr · litro/s.

Exercício 3) Um processo industrial para embalagem de alimentos à vácuo é realizado por um sistema de vácuo que possui uma tubulação em série com dois tubos, T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>, como esquematicamente ilustrado na figura 10, com impedâncias Z<sub>1</sub> e Z<sub>2</sub> iguais, respectivamente, a 35 s/litro e 50 s/litro, na tubulação estabelece-se uma diferença de pressão de 425 torr.

Figura 10: Representação esquemática de duas bombas associadas em série como parte de equipamento industrial.



Fonte: o autor.

Sabendo que por T<sub>1</sub> circula uma vazão de 5 torr·litro/s, calcule:

- a) A vazão que circula por T<sub>2</sub>;

Como as bombas estão associadas em série, a vazão que circula por T<sub>2</sub> é igual a vazão que circula por T<sub>1</sub>, ou seja, 5 torr·litro/s.

- b) A potência dissipada por T<sub>2</sub>.

Analogamente ao caso elétrico no qual  $U = RI$ , temos para o caso hidráulico que  $P = ZQ$ . Então, como  $Pot_{elétrica} = RI^2$  então  $Pot_{hidráulica} = ZQ^2$

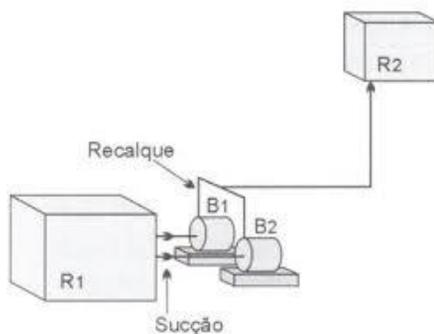
$$\begin{aligned} Pot &= ZQ^2 \\ Pot &= 50 \cdot 5^2 \\ Pot &= 1250 \text{ W} \end{aligned}$$

- c) A diferença de pressão entre as extremidades de T<sub>1</sub>.

$$Z_1 = \frac{P_A - P_C}{Q} \Rightarrow 35 = \frac{P_A - P_C}{5} \Rightarrow P_A - P_C = 175 \text{ torr}$$

Exercício 4) Um sistema de bombeamento é constituído por duas bombas hidráulicas associadas em paralelo. Os tubos que fazem a ligação entre o reservatório inferior e as bombas são chamadas tubos de sucção e os tubos que fazem a ligação entre as bombas e o reservatório superior são chamados de tubos de recalque, conforme mostrado na figura 11.

Figura 11: Representação esquemática de um sistema de bombeamento constituído por duas bombas hidráulicas associadas em paralelo com destaque dos tubos de recalque e de sucção.



Fonte: Prof. Homero Soares. Disponível em:

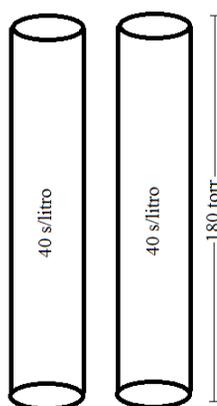
[https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/Homero-Cap%C3%ADtulo-5\\_Parte-2\\_15102014\\_V1.pdf](https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/Homero-Cap%C3%ADtulo-5_Parte-2_15102014_V1.pdf)

Considere dois tubos de recalque iguais que possuem impedância de 40 s/litro cada um, que são ligados em paralelo num sistema de vácuo e ficam submetidos a uma diferença de pressão de 180 torr. Qual é a vazão em cada tubo?

### Solução:

Para resolver este exercício, considere a representação esquemática dos dois tubos de recalque de impedância 40 s/litro, mostrados na figura 12:

Figura 12: Representação esquemática de dois tubos de recalque associados em paralelo.



Fonte: o autor.

Chamando o primeiro tubo de A e o segundo de B, temos,

$$Z_A = 40 \text{ s/litro}$$

$$Z_B = 40 \text{ s/litro}$$

E a diferença de pressão entre as extremidades dos tubos,

$$P_1 - P_2 = 180 \text{ torr}$$

Assim,

$$Z_A = \frac{P_1 - P_2}{Q_A} \Rightarrow 40 = \frac{180}{Q_A} \Rightarrow Q_A = 4,5 \text{ torr} \cdot \text{litro/s}$$

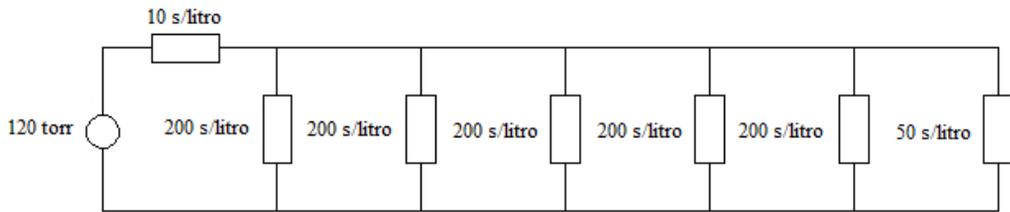
$$Z_B = \frac{P_1 - P_2}{Q_B} \Rightarrow 40 = \frac{180}{Q_B} \Rightarrow Q_B = 4,5 \text{ torr} \cdot \text{litro/s}$$

### Questão do tipo quebra-cabeça: puzzle (com resolução)

Exercício 5) Um sistema de vácuo industrial mal dimensionado, possui um tubo de impedância igual a 10 s/litro. O sistema de vácuo possui uma diferença de pressão de 120 torr (indicada pelo medidor de pressão). Nesse sistema, cinco bombas de impedância igual a 200 s/litro, estão associadas ao mesmo circuito que uma bomba de 50 s/litro, conforme simplifadamente ilustrado na figura 13. A

bomba de 50 s/litro funciona apenas com uma diferença de pressão entre 90 e 130 torr.

Figura 13: Sistema de vácuo industrial com cinco bombas de 200 s/litro e uma bomba de 50 s/litro associadas em paralelo.



Fonte: o autor.

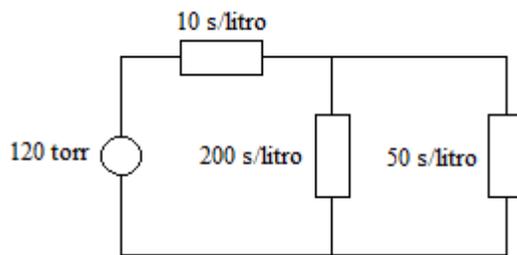
O número máximo de bombas de 200 s/litro que podem ser ligadas sem que a bomba de 50 s/litro pare de funcionar é:

- a) 1            c) 3            e) 5  
b) 2            d) 4

Esta questão será resolvida por tentativa e erro:

Considere primeiro o caso de apenas uma bomba de 200 s/litro e a bomba de 50 s/litro estão ligadas, este caso está representado na figura 14:

Figura 14: Sistema de vácuo industrial com uma bomba de 200 s/litro e uma bomba de 50 s/litro associadas em paralelo.



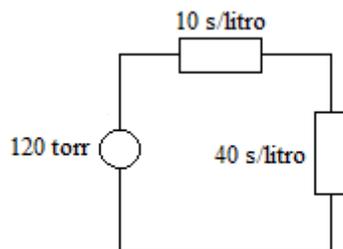
Fonte: o autor.

Calculando a impedância equivalente das bombas:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{200} + \frac{1}{50} = \frac{5}{200} \Rightarrow Z = 40 \text{ s/litro}$$

O sistema se reduz ao sistema mostrado na figura 15:

Figura 15: Sistema equivalente ao sistema formado por uma bomba de 200 s/litro e uma de 50 s/litro associadas em paralelo.



Fonte: o autor.

A impedância de 40 s/litro representa uma bomba de 200 s/litro e a bomba de 50 s/litro ligadas juntas. Assim,

Analogamente ao caso elétrico no qual  $U = Ri$ , temos para o caso hidráulico que  $P = ZQ$ . Segue a análise dimensional:

$$P = ZQ$$

$$[P] = [Z][Q]$$

$$[P] = \frac{s}{litro} torr \cdot \frac{litro}{s}$$

$$[P] = torr$$

$$P_1 + P_2 = 120 \Rightarrow Z_1 \cdot Q + Z_2 \cdot Q = 120 \Rightarrow Q(Z_1 + Z_2) = 120$$

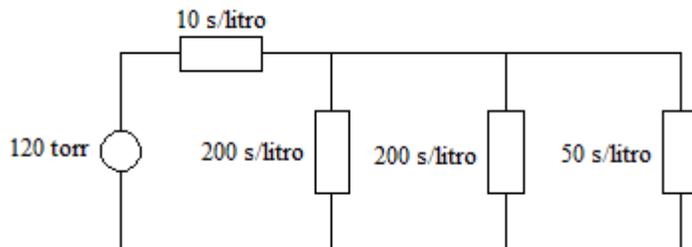
$$Q \cdot (10 + 40) = 120 \Rightarrow Q = \frac{120}{50} \Rightarrow Q = 2,4 \text{ torr} \cdot \text{litro/s}$$

$$P_2 = Z_2 \cdot Q \Rightarrow P_2 = 40 \cdot 2,4 \Rightarrow P_2 = 96 \text{ torr}$$

Como com uma bomba de 200 s/litro, a pressão na bomba de 50 s/litro é de 96 torr, então, ela funciona.

Considere agora o caso com duas bombas de 200 s/litro e a bomba de 50 s/litro ligadas, este caso está representado na figura 16:

Figura 16: Sistema de vácuo industrial com duas bombas de 200 s/litro e uma bomba de 50 s/litro associadas em paralelo.



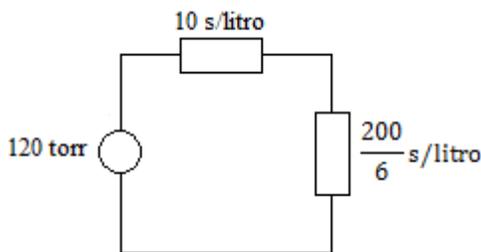
Fonte: o autor.

Calculando a impedância equivalente de duas bombas de 200 s/litro e a bomba de 50 s/litro:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{50} = \frac{6}{200} \Rightarrow Z = \frac{200}{6} \text{ s/litro}$$

O sistema se reduz ao sistema mostrado na figura 17:

Figura 17: Sistema equivalente ao sistema formado por duas bombas de 200 s/litro e uma de 50 s/litro associadas em paralelo.



