

**DANIELA FONTANA ALMENARA**



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA MODERNA E  
CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS**

**JI-PARANÁ, RO  
DEZEMBRO DE 2019**

# **ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS**

**DANIELA FONTANA ALMENARA**

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

**JI-PARANÁ, RO  
DEZEMBRO DE 2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Gerada mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

---

A448e      Almenara, Daniela Fontana

Ensino e aprendizagem de física moderna e contemporânea através da integração das mídias / Daniela Fontana Almenara. -- Ji-Paraná, RO, 2019.

250 p. : il.

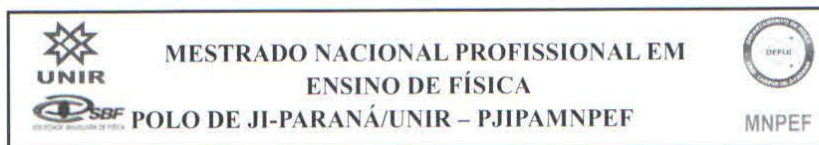
Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Mergulhão Júnior

Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, UNIR

1. Didática. 2. Método de ensino. 3. Tecnologia de aprendizagem.

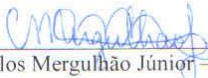
I. Mergulhão Júnior, Carlos. II. Título.

537:37.018.43




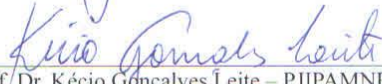
### ATA DE AVALIAÇÃO DA DISSERTAÇÃO DO CURSO DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO JI-PARANA

Aos dezoito dias do mês de fevereiro do ano de 2020, às 14 horas e 24 minutos, no Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física do *Campus* da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) de Ji-Paraná, reuniu-se a Banca Examinadora que foi composta pelos três examinadores: Prof. Dr. Lucas Nunes Jorge, Prof. Dr. Juliano Alves de Deus e pelo Prof. Dr. Kécio Gonçalves Leite para avaliarem o trabalho de dissertação de Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – Polo de Ji-Paraná/UNIR intitulado “*Ensinando e Aprendendo Física Moderna e Contemporânea Através da Integração das Mídias*”, da aluna DANIELA FONTANA ALMENARA. A banca foi presidida pelo orientador Prof. Dr. Carlos Mergulhão Júnior o qual não participou na arguição e nem na avaliação do trabalho de dissertação. Após a apresentação, a candidata foi arguida apenas pelos três integrantes da Banca Examinadora durante 1 hora e 4 minutos. Ao final da arguição, a Banca Examinadora, em sessão reservada, **aprovou** o candidato com o **conceito A**, conforme as regras de aprovação estabelecidas no Regimento do MNPEF. Nada mais havendo a tratar, a avaliação foi encerrada às 16 horas e 27 minutos, dela sendo lavrada a presente ata, assinada por todos os três membros da Banca Examinadora e pelo orientador.

  
Prof. Dr. Carlos Mergulhão Júnior – PJIPAMNPEF/UNIR  
Orientador (presidente)

  
Prof. Dr. Lucas Nunes Jorge – IFMT/Cáceres - MT  
Primeiro Membro

  
Prof. Dr. Juliano Alves de Deus – PJIPAMNPEF/UNIR  
Segundo Membro

  
Prof. Dr. Kécio Gonçalves Leite – PJIPAMNPEF/UNIR  
Terceiro Membro



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por me guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos, e não desanimar com as dificuldades.

À Sociedade Brasileira de Física pela coordenação geral e por tornar possível a realização deste mestrado, à Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Campus de Ji-Paraná, que com sua parceria com o programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) viabilizou o acontecimento deste curso, bem como a todo corpo docente do DEFIJI da UNIR, pelo compromisso e disposição em nos repassar importante parcela de seus conhecimentos.

Aos membros da banca examinadora, grata por tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Mergulhão Júnior pelas orientações, competência, profissionalismo em minha orientação.

A todos da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Cel. Aluizio Pinheiro Ferreira, grata pela participação no projeto, apoio, compreensão e incentivo e principalmente à professora Sílvia Gomes que sempre tão gentilmente leu e opinou em meus escritos.

Aos amigos do mestrado, turma 2018, pelo companheirismo, preocupação e cumplicidade demonstrados, são amigos que levarei pra vida.

Aos meus pais, João Adir Fontana e Maria Quenedi Fontana, por acreditarem e me apoiarem em todos os momentos, por sempre me incentivarem a estudar e ajudarem em tudo na minha ausência.

Ao meu esposo, Mauro Martins Almenara, por todo amor, carinho, compreensão e apoio em tantos momentos difíceis desta caminhada. Obrigado por ser meu apoio em todos os sentidos. E às minhas princesas, Gabriela e Isabela, por serem a luz do meu dia e com seu carinho e alegria serem o incentivo que precisei para não desistir.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

*“Saber muito não lhe torna inteligente. A inteligência se traduz na forma que você recolhe, julga, maneja e, sobretudo, onde e como aplica esta informação.”*

*Carl Sagan*

## RESUMO

### ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS

Daniela Fontana Almenara

ORIENTADOR: Dr. Carlos Mergulhão Júnior

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

Como um claro exemplo da construção do conhecimento humano, a física ao longo do tempo evoluiu, trazendo consigo a grande variedade de inovações e aparatos tecnológicos que estão presentes em nosso dia a dia. As inúmeras transformações ocorridas na sociedade contemporânea, impulsionadas pela evolução da ciência e tecnologia, requerem do ensino de física uma reformulação, a fim de associar os conteúdos trabalhados em sala com essas transformações, preparando os estudantes para refletir e levantar questionamentos a respeito da evolução científico-tecnológica. Porém, em grande parte das escolas brasileiras a física é trabalhada de forma descontextualizada, privilegiando memorização e aplicação direta de fórmulas em detrimento dos conceitos. Estudos apontam sobre a necessidade de desenvolver metodologias capazes de abordar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, de forma a privilegiar aspectos históricos e conceituais, bem como suas aplicações práticas que envolvem vários fenômenos de grande interesse tecnológico. Em vista disso, o presente trabalho apresenta uma metodologia constituída por sequências didáticas apoiadas na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, complementada com a Teoria Sociointeracionista de Vygotsky, onde, por meio de metodologias ativas e utilizando recursos tecnológicos digitais abordaram-se tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC), em particular a Teoria da Relatividade Restrita, as concepções histórico-conceituais da biografia de alguns cientistas que contribuíram com a FMC e o conhecimento e compreensão de alguns equipamentos construídos a partir do legado da FMC, orientando assim os estudantes a buscar explicações científicas sobre o surgimento e funcionamento dos mesmos. Tal produto educacional foi aplicado em uma turma do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual de Rolim de Moura-RO e os dados coletados revelaram indícios de uma aprendizagem significativa, uma vez que instigou a curiosidade dos estudantes sobre os temas, auxiliando em sua abordagem, aproximou os estudantes da disciplina e promoveu interações produtivas entre estudantes em diferentes níveis de aprendizagem.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Física Moderna e Contemporânea, Metodologias Ativas, Gamificação.

## **ABSTRACT**

# **TEACHING AND LEARNING MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS THROUGH MEDIA INTEGRATION**

Daniela Fontana Almenara

ADVISOR: Dr. Carlos Mergulhão Júnior

Master thesis presented to the Post Graduate Program at UNIR - Universidade Federal de Rondônia in the MNPEF - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (National Professional Master's Degree in Physics, Brazil), as part of the requirements necessary to obtain the title master's degree in physics teaching.

As a clear example on the construction of the human knowledge, Physics along the time evolved, bringing a great variety of innovations and technological device that are daily present. Numerous transformations which have occurred in contemporary society, driven by the evolution of science and technology, require a reformulation of physics teaching in order to associate the contents worked in class with these transformations, preparing the students to reflect and raise questions about scientific-technological evolution. However, in most Brazilian schools, physics is taught out of context, favoring memorization and direct application of formulas over concepts. Studies point to the need to develop methodologies capable of approaching topics of Modern and Contemporary Physics in high school, in order to honor historical and conceptual aspects, as well as their practical applications. Therefore, the current work presents a methodology consisting of didactic sequences supported by Ausubel's Meaningful Learning Theory, complemented by Vygotsky's Sociointeractionist Theory, where, through active methodologies and using digital technological resources, topics of Modern and Contemporary Physics were approached (MCP), in particular the Theory of Restricted Relativity, the historical-conceptual of the biography of some scientists who contributed to the MCP over the knowledge and understanding of some equipment constructed from the legacy of the MCP, guiding the students to seek scientific explanations about their rise and functioning. This educational product was applied in a 3rd year high school class of a public state school in Rolim de Moura-RO and the data collected revealed evidence of significant learning, as it instigated the students' curiosity about the themes, assisting on the approach to the school subject and promoted productive interactions between students at different levels of learning.

**Keywords:** Physics Teaching. Modern and Contemporary Physics. Active Methodologies. Gamification.

## **SIGLAS**

FMC – Física Moderna e Contemporânea

SBF – Sociedade Brasileira de Física.

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

UNIR – Universidade Federal de Rondônia.

DEFIJI – Departamento de Física de Ji-Paraná.

CRE – Coordenadoria Regional de Educação.

SEDUC – Secretaria Estadual de Educação.

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio.

TICs – Tecnologias de Informação e Comunicação.