Fonte: o autor.

A impedância de  $\frac{200}{6}$  s/litro representa duas bombas de 200 s/litro e a bomba de 50 s/litro ligadas juntas. Assim,

$$Q(Z_1 + Z_2) = 120 \Rightarrow Q \cdot \left(10 + \frac{200}{6}\right) = 120 \Rightarrow Q = 120 \cdot \frac{6}{260} \Rightarrow Q$$

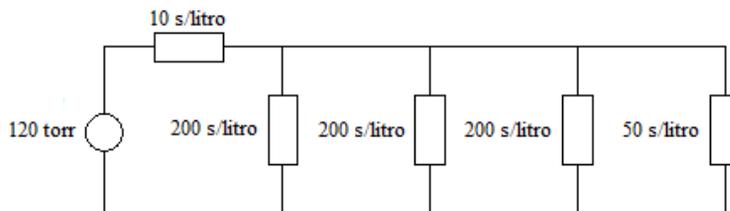
$$= \frac{36}{13} \text{ torr} \cdot \text{litro/s}$$

$$P_2 = Z_2 \cdot Q \Rightarrow P_2 = \frac{200}{6} \cdot \frac{36}{13} \Rightarrow P_2 = \frac{1200}{13} \text{ torr} \Rightarrow P_2 \cong 92,31 \text{ torr}$$

Com duas bombas de 200 s/litro e a bomba de 50 s/litro ligadas juntas, a pressão na bomba de 50 s/litro é de 92,31 torr, portanto, ela funciona.

Agora vamos considerar o caso com três bombas de 200 s/litro e a bomba de 50 s/litro ligadas, este caso está representado na figura 18:

Figura 18: Sistema de vácuo industrial com três bombas de 200 s/litro e uma bomba de 50 s/litro associadas em paralelo.



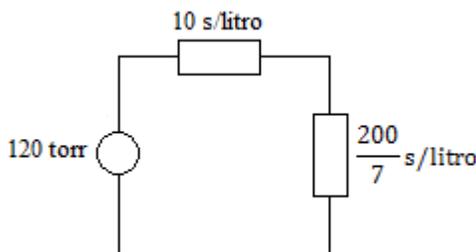
Fonte: o autor.

Calculando a impedância equivalente de três bombas de 200 s/litro e a bomba de 50 s/litro:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{50} = \frac{7}{200} \Rightarrow Z = \frac{200}{7} \text{ s/litro}$$

O sistema se reduz ao sistema mostrado na figura 19:

Figura 19: Sistema equivalente ao sistema formado por três bombas de 200 s/litro e uma de 50 s/litro associadas em paralelo.



Fonte: o autor.

A impedância de  $\frac{200}{7}$  s/litro representa três bombas de 200 s/litro e a bomba de 50 s/litro ligadas juntas. Assim,

$$\begin{aligned} Q(Z_1 + Z_2) &= 120 \Rightarrow Q \cdot \left(10 + \frac{200}{7}\right) = 120 \Rightarrow Q = 120 \cdot \frac{7}{260} \Rightarrow Q \\ &= \frac{84}{27} \text{ torr} \cdot \text{litro/s} \\ P = Z \cdot Q &\Rightarrow P_2 = \frac{200}{7} \cdot \frac{84}{27} \Rightarrow P_2 = \frac{2400}{27} \text{ torr} \Rightarrow P_2 \cong 88,89 \text{ torr} \end{aligned}$$

Com três bombas de 200 s/litro e a bomba de 50 s/litro ligadas juntas, pressão na bomba de 50 s/litro é de 88,89 torr, portanto, ela não funciona.

A alternativa correta é a letra b) 2.

### Sugestões de Material Complementar:

Ao(À) docente interessado(a) no assunto vácuo, Teoria da Aprendizagem Significativa e/ou Ensino sob Medida deixamos as seguintes sugestões:

## **Sobre vácuo:**

### **Artigo:**

STEMPNIAK, Roberto A. **A ciência e a tecnologia do vácuo: Resumo histórico e algumas aplicações**. Sociedade Brasileira do Vácuo. 2002. Disponível em: <http://www.sbvacu.org.br/noticias/o-que-e-vacuio.pdf>. Acesso em 23/02/2023.

Artigo que traz informações básicas e importantes para a formação do cidadão sobre a história do vácuo e algumas das aplicações da tecnologia do vácuo na sociedade.

### **Filme:**

**Sunshine - Alerta Solar**. Direção: Danny Boyle. Estados Unidos e Reino Unido, 2007. 1h 40 min. Ficção científica, suspense.

Num futuro não muito distante, o Sol está se apagando então um grupo de cientistas é enviado ao espaço para completar uma missão que já havia falhado antes, reativar o Sol com uma explosão nuclear. Entretanto ocorre um acidente que expõe os tripulantes ao vácuo do espaço, um erro grave e o encontro de um sobrevivente da primeira missão. Essas situações colocam o objetivo de reviver o Sol em risco.

### **Vídeo:**

Deixe cair uma bola de boliche e umas plumas ao mesmo tempo, e comprove o que disse Galileu Galilei. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=v3g6Leg94rc&t=126s>. Acesso em 23/02/2023.

Vídeo que demonstra que dois objetos de massa diferente (uma pena e uma bola de boliche) caem ao mesmo tempo no vácuo, demonstrando a hipótese de Galileu.

### **Site:**

O site da Sociedade Brasileira de Vácuo (SBV) disponibiliza informações sobre o vácuo e sobre ciência e tecnologia do vácuo, incluindo apostilas introdutórias sobre vácuo, cursos sobre vácuo oferecidos pela SBV e por entidades que possuem um curso de vácuo dado de forma regular, links para congressos da SBV, link para submissão de artigos e acesso a Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo (RBAV), entre outras informações. Disponível em: <http://www.sbvacu.org.br/>

## **Sobre Teoria da Aprendizagem Significativa:**

### **Site:**

Neste site, o Professor Marco Antonio Moreira disponibiliza vários artigos sobre aprendizagem significativa. O site apresenta artigos sobre aprendizagem significativa clássica, aprendizagem significativa crítica, organizadores prévios, diagramas V, unidades de ensino potencialmente significativas, entre muitos outros. O site também disponibiliza subsídios para professores e pesquisadores incluindo artigos sobre comportamentalismo, construtivismo e humanismo, epistemologias do século XX, métodos qualitativos e quantitativos e outros materiais. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/>. Acesso em 23/02/2023.

### **Vídeo:**

Palestra intitulada "**Aprendizagem Significativa na Educação Contemporânea: desafios e equívocos**" proferida pelo Prof. Dr. Marco Antonio Moreira nos Seminários do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - PPGECM/UNIOESTE - Ciclo Online 2021. Disponível em: <https://youtu.be/8PWPLuTFxFM>. Acesso em 24/02/2023.

Nesta palestra, o Professor Marco Antonio Moreira aborda didaticamente conceitos centrais da teoria da aprendizagem significativa.

## Sobre Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*):

### Artigo:

RIBEIRO, Bruna Schons, et. al. *Just-in-Time Teaching* para o Ensino de Física e Ciências: uma revisão sistemática da literatura. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 44, e20220075 (2022).

Neste artigo, os autores apresentam uma Revisão Sistemática da Literatura acerca da metodologia ativa de ensino *Just-in-Time Teaching* empregada dentro das subáreas Ensino de Física e Educação em Ciências.

### Site:

Recursos JiTT – 2018 disponível em [https://jittdl-science-iupui-edu.translate.goog/JiTT\\_RESOURCES/?\\_x\\_tr\\_sch=http&\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=pt&\\_x\\_tr\\_hl=pt-BR&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://jittdl-science-iupui-edu.translate.goog/JiTT_RESOURCES/?_x_tr_sch=http&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc) ou no link curto <https://bitly.com/GO7cK>

Neste site encontra-se uma série de recursos como exercícios de aquecimento e questões quebra-cabeças para implementação de aula JiTT de várias disciplinas, incluindo Física. O site também disponibiliza artigos científicos (em inglês) sobre JiTT.

## Bibliografia do produto

ARAUJO, Ives Solano, MAZUR, Eric. Instrução pelos colegas e Ensino sob Medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 2: p. 362 - 384, ago. 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. 2018. 600 p.

GAMA, Sérgio. Introdução à Ciência e Tecnologia de Vácuo. Campinas. IFGW - Unicamp. Agosto/2002. 248 p.

GREF/IFUSP. Leituras de Física Eletromagnetismo: para ler, fazer e pensar - 1 a 6. São Paulo: Edusp.1998.

GUEDES, Hugo Alexandre Soares. Associação de bombas. Pelotas. Apresentação em PDF. 22 slides, color. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2019/05/Associa%C3%A7%C3%A3o-de-bombas.pdf>. Acesso em: 12/05/2022.

LONGUINI, Marcos Daniel; NARDI, Roberto. Origens Históricas e considerações acerca do conceito de pressão atmosférica. Cad.Cat.Ens.Fís., v.19, n.1: p.64-75, abr. 2000.

MARTINS, Roberto de Andrade. O éter ou o nada: Ainda se estuda a existência de uma entidade invisível que preenche todo o espaço. Campinas. s.a.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011. 179 p.

MOREIRA, Marco Antonio. O que é afinal aprendizagem significativa? Porto Alegre. 27 p. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/> . Acesso em 09/12/2022.

OLIVEIRA, Vagner. Uma proposta de ensino de tópicos de eletromagnetismo via instrução pelos colegas e ensino sob medida para o ensino médio. Porto Alegre, 2012. 236 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RIBEIRO, Bruna Schons, et. al. *Just-in-Time Teaching* para o ensino de Física e Ciências: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 44, e20220075, 2022.

ROSA, Carlos Augusto de Proença. *História da Ciência. A Ciência Moderna. Volume II. Tomo I. 2ª ed.* Fundação Alexandre de Gusmão. Brasília. 2012.

SANTOS, Evaniel Brás dos. Tomás de Aquino contra Averróis: uma defesa cosmológica da hipótese real do *vacuum in natura*. *ANALYTICA*, Rio de Janeiro, vol 21 n° 2, 2017, p. 83-111.