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 4. 1: Descrição das atividades desenvolvidas na primeira sequência didática .....	127
Quadro 4.2: Descrição das atividades desenvolvidas na segunda didática .....	130
Quadro 4. 3: Descrição das atividades desenvolvidas na terceira sequência didática.....	133

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1: Mapa conceitual das teorias de aprendizagem que embasam a dissertação .....	32
Figura 2. 2 - Ciclo da gamificação .....	38
Figura 2. 3: Exemplo de Código QR Code.....	40
Figura 2. 4: Laifi sobre Niels Bohr.....	41
Figura 3. 1: Modelo de um corpo negro .....	49
Figura 3. 2: Simultaneidade.....	72
Figura 3. 3: Referencial $S'$ (Maria).....	74
Figura 3. 4: Referencial $S$ (José) .....	75
Figura 3. 5: Referencial $S'$ movendo-se com .....	79
Figura 3. 6: Comparando velocidades .....	82
Figura 3. 7: Espectro eletromagnético .....	88
Figura 3. 8: Modelo atômico de Rutherford.....	90
Figura 3. 9: Representação do modelo atômico de Bohr.....	94
Figura 3. 10: Tubo de raios catódicos no qual os raios X são produzidos .....	95
Figura 3. 11: Espectro contínuo de raio X.....	96
Figura 3. 12: Emissão estimulada.....	97
Figura 3. 13: Estrutura da Fibra Ótica .....	100
Figura 3. 14: Luz interagindo na fibra ótica .....	100
Figura 3. 15: Ângulo limite de incidência e reflexão total .....	101
Figura 3. 16: Diagrama de transistores tipo <i>pnp</i> e <i>nnp</i> .....	104
Figura 3. 17: Funcionamento do transistor.....	105
Figura 3. 18: Diagrama da lâmpada de vapor.....	106
Figura 3. 19: Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão. ....	107
Figura 4. 1: Aspecto visual do blog.....	113
Figura 4. 2: Criando um grupo no facebook.....	114
Figura 4. 3: Aspecto do Produto Educacional .....	115
Figura 4. 4: Apresentação introdutória FMC.....	116
Figura 4. 5: Recursos da Primeira Sequência Didática .....	116
Figura 4. 6: Selos .....	117
Figura 4. 7: Tutorial Midia Code.....	118
Figura 4. 8: Seção de dicas offline .....	118
Figura 4. 9: Seção de dicas aos docentes.....	119
Figura 4. 10: Apresentação sobre pesquisas seguras.....	119
Figura 4. 11: Quiz Grandes Cientistas.....	120
Figura 4. 12: Cartas Grandes Cientistas .....	121
Figura 4. 13: Tutorial de criação .....	121
Figura 4. 14: Laifis Produzidos .....	122
Figura 4. 15: Laifi disponibilizado no Produto Educacional.....	122
Figura 4. 16: Tutorial Laifi .....	123
Figura 4. 17: Texto sobre infográficos no Produto.....	124

Figura 4. 18: Modelo de geração de ideias .....	124
Figura 4. 19: Recursos para a rotação por estações .....	125
Figura 4. 20: Tutorial do Canva.....	125
Figura 4. 21: Links dos infográficos.....	126
Figura 4. 22: Infográfico Transistor .....	126
Figura 4. 23: Apresentação inicial .....	127
Figura 4. 24: Primeiro código a ser escaneado .....	128
Figura 4. 25: Estudantes escaneando QR Code e resolvendo desafios .....	128
Figura 4. 26: Primeiro desafio a ser resolvido.....	129
Figura 4. 27: Palestra Internet com responsabilidade.....	130
Figura 4. 28: Dinâmica com as cartas dos cientistas e capacitação Laifi .....	131
Figura 4. 29: Apresentação na Feira do Conhecimento.....	131
Figura 4. 30: Apresentação aos jurados do VIII.....	132
Figura 4. 31: Rotação por estações .....	133
Figura 4. 32: Anotações.....	134
Figura 4. 33: Post grupo do facebook.....	134
Figura 4. 34: Apresentação XIII Semana da Física .....	135
Figura 5. 1: Estudantes no pátio da escola pesquisando para responder aos desafios.....	139
Figura 5. 2: Questão cobrada na avaliação bimestral .....	141
Figura 5. 3: Questão 13 da avaliação.....	141
Figura 5. 4: Produções dos grupos .....	145
Figura 5. 5: Estudante representando Tesla.....	146
Figura 5. 6: Laifi sobre Niels Bohr.....	147
Figura 5. 7: Ramificação do Laifi sobre modelo de Thomson .....	147
Figura 5. 8: Ramificações do Laifi sobre modelo de Bohr e o modelo de Shrodinger. ....	148
Figura 5. 9: Ramificação trazendo aplicação dos conceitos.....	148
Figura 5. 10: Laifi sobre Marie Curie.....	149
Figura 5. 11: Ramificações do Laifi sobre Marie Curie.....	149
Figura 5. 12: Imagem da organização do espaço reservado para as ideias .....	151
Figura 5. 13: Infográficos sobre Fibra Ótica e Lâmpadas de Iluminação Pública .....	155
Figura 5. 14: Recortes do infográfico sobre raios - X.....	156
Figura 5. 15: Tópicos.....	157
Figura 5. 16: Onde se encontram os transistores .....	157



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4. 1: Levantamento dos meios em que viram FMC .....	112
Gráfico 4. 2: Cientistas da FMC.....	112
Gráfico 5. 1: Classificação da atividade gamificada .....	140
Gráfico 5. 2: Avaliação dos estudantes recurso tecnológico .....	143
Gráfico 5. 3: Avaliação dos estudantes do recurso.....	152
Gráfico 5. 4: Classificação das interações entre os estudantes.....	154
Gráfico 5. 5: Classificação das interações entre professora .....	155

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>17</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>21</b>
<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>21</b>
2.1 A IMPORTÂNCIA DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO .....	21
2.2 FUNDAMENTOS DE APRENDIZAGEM.....	26
2.2.1 A aprendizagem significativa de Ausubel complementada com a teoria psicológica de Vygotsky .....	26
2.2.2 Tecnologias educacionais e metodologias ativas no ensino de física.....	33
2.2.3 Gamificação com Auxílio de QR Codes .....	36
2.2.4 O Recurso tecnológico Laifi e a Construção de Linhas do Tempo .....	41
2.2.5 Rotação por estações e o recurso tecnológico Canva na produção de Infográficos .....	42
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>47</b>
<b>CONCEITOS FÍSICOS ABORDADOS NO PRODUTO EDUCACIONAL</b> ....	<b>47</b>
3.1 CONCEPÇÕES HISTÓRICO-CONCEITUAIS DOS CIENTISTAS QUE CONTRIBUÍRAM COM O DESENVOLVIMENTO DA FMC.....	47
3.1.1 Max Planck .....	47
3.1.2 Albert Einstein.....	51
3.1.3 Nikola Tesla.....	56
3.1.4 Niels Bohr .....	59
3.1.5 Marie Curie.....	61
3.1.6 Sthephen Hawking .....	64
3.2 RELATIVIDADE: ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	68
3.2.1 A teoria da relatividade especial e suas consequências.....	70
3.2.2 Relatividade da Simultaneidade.....	71
3.2.3 A relatividade do tempo.....	73
3.2.4 A relatividade do comprimento.....	77
3.2.5 A transformação de Lorentz .....	78
3.2.6 Algumas consequências das equações de Lorentz .....	80

3.2.6.1 Simultaneidade .....	80
3.2.6.2 Dilatação do tempo.....	81
3.2.6.3 Contração do comprimento .....	81
<b>3.2.7 Adição relativística de velocidades .....</b>	<b>82</b>
<b>3.2.8 A dinâmica relativística .....</b>	<b>84</b>
3.3 ESPECTROS ATÔMICOS .....	87
3.4 MODELOS ATÔMICOS.....	89
3.5 RAIOS X .....	94
3.6 LASER .....	96
3.7 FIBRA ÓTICA.....	99
3.8 TRANSISTOR .....	102
3.9 LÂMPADAS DE VAPOR DE MERCÚRIO E DE SÓDIO UTILIZADAS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA .....	105
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>109</b>
<b>ASPECTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>109</b>
4.1 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	109
4.2 CONTEXTO E PERFIL DOS PARTICIPANTES.....	110
4.3 CRIAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....	113
<b>4.3.1 Criando o blog e o grupo do facebook.....</b>	<b>113</b>
<b>4.3.2 Construindo o guia pedagógico com as sequências didáticas.....</b>	<b>114</b>
<b>4.2.3 Aplicação da primeira sequência didática: gamificação .....</b>	<b>127</b>
<b>4.2.3 Aplicação da segunda sequência didática: grandes cientistas.....</b>	<b>129</b>
<b>4.2.4 Aplicação da terceira sequência didática: infográficos .....</b>	<b>132</b>
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>137</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>137</b>
5.1 ANÁLISES DAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS .....	138
<b>5.1.1 Aula expositiva de introdução e atividade gamificada.....</b>	<b>138</b>
<b>5.1.3 Construção do Laifi.....</b>	<b>142</b>
<b>5.1.6 Rotação por estações e construção dos infográficos.....</b>	<b>150</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>159</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>163</b>
<b>APÊNDICE I – PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>173</b>

APÊNDICE II – QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DE DADOS DOS ESTUDANTES .....	231
APÊNDICE III – QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS .....	233
APÊNDICE IV – QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DE RESULTADOS .....	235
ANEXO I – DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO PLATAFORMA .....	237
ANEXO II – DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO PARTICIPANTE.....	239
ANEXO III – DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA .....	241
ANEXO IV – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO/RESPONSÁVEL .....	243



# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

A sociedade atual vivencia um processo de grandes transformações, onde os avanços científicos e tecnológicos alcançados, especialmente o desenvolvimento das tecnologias digitais, como o computador, os smartphones e a internet, potencializaram as possibilidades de comunicação e informação, mudando completamente as formas das pessoas se relacionarem e promovendo transformações em todas as áreas do conhecimento.

Contudo, observa-se nas escolas um ensino de física descontextualizado, uma excessiva matematização em detrimento dos conceitos [1]. Somam-se a isso docentes sem formação na área, carga horária que impossibilita o aprofundamento e a introdução de certos conceitos e estudantes desmotivados, com dificuldades em interpretar textos e sem uma base matemática sólida. Como resultado tem-se um aumento do desinteresse e distanciamento dos estudantes da disciplina.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) [2] e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [3] apontam para um ensino de Física voltado para a transformação desse cidadão contemporâneo, munindo os estudantes com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade, visando à construção de uma base de conhecimentos contextualizada e o uso criterioso de diversas tecnologias. Para isso é indispensável aos jovens conhecer alguns aspectos da chamada Física Moderna e Contemporânea (doravante FMC), visando uma compreensão abrangente sobre como se constitui a matéria e tendo contato com diferentes e novos materiais que se fazem presentes em utensílios tecnológicos ou no desenvolvimento da eletrônica.

Não há como o docente de física do ensino médio explicar fenômenos que promovam o desenvolvimento dessas habilidades e competências utilizando somente a física clássica. Geralmente a FMC não é levada em consideração na organização curricular das escolas, em especial nas públicas. Ao que corroboram Ostermann e Moreira [4] quando afirmam que “os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não veem nenhuma Física além de 1900”, classificando a situação como inaceitável num século onde a ciência mudou totalmente.

Nesse contexto, emerge a relevância da inserção de tópicos de FMC na educação básica, e considerando a diversidade de aparatos tecnológicos digitais conectados em rede,

bem como a capacidade dos mesmos em atrair a atenção dos estudantes, a utilização de metodologias ativas, incorporadas pelo uso de recursos tecnológicos digitais apresenta-se como meio de interação propícia aos processos de ensino e aprendizagem de conceitos científicos. Tais metodologias proporcionam propostas motivadoras e desafiantes [5] e o uso de tópicos de FMC permite que se mantenha e realce o interesse que os estudantes trazem consigo para a escola, já que são naturalmente curiosos e os textos convencionais e planos de aula nem sempre permitem isso [6].