SANTOS, Marcos dos. *Interpretações e controvérsias nas teorias do éter e do vácuo*. São Paulo, 2015. 85 p. Dissertação (Mestrado em História da Ciência). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

SOARES, Homero. Associação de bombas. Juiz de Fora. Apresentação em PDF. 25 slides, color. Disponível em: [https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/Homero-Cap%C3%ADtulo-5\\_Parte-2\\_15102014\\_V1.pdf](https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/Homero-Cap%C3%ADtulo-5_Parte-2_15102014_V1.pdf). Acesso em: 12/05/2022.

STEMPENIAK, Roberto A. *Ciência e Tecnologia do Vácuo: Resumo Histórico e Algumas Aplicações*. São José dos Campos. Sociedade Brasileira de Vácuo. FACAP/CDT – Faculdade de Ciências Aplicadas. 2002. 14 p.

THOMPSON, Miguel, et. al. *Conexões Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Energia e Ambiente*. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2020. 6 v.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Para contribuir com a aprendizagem significativa dos conceitos de Física foi proposto um produto educacional na forma de Guia Didático para complementar Livros Didáticos da Área de Ciências Exatas e suas Tecnologias do Ensino Médio baseado na metodologia ativa Ensino sob Medida (EsM). Defende-se nesta dissertação que o Ensino sob Medida se mostra adequado para implementação da Aprendizagem Significativa.

Primeiro, porque este método permite ao docente ter ciência dos conhecimentos prévios e concepções alternativas dos estudantes sobre a matéria que será lecionada em sala de aula, deste modo, o docente pode planejar sua aula considerando o que os estudantes já sabem sobre determinada matéria e conforme Ausubel: "Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio ele seria este: descubra o que seu aluno já sabe e ensine-o de acordo" (ARAUJO, MAZUR, 2013).

O Guia didático proposto leva em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes e permite que o docente "personalize" a aula para uma turma específica com a utilização de materiais didáticos, como vídeos, animações, simulações em computador entre muitos outros, que podem ser significativos para determinada turma de acordo com as dúvidas apresentadas pelos estudantes. Isto vem de encontro com a primeira condição para que a aprendizagem significativa ocorra: a utilização de materiais didáticos potencialmente significativos, pois não existe material significativo, apenas potencialmente significativo.

Segundo, porque as tarefas de leitura estimulam o envolvimento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física, pois forma neles o hábito da leitura antes das aulas e nos casos em que é possível, o método prevê a introdução de TDICs para a reposta dos estudantes aos exercícios de aquecimento previamente a aula. Na aula propriamente dita, em sala de aula o(a) professor(a) seleciona e apresenta as respostas de alguns estudantes sem contudo identificar os autores para iniciar a discussão.

Terceiro, pois conforme Formica, Easley e Spraker (2010) apud Araujo, Mazur (2013, p.11) os estudantes que tem suas respostas selecionadas para o debate em sala de aula costumam mostrar-se interessados e participam intensamente das discussões, ou seja, ter a resposta selecionada anonimamente aumenta o engajamento dos estudantes selecionados, o que vem de encontro com a segunda condição para que a aprendizagem significativa ocorra (segundo Marco Antonio Moreira): a disposição para aprender, isto é, a vontade de relacionar os novos conhecimentos com a estrutura de subsunções já existentes.

A metodologia Ensino sob Medida mostra-se adequada para atingir a finalidade de aprendizagem significativa de conceitos físicos (aqui delimitada pelo conceito de vácuo), pois a primeira fase desta metodologia consiste na sondagem pelo docente dos conhecimentos prévios e dúvidas dos estudantes e a metodologia também estimula a interação e discussão entre os estudantes durante a aula de forma a favorecer a aprendizagem colaborativa e a construção do conhecimento.

Também consideramos para escolha do Ensino sob Medida, que esta metodologia otimiza o tempo em sala de aula, visto que os alunos estudam previamente os conceitos básicos do conteúdo e o tempo em aula é utilizado principalmente para esclarecimento de dúvidas e realização de atividades em grupo. Assim, recomendamos a utilização do Ensino sob Medida como possível solução ou parte da solução para a questão da redução dos "tempos de aula" de Física nas escolas conforme o Novo Ensino Médio. Estas conclusões a respeito do emprego do Ensino sob Medida para a disciplina de Física com o tema vácuo podem ser generalizadas para todas as disciplinas de acordo com outros temas.

Desta forma, conclui-se que não é necessário o desenvolvimento de novas metodologias ativas, para explorar conceitos de Física (neste trabalho o conceito de estudo é o vácuo), pois, as metodologias ativas que já existem visam o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem.

Sobre os livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias observou-se que é apresentada uma integração entre os conteúdos de Física, Química e Biologia de acordo com as orientações da Base Nacional Comum Curricular para o novo Ensino Médio e os livros de cada coleção são independentes entre si e podem ser utilizados em qualquer série do Ensino Médio.

Após a pesquisa qualitativa realizada nos livros didáticos de Física do Ensino Médio aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático de 2021 conclui-se, que é necessária uma modernização do conceito de vácuo apresentado pelos livros, pois é sempre apresentado o conceito clássico de vácuo. Também é necessária a introdução de conceitos mínimos de ciência e tecnologia do vácuo, de forma a tornar explícita a importância destes conhecimentos científicos no mundo atual.

Ressalta-se ainda que a falta de abordagem em relação ao conceito de vácuo e também em relação a aspectos introdutórios da ciência e tecnologia do vácuo pelos livros didáticos deixa uma lacuna em relação a competência específica de ciências da natureza e suas tecnologias para o ensino médio de “analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global” da Base Nacional Comum Curricular.

Os subsídios para implementação de um processo de aprendizagem significativa do conceito de vácuo foram apresentados no produto educacional que consiste na proposta de um Guia Didático para complementar Livros Didáticos da Área de Ciências Exatas e suas Tecnologias do Ensino Médio.

Foi construída uma revisão histórica do conceito de vácuo no capítulo 1 - Do conceito de vácuo. Neste capítulo são apresentados os principais episódios históricos relacionados ao desenvolvimento do conceito de vácuo.

A revisão bibliográfica sobre o conceito de vácuo apresentada no capítulo 1 foi construída levando-se em consideração os livros didáticos aprovados pelo PNLD e também a literatura contida em artigos da área.

Foi apresentado um relatório do que foi estudado sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa no capítulo 2 -Da aprendizagem significativa do conceito de vácuo - onde é feita uma correlação entre a Teoria da Aprendizagem Significativa e o conceito de vácuo.

Foi apresentado um relatório do que foi pesquisado sobre o Ensino sob Medida no capítulo 4 - Metodologias Ativas de Ensino-Aprendizagem, mais especificamente nas seções 4.3- Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*), 4.5. Comparação do Ensino sob Medida com a Aprendizagem Baseada em Equipes, 4.6. Relação entre a Aprendizagem Significativa e o Ensino sob Medida,

Como recurso didático é sugerido um Guia Didático para complementar Livros Didáticos da Área de Ciências Exatas e suas Tecnologias do Ensino Médio.

Ao longo da dissertação é sugerido o Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*) como forma de implementar a aprendizagem significativa de conceitos de Física, delimitado pelo conceito de vácuo.

A metodologia EsM (*JiTT*) é apresentada no capítulo no capítulo 4 – Produto.

A proposta de aula interativa está sugerida no produto educacional no qual consta uma sugestão de exercícios sobre o vácuo mais um manual do professor sobre como os exercícios devem ser aplicados levando-se em consideração os princípios do Ensino sob Medida visando fomentar a aprendizagem significativa dos conceitos.

A primeira etapa do Ensino sob Medida visa desenvolver nos estudantes o hábito de estudar previamente as aulas. Eles estudam as Tarefas de Leitura fornecidas pelo professor, porém podem complementa-lo buscando informações por conta própria, ou seja, o EsM também estimula a autonomia dos estudantes.

Não foi observada adequação do tema vácuo a Base Nacional Comum Curricular, pois o tema vácuo não é apresentado nos livros didáticos enquanto um

tema independente a ser estudado, ele é apenas citado e aparece sempre relacionado a outros temas da Física como pressão atmosférica (barômetro de Torricelli), espectro eletromagnético entre outros. Sendo interessante que o docente planeje estratégias para apresentar este conceito.

Como proposta de continuidade, planeja-se a redação de um e-book que aborde a história do vácuo, dos principais filósofos e cientistas envolvidos com o estudo do vácuo. O e-book também abordará aspectos da ciência e tecnologia do vácuo e aplicações tecnológicas na sociedade atual.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGOTTI, J. A. P. Desafios para a formação presencial e à distância do físico educador. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, 2006: 143-150.

ARAUJO, Ives Solano, MAZUR, Eric. Instrução pelos colegas e Ensino sob Medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 2: p. 362 - 384, ago. 2013.

BARRETO, Beatriz de Castro; MONTEIRO, Maria Cristina G. de Góes. Professor, livro didático e contemporaneidade. *Pesquisas em Discurso Pedagógico*, n. 4. 2008. Disponível em <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php>. Acesso em: 30/12/2021.

BASSO, Fabiane Puntel; ABRAHÃO, Maria Helena Menna Barreto. Atividades de Ensino que Desenvolvem a Autorregulação da Aprendizagem. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 43, n. 2, p. 495-512, abr./jun. 2018.

BOLLELA, Valdes Roberto; SENGER, Maria Helena; TOURINHO, Francis S. V.; AMARAL, Eliana. Aprendizagem baseada em equipes: da teoria à prática. *Medicina*, Ribeirão Preto, 2014. 47(3): 293-300. p. 294.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. 2018. 600 p.

CAMPEIZ AF; OLIVEIRA WA; FONSECA LMM; ANDRADE LS; SILVA MAI. A escola na perspectiva de adolescentes da Geração Z. *Rev. Eletr. Enf.* [Internet]. 2017 [acesso em: 27/12/2021];19:a58. Disponível em: <http://doi.org/10.5216/ree.v19.45666>. Acesso em: 12/05/2022.

CARVALHO, A. M. Pessoa de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. In: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 18, 2018:765-794

\_\_\_\_\_. A pesquisa no ensino, sobre o ensino e sobre a reflexão dos professores sobre seus ensinamentos. In: Educação e Pesquisa (USP), São Paulo, v. 28, n.2, 2002: 57-67

COELHO DOS SANTOS, A.; CADORIN NICOLETE, P.; MATTIOLA, N.; BENTO DA SILVA, J. Ensino Híbrido: Relato de Experiência sobre o uso de AVEA em uma proposta de Sala de Aula Invertida para o Ensino Médio. **RENOTE**, [S. l.], v. 15, n. 2, 2017.

COUGO-PINTO, Marcus Venicius, FARINA, Carlos, TORT, Alexandre. O Efeito Casimir. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 22, n. 1, março, 2000.

CRUZ, Messias de Brito. Estudo do Efeito Casimir com violação de Lorentz do tipo éter. João Pessoa, 2019. 124 p. Tese (Doutorado em Física). Universidade Federal da Paraíba.

DELIZOICOV, D. Problemas e Problematizações. In: PIETROCOLA, M. (org.). **Ensino de Física? Conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2002.

DRIVER, R.; et all. Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. In: **Educational Research**, 1994. Disponível em: <http://edr.sagepub.com/cgi/content/abstract/23/7/5>. Acesso em: 12/05/2022.

DUARTE, Sérgio Martins. Os impactos do modelo tradicional de ensino na transposição didática e no fracasso escolar. Porto, 2018. Dissertação. Universidade Fernando Pessoa.

EINSTEIN, A., Ether and the Theory of Relativity: An Address delivered on May 5th, 1920, in the University of Leyden. in : HAWKING, S. (Editor), *A Stubbornly Persistent Illusion: The Essential Scientific Works of Albert Einstein*. Filadelfia: Running Press, 2007.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. 50. ed. rev e atual. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011. 253 p.

GALIETA, Tatiana (Org.). *Sequências didáticas para educação CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)*. 1ª ed. Ananindeua. Editora Itacaiúnas, 2022. 194 p.

GAMA, Sergio. *Introdução à Ciência e Tecnologia de Vácuo*. Campinas. Unicamp. IFGW. 2002. 248 p. Disponível em: <https://sites.ifi.unicamp.br/labvacrio/files/2014/09/F-640-apostila.pdf>. Acesso em: 12/05/2022.

GANDA, Danielle Ribeiro; BORUCHOVITCH. A autorregulação da aprendizagem: principais conceitos e modelos teóricos. **Psic. da Ed.**, São Paulo, 46, 1º sem. de 2018, p. 71-80.

GODOY, Arilda Schmidt. *Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades*. *Revista de Administração de Empresas São Paulo*, v. 35, n. 2, p. 57-63 Mar./Abr. 1995.

\_\_\_\_\_. *Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais*. *Revista de Administração de Empresas, São Paulo*, v. 35, n.3, p, 20-29 Mai./Jun. 1995.

Governo investe R\$ 1,1 bilhão na aquisição de livros didáticos. Ministério da Educação. 2013. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/211-218175739/19131-governo-investe-r-1-1-bilhao-na-aquisicao-de-livros-didaticos>. Acesso em 19/07/2023.

GUEDES, Hugo Alexandre Soares. *Associação de bombas*. Pelotas. Apresentação em PDF. 22 slides, color. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2019/05/Associa%C3%A7%C3%A3o-de-bombas.pdf>. Acesso em: 12/05/2022.

Guia Digital - PNLD. [https://pnld.nees.ufal.br/pnld\\_2021\\_didatico/componente-curricular/pnld-2021-obj2-ciencias-natureza-suas-tecnologias](https://pnld.nees.ufal.br/pnld_2021_didatico/componente-curricular/pnld-2021-obj2-ciencias-natureza-suas-tecnologias). Acesso em: 04/09/2021.

H. Fritsch, *Quarks: The Stuff of Matter* (Basic Books Inc., Nova Iork, 1983) apud Moreira, Marco Antonio. *O Modelo Padrão da Física de Partículas*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, 1306 (2009).

<https://www.gov.br/fnde/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/programas/programas-do-livro/pnld/escolha-pnld-2021-2013-objeto-2-areas-do-conhecimento>. Webinar Objeto 2 - Dia 2 - CNT. Mesquita, Nyuara; Santos, Mariana; Soares, Márlon. Acesso em 04/09/2021. <https://www1.folha.uol.com.br/educacao/2021/04/>; Acesso em: janeiro, 2022.

Inovação e renovação acadêmica: guia prático de utilização de metodologias ativas. ALCANTARA, Elisa F. S: Organizadora. Volta Redonda, RJ: Editora FERP, 2020. 179 p.

Is There Weather on the Moon? We Asked a NASA Scientist: Episode 34. NASA. Disponível em: <https://www.nasa.gov/feature/is-there-weather-on-the-moon-we-asked-a-nasa-scientist-episode-34>. Acesso em: 10/07/2023.

JÚNIOR, Carlos Alberto de Oliveira Magalhães; BATISTA, Michel Corci (organizadores). 1ª ed. Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências. Maringá, PR: Massoni Gráfica e Editora, 2021. 412 p.

JUNIOR, Carlos Roberto da Silveira. Sala de aula invertida: por onde começar? Goiás: IFG, 2020, p. 8. Disponível em: [https://www.ifg.edu.br/attachments/article/19169/Sala%20de%20aula%20invertida%20por%20onde%20come%C3%A7ar%20\(21-12-2020\).pdf](https://www.ifg.edu.br/attachments/article/19169/Sala%20de%20aula%20invertida%20por%20onde%20come%C3%A7ar%20(21-12-2020).pdf). Acesso em: 12/05/2022.

KAUARK, F.; MANHAES, F. C.; MEDEIROS, C. H. Metodologia da pesquisa: guia prático – Itabuna: Editora Via Litterarum, 2010.

LEÃO, Núbia Maria de Menezes, KALHIL, Josefina Barrera. Concepções alternativas e os conceitos científicos: uma contribuição para o ensino de ciências. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 9, No. 4, Dec. 2015.

LONGUINI, Marcos Daniel; NARDI, Roberto. Origens Históricas e considerações acerca do conceito de pressão atmosférica. Cad.Cat.Ens.Fís., v.19, n.1: p.64-75, abr. 2000.

LOURENÇO, Michel Bastos. Conceitos da Física Quântica *versus* a Pseudociência – uma proposta de ensino potencialmente significativo. Brasília, 2021. 105 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF). Universidade de Brasília.

LOVATO, Fabricio Luís, et. al. Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. **Acta Scientiae**. Canoas, v. 20, n. 2, p. 154-171, mar./abr. 2018.

MACHADO, Silvia Cota. Análise sobre o uso das tecnologias digitais da informação e comunicação (TDICs) no processo educacional da geração internet. Novas Tecnologias na Educação. V. 14 Nº 2, dezembro, 2016.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos da metodologia científica. 5ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

MARTINS, Milton de Arruda; GERMANI, Ana Claudia; Tempski, Patricia. Aprendizagem colaborativa na formação médica. **Revista Profissão Docente**. n. 2. Out. 2015.

MARTINS, Roberto de Andrade. Em busca do éter: de Maxwell a Michelson, Morley e Miller. Ensaio sobre História e Filosofia das Ciências III, Quamcumque Editum, Extrema, Brazil, pp. 137-290 (978-65-999951-0-1). Disponível em: <https://zenodo.org/record/7738924#.ZByaXfbMKUk>. Acesso em 23/03/2023. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7738924>

\_\_\_\_\_, Roberto de Andrade. Em busca do nada: considerações sobre os argumentos a favor do vácuo ou do éter. Campinas. s.a.

\_\_\_\_\_, Roberto de Andrade. Física e História. *Cienc. Cult.* [online]. 2005, vol.57, n.3, pp.25-29. ISSN 0009-6725.

\_\_\_\_\_, Roberto de Andrade. O éter ou o nada: Ainda se estuda a existência de uma entidade invisível que preenche todo o espaço. Campinas. s.a.

MATOVANI, Katia Paulilo. O Programa Nacional do Livro Didático - PNLD: Impactos na Qualidade do Ensino Público. São Paulo, 2009. 126 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana) - Universidade de São Paulo.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Guia Digital PNLD 2021 – Obras didáticas por áreas do conhecimento e específicas – Ciências da Natureza e suas Tecnologias. 2021. 83 p.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. PCN+Ensino Médio: Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 14/07/2023.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Resolução N° 2, de 1° de julho de 2015. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/agosto-2017-pdf/70431-res-cne-cp-002-03072015-pdf/file>. Acesso em 14/07/2023.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, FÓRUM NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Parecer do Grupo de Trabalho Temporário – Novo Ensino Médio. Disponível em: [https://media.campanha.org.br/acervo/documentos/PARECER\\_DO\\_GRUPO\\_DE\\_TRABALHO\\_TEMPORARIO\\_NOVO\\_ENSINO\\_MEDIO\\_1.pdf](https://media.campanha.org.br/acervo/documentos/PARECER_DO_GRUPO_DE_TRABALHO_TEMPORARIO_NOVO_ENSINO_MEDIO_1.pdf). Acesso em 11/07/2023.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

\_\_\_\_\_. O que é afinal aprendizagem significativa? *Qurriculum*, La Laguna, Espanha, 2012. p. 27. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/>. Acesso em: 31/01/2021.

\_\_\_\_\_. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. Trabalho apresentado no *Encuentro internacional sobre el aprendizaje significativo*. Burgos. Espanha. 15 a 19 de setembro de 1997 Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/>. Acesso em: 31/01/2021.

\_\_\_\_\_. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/>. Acesso em: 31/01/2021.

\_\_\_\_\_. Uma análise crítica do ensino de Física. *Estudos Avançados* 32 (94), 2018.

MOTA, A.; WERNER DA ROSA, C. Ensaio sobre metodologias ativas: reflexões e propostas. **Revista Espaço Pedagógico**, v. 25, n. 2, p. 261-276, 28 maio 2018.

OLIVEIRA, Tobias Espinosa de; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane. Aprendizagem Baseada em Equipes ( *Team-Based Learning* ): um método ativo para o Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p.962-986, dez. 2016.

OLIVEIRA, Vagner; VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*) e Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) para o ensino de tópicos de eletromagnetismo no nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 180 - 206, abr. 2015.

ONUSIC, Hécio, MEDINA, Nilberto H., DOUGLAS, Ross Alan. Curso de ciência e tecnologia do vácuo: escoamento de gases. São Paulo. Universidade de São Paulo. s.a. p. 6.

OSBORNE, R. J.; and WITTROCK, M.C.. Learning Science: A Generative Process. In: **Science Education**, 67(4), 1983:489-508.