Seguindo a linha de pesquisa “Processos de Ensino e Aprendizagem e Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física”, o presente trabalho teve por objetivo apresentar e posteriormente avaliar a metodologia de produção e utilização de um manual com sequências didáticas que proporcionam a introdução de tópicos de FMC no ensino médio, relacionando o desenvolvimento tecnológico atual com os conteúdos de física trabalhados em sala, possibilitando condições favoráveis à pesquisa e estudo por meio de metodologias ativas e recursos tecnológicos digitais. As tecnologias digitais utilizadas foram o construtor de QR Codes Midia Code, o produtor de linhas do tempo Laifi e o recurso de construção de infográficos do Canva. Juntamente as sequências foram produzidos materiais de apoio e tutoriais de utilização dos recursos tecnológicos.

No decorrer da dissertação será possível verificar que a referida metodologia foi aplicada com sucesso em uma escola de Ensino Fundamental e Médio do município de Rolim de Moura, no Estado de Rondônia. Os temas de FMC escolhidos para o produto educacional foram a Teoria da Relatividade Restrita, apresentada por meio de uma atividade gamificada que fez uso de QR Codes. Além disto foi trabalhado uma visão histórico-conceitual da biografia de alguns cientistas que contribuíram com a FMC, com vistas a contribuir para a desmistificação da visão que estudantes têm dos cientistas, por meio da construção de uma linha do tempo com o recurso tecnológico Canva.com. E por fim, foi proposta a pesquisa visando o conhecimento e compreensão de alguns equipamentos construídos a partir do legado da FMC, orientando os estudantes a buscar explicações científicas sobre o surgimento e funcionamento dos mesmos e a apresentação em forma de infográficos construídos com o recurso tecnológico Canva.com.

Optou-se por utilizar sequências didáticas como produto educacional e como aporte para aprendizagem de conteúdos de FMC em virtude da sua composição por atividades encadeadas, questionamentos, atitudes, procedimentos e ações executadas pelos estudantes com a mediação do professor [7]. Como as sequências podem contribuir na consolidação de

conhecimentos que estão em fase de construção, permitindo que progressivamente novas aquisições sejam possíveis, pois a organização dessas atividades prevê uma progressão modular, a partir do levantamento dos conhecimentos que os estudantes já possuem sobre o assunto, optou-se por embasar a construção do produto propondo-se uma aprendizagem significativa numa abordagem ausubeliana/vygotskyana. Isto porque se espera que a internalização de significados se dê via interação social, ou seja, por meio de intercâmbio, troca de significados, e aprender física de maneira significativa seria a internalização dos significados aceitos e construídos para estes instrumentos e signos no contexto da Física [8].

A metodologia de pesquisa escolhida foi a da pesquisa-ação, quanto ao seu objeto, caracteriza-se como qualitativa, uma vez que não se pretende analisar os objetivos em dados numéricos, mas a partir da aplicação das sequências realizar inferências dos dados coletados, descrever as situações levantadas, conflitos e dúvidas dos estudantes e reflexões da pesquisadora [9], procurando no final fazer um relato de experiência dos resultados obtidos pelos estudantes na aplicação do produto na sala de aula

A dissertação está dividida em seis capítulos. O segundo capítulo traz o referencial teórico e aborda a importância da inserção da FMC no Ensino Médio, elencando as dificuldades e os desafios enfrentados, estudos sobre a temática e a necessidade de sua introdução no currículo escolar da educação básica. Em seguida apresentam-se os fundamentos teóricos de aprendizagem sobre os quais está embasado o produto educacional. Discute-se sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, bem como a necessidade de complementar com a teoria psicológica de Vygotsky. Apresenta-se concepções e definições sobre as metodologias ativas no ensino de física e a melhor forma de implementá-las por meio de recursos tecnológicos, por isso discorre-se também sobre a gamificação com auxílio de QR Codes, o recurso tecnológico Laifi e a construção de linhas do tempo, bem como a rotação por estações e o recurso tecnológico Canva na produção de Infográficos.

O terceiro capítulo trata dos conceitos físicos abordados no produto educacional, trazendo inicialmente as concepções histórico-biográficas de alguns cientistas que contribuíram com o desenvolvimento da FMC, a saber: Max Planck, Albert Einstein, Nikola Tesla, Niels Bohr, Marie Curie e Stephen Hawking. Em seguida expõem-se os antecedentes histórico-conceituais da Teoria da Relatividade, bem como as consequências da relatividade especial. Finalizando o capítulo propõe-se o conhecimento e compreensão de alguns equipamentos construídos a partir do legado da FMC evidenciando os conceitos físicos



envolvidos no processo de descoberta e desenvolvimento dos raios x, do laser, da fibra óptica, do transistor e das lâmpadas de vapor de mercúrio e sódio.

O quarto capítulo versa sobre o percurso metodológico descrevendo e caracterizando a metodologia adotada e apresentando o contexto e perfil dos participantes, assim como o desenvolvimento e aplicação do produto educacional.

O capítulo cinco traz a análise e discussão dos resultados da elaboração e aplicação do produto educacional, expondo e discutindo os resultados de questionários e fichas utilizados, interações realizadas pelos grupos no facebook, as anotações do diário de campo, bem como Laifis e infográficos produzidos pelos estudantes.

Por fim o capítulo seis está reservado às considerações finais, fazendo uma reflexão sobre o processo de desenvolvimento e implementação do material didático, bem como discutindo a viabilidade da inserção da FMC no ensino médio à luz dos resultados obtidos.

## CAPÍTULO 2

### REFERENCIAL TEÓRICO

#### 2.1 A IMPORTÂNCIA DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

A Física é uma das ciências que busca investigar os fenômenos da natureza. Historicamente ela é dividida em Física Clássica, que vai dos trabalhos de Galileu até o final do século XIX e Física Moderna e Contemporânea, a qual compreende o período do final do século XIX e os estudos desenvolvidos a partir do século XX. Anterior a Galileu existia uma física, ainda não estruturada como ciência, a física aristotélica, porém esta era puramente filosófica e especulativa sem evidências observacionais ou experimentais diretas.

Como exemplo de construção do conhecimento é natural pensar nessa ciência como facilitadora na democratização do conhecimento, visto que a Física Moderna contribuiu para o entendimento de situações fora do alcance da percepção usual das pessoas, como por exemplo, o entendimento do mundo microscópico e a compreensão do mundo das altas energias [10].

Os estudantes demonstram interesse por ciências como a Astronomia e a Astrofísica, têm contato com conceitos de FMC devido ao acesso aos meios de comunicação. Livros de ficção científica, filmes, páginas na internet, tornam conhecimentos como a Teoria da Relatividade, efeito fotoelétrico, ondas de matéria, fótons, os buracos negros e as subpartículas parte do senso comum dos mesmos. À escola cabe aperfeiçoar este conhecimento com um tratamento mais adequado visando melhor compreensão dos conceitos, pois isso contribui não apenas no entendimento de todas as dimensões do mundo físico real, mas também no desenvolvimento de inúmeras tecnologias que tanto têm favorecido o bem estar das pessoas. Conforme Aubrecht [11]

O uso de tópicos de Física Moderna pode permitir que o professor mantenha ou mesmo realce o interesse pela Ciência que os estudantes trazem consigo para a escola. As crianças são inerentemente curiosas, querendo saber os como e os porquês das coisas. Esse interesse, em muitos casos, é sufocado pela dependência em textos convencionais e planos de aula.

Contudo, estes conhecimentos geralmente não são abordados no ensino médio, e o ensino de física ministrado nas escolas da educação básica envolve, em sua maioria, conceitos da física clássica, os quais não são tão significativos aos olhos dos estudantes. Para que o ensino de física seja mais interessante, convém abordar conceitos de FMC no ensino médio e suas relações como os avanços tecnológicos. Ao que corroboram Ostermann e Moreira [12]:

“O ensino de temas atuais de física pode contribuir para transmitir aos alunos uma visão mais correta dessa ciência e da natureza do trabalho científico, superando a visão linear do desenvolvimento científico, hoje presente nos livros didáticos de física”.

Valadares e Moreira [13] argumentam que é indispensável que o estudante do ensino médio conheça os fundamentos da tecnologia atual, uma vez que está presente em suas vidas e poderá até definir o seu futuro profissional. Sobre esse fato Stannard [14], através de uma pesquisa realizada com estudantes universitários verificou que temas relativos à FMC, como Astrofísica, Relatividade, Partículas Elementares e Teoria Quântica, estão entre os que mais induzem estudantes a optarem pelo estudo da Física na universidade. Ostermann e Moreira [15] discutem inclusive, que a inserção da FMC no ensino médio é capaz de despertar a curiosidade dos estudantes e promover a aproximação deles com o atual mundo da pesquisa em Física. Complementam ainda que:

[...] é mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino. [15]

Neste cenário surgiram pesquisas na área de ensino de ciências, em especial no ensino de física, realizadas com o intuito de desenvolver estratégias capazes de promover a motivação e compreensão dos estudantes por meio da introdução de tópicos de FMC na grade curricular do ensino médio [16]. Dentre as pesquisas verificam-se duas vertentes, dentre as quais a necessidade de atualização curricular e a introdução de conceitos de física moderna e contemporânea na grade curricular do Ensino Médio.

Esta proposta de abordar conteúdos de Física Moderna no ensino médio não é nova e já tem sido discutida na literatura há tempos. Pereira e Ostermann [17] realizaram uma revisão bibliográfica onde apresentam um panorama geral sobre produções acadêmicas na área de ensino de física que discutem a inserção da FMC no ensino médio e constataram que “embora seja notável o aumento de produções sobre o ensino de FMC que apresentam resultados de

pesquisa, a maioria ainda se refere à bibliografia de consulta a professores”. Apontam também a necessidade de uma avaliação crítica que verifique a relevância destes na facilitação dos processos de ensino e aprendizagem. Autores como Wolf e Mors [18] propõem uma abordagem histórica e conceitual para o ensino de relatividade no ensino médio. Ostermann [19] faz uma abordagem sobre temas de física contemporânea no ensino médio utilizando pôster. Em nível internacional, parece existir um consenso quanto à necessidade de introduzir conteúdos de FMC nos currículos de Física das escolas de nível médio [11], [20], [14], [21], [22], [23]; [24], [25].