PASSERO, Taimara. O experimento de Michelson-Morley na transição da física clássica para a física relativística: leituras filosóficas e historiográficas. Santo André, 2014. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ensino, História e Filosofia das Ciências e Matemática). Universidade Federal do ABC.

PASTORIO, Dioni Paulo et. al. Elaboração e implementação de uma unidade didática baseada no Just-in-Time Teaching: um estudo sobre as percepções dos estudantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 42, e20200296, 2020.

PEREIRA, Moisés Lobo D'Almada Alves; OLENKA, Laudileni; OLIVEIRA, Paloma Emanuelle Duarte Fernandes. Física em Ação através de Tirinhas e Histórias em Quadrinhos. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n3p896/32995>. Acesso em: 09/02/2021.

PIRES, Antonio Sergio Teixeira. Evolução das ideias da Física. Editora Livraria da Física. 2ª ed. 2011.

Programa Nacional do Livro e do Material Didático investiu quase R\$ 4 bilhões na aquisição de obras nos últimos três anos. Gov.br. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/educacao-e-pesquisa/2021/12/programa-nacional-do-livro-e-do-material-didatico-investiu-quase-r-4-bilhoes-na-aquisicao-de-obras-nos-ultimos-tres-anos>. Acesso em 19/07/2023.

QUADROS, S., A Termodinâmica e a Invenção das Máquinas Térmicas. Scipione: São Paulo. 1996.

ROJO, R.; BATISTA, A.A. G. (orgs). (2003). *Livro didático de língua portuguesa, letramento e cultura da escrita*. São Paulo: Mercado de Letras.

ROSA, Carlos Augusto de Proença. História da Ciência. A Ciência Moderna. Volume II. Tomo I. 2ª ed. Fundação Alexandre de Gusmão. Brasília. 2012.

SANTOS, C. C. dos; ECAR, A. L. O uso dos livros didáticos no Ensino Médio Técnico no contexto pandêmico. SciELO Preprints, 2022. DOI: 10.1590/SciELOPreprints.5214. Disponível em: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/5214>. Acesso em: 19/07/2023.

SANTOS, Evaniel Brás dos. Tomás de Aquino contra Averróis: uma defesa cosmológica da hipótese real do *vacuum in natura*. ANALYTICA, Rio de Janeiro, vol 21 nº 2, 2017, p. 83-111.

SANTOS, Marcos dos. Interpretações e controvérsias nas teorias do éter e do vácuo. São Paulo, 2015. 85 p. Dissertação (Mestrado em História da Ciência). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

SCHULER, Charles. Electronics: Principles and Applications. 7ª ed. New York: The McGraw-Hill Companies, 2008. Tradução PEREIRA, Eduardo Bento, TOFOLI, Fernando Lessa. Eletrônica I: Habilidades básicas em eletricidade, eletrônica e telecomunicações. Porto Alegre, AMGH Editora Ltda, 2013.

Segundo IBGE, 4,3 milhões de estudantes brasileiros entraram na pandemia sem acesso à internet. Folha de São Paulo. Disponível em <https://www1.folha.uol.com.br/educacao/2021/04/segundo-ibge-43-milhoes-de-estudantes-brasileiros-entraram-na-pandemia-sem-acesso-a-internet.shtml>. Acesso em: 14/01/2022.

SILVA, Fabio W.O. da. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 149-159, (2007).

SOARES, Homero. Associação de bombas. Juiz de Fora. Apresentação em PDF. 25 slides, color. Disponível em: [https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/Homero-Cap%C3%ADtulo-5\\_Parte-2\\_15102014\\_V1.pdf](https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/Homero-Cap%C3%ADtulo-5_Parte-2_15102014_V1.pdf). Acesso em: 12/05/2022.

SOUSA, E.O.R. ; VIANNA, Deise Miranda . O uso dos quadrinhos nos livros didáticos de Física aprovados pelo PNL/D/2015. In: Imagens da Educação, v. 10, 2020:136-149

SOUZA, Carlos Alberto; BASTOS, Fábio da Purificação de; ANGOTTI, José André Peres. Cultura Científico-Tecnológica na Educação Básica. Rev. Ensaio, Belo Horizonte, v.09, n.01, p.76-88, jan-jun 2007.

SOUZA, Debora Samir Conceição de, SILVA, Boniek Venceslau da Cruz. Termodinâmica e Revolução Industrial: uma abordagem por meio da História e da Epistemologia da Ciência. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 15, No. 1, Março, 2021.

STEMPNIAK, Roberto A. A ciência e a tecnologia do vácuo: Resumo histórico e algumas aplicações. Sociedade Brasileira de Vácuo. 2002.

TANUS, Gabrielle Francine de S. C.; RENAU, Leonardo Vasconcelos; ARAÚJO, Carlos Alberto Ávila. O Conceito de Documento em Arquivologia, Biblioteconomia e Museologia. Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação. São Paulo, v.8, n.2, p. 158-174, jul./dez. 2012.

THOMPSON, Miguel, et. al. Conexões Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Saúde e Tecnologia. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2020, 160 p.

VALADARES, Jorge. A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review – V1(1), pp. 36-57, 2011. [http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID4/v1\\_n1\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID4/v1_n1_a2011.pdf). Acesso em: 12/04/2021.

## APÊNDICE 1: SÍNTESE DA APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### Coleção Multiversos

#### Multiversos: Ciências da Natureza: Ciência, Tecnologia e Cidadania

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Unidade</b>	<b>Tema</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Ideia de <b>situação de referência</b> (situação na qual não é possível a propagação de ondas mecânicas, mas que	4. Física Contemporânea	1. Ondulatória	Onda Mecânica	132
			Ondas Eletromagnéticas	132
			Atividades (2)	134

não interfere na propagação das ondas eletromagnéticas)	2. Radiações eletromagnéticas	Radiação ionizante e radiação não ionizante	136
	3. Tópicos de Física Moderna	Atividades (14)	155

- Multiversos: Ciências da Natureza: Ciência, Sociedade e Ambiente:  
Neste livro não foi encontrada referência ao vácuo.
- Multiversos: Ciências da Natureza: Eletricidade na Sociedade e na Vida:  
Neste livro não foi encontrada referência ao vácuo.
- Multiversos: Ciências da Natureza: Movimentos e Equilíbrios na Natureza:  
Neste livro não foi encontrada referência ao vácuo.

## Multiversos: Ciências da Natureza: Origens

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Unidade</b>	<b>Tema</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Ideia de <b>situação de referência</b> , pois a velocidade da luz medida no vácuo é utilizada como referência.	1. Origem, formação e observação do Universo	1. Formação e Estrutura do Universo	-	13
		3. Observando o Universo: reflexão da luz	Conceitos iniciais	28
		4. Observando o Universo: refração da luz	Refração	39
		4. Observando o Universo: refração da luz	Atividades Extras (11)	51
		4. Observando o Universo: refração da luz	Integrando com Matemática e suas Tecnologias – Unidades de medida utilizadas na Astronomia	53

## Multiversos: Ciências da Natureza: Matéria, Energia e a Vida

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Unidade</b>	<b>Tema</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Ideia de <b>Condição</b> que impede a propagação das ondas sonoras	1. A Composição dos Ambientes	3. Energia	Energia Sonora	29
Ao vácuo pode ser associada a ideia de <b>conservação</b> das propriedades físicas.	1. A Composição dos Ambientes	4. Movimentos (o livro define o quilograma-padrão)	-	34

**Coleção Diálogo**  
**Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Ser Humano e Meio Ambiente: Relações e Consequências**

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Unidade</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Vácuo com ideia de <b>lugar vazio</b> (desprovido de matéria)	1. Ecologia e Biodiversidade	8. Termodinâmica	Segunda Lei da Termodinâmica. O livro apresenta exemplo com uma câmara fechada contendo gás ligada a uma segunda câmara inicialmente <b>evacuada</b> .	99
Ideia de <b>situação de referência</b> (pois o vácuo não permite a propagação de ondas mecânicas, mas não interfere na propagação das ondas eletromagnéticas)	2. Saúde Humana	3. Sons e Audição Humana	Ondas Sonoras	134

## Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: O Universo da Ciência e a Ciência do Universo

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Unidade</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Ideia de <b>ausência</b> de resistência	3. A Terra e o Universo	2. Movimento na Terra	Queda Livre	114
			Lançamento vertical	117
Ideia de <b>condição</b> para a existência ou não de vida.		3. A Vida na Terra	Antigas e Novas Suposições. O livro apresenta informações sobre tardígrados.	134

## Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Energia e Sociedade: Uma Reflexão Necessária

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Unidade</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Ideia de <b>situação de referência</b> para medida.	1. Energia Elétrica	2. Transmissão de energia elétrica	Carga e força elétricas. O livro apresenta o valor da constante eletrostática do <b>vácuo</b> .	24
Ideia de <b>ausência</b> (de meio material ou de interferências externas).			Atividades (7, 9 e 11) Em cada atividade, o livro solicita aos estudantes que considerem determinado arranjo de cargas elétricas e calcule a força elétrica entre elas no <b>vácuo</b> .	29
Ideia de <b>asepsia</b> ou <b>conservação</b> .		4. Eletroquímica	Atividades (1) Julgamento de proposições. A primeira proposição se refere a café embalado a <b>vácuo</b> .	63

**Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Terra:  
Um Sistema Dinâmico de Matéria e Energia**

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Unidade</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Ideia de <b>situação de referência</b>	1. Sol	2. Ondas Eletromagnéticas	Espectro eletromagnético (definição de ondas eletromagnéticas e da velocidade de propagação)	21
				22
			Atividades (1,5,6 e 9)	25
Ideia de <b>condição</b> , para medição/determinação da velocidade das ondas eletromagnéticas.	1. Sol	3. O espectro solar e a Terra	Energia emitida pelo Sol	26

## Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Vida na Terra: Como é Possível

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Unidade</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Ideia de <b>condição</b> (para a existência ou não de vida)	1. Do átomo à vida (o livro apresenta informações sobre os tardígrados)	-	-	12
Ideia de <b>padrão</b> . Pois em geral o valor de constantes obtidas no vácuo são utilizadas como padrão.		3. Campo magnético terrestre	Campo magnético de um fio retilíneo O livro traz o valor da constante de permeabilidade magnética no vácuo e em outros meios.	41

**Continuação do Livro Diálogo: Ciências da Natureza e suas  
Tecnologias: Vida na Terra: Como é Possível**

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Unidade</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Ideia de <b>situação de referência.</b>	2. Estudando a célula	4. Introdução à óptica	Atividades (4 e 5) Atividades envolvendo o julgamento de proposições sobre o <b>vácuo.</b>	136
Ideia de <b>padrão</b> ou <b>situação de referência.</b>	2. Estudando a célula	6. Refração da luz	Formação da imagem por refração da luz.	142
Ideia de <b>situação de referência.</b>			Atividades (1) Proposições para julgamento sobre o vácuo.	150

# **Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Ser Humano: Origem e Funcionamento**

- Livro Diálogo: Ser Humano: Origem e Funcionamento não foi encontrada nenhuma referência ao vácuo.

**Coleção Conexões**  
**Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Matéria e Energia**

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
O vazio entre o núcleo e a eletrosfera é parte da explicação para o espalhamento das partículas $\alpha$ (partículas positivas), mas, não é feita referência a esse vazio.	1. O mundo que nos cerca: do que a matéria é feita	Modelo Nuclear de Rutherford.	30
<b>Ideia de ausência de resistência.</b> <b>Ideia de condição para a regularidade do movimento</b> <b>Ideia de simplificação.</b>	2. Energia e movimento	Queda livre: gravidade agindo	48 e 49 (a página 49 possui a maior ocorrência da palavra vácuo, num total de 4 vezes)
<b>Ideia de condição para a regularidade do movimento.</b>	2. Energia e movimento	A energia potencial gravitacional	52

**Continuação do livro Conexões: Ciências da Natureza e suas  
Tecnologias: Matéria e Energia**

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Ideia de <b>ausência</b> (de interferências externas)	3. Calor e energia	Radiação térmica	67

## **Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Energia e Ambiente**

- Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Energia e Ambiente – Neste livro não foi encontrada nenhuma referência ao vácuo.

## Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Saúde e Tecnologia

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
O livro apresenta o barômetro de Torricelli, mas não faz referência ao <b>vácuo</b> formado na região superior do tubo de vidro.	2. No ar, na água e no organismo: pressão em ação	Pressão atmosférica	41
Figura de um experimento semelhante ao barômetro de Torricelli, porém preenchido com líquido de densidade 3,4 g/cm <sup>3</sup>		Atividades	48
Na atividade 5 é apresentada a figura de dois recipientes ligados por uma torneira. O recipiente I contém gás e o II está vazio. Não é feita nenhuma referência ao <b>vácuo</b> .		Atividades (referentes ao tópico Transformações gasosas e os gases perfeitos apresentado na página 53)	58

**Continuação do Livro Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias:  
Saúde e Tecnologia**

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Ideia de <b>ausência</b> de interferências externas, pois o vácuo não interfere na propagação de ondas eletromagnéticas.	6. Ondas eletromagnéticas e a Medicina	Como caracterizar uma onda	133
Ideia de <b>situação de referência</b> para determinação/medição da velocidade das ondas eletromagnéticas	6. Ondas eletromagnéticas e a Medicina	Mas o que são ondas eletromagnéticas	134
Ideia de <b>ausência</b> (de matéria). Na atividade 1 são apresentadas proposições para julgamento em verdadeiro ou falso.	6. Ondas eletromagnéticas e a Medicina	Atividades	140
Ideia de <b>situação de referência</b> . Na atividade 3 é solicitado que se considere a velocidade das ondas eletromagnéticas no ar igual a velocidade da luz no <b>vácuo</b> .			

## Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Terra e Equilíbrios

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
O livro considera o fenômeno de queda livre, <u>sem qualquer resistência</u> . Ideia implícita de vácuo, embora o vácuo não seja discutido.	1. Como se equilibrar	Onde a 2ª lei de Newton pode ser percebida?	33
“O que ocorre com um líquido em um sistema fechado, em que há um <u>espaço vazio</u> sobre a superfície desse líquido?” (THOMPSON et. al., 2020, p.41). Aqui, há novamente implícita a ideia de vácuo, embora o vácuo não seja discutido.	2. Equilíbrios químicos	O equilíbrio líquido-vapor	41

**Continuação do Livro Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias:  
Terra e Equilíbrios**

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
"Newton estabeleceu que entre duas massas quaisquer, estejam elas na Terra ou no <u>espaço vazio</u> , sempre haverá uma interação gravitacional" (THOMPSON et. al., 2020, p.78). Embora o trecho destacado cite o espaço vazio entre corpos celestes nenhuma discussão é feita sobre o vácuo que existe no Universo.	3. Movimento circular e gravitação universal	A lua cai mesmo?	78
“Esse resultado [9,8 m/s <sup>2</sup> ] confirma o valor adotado anteriormente para a aceleração de queda dos corpos próximos à superfície da Terra <u>quando se despreza o atrito com o ar</u> ” (THOMPSON et. al., 2020, p. 82). Ideia implícita de vácuo, embora nenhuma discussão sobre o vácuo seja feita.	3. Movimento circular e gravitação universal	O peso varia e a massa se conserva	81

**Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias:  
Universo, Materiais e Evolução**

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Ideia de <b>situação de referência</b> no qual a velocidade da luz é medida e comparada. O livro apresenta o valor da velocidade da luz no vácuo e o índice de refração do vácuo.	1.Óptica geométrica	Refração da luz	27 (a página 27 possui a maior frequência da palavra vácuo, no total de 6 vezes)
Ideia de <b>situação de referência</b> . As atividades 1, 3 e 5 solicitam considerar o índice de refração no vácuo igual a 1 e calcular alguns parâmetros.	1.Óptica geométrica	Atividades	29 e 30

**Continuação do Livro Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias:  
Universo, Materiais e Evolução**

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Ideia de <b>situação de referência</b> no qual a velocidade da luz é medida e comparada. O livro afirma que as lentes de óculos se tornaram mais finas devido a obtenção de materiais com altos índices de refração.	1. Óptica geométrica	Lentes plásticas de alto índice de refração	45
Ideia de <b>ausência</b> (de interferências externas). O livro apresenta uma definição de ondas sonoras e ondas eletromagnéticas.	4. A luz das estrelas	Luz também é onda	98 e 99
Ideia de <b>situação de referência</b> . O livro apresenta o valor da velocidade da luz no vácuo.			100

## **Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Conservação e Transformação**

<b>Categoria (ideia)</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Tópico</b>	<b>Página</b>
Embora o vácuo não seja diretamente citado, o livro apresenta como exemplo de transformação adiabática, "o ato de retirar parte do ar do interior de embalagens contendo alimentos ou objetos, pois são desprezíveis as trocas de calor entre o ambiente e o ar contido na bomba ou nas embalagens" (THOMPSON et. al., 2020, p. 42).	2.Termodinâmica	Transformação adiabática	43

## APÊNDICE 2:

### PLANEJAMENTO DE CURSO DE EXTENSÃO: PLANEJAMENTO DE ENSINO SOBRE O VÁCUO FUNDAMENTADO NO ENSINO SOB MEDIDA (JUST-IN-TIME TEACHING) PARA ESTUDANTES DA PRIMEIRA E SEGUNDA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

O planejamento de ensino para Aprendizagem Significativa através do Ensino sob Medida<sup>5</sup> consiste no encadeamento teoricamente fundamentado do conteúdo que será lecionado, neste caso sobre o vácuo.

Nas seções seguintes apresenta-se a descrição geral e detalhada do planejamento de ensino sobre o vácuo baseado na metodologia Ensino sob Medida:

#### 1. Descrição geral do planejamento de ensino sobre o vácuo:

**Objetivo geral:** Desenvolver aprendizagem significativa do conceito de vácuo.

**Público alvo:** Estudantes de Física da primeira e/ou segunda séries do Ensino Médio das escolas públicas e privadas.

**Recursos Materiais e Tecnológicos:**

Quadro branco/Marcadores e apagador

Livro-texto aprovado pelo PNLD 2021

Caderno para anotações

Projektor de Multimídia

Utilização de e-mail e WhatsApp para envio das tarefas de leitura e exercícios de aquecimento

Grupo de estudos pelo WhatsApp (formado pelo docente e estudantes), com o objetivo de estimular estudos.

**Recomendações Metodológicas:** Recomenda-se que o tempo em sala de aula seja utilizado pelo docente para uma breve explicação do conteúdo e que o restante do tempo seja utilizado para discussões em grupo (levando-se em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes e as repostas dos exercícios de aquecimento que podem servir de estopim para iniciar as discussões) e para sanar as principais dúvidas apresentadas pelos estudantes, visto que os conceitos básicos foram estudados pelos alunos na fase das tarefas de leitura e exercícios de aquecimento.

**Tempo estimado do ensino:** Estima-se que o ensino possa ser desenvolvido em nove aulas de cinquenta minutos.

**Conteúdos:** Cada conteúdo corresponde a uma aula de 50 minutos.

---

<sup>5</sup> Daqui em diante o planejamento de ensino para Aprendizagem Significativa através do Ensino sob Medida será chamado apenas de planejamento de ensino.

**Conteúdo 1:** Conceitos introdutórios: História do desenvolvimento científico do conceito de vácuo.

**Conteúdo 2:** Conceito introdutórios (continuação): Discussão qualitativa sobre aplicações tecnológicas que utilizam o vácuo

**Conteúdo 3:** Teoria dos gases ideais - discutir as ideias fundamentais sobre gases ideais

**Conteúdo 4:** Teoria dos gases reais - discutir como os gases se comportam os gases reais

**Conteúdo 5:** Teoria cinética dos gases - discutir o modelo molecular dos gases.

**Conteúdo 6:** Escoamento de gases - como em ciência e tecnologia de vácuo tratamos com gases em movimento é fundamental tratar sobre o escoamento de gases.

**Conteúdo 7:** Bombas de vácuo - abordar qualitativamente alguns dos tipos de bombas de vácuo.

**Conteúdo 8:** Medidores de pressão - abordar qualitativamente alguns dos tipos de medidores de pressão.

**Conteúdo 9:** Fronteiras da física: vácuo quântico – abordar conceitos iniciais de física quântica.

## **2. Descrição detalhada do planejamento de ensino sobre o vácuo:**

**Aula 1:** Conceitos introdutórios sobre o vácuo: História do desenvolvimento científico do conceito de vácuo.

**Problematização 1:** Retirando o ar de um saquinho para conservação de alimentos contendo alimento com uma bomba manual de vácuo, nesse caso nós temos vácuo? E qual a importância deste vácuo, se houver?