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), bem como a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), também apontam na direção de uma ampla reformulação do currículo de Física e sinalizam a inserção da FMC nos currículos. Nesse sentido, consta nos PCNEM o seguinte registro:

É preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Sabemos todos que, para tanto, não existem soluções simples ou únicas, nem receitas prontas que garantam o sucesso. Essa é a questão a ser enfrentada pelos educadores de cada escola, de cada realidade social, procurando corresponder aos desejos e esperanças de todos os participantes do processo educativo, reunidos através de uma proposta pedagógica clara. É sempre possível, no entanto, sinalizar aqueles aspectos que conduzem o desenvolvimento do ensino na direção desejada [2]

Assim a introdução da FMC no ensino médio tem como função disseminar os conhecimentos que a ciência e a tecnologia propiciam à população, fornecendo subsídios para que os estudantes se posicionem de forma crítica e atuante, bem como atrair jovens para a carreira científica. Em vista disso, os PCNs discutem a necessidade de prover competências para que os estudantes possa avaliar a veracidade de informações e ou emitir juízos de valor sobre situações que envolvam aspectos físicos:

[...] o aprendizado de física deve estimular os jovens a acompanhar as notícias científicas [...], notícias como uma missão espacial, uma possível colisão de um asteroide com a Terra, um novo método para extrair água do subsolo, uma nova técnica de diagnóstico médico envolvendo princípios físicos, o desenvolvimento da comunicação via satélite, a telefonia celular [...] [2].

Considerando essas propostas dos PCNs verifica-se a necessidade de propiciar aos estudantes do nível médio contato com esses conteúdos da FMC. O que é complementado pela afirmação de Terrazzan [26], [27], de que a crescente influência dos conteúdos contemporâneos no entendimento do mundo atual e a necessidade de formar cidadãos conscientes e participativos que atuem nesse mundo, justifica a tendência de atualizar o

currículo de física. Stannard [14] sugere a escrita de livros e textos com abordagens inovadoras de FMC como forma de encorajar uma revisão curricular, já que dão a impressão de terem sido escritos há cem anos como se nada tivesse ocorrido na Física deste século.

Embora, seja consenso por parte da comunidade brasileira de física a importância da inserção da FMC no ensino médio, o docente de física depara-se com dificuldades que se não impedem, dificultam seu trabalho. Dentre os quais se pode citar o tempo reduzido destinado à aulas de física, em Rondônia duas aulas de 50 minutos por semana, as dificuldades de aceitação dos conceitos abstratos expostos pelo docente, por parte dos estudantes, a forma como a física vem sendo tratada dando ênfase à memorização e aplicação direta de fórmulas, a ausência de conhecimentos prévios por parte dos estudantes, tanto no que diz respeito aos cálculos quanto aos conceitos físicos, a falta de materiais adequados, bem como a forma como muitos livros didáticos apresentam esses conteúdos, agrupados no último capítulo do livro, onde os docentes por vezes não chegam ao final do ano letivo.

Porém sabe-se que diante da profusão de recursos tecnológicos, o docente pode encontrar nestes, aliados capazes de estender a sala da aula ou mesmo facilitar seu trabalho tanto na correção de atividades, quanto na possibilidade de disponibilizar materiais confiáveis aos estudantes com antecedência, o que permitiria mais aproveitamento no tempo de aula presencial. Argumentar a despeito da dificuldade e abstração dos conceitos da FMC também não se justificam, já que a física clássica pode ser tão abstrata e complexa quanto a FMC. Pode-se superar esse obstáculo efetuando uma transposição didática capaz de propiciar ao estudante significado aos conceitos abstratos por meio de suas aplicações [28]. A ausência de conhecimentos prévios pode ser superada com um planejamento adequado onde o docente utilize organizadores prévios [29] que desenvolvam conceitos fundamentais capazes de ancorar futuros conhecimentos de FMC. Ao que endossam Ostermann e Moreira [15] quando ressaltam a importância de metodologias e produções de materiais didáticos pensados com essa finalidade, que sejam eficazes na abordagem desses tópicos.

Apontamentos teóricos de Ostermann e Moreira [15] revelam ainda ser equivocada a concepção da incapacidade dos estudantes em aprender FMC e afirmam em seu estudo que:

É viável ensinar FMC no EM, tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de conceitos. É um engano dizer que os alunos não têm capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos [...] Se houve dificuldades de aprendizagem não foram muito diferentes das usualmente enfrentadas com conteúdos da física clássica [...] Os alunos podem aprendê-la se os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais didáticos estiverem disponíveis. [15]

Isso pressupõe que a FMC deve ser trabalhada de forma a superar a visão de mera memorização de conteúdos centrada em um formalismo matemático, implicando na busca, por parte do docente de física de metodologias inovadoras.

Em vista disso, a história da Física apresenta-se como uma possibilidade de compreensão do processo de construção do conhecimento científico, já que documentos oficiais como os PCNEM, visando orientar a prática docente, apontam que “a Física deve vir reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais” [30], o que requer uma mudança nas metodologias empregadas pelos docentes no processo de ensino/aprendizagem. Autores como Matthews [31], dentre outros coadunam com essa perspectiva, e apontam que a inserção da história da Física nos currículos nacionais ocorre em diversos países com o intuito de apresentar a construção do conhecimento científico de uma forma mais adequada e coerente.

Os apontamentos teóricos de Ostermann e Moreira [32] indicam inclusive como tópicos principais a serem abordados no Ensino Médio a origem do universo, Big Bang, átomo de Bohr, estrutura molecular, partículas elementares, efeito fotoelétrico, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda partícula, fissão e fusão nuclear, raios X, laser, metais e isolantes, semicondutores, supercondutores, leis de conservação, fibras ópticas e o efeito fotoelétrico. Isso em vistas de uma atualização curricular e baseadas na opinião de físicos, pesquisadores em Ensino de Física e docentes de Física no Ensino Médio.

Sanches [33] apresenta alguns exemplos que demonstram a necessidade de se inserir a física do século XX nos currículos:

Para compreenderem-se os princípios científicos e tecnológicos envolvidos na robotização industrial, é preciso entender o comportamento de materiais supercondutores, que formam a base dos chips microeletrônicos. Para entender a transmissão por fibras óticas, é necessário um conhecimento básico da técnica laser. Para entender técnicas novas de diagnóstico médico envolvendo princípios físicos, o estudante precisa conhecer os tópicos básicos da radioatividade.

Considerando o mote deste estudo, verifica-se que muitos são os argumentos que endossam a incorporação de FMC nos currículos de Física, no entanto os encaminhamentos metodológicos em sala serão dados pelos docentes, o que pressupõe a criação de produtos educacionais, como esse produto educacional proposto neste trabalho, que tenham a função de nortear o trabalho e auxiliar os docentes no processo de preparar estudantes capazes de argumentar e atuar na sociedade informacional. Ademais trabalhos como os de Ostermann

[19] indicam que em diversos países desenvolvidos, essa fase de levantamento de argumentos para a inserção de FMC no ensino médio já foi superada e seus currículos já contemplam o tratamento de tópicos modernos.

Contudo, no Brasil, as mudanças têm sido pouco significativas e o ensino de ciências continua com baixa qualidade. Estudantes enfrentam dificuldades na leitura e interpretação de textos ou mesmo em operações matemática básicas. Muitos docentes também não se sentem preparados para abordar esses tópicos em sala de aula, pois também tiveram uma formação em Física baseadas no ensino tradicional, com aulas expositivas e listas de problemas, onde a presença de FMC também é quase inexistente [1].

Nesse processo não existe um único meio correto, pois o docente, baseado nos conhecimentos prévios dos estudantes, recursos disponíveis na escola e contexto ao qual estão inseridos seu público alvo, poderá definir o que será mais adequado. Salienta-se, porém, que o ensino de FMC não deve tornar-se mais um tópico problemático num currículo que necessita de reformulação. Isso implica priorizar o caráter formativo desses tópicos com vistas a uma aprendizagem significativa e que valorize as interações entre pares de saberes diferentes, conforme será discutido na próxima seção da dissertação onde se apresenta o referencial teórico de ensino/aprendizagem utilizado na produção do produto educacional e suas implicações na realização desse estudo.

## 2.2 FUNDAMENTOS DE APRENDIZAGEM

### **2.2.1 A aprendizagem significativa de Ausubel complementada com a teoria psicológica de Vygotsky**

Os processos de aprendizagem desencadeados nas sequências didáticas propostas como produto educacional apoiam-se nos referenciais do Construtivismo de Ausubel [29], complementada com a teoria psicológica de Vygotsky [34].

Como representante do cognitivismo, Ausubel explica o processo de ensino e aprendizagem segundo o ponto de vista cognitivista, contudo reconhece a importância da experiência afetiva, compatível então com a teoria sociointeracionista de Vygotsky. Ele se

baseia na premissa de que existe uma estrutura cognitiva onde a organização e integração do material se processam.

Segundo Moreiza e Mazini, “cognição é o processo através do qual o mundo de significados tem origem” [35]. Na concepção vygotskyana, a internalização de significados depende da interação social e assim como na visão ausubeliana, eles podem ser apresentados ao estudante em sua forma final. O estudante se apropria e reconstrói internamente via interação social e a aprendizagem significativa por definição envolve aquisição e construção de significados. Outro ponto de confluência é a importância atribuída à linguagem tanto na concepção vygotskyana quanto ausubeliana. Nesse sentido, é plausível falar em aprendizagem significativa em um enfoque vygotskyano, tanto quanto falar em interação social vygotskyana em uma perspectiva ausubeliana à aprendizagem.

Para Ausubel, aprender significativamente é ampliar e reconfigurar ideias já existentes na estrutura mental e com isso ser capaz de relacionar e acessar novos conteúdos. A ideia mais importante da sua teoria e suas possíveis implicações para o ensino e aprendizagem podem ser resumidas da seguinte forma: “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo”. [8]

Assim, a aprendizagem significativa é um processo através do qual uma nova informação se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Isso implica dizer que uma vez aprendido determinado conteúdo, o indivíduo conseguirá explicá-lo com suas palavras, ou seja, um mesmo conceito será expresso em linguagem sinônima e transmitirá o mesmo significado.

Quando Ausubel afirma que se deve averiguar o que o aprendiz já sabe e ensiná-lo de acordo, há que se levar em conta a história do sujeito propondo situações que favoreçam a aprendizagem significativa. A nova informação deve interagir com uma estrutura de conhecimento específica nomeada por Ausubel de “conceito subsunçor” existente na estrutura cognitiva de quem aprende. Ausubel [36] considera que subsunçor é uma estrutura específica na qual uma nova informação pode se agregar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual, que armazena experiências prévias do sujeito.

Moreira [8] afirma que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação “ancora-se” em conceitos relevantes que já existem na estrutura cognitiva. Dessa forma, novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios



adquirem novos significados, ampliando sua estabilidade cognitiva. O que é complementado pelo que afirmam Moreira e Masini:

Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem para as novas ideias e conceitos. [35]

Ausubel define também a aprendizagem mecânica, onde a nova informação é armazenada de forma arbitrária e literal, não há interações com aquela pré-existente na estrutura cognitiva e contribui muito pouco para sua elaboração e diferenciação. Embora seja desejável que ocorra uma aprendizagem significativa, Ausubel não apresenta essa diferenciação como uma dicotomia, pois há ocasiões em que a aprendizagem mecânica seja aceitável ou mesmo necessária.

A simples memorização de fórmulas em Física pode ser tomada como exemplo da aprendizagem mecânica. Nesse caso o estudante, embora se lembre das fórmulas e cálculos pode não conseguir transpor essa aprendizagem se for necessário interpretar os problemas a luz dos conceitos teóricos uma vez que o novo conceito não se “ancorou” a conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva ou a subsunçores específicos. Percebe-se que aconteceu somente uma aprendizagem mecânica quando os estudantes na hora da avaliação não conseguem resolver problemas que não sejam exatamente similares aos exemplos dados.

Com o tempo o subsunçor fica mais estável, enriquecendo seu significado e facilitando novas aprendizagens. Moreira [37] define que essa nova forma de aprendizagem significativa, na qual uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passa a subordinar conhecimentos prévios é chamada de aprendizagem significativa superordenada. No entanto não é algo muito comum, sendo a forma mais presente de aprendizagem significativa a aprendizagem subordinada, onde os novos conhecimentos encontram ancoragem em algum conhecimento prévio relevante.

Os conceitos subsunçores presentes na estrutura cognitiva podem ser abrangentes e elaborados, mas também limitados e pouco desenvolvidos e isso ocorre geralmente quando ele não é frequentemente utilizado. Moreira [37] corrobora com isso afirmando que a clareza, a estabilidade cognitiva, a abrangência, a diferenciação de um subsunçor variam ao longo do tempo, sendo esse um conhecimento dinâmico que pode evoluir ou mesmo involuir.

Aprendizagem significativa e mecânica não devem ser confundidas com aprendizagem por descoberta e por recepção. Na aprendizagem por descoberta, conforme [8], o aluno deve através de experimentação aprender ou descobrir “sozinho”, como por exemplo definindo

estratégias de solução de um problema. Isso não quer dizer que necessariamente acontecerá uma aprendizagem significativa, uma vez que para isso o conteúdo “descoberto” teria que estabelecer ligações com conceitos subsunçores presentes na estrutura cognitiva.

Na aprendizagem por recepção, o aluno recebe a informação pronta, como por exemplo numa aula expositiva, sendo função do mesmo atuar sobre esse material e relacioná-lo com conceitos relevantes presentes em sua estrutura cognitiva a fim de que aconteça uma aprendizagem significativa. Ausubel assevera que:

[...] a aprendizagem por recepção significativa envolve, principalmente, a aquisição de novos significados a partir de material de aprendizagem apresentado. Exige quer um mecanismo de aprendizagem significativa, quer a apresentação de material potencialmente significativo para o aprendiz. [29]

Ausubel não estabelece críticas a nenhuma dessas aprendizagens, uma vez que a forma como são encaminhadas podem resultar ou não em uma aprendizagem significativa.

Autores como Moreira e Masini [34] apontam que conforme ocorre a aprendizagem significativa, os conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em virtude de constantes interações, levando à diferenciação progressiva e à reconciliação integrativa. Na diferenciação progressiva, ocorre um processo de atribuição de novos significados a um conceito, resultante da contínua utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. De outra forma, ideias estabelecidas na estrutura cognitiva podem ser reconhecidas como relacionadas no decorrer de novas aprendizagens. Deste modo, ocorre a aquisição de novas informações e elementos existentes na estrutura cognitiva reorganizam-se adquirindo novos significados, gerando o que é nomeada por Ausubel como reconciliação integrativa.

Ausubel destaca algumas condições para ocorrência de uma aprendizagem significativa, dentre elas a pré-disponibilidade do estudante em aprender. Como bem salienta [8] é preciso que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar, de maneira substantiva e não arbitrária, o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva. Assim, quando receber uma informação nova o estudante tenta incluí-la em um dos subsunçores existentes, estabelecendo relações com as informações que já existem em sua estrutura cognitiva.

Para que esse processo tenha sucesso o docente deve utilizar recursos de ensino que associam a informação nova com o que já foi trabalhado. Tal fato traz a luz mais uma condição para a ocorrência da aprendizagem significativa, pois o conteúdo escolar a ser

aprendido deve ser potencialmente significativo, ou seja, lógica e psicologicamente significativo. No que se refere à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunçores específicos, com os quais o novo material é relacionável [8].

Isso implica dizer que mesmo com um material potencialmente significativo, a aprendizagem significativa poderia não acontecer, uma vez que se a intenção do estudante for tão somente memorizá-lo o processo de aprendizagem e seu produto será mecânico. Por outro lado, embora o estudante esteja pré-disposto a aprender, se o material não for potencialmente significativo e capaz de estabelecer relações com os subsunçores presentes na estrutura cognitiva, não haverá uma aprendizagem significativa.

Ausubel [38] cita um exemplo na área de Física:

Um estudante pode aprender a lei de Ohm, a qual indica que, num circuito, a corrente é diretamente proporcional à voltagem. Entretanto, essa proposição não será aprendida de maneira significativa a menos que o estudante já tenha adquirido, previamente, os significados dos conceitos de corrente, voltagem, resistência, proporcionalidade direta e inversa (satisfeitas estas condições, a proposição é potencialmente significativa, pois seu significado lógico é evidente), e a menos que tente relacionar estes significados como estão indicados na lei de Ohm.

Em vista disso pode-se afirmar que não somente o estudante precisa estar pré-disposto a relacionar seus conhecimentos prévios com o novo conhecimento, como o docente tem um papel importantíssimo de oferecer um material significativo, que leve em conta esses conhecimentos prévios.

Tal fato traz à discussão um fator preponderante para a aprendizagem significativa, quando o aprendiz não possui o subsunçor necessário à ancoragem dos novos conhecimentos.

Primeiramente deve-se levar em conta que nas crianças os conceitos são adquiridos, sobretudo através da aprendizagem por descoberta, o que compreende geração e testagem de hipóteses e generalizações. Neste caso elas já possuem um conjunto pertinente de conceitos que possibilitam a aprendizagem significativa.

No entanto, em alguns casos, não existem subsunçores onde os novos conhecimentos possam se ancorar. Para isso Ausubel propõe que se utilize organizadores prévios que possam levar ao desenvolvimento de conceitos subsunçores, proporcionando a aprendizagem por consequência. Moreira e Masini [35] fazem uma descrição do como podem ser os organizadores prévios:

Os organizadores prévios podem se apresentar sob a forma de textos, filmes, esquemas, desenhos, fotos, perguntas, mapas conceituais, entre outros que são

apresentados ao estudante, em primeiro lugar, em nível de maior abrangência, permitindo a integração dos novos conceitos aprendidos, tornando mais fácil o relacionamento da nova informação com a estrutura cognitiva já existente.

O organizador prévio não é um resumo do conteúdo que será apresentado, e tem que estar em um grau de generalidade que facilite a integração da nova ideia agindo como elo entre a estrutura hierárquica do conhecimento e o conhecimento prévio.

No cotidiano escolar verifica-se a ocorrência dessas situações, e convém organizar materiais introdutórios, que serão apresentados antes do conteúdo novo a fim de facilitar a aprendizagem e preencher a lacuna entre o que o aluno já sabe e o que ele deve aprender para que o conhecimento novo seja aprendido de forma significativa.

Observa-se que na grande maioria das situações de ensino/aprendizagem o aluno é passivo e mero reprodutor de informação e tarefas repetitivas, não desenvolve a sua criatividade e, mesmo que, por vezes se respeite os ritmos individuais, não se atribui grande relevância a sua curiosidade e motivação. As aulas ainda são centradas no docente, que controla todo o processo, distribui as recompensas e, ocasionalmente, a punição (abordagem instrucionista).

Nesse contexto, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, enriquecida pela Teoria sociointeracionista de Vygotsky pode assumir um papel expressivo na formação dos estudantes, pois a primeira é uma teoria de aprendizagem pensada para o contexto escolar, não somente uma teoria comportamental ou psicológica. A teoria de Ausubel, leva em conta a história dos estudantes e ressalta o papel dos docentes nas proposições de situações que favoreçam a aprendizagem. E a segunda, a teoria sociointeracionista de Vygotsky, tem como aspecto fundamental a interação social. É por meio das interações sociais que os sujeitos desenvolvem funções psicológicas superiores. Moreira, Caballero e Rodríguez [39] coadunam com essa perspectiva e afirmam que “a aprendizagem significativa depende de interação social, i.e., de intercâmbio, troca, de significados via interação social”.

Moreira e Ostermann [40] explicam que Vygotsky propõe dois níveis de desenvolvimento, o real e o proximal. O nível de desenvolvimento real representa o resultado de certos ciclos de desenvolvimento já completados, e o segundo nível, que é a zona de desenvolvimento proximal, define aquelas funções que ainda não amadureceram e que estão em processo de maturação. A zona de desenvolvimento proximal é um dos conceitos fundamentais da teoria de Vygotsky com relação aos processos de aprendizagem.

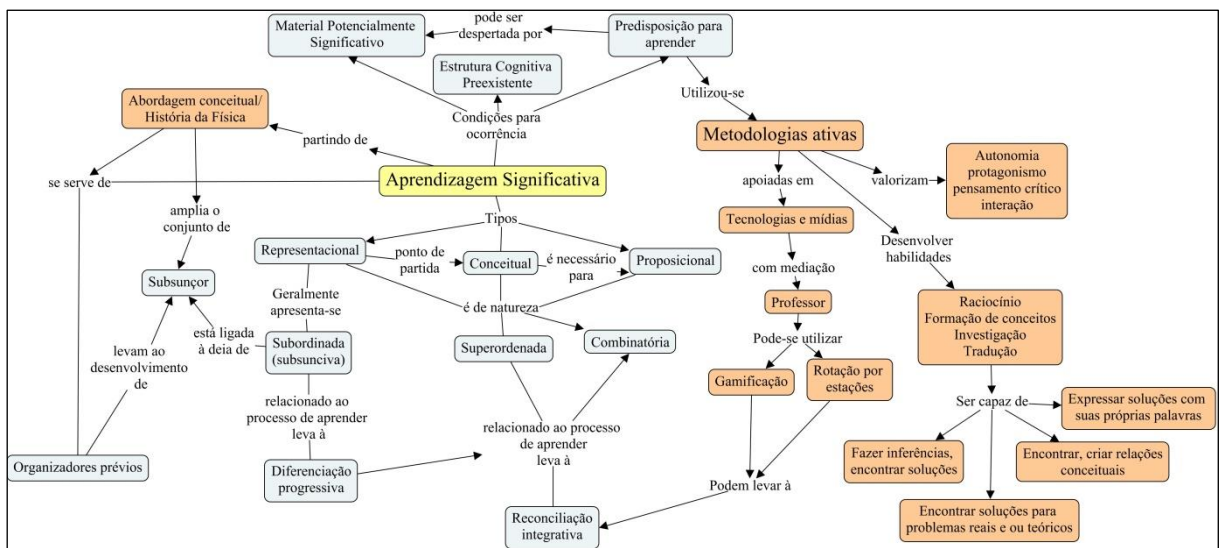
Nesta perspectiva, a aprendizagem é vista como criadora da zona de desenvolvimento proximal; desperta vários processos internos de desenvolvimento,

que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com companheiros. Uma vez internalizados, esses processos passam a fazer parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança. [40]

No entanto, para que ocorra aprendizagem, as interações sociais devem ocorrer dentro da zona de desenvolvimento proximal, que está situada entre o que o estudante já sabe (conhecimento real) e sua potencialidade em aprender (conhecimento potencial). Por isso cabe ao docente mediar esse processo estimulando as interações e utilizando estratégias que tornem o estudante independente, possibilitando a criação de ambientes propícios à participação colaborativa e oferecendo desafios que desenvolvam a todo momento o potencial.

Em vista disso a proposta discutida nessa dissertação pode ser esquematizada com base no mapa conceitual apresentado na figura 2.1.

Figura 2. 1: Mapa conceitual das teorias de aprendizagem que embasam a dissertação



Fonte: Criado pela autora

Nesse sentido, a utilização de metodologias ativas e tecnologias educacionais no ensino de física, que se discute na sequência, oferece ao docente essa possibilidade, complementando acertadamente as Teorias de Aprendizagem Significativa e a teoria sociointeracionista de Vygotsky.

### 2.2.2 Tecnologias educacionais e metodologias ativas no ensino de física

A sociedade atual vivencia um processo de grandes transformações, onde os avanços científicos e tecnológicos alcançados, especialmente o desenvolvimento de tecnologias digitais como computadores, tablets, smartphones e a internet, potencializaram as possibilidades de comunicação e informação, alteraram completamente as relações entre as pessoas e desencadearam transformações em todas as áreas do conhecimento. Almeida coaduna com essa perspectiva e alerta que:

Na convergência entre espaços presenciais e virtuais surgem novos modos de expressar pensamentos, sentimentos, crenças e desejos, por meio de uma diversidade de tecnologias e linguagens midiáticas empregadas para interagir, criar, estabelecer relações e aprender. Essas mudanças convocam participação e colaboração, requerem uma posição crítica em relação à tecnologia, à informação e ao conhecimento, influenciam a cultura levando à emergência da cultura digital. [41]

Nesse sentido, as exigências advindas dessas transformações requerem do estudante não um grande acúmulo de informações e sim o desenvolvimento de competências, habilidades cognitivas e atitudes que favoreçam a produção de conhecimento atualizado e constante, para compreender e atuar na sociedade informacional.

Autores como Moreira, Caballero e Rodriguez [39] apontam que embora “um bom ensino deva ser construtivista, promover a mudança conceitual e facilitar a aprendizagem significativa” e que se caminhe na direção de uma mudança conceitual, é provável que a prática docente ainda tenha muito do behaviorismo, teoria em que o ensino e a aprendizagem enfocavam estímulos, respostas e reforços, e não significados. Cabe, então, à educação repensar metodologias na tentativa de desenvolver processos de ensino e de aprendizagem que ao mesmo tempo contemplem os interesses dos estudantes e valorizem seus conhecimentos prévios, a fim de propiciar uma aprendizagem mais significativa.

É oportuno argumentar sobre a necessidade de criação de contextos de aprendizagem dispostos diferentemente daqueles utilizados tradicionalmente na educação formal. Muitas formas de ensinar hoje não se justificam mais, pois se perde muito tempo e aprende-se pouco. A facilidade em obter informações, trocar ideias e trabalhar colaborativamente, põe aos docentes e profissionais da educação a necessidade de transformar a sala de aula e a responsabilidade de repensar práticas educativas, metodologias e o próprio currículo. Almeida [41] considera que para responder essa demanda é preciso:

[...] reconhecer o potencial informativo, instrutivo e formativo das plataformas disponíveis na internet para o intercâmbio de ideias, experiências e culturas, o desenvolvimento de produções colaborativas, a participação em projetos de cooperação, a aprendizagem, a organização de movimentos sociais locais ou globais, a criação e publicação de informações.

A Física é uma das disciplinas em que os estudantes mais necessitam fazer ligações entre conhecimentos prévios e novas ideias, uma vez que aproxima conceitos do dia a dia ao que os estudantes precisam aprender. O docente pode utilizar desenhos, ilustrações, simulações, animações, vídeos, sites, redes sociais, etc, criando um ambiente propício à aprendizagem. Autores como Valente, Almeida e Geraldini [6] corroboram com isso afirmando que:

A educação que se desenvolve imbricada com a cultura encontra-se pressionada pelas práticas sociais típicas da cultura digital, caracterizadas pela participação em redes sociais virtuais da web, como Facebook, Instagram e Twitter. As redes potencializam a interação independente de hierarquias, a convivência com a abundância de informações disponíveis em distintas fontes — nem sempre confiáveis —, o estabelecimento de relações entre informações, a produção, o compartilhamento e a publicação de novas informações, a manifestação de opiniões para apoiar ideias, contradizer e explicitar valores de acordo com a ética que orienta as relações do sujeito com os outros e mobilizar pessoas para uma ação comum, em busca de atingir objetivos acordados socialmente.

Diante de tantas ferramentas midiáticas não é mais possível resumir o uso de tecnologias no ensino de física ao acesso e manipulação de simuladores. Não que se deva abandonar seu uso, até porque é uma ferramenta extraordinária que permite ao docente demonstrar situações em que não é possível a utilização de experimentos reais, mas sim inserir nessa prática também outras ferramentas que permitam não somente a interação estudante/ferramenta, mas também estudante/estudante e estudantes/docente de forma a potencializar a aprendizagem.

Autores como Almeida e Valente [42], Kenski [43], Santos [44], Pretto [45], Peixoto e Carvalho [46], Mello, Moraes e Barros [47], há tempos vem discutindo e demonstrando as potencialidades das tecnologias digitais nos processos de ensino e aprendizagem.

Dessa forma, as metodologias ativas, apoiadas em tecnologias, podem trazer valiosas contribuições no processo de ensino e aprendizagem na disciplina de física, já que proporcionam autonomia para a resolução de problemas, interação e trocas entre sujeitos de saberes e níveis diferentes, trabalho em grupo e colaborativos [41].

Isso suscita um questionamento: O que seriam metodologias ativas e que tipo de metodologias podem-se considerar como ativas? Autores com Valente, Almeida e Geraldini [6] definem metodologias ativas como:

[...] estratégias pedagógicas que colocam o foco do processo de ensino e aprendizagem no aprendiz, contrastando com a abordagem pedagógica do ensino tradicional, centrada no professor, que transmite informação aos alunos. O fato de elas serem caracterizadas como ativas está relacionado com a aplicação de práticas pedagógicas para envolver os alunos, engajá-los em atividades práticas, nas quais eles são protagonistas da sua aprendizagem.

Assim, no desenvolvimento de abordagens pedagógicas ativas, o uso de tecnologias digitais é de grande utilidade. É preciso integrar as mídias e as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) no desenvolvimento e na recriação de metodologias ativas, impulsionando o engajamento dos estudantes, uma vez que existem diferentes tipos de mídias que podem ser incorporadas ao processo de ensino e aprendizagem de física, de modo a valorizar as diferentes formas pelas quais os estudantes podem ser envolvidos nesse processo, para que aprendam melhor, em seu ritmo, tempo e estilo [41].

Porém, a utilização de tecnologias digitais por meio de metodologias ativas, deve ser feita de forma integrada ao currículo escolar, o que pressupõe um novo papel tanto a docentes como a estudantes. O docente deve desempenhar um papel de mediador do processo, definido por Moran [48] como alguém que:

“informa, ajuda a escolher as informações mais importantes, trabalha para que elas se tornem significativas para os alunos, permitindo que eles as compreendam, avaliem conceitual e eticamente, reelaborem-nas e adaptem-nas aos seus contextos pessoais.”

Assim, o educador contemporâneo deve planejar as atividades de forma a permitir que os estudantes busquem informações relevantes e seguras, cabendo a ele valorizar a busca, o estímulo, orientar os estudantes para que se tornem protagonistas na construção do seu conhecimento, fazendo com que os estudantes também se sintam responsáveis por esse processo de ensino e aprendizagem.

Para isso se faz necessário propor metodologias que desenvolvam processos de ensino e de aprendizagem capazes de contemplar os interesses dos estudantes e valorizar seus conhecimentos prévios, a fim de propiciar uma aprendizagem mais significativa. Autores como Bacich e Moran [41] afirmam que:



A aprendizagem mais profunda requer espaços de prática frequentes (aprender fazendo) e de ambientes ricos em oportunidades. Por isso, é importante o estímulo multissensorial e a valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes para “ancorar” os novos conhecimentos.

Partindo dessa perspectiva, quais seriam então as metodologias ativas mais adequadas? Depende do tipo de trabalho que será desenvolvido, pois existem muitas metodologias que podem ser consideradas ativas, e não necessariamente precisam utilizar tecnologias digitais. Tradicionalmente as mais utilizadas têm sido a aprendizagem por pares (peer instruction), a aprendizagem baseada em projetos, aprendizagem por meio de jogos ou gamificação (gamification), e mais recentemente, com o advento das tecnologias digitais, aula invertida e rotação por estações.

Nesse estudo serão abordadas especificamente a gamificação e a Rotação por estações, que foram as metodologias ativas utilizadas no processo de aplicação do produto educacional, bem como alguns recursos tecnológicos como o Laifi e o Canva, brevemente descritas nas próximas sessões.

### **2.2.3 Gamificação com Auxílio de QR Codes**

Com tantos atrativos para os estudantes não é fácil envolvê-los em uma tarefa que consista em somente ficar sentado na sala de aula resolvendo problemas, e na disciplina de Física não é diferente. Também não é uma tarefa fácil conseguir que os mesmos leiam a parte teórica dos conteúdos, o que é essencial para se entender os problemas e resolvê-los corretamente. Isso representa um desafio para docentes, não só de Física, mas de todas as disciplinas, que é encontrar diferentes maneiras de envolver os estudantes nas diversas atividades pedagógicas do dia a dia de sala de aula.

É neste cenário que a gamificação se encaixa. Ajudando a tornar a aprendizagem atrativa, engajadora, divertida e efetiva [49]. A tecnologia se revela uma aliada do docente, uma vez que os estudantes já nasceram nessa era das TDIC e quase a totalidade deles dominam e utilizam tecnologias corriqueiramente. Também é notório que os games são capazes de prender a atenção dos estudantes das mais diversas idades por apresentarem desafios, e utilizar os recursos de jogos nesse contexto pode ser uma resposta a diversos males que afetam a educação tradicional, e o maior deles é o desinteresse.

Alves [49] complementa que:

“A aprendizagem e a tecnologia têm muita coisa em comum, afinal, ambas buscam simplificar o complexo. A grande diferença entre esses dois campos está na velocidade. Enquanto a tecnologia evolui muito rapidamente, parecemos insistir na utilização de apresentações de PowerPoint intermináveis que só dificultam o aprendizado, dispersando a atenção de nossos aprendizes que encontram um universo bem mais interessante em seus smartphones”.

Por conseguinte, já que “ao professor cabe a difícil tarefa de compreender a distinção entre trabalhar com games visando a significação e a mera ilusão do fazer diferente por usar jogos na sala de aula” [50], é preciso entender o conceito de gamificação e as particularidades necessárias a fim de garantir que uma atividade tenha esse perfil.

Um game pode ser definido como um sistema onde os jogadores interagem em um desafio abstrato, definido por regras, interatividade e feedback que pode trazer uma reação emocional [51]. A partir disso verifica-se que utilizar um game com estudantes pode não significar exatamente promover uma atividade com gamificação e para compreender melhor essa situação é preciso definir também o que é gamificação.

Autores como Dixon, Khaled e Deterding [52] definem gamificação como o uso de elementos de *design* de *game* em contextos fora dos *games* para motivar, aumentar a atividade, e reter a atenção do usuário, ou seja, gamificar significa usar elementos dos jogos de forma a engajar pessoas para atingir um objetivo. A esse respeito Carolei e Tori [53] alertam que:

“A ideia principal da gamificação não é trabalhar com games fechados, que são produtos e recursos culturais em si, e sim incorporar os elementos da linguagem dos games ao longo dos diversos processos, no nosso caso, nas estratégias pedagógicas que visam à aprendizagem.”

Porém, antes de gamificar uma atividade específica é preciso pensar quais são os mecanismos que fazem uma atividade ser um jogo. Considerando o que pontuam autores como Vianna, Medina e Tanaka [54] um jogo reúne um conjunto de elementos que embora sejam indissociáveis nem sempre vem estruturados de forma igual, mas “todos os jogos compartilham quatro características que os definem: meta, regras, sistema de *feedback* e participação voluntária”. Sendo assim, para que uma atividade possa ser considerada gamificada deve garantir esses quatro mecanismos. Deve ficar claro que utilizar esses mecanismos não garante que a atividade seja apreciada por todos os jogadores.

Lorenzoni [55] explica que para fazer uso da gamificação, não é preciso usar jogos prontos, e que embora eles sejam uma das possibilidades, é apenas um dos caminhos. Pode-se explorar a gamificação por meio de certas dinâmicas com os estudantes, sendo que a principal é partir de missões ou desafios, com o propósito de envolvê-los no processo. Também são alternativas “atribuir, distintivos ou prêmios como incentivo; definir personagens (avatars) ou cenários específicos com que os alunos precisam lidar ou propor obstáculos a serem superados”.

Como gamificar então? Liu, Alexandrova e Nakajima [56] afirmam a importância de garantir alguns itens, conforme descritos na Figura 2.2.

Figura 2. 2 - Ciclo da gamificação



Fonte: Adaptada pela autora com base em [56]

Tais itens tem a função de garantir a participação e engajamento dos estudantes. Também é importante identificar qual o problema na sala de aula ou a oportunidade educacional que se quer explorar, saber quem é o público-alvo e definir quais são os objetivos que se quer atingir. A regra de pontos deve ser planejada de forma a atender os objetivos propostos e para isso pode ser necessário separar em níveis que demonstrem o progresso dos estudantes. É preciso entender o que os estudantes querem, para assim estabelecer

mecanismos de recompensa e de registro dos pontos obtidos. Por fim faz-se necessário reconhecer e valorizar o esforço individual e/ou em grupo, premiando as conquistas dos mesmos.

Devem-se estabelecer metas objetivas, onde o estudante saiba o que é esperado dele, restringindo a forma de alcançar o objetivo de maneira a permitir que o mesmo tenha autonomia em empregar abordagens diferentes. Alves [49] propõe que se estabeleçam metas intermediária para facilitar o processo de *flow*, recompensando o jogador a fim de estimulá-lo a seguir adiante e mantendo o progresso do mesmo visível, uma vez que saber que parte do percurso já foi percorrida impulsiona a conclusão. Pode-se trabalhar com recursos como moedas, selos, emblemas ou outros que possam ser angariados pelo aprendiz ao longo do desempenho da atividade gamificada. Alves [49] argumenta ainda que em um jogo, quando se está totalmente engajado no momento, no espaço e tempo do mesmo, experimenta-se um estado denominado de “*flow*”, e o resultado é “uma verdadeira avalanche de novos comportamentos, estratégias, pensamento e ideias diferentes para fazer a mesma coisa que não apareceria se não estivéssemos neste mundo encantado onde tentar é possível” [49].

Em vista disso, verifica-se que unir os recursos dos jogos com a tecnologia dos *QR Codes* na elaboração de atividades gamificadas, de forma a torná-las mais interativas, dinâmicas e desafiadoras e que envolva todos os estudantes pode se apresentar uma ótima solução.

*QR code* é a sigla em inglês para *Quick Response*, ou seja, resposta rápida. Foi criado em 1994 pela *Denso Wave*, uma empresa japonesa, e consiste em um código de barras 2D que pode ser lido através de aplicativos para celulares que possuem câmera fotográfica [57]. O aplicativo escaneia o código, convertendo-o em texto, números de telefone, links para sites, localização, vídeos e imagens.

Criar um *QR code* não requer habilidades de programação ou *design*, uma vez que existem aplicativos para *tablets* e celulares, ou serviços *on line* onde se pode escolher o tipo de informação que o *QR code* irá armazenar, indicar o conteúdo em campo específico e gerar o código. Esse por sua vez pode ser salvo como imagem e divulgado por meios eletrônicos ou impressos. Existem excelentes serviços gratuitos de criação e armazenamento de *QR codes* como por exemplo o *Midia Code* [58], utilizado na construção do produto educacional, o que facilita seu uso na educação. O aspecto de um *QR code* pode ser observado na figura 2.3, o qual direciona para o artigo da “Torne suas aulas mais interativa com *QR Codes*”, o qual fala sobre utilização de *QR Codes* na educação.

Figura 2. 3: Exemplo de código *QR Code*



Fonte: Criado pela autora

Esse recurso pode ser usado em sala de aula a fim de tornar a aula mais atrativa e interessante para os estudantes já que a maioria deles possui smartphones e utilizam corriqueiramente várias tecnologias. Com os *QR codes* o docente pode facilitar o acesso a sites específicos selecionados por ele, eliminar o risco de erros ao digitar endereços e economizar tempo. Qualquer mídia pode ser transformada em um código *QR code*, e neste contexto o *QR code* tem a utilidade de fornecer acesso a documentos, sites ou links de uma forma rápida e, sendo o objetivo gamificar as atividades, ele é capaz de introduzir um mistério do desafio a ser desvendado, tirando os estudantes da rotina e propiciando uma infinidade de aplicações pedagógicas para um educador criativo.

Isto posto, verifica-se que a gamificação abre para a educação um leque de possibilidades, já que pode ser utilizada para despertar o interesse, aumentar a participação, promover diálogo, desenvolver criatividade e autonomia ou ainda resolver situações-problema [51]. Ademais trabalhos como o de Tonéis [50] esclarecem que todo cidadão do século XXI deve ser capaz de compreender programas ou alterar códigos das máquinas, pois essa é a base da atual revolução industrial, e se a escola deseja formar cidadãos críticos e atuantes deve-se considerar essa dimensão da formação.

Vale lembrar que a ideia principal de gamificação não é simplesmente utilizar games e sim incorporar os elementos da linguagem dos games nas estratégias pedagógicas [59], portanto não é primordial utilizar tecnologias para ter-se uma atividade gamificada. Salienta-se também que o potencial que essa estratégia tem de envolver e resultar em uma aprendizagem significativa depende de como o docente planeja e media as situações. É preciso fazer as perguntas certas, pois mesmo que os estudantes não saibam as respostas, é nesse processo de construção e reconstrução que ocorre o aprendizado e isso pressupõe que o mesmo conheça os recursos que vai usar e como aproveitar ao máximo seu potencial.

## 2.2.4 O Recurso tecnológico Laifi e a Construção de Linhas do Tempo

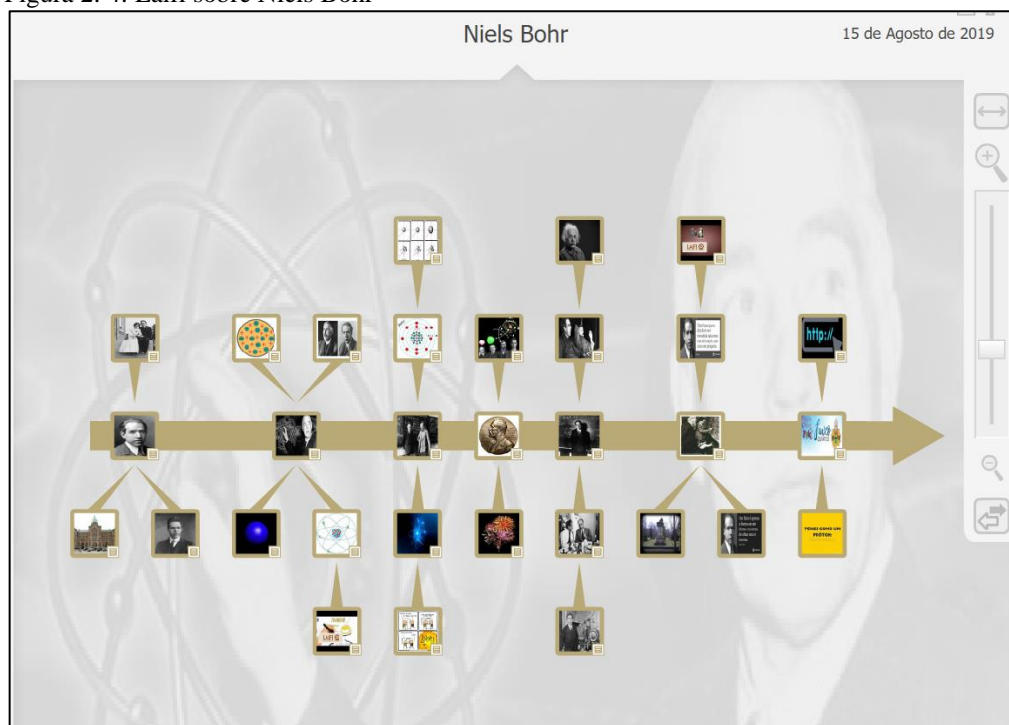
O Laifi é um recurso tecnológico *on line* e gratuito, que trabalha de forma gráfica o conceito de historicidade [60]. Além disso, é uma rede social colaborativa, onde após efetuar o cadastro, se podem construir, individual ou coletivamente, diagramas em forma de árvore ou linhas do tempo. Nesses diagramas é possível colocar imagens, texto ou vídeos, disponibilizar para que outras pessoas visualizem ou produzam colaborativamente, o que estimula o trabalho em grupos.

Tal recurso possibilita a exposição do conteúdo de maneira didática e interativa, permitindo uma organização gráfica e esquematizada. Pode-se elencar como vantagem também a possibilidade em editar a qualquer momento o trabalho produzido, alterando ou introduzindo novos recursos. Durante a produção do Laifi pode-se defini-lo como restrito e após o término deixá-lo público para que outras pessoas possam visualizar.

Os Laifis criados podem ser apresentados por docentes ou estudantes por meio de projetores multimídia ou por meio de computadores e smartphones, já que é possível convidar outras pessoas a visualizá-lo ou fornecer um link do mesmo.

Na sequência, na figura 2.4 pode ser verificada a aparência visual de um Laifi.

Figura 2. 4: Laifi sobre Niels Bohr



Fonte: Capturado pela autora em <http://bit.ly/laifiboehr>

O Laifi é um recurso tecnológico com muitas funcionalidades e apresenta ingredientes que o torna muito atrativo para o público: a beleza, a utilidade, a praticidade e a emoção. Por ser *on line* e permitir a colaboração de várias pessoas num único trabalho, ele favorece o trabalho em grupo e ainda pode ser usado de forma assíncrona à aula, permitindo que a mesma seja estendida. O fato de o próprio docente poder ser adicionado como participante do Laifi permite um retorno mais específico do trabalho realizado pelos estudantes e que os mesmos melhorem suas produções antes de concluírem.

Esse novo recurso tecnológico pode ser utilizado didaticamente e trazer à disciplina de física a oportunidade de trabalhar o contexto histórico-conceitual, através de uma linha do tempo, experienciando o ensino de física numa nova perspectiva, visto que é indiscutível que uma exposição gráfica que disponibiliza diversas mídias, além de ser mais didática, trás melhor compreensão do que uma exposição simplesmente textual.

### **2.2.5 Rotação por estações e o recurso tecnológico Canva na produção de Infográficos**

A metodologia de rotações por estações faz parte do rol das metodologias ativas. Nesse modelo os estudantes são organizados em grupos pelo docente e realizam atividades em estações. É importante organizar os grupos de acordo com os objetivos a serem alcançados, e desse modo convém agrupar os estudantes de diferentes níveis e habilidades para que no processo de interação com o outro, bem como com o docente, todos possam aprender. As metodologias ativas englobam uma concepção do processo de ensino e aprendizagem que considera a participação efetiva dos estudantes na construção da sua aprendizagem [61]. Para isso, devem-se organizar várias estações de aprendizagem, os chamados microambientes, e em cada uma das estações um mesmo conteúdo será disponibilizado de maneira diferente. Sobre esse aspecto, autores como Neto, Trevisani e Bacich [62] apontam que “as tarefas podem envolver discussões em grupo, com ou sem a presença do docente, atividades escritas, leituras e, necessariamente, uma atividade on-line”. Complementam ainda que:

É importante valorizar momentos em que os estudantes possam trabalhar de forma colaborativa e aqueles em que possam fazê-lo individualmente. [...] A variedade de recursos utilizados, como vídeos, leituras, trabalho individual e colaborativo, entre outros, também favorece a personalização do ensino, pois, como sabemos, nem todos os estudantes aprendem da mesma forma [62].

Dessa forma, tal metodologia permite apresentar o assunto a ser estudado/pesquisado em diversos formatos e mídias, o que proporciona aos estudantes um atendimento mais individualizado já que todos podem ser contemplados com o mesmo conteúdo, mas num formato em que se sintam mais confortáveis. Nesse modelo é muito importante utilizar um espaço adequado, uma vez que os estudantes, em grupos, irão rotacionar pelas estações de trabalho, após um tempo previamente combinado, em torno de 15 a 20 min. É ideal utilizar ambientes diferentes da sala de aula convencional, como bibliotecas por exemplo, onde geralmente existem mesas e cadeiras adequadas para esse tipo de trabalho. No ambiente organizado adequadamente é possível ao docente circular entre os grupos fomentando discussões, estimulando as atividades ou auxiliando os que tiverem dificuldades.

A rotação por estações deve envolver os estudantes com propostas motivadoras, tornando-os protagonistas no processo de ensino e aprendizagem. Isso requer estudantes proativos, assim “se queremos que sejam criativos, eles precisam experimentar inúmeras novas possibilidades de mostrar sua iniciativa” [5]. Para isso também é preciso garantir que os estudantes saibam o que se espera deles em termos de produção em cada estação, o que pode ser previamente combinado. É comum que os estudantes “esqueçam” o que foi combinado previamente para a execução da tarefa, então é recomendável que o docente procure meios de garantir essa informação fazendo anotações no quadro, deixando-as dentro da própria estação, ou fornecendo um roteiro das atividades propostas para cada estação.

Com essa técnica observa-se maior envolvimento dos estudantes se comparado aos métodos tradicionais de ensino onde, na maioria das vezes, não se consegue atingir a totalidade da turma. No entanto, como é o estudante que está dirigindo seu aprendizado, cabe ao docente o papel de orientador e avaliador constante [62]. Bacich e Moran [61] corroboram com essa afirmação ao discutir que:

Organizar o trabalho didático-pedagógico na perspectiva do ensino híbrido, integrando o ensino on-line e o presencial, no modelo de rotação por estações, além de promover a aprendizagem dos alunos e a identificação de dúvidas, contribui sobremaneira para a implicação deles em seu aprendizado, para o aprimoramento de sua autonomia. Contribui também para o aprendizado de um procedimento didático possível de ser usado no exercício da docência.

Os estudantes ficam no centro do processo e o docente tem a função de propor e estimular atividades conjuntas e relações colaborativas, mediando o processo de aprendizagem a fim de torná-los independentes e estimular seu conhecimento pessoal, mas respeitando o tempo de aprendizagem de cada aluno.



Nesse cenário, “o trabalho colaborativo pode estar aliado ao uso das tecnologias digitais e propiciar momentos de aprendizagem e troca que ultrapassam as barreiras da sala de aula” [63]. A utilização do recurso tecnológico Canva, por exemplo, para a construção de infográficos permite a realização de trabalhos onde os estudantes interajam numa mesma produção, sem a necessidade de estarem juntos presencialmente. Pode-se compartilhar com toda a turma decidindo entre dar acesso apenas para visualização ou mesmo permitir que o docente e colegas de grupo colaborem numa mesma produção.

O Canva é um recurso tecnológico de *design*, *on line* e gratuito, onde se tem acesso a inúmeras imagens, ilustrações, vetores e fotografias de banco de imagens, e ainda se pode fazer upload de imagens personalizadas. Nela estão disponíveis filtros predefinidos e ferramentas de edição de imagem avançadas, ícones, formas e elementos, e ainda uma seleção de fontes para *design*.

Esse recurso apresenta uma nova maneira de compartilhar e descobrir *designs*, permitindo que os usuários publiquem suas criações, sigam amigos e interajam. Uma das funcionalidades da ferramenta Canva é a possibilidade de construir infográficos, os quais podem ser feitos a partir de modelos pré-determinados, ou construídos totalmente pelo usuário.

Segundo Teixeira [64], um infográfico pressupõe uma narrativa, conta uma história, o que o diferencia de um gráfico, mapa ou uma tabela isolados, e o torna um excelente recurso didático para explicar um conteúdo. Na educação, eles podem ser usados para facilitar a compreensão de informações, oferecendo noções mais rápidas e dos sujeitos, do tempo e do espaço dessas informações [65].

Os infográficos reúnem informações com imagens, permitindo que estas possam ser absorvidas de forma mais rápida e menos cansativa, uma vez que, sendo as letras símbolos, o cérebro decodifica esses símbolos para depois associar ao que tem armazenado na memória. Em seguida é preciso entender a formação de palavras e frases, enquanto que uma imagem é processada de uma só vez. Conforme a Associação Brasileira de Imprensa o infográfico é uma forma de representar informações técnicas com aspecto atrativo, em pouco tempo e espaço, vindo atender a uma nova geração de leitores predominantemente visual [66]

Para apresentar as pesquisas por intermédio de um infográfico os estudantes terão que não só pesquisar textos e imagens, mas compreendê-los, e a partir disso pensar em como apresentá-los para que proporcionem uma aprendizagem visual, e que conteúdos e informações complexas sejam transmitidos e interpretados mais facilmente. Nesse processo é

importante a mediação do docente a fim de auxiliá-los na busca de fontes confiáveis, seleção de dados e imagens relevantes e apresentação gráfica agradável.



## CAPÍTULO 3

### CONCEITOS FÍSICOS ABORDADOS NO PRODUTO EDUCACIONAL

Os conceitos físicos abordados a seguir são parte integrante do produto educacional, necessitando-se discorrer sobre os mesmos, conforme a grade curricular presente nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do ensino básico de Física no Ensino Médio.

Pretende-se, apresentar uma revisão histórico-biográfica dos cientistas abordados no produto educacional, o processo histórico e os aspectos conceituais que permearam a formulação da teoria da relatividade restrita, bem como os conceitos físicos utilizados na concepção de alguns equipamentos que foram construídos a partir da física moderna.

#### 3.1 CONCEPÇÕES HISTÓRICO-CONCEITUAIS DOS CIENTISTAS QUE CONTRIBUÍRAM COM O DESENVOLVIMENTO DA FMC

A história da evolução do conhecimento humano, em especial da física é repleta de personagens emblemáticas e descobertas empolgantes. Tal constatação permite afirmar que entender a vida de personalidades que deixaram marcas indelévels na história da ciência é tão importante quanto estudar suas descobertas em si, já que entender o contexto histórico em que estava inserido esse cientista