Para que a aprendizagem seja significativa, ela deve usar situações-problema que façam sentido para os alunos. “São situações que dão sentido aos conceitos e a conceitualização está no âmago desenvolvimento cognitivo” (VERGANUD, 1990 apud MOREIRA, 2018).

“As primeiras situações devem integrar o contexto do aluno. Novas situações devem ser introduzidas em níveis crescentes de complexidade [...] Portanto, as situações propostas e trabalhadas no ensino da Física devem fazer sentido para os alunos” (MOREIRA, 2018).

A partir desta problematização, os alunos serão convidados a discutir o que eles entendem sobre o conceito de vácuo. Se existem níveis gradações de vácuo ou não?

**Duração: 50 minutos.**

**Objetivos específicos:** Apresentar brevemente a evolução histórica do desenvolvimento científico do conceito de vácuo abordando os principais cientistas e filósofos que

contribuíram para esta área. Apresentar em linha gerais algumas das aplicações do vácuo na sociedade contemporânea.

**Desenvolvimento:** Aula expositiva dialógica, contextualizada e orientada pelas respostas/dúvidas apresentadas pelos estudantes nos exercícios de aquecimento. Discussão e debate sobre os aspectos mais relevantes.

**Tópicos específicos (baseado na minha dissertação):**

- Antiguidade Clássica (Grécia)
  - Atomistas x Eleatas
  - A concepção Aristotélica sobre o vazio (horror ao vácuo e o éter)
- Idade Média
  - Concepção de Tomásica x Concepção Aristotélica
- Idade Moderna
  - Galileu e o problema das bombas aspirantes
  - Torricelli, o primeiro barômetro e o vácuo
  - René Descartes e a matéria sutil
  - Blaise Pascal e a montanha Puy-de-Dôme
  - Otto Von Guericke e a experiência dos "Hemisférios de Magdeburgo"
  - Newton, a Teoria da Gravitação Universal, a Teoria Corpuscular da Luz e o vácuo
- Idade Contemporânea
  - Thomas Young, Augustin Fresnel, Teoria Ondulatória da Luz e o éter luminífero
  - Fenômenos elétricos e magnéticos (Teoria da Ação à Distância x "Teoria de Eletromagnética de Maxwell")
  - Experiência de Michelson-Morley
  - Albert Einstein e a Teoria da Relatividade Restrita (abandono do éter)
  - Albert Einstein e a Teoria da Relatividade Geral (retorno do éter)
  - Werner Heisenberg e o princípio da incerteza
  - Pares de Partículas Virtuais e o Efeito Casimir
- Conclusão

**Material utilizado:**

Quadro Branco/Marcador/Apagador

Projeter de Multimídia

Livro-texto

Caderno para anotações

Listas de exercícios

**Avaliação:** Contínua e formativa: participação nas discussões durante a aula e na resolução das atividades.

**Aula 2:** Conceito introdutórios (continuação): Discussão qualitativa sobre de aplicações tecnológicas cotidianas que utilizam o vácuo.

**Duração: 50 minutos.**

**Objetivos específicos:** Proporcionar aos estudantes compreensão introdutória e qualitativa dos princípios de funcionamento de produtos tecnológicos cotidianos que utilizam o vácuo.

**Desenvolvimento:** Apresentação pelo docente da representação esquemática com demonstração dos principais componentes de alguns produtos tecnológicos cotidianos cujo funcionamento depende do vácuo.

**Tópicos específicos:**

Embalagem de alimentos a vácuo;  
Garrafa térmica;  
Lâmpadas incandescentes;  
Lâmpadas fluorescentes;  
Televisores de tubos de raios catódicos;  
Válvula diodo;

**Material utilizado:**

Quadro Branco/Marcador/Apagador  
Projektor de Multimídia  
Livro-texto  
Caderno para anotações  
Listas de exercícios

**Avaliação:** Contínua e formativa: participação nas discussões durante a aula e na resolução das atividades.

**Aula 3:** Teoria dos gases ideais

**Duração: 50 minutos.**

**Objetivos específicos:** Apresentar a teoria dos gases ideais. Proporcionar aos estudantes compreensão do significado físico dos termos matemáticos e das relações estabelecidas entre os termos matemáticos utilizados nas fórmulas. Proporcionar compreensão das relações estabelecidas entre as fórmulas e contribuir para compreensão em linhas gerais da teoria e de suas leis.

**Desenvolvimento:** Apresentação pelo docente e discussão das ideias fundamentais de forma qualitativa sobre gases ideais.

Apresentação das fórmulas seguidas da explicação do que representa/significa cada termo e como se relacionam, seguidas pela apresentação de “como utilizar as fórmulas” por meio de exemplos quantitativos.

**Tópicos específicos:**

Premissas da teoria;  
Variáveis de estado: pressão, temperatura e volume;  
Lei de Boyle;  
Lei de Gay-Lussac;  
Lei de Charles;  
Equação de estado de um gás ideal (Equação de Clapeyron);  
Constante Universal dos Gases.

**Material utilizado:**

Quadro Branco/Marcador/Apagador  
Projektor de Multimídia

Livro-texto  
Caderno para anotações  
Listas de exercícios

**Avaliação:** Contínua e formativa: participação nas discussões durante a aula e na resolução das atividades.

**Aula 4:** Teoria dos gases reais

**Duração: 50 minutos.**

**Objetivos específicos:** apresentar noções introdutórias da teoria dos gases reais. Proporcionar aos estudantes compreensão do significado físico dos parâmetros da equação de Van der Waals e contribuir para compreensão em linhas gerais da teoria.

**Desenvolvimento:** Apresentação pelo docente e discussão das ideias fundamentais de forma qualitativa sobre gases reais. Apresentação das fórmulas seguidas da explicação do que representa/significa cada termo da equação e como se relacionam, seguidas pela apresentação de “como utilizar a fórmula” por meio de exemplos quantitativos.

**Tópicos específicos:**

Modelo de van der Waals;  
Premissas da teoria;  
Equação de estado de van der Waals;  
Parâmetros da equação de estado de van der Waals;

**Material utilizado:**

Quadro Branco/Marcador/Apagador  
Projetor de Multimídia  
Livro-texto  
Caderno para anotações  
Listas de exercícios

**Avaliação:** Contínua e formativa: participação nas discussões durante a aula e na resolução das atividades.

**Aula 5:** Teoria cinética dos gases

**Duração: 50 minutos.**

**Objetivos específicos:** Apresentar a teoria cinética dos gases. Proporcionar aos estudantes compreensão do significado físico dos termos matemáticos e das relações estabelecidas entre os termos matemáticos utilizados nas fórmulas. Proporcionar compreensão das relações estabelecidas entre as fórmulas e contribuir para compreensão em linhas gerais da teoria.

**Desenvolvimento:** Apresentação pelo docente e discussão das ideias fundamentais de forma qualitativa sobre a teoria cinética dos gases. Apresentação das fórmulas seguidas da explicação do que representa/significa cada termo e como se relacionam, seguidas pela apresentação de “como utilizar as fórmulas” por meio de exemplos quantitativos.

**Tópicos específicos:**

Apresentação dos postulados da teoria (modelo cinético de um gás);  
Cálculo cinético da pressão;  
Constante de Boltzmann;  
Interpretação cinética da temperatura.

**Material utilizado:**

Quadro Branco/Marcador/Apagador  
Projetor de Multimídia  
Livro-texto  
Caderno para anotações  
Listas de exercícios

**Avaliação:** Contínua e formativa: participação nas discussões durante a aula e na resolução das atividades.

**Aula 6:** Escoamento de gases

**Duração:** 50 minutos.

**Objetivos específicos:** Apresentar a teoria de escoamento dos gases em geral. É preciso salientar que para tal descrição utilizaremos modelos, ou seja, determinadas aproximações e simplificações (ONUSIC, MEDINA, DOUGLAS, 2017).

Proporcionar aos estudantes compreensão do significado físico dos termos e das relações estabelecidas entre os termos matemáticos utilizados nas fórmulas. Proporcionar compreensão das relações estabelecidas entre as fórmulas e contribuir para compreensão em linhas gerais do escoamento de gases.

**Desenvolvimento:** Apresentação pelo docente e discussão das ideias fundamentais de forma qualitativa sobre o escoamento de gases.

Apresentação qualitativa pelo docente da teoria de escoamento de gases com apresentação das fórmulas seguidas da explicação do que representa/significa cada termo e como se relacionam, seguidas pela apresentação de “como utilizar as fórmulas” por meio de exemplos quantitativos.

**Tópicos Específicos:**

Introdução;  
Definições básicas;  
Impedância e condutância);  
Condutâncias em série;  
Condutâncias em paralelo;  
Variação da velocidade de bombeamento ao longo de um tubo;  
Condutância e velocidade de bombeamento;  
Classes de fluxo;  
Fluxo turbulento;  
Fluxo viscoso;  
Fluxo de transição entre viscoso e molecular;  
Fluxo molecular.

**Material utilizado:**

Quadro Branco/Marcador/Apagador  
Projektor de Multimídia  
Livro-texto  
Caderno para anotações  
Listas de exercícios

**Observação:** Os tópicos específicos sobre escoamento de gases, bombas de vácuo e medidores de pressão foram retirados das apostilas Escoamento de Gases, Bombas de Vácuo e Medidores de Vácuo de autoria dos Professores Hélcio Onusic, Nilberto H. Medina e Ross Alan Douglas. Estas apostilas são utilizadas na disciplina optativa Ciência e Tecnologia do Vácuo oferecida aos alunos de graduação do Instituto de Física da USP (IFUSP). Para aplicação de alguns tópicos desta apostila aos estudantes da primeira e/ou segunda séries do Ensino Médio que é o público-alvo deste planejamento de curso de extensão sobre o vácuo é necessário que seja feita a transposição didática do conteúdo dos tópicos.

**Avaliação:** Contínua e formativa: participação nas discussões durante a aula e na resolução das atividades.

**Aula 7:** Bombas de vácuo - abordar qualitativamente alguns dos tipos de bombas de vácuo.

**Duração: 50 minutos.**

**Objetivos específicos:** apresentar aos estudantes uma visão inicial sobre os principais tipos de bombas de vácuo e suas aplicações.

**Desenvolvimento:** Apresentação pelo docente de forma qualitativa dos principais tipos de bombas de vácuo com descrição simplificada do seu modo de funcionamento e suas aplicações (pré-vácuo ou alto vácuo). A apresentação será realizada com ilustrações dos principais componentes de cada bomba. Não será realizada abordagem quantitativa e também não serão propostos exercícios quantitativos sobre bombas de vácuo.

**Tópicos específicos:**

Classificação das bombas de vácuo;  
Faixas de pressão de trabalho para diferentes tipos de bombas;  
Bomba rotativa;  
Bomba de difusão;  
Algumas aplicações do vácuo e suas faixas de pressão;  
Exemplos de Processos industriais.

**Material utilizado:**

Quadro Branco/Marcador/Apagador  
Projektor de Multimídia  
Livro-texto  
Caderno para anotações  
Listas de exercícios (somente qualitativos)

**Avaliação:** Contínua e formativa: participação nas discussões durante a aula e na resolução das atividades.

## **Aula 8:** Medidores de pressão

**Duração: 50 minutos.**

**Objetivos específicos:** apresentar aos estudantes uma visão inicial sobre os principais tipos de medidores de pressão e suas aplicações.

**Desenvolvimento:** Apresentação pelo docente de forma qualitativa dos principais tipos de medidores de pressão com descrição simplificada do seu modo de funcionamento e suas aplicações (pré-vácuo ou alto vácuo). A apresentação será realizada com ilustrações dos principais componentes de cada tipo de medidor de pressão.

### **Tópicos específicos:**

Medidores de vácuo (ideal para o Ensino Médio)

Manômetro de mercúrio e óleo (ideal para o Ensino Médio)

Manômetro mecânico (acho que pode ser aplicado no Ensino Médio)

- Bourdon (acho que pode ser aplicado no Ensino Médio)

- Wallace & Tiernan (acho que pode ser aplicado no Ensino Médio)

Manômetro de termo-condutividade (acho que pode ser aplicado no Ensino Médio, os conceitos podem ser explicados, pode ser um possível desdobramento)

Alphatron (acho que pode ser aplicado no Ensino Médio, os conceitos podem ser explicados, pode ser um possível desdobramento)

### **Material utilizado:**

Quadro Branco/Marcador/Apagador

Projeter de Multimídia

Livro-texto

Caderno para anotações

Listas de exercícios (somente qualitativos)

**Avaliação:** Contínua e formativa: participação nas discussões durante a aula e na resolução das atividades.

## **Aula 9:** Fronteiras da física: vácuo quântico

**Duração: 50 minutos.**

**Objetivos específicos:** apresentar aos estudantes uma visão inicial sobre os principais princípios da Física Quântica e relaciona-los ao estudo do vácuo.

**Desenvolvimento:** Apresentação pelo docente de forma qualitativa dos principais princípios da Física Quântica relacionados ao vácuo. Apresentação das fórmulas seguidas da explicação do que representa/significa cada termo e como se relacionam, seguidas pela apresentação de “como utilizar as fórmulas” por meio de exemplos quantitativos.

### **Tópicos específicos:**

Conceitos iniciais de Física Quântica;

Princípio da incerteza;

Pares de partículas virtuais;

Efeito Casimir.

**Material utilizado:**

Quadro Branco/Marcador/Apagador  
Projektor de Multimídia  
Livro-texto  
Caderno para anotações  
Listas de exercícios (somente qualitativos)

**Avaliação:** Contínua e formativa: participação nas discussões durante a aula e na resolução das atividades.

**Aula 10:** Verificação de Aprendizagem

**Duração:** 50 minutos.

**Objetivos específicos:** verificar se os estudantes aprenderam o conceito de vácuo.

Geralmente para os estudantes da primeira e/ou segunda séries do Ensino Médio, uma região do espaço está evacuada ou não, eles não tem a percepção de que existem níveis de vácuo (pré-vácuo, alto-vácuo, ultra-alto vácuo). Um dos objetivos da aula final é verificar se os estudantes conseguiram perceber que existem diferentes níveis de vácuo.

Os estudantes possuem a mesma ideia de vácuo que os livros didáticos estão apresentando?

Possíveis respostas dos alunos:

O vácuo é um lugar vazio.

O vácuo é um lugar no qual não há nada.

O vácuo é uma região sem matéria e energia.

**Proposta de atividade lúdica:** Em relação a dimensão lúdica sugerimos uma visita técnica a um Laboratório de Física, por exemplo da UFRRJ, para demonstração de um experimento de vácuo com a demonstração da medida da pressão do sistema evacuado para determinação de qual nível de vácuo (pré-vácuo, alto-vácuo ou ultra-alto vácuo) foi alcançado. Para os estudantes do Ensino Médio não se faz necessário descrever como o experimento foi realizado.

Outra proposta é a utilização de software para simulação de sistemas de vácuo de forma que os estudantes possam manipular as variáveis envolvidas no fenômeno.

**Proposta de experimento:** construção de uma bomba manual de vácuo.

Este planejamento de ensino pode ser utilizado na íntegra pelo docente ou pode ser selecionada apenas uma aula ou conjunto de aulas para ser/serem ministradas, a critério do docente.

## **ANEXO: LIVROS DIDÁTICOS APROVADOS PELO PNLD 2021**

- CONEXÕES - CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS. Murilo Tissoni Antunes (Murilo Tissoni Antunes); Vera Lucia Duarte de Novais (Vera Lúcia Duarte de Novais); Hugo Carneiro Reis (Hugo Reis); Blaidi Roberto Galvao Sant Anna (Blaidi Sant Anna); Walter Spinelli (Walter Spinelli); Eloci Peres Rios (Eloci Peres Rios); Miguel Angelo Thompson Rios (Miguel Thompson). Editora Moderna. Código do Livro 0199P21203.

- CIÊNCIAS DA NATUREZA – LOPES & ROSSO. Patricia Araujo Dos Santos (Patrícia Araújo Dos Santos); Vinicius Roggerio Da Rocha (Vinicius Roggério Da Rocha); Tathyana Cristina Martins Cordeiro Tumolo (Tathyana Tumolo); Rosana Louro Ferreira Silva (Rosana Louro Ferreira Silva); Rodrigo Uchida Ichikawa (Rodrigo Uchida Ichikawa); Nathalia Helena Azevedo Pereira (Nathália Helena Azevedo); Milton Machado De Oliveira Junior (Oliveira-Junior, M. M.); Lina Maria Almeida Silva (Lina M. Almeida-Silva); Juliana De Oliveira Maia (Juliana Maia); Joana Guilaes De Aguiar (Joana Guilaes De Aguiar); Ivo Bernardi De Freitas (Ivo Bernardi De Freitas); Graciele Almeida De Oliveira (Graciele Almeida De Oliveira); Fabio Rizzo De Aguiar (Fabio Rizzo De Aguiar); Daiane Breves Seriacopi (Daiane Breves Seriacopi); Carlos Mariz De Oliveira Teixeira (Carlos Mariz De Oliveira Teixeira); Bianca Trama Freitas (Bianca Trama Freitas); Artur Guazzelli Leme Silva (Artur Guazzelli Leme Silva); Maira Rosa Carnevalle (Maíra Rosa Carnevalle); Sergio Rosso (Sergio Rosso); Sonia Godoy Bueno Carvalho Lopes (Sônia Lopes). Editora Moderna. Código do Livro 0194P21203.

- MATÉRIA, ENERGIA E VIDA: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR. Danusa Munford; Luiz Gustavo Franco Silveira (Luiz Franco); Santer Alvares De Matos (Santer Matos); Esdras Garcia Alves (Esdras Garcia); Marcos Assuncao Pimenta (Marcos Pimenta); Arjuna Casteli Panzera (Arjuna Panzera); Alfredo Luis Martins Lameirao Mateus (Alfredo Mateus); Andrea Horta Machado (Andréa Horta); Eduardo Fleury Mortimer (Eduardo Mortimer). Editora Scipione. Código do Livro 0181P21203.

- DIÁLOGO – CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS. Ana Carolina Navarro Dos Santos Ferraro (Ana Carolina N. Dos Santos Ferraro); Vanessa Silva Michelin (Vanessa S. Michelin); Marcela Yaemi Ogo (Marcela Yaemi Ogo); Andre Luis Delvas Froes (André Luis Delvas Fróes); Marissa Kimura (Marissa Kimura); Rafael Aguiar Da Silva (Rafael Aguiar Da Silva); Everton Amigoni Chinellato (Éverton Amigoni Chinellato); Kelly Cristina Dos Santos (Kelly Cristina Dos Santos); Kelly Cristina Dos Santos (Kelly Cristina Dos Santos). Editora Moderna. Código do Livro 0196P21203.

- MODERNA PLUS – CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS. Laura Celloto Canto Leite (Laura Celloto Canto Leite); Jose Mariano Amabis (José Mariano Amabis); Julio Antonio Nieri De Toledo Soares (Júlio Soares); Paulo Cesar Martins Penteadado (Paulo Cesar Martins Penteadado); Carlos Magno Azinaro Torres (Carlos Magno A.Torres); Nicolau Gilberto Ferraro (Nicolau Gilberto Ferraro); Eduardo Leite Do Canto (Eduardo Leite Do Canto); Gilberto Rodrigues Martho (Gilberto Rodrigues Martho). Editora Moderna. Código do Livro 0198P21203.

- MULTIVERSOS - CIÊNCIAS DA NATUREZA. Wolney Candido De Melo (Wolney C. Melo); Rosana Maria Dell Agnolo; Leandro Pereira De Godoy (Leandro Godoy). Editora FTD. Código do Livro 0221P21203.

- SER PROTAGONISTA CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS. Vera Lucia Mitiko Aoki; Rodrigo Marchiori Liegel; Joao Batista Vicentin Aguilar (João Batista Aguilar); Elisa Garcia Carvalho; Ana Luiza Petillo Nery (Ana Luiza P. Nery); Ana Fukui; Andre Henrique Zamboni (André Zamboni); Lia Monguilhott Bezerra. Código do Livro 0201P21203.

As relações dos livros selecionados pelo PNLD 2021 podem ser encontradas no site ‘Guia Digital PNLD 2021 – Obras didáticas por áreas do conhecimento específicas’ disponível em [https://pnld.nees.ufal.br/pnld\\_2021\\_didatico/inicio](https://pnld.nees.ufal.br/pnld_2021_didatico/inicio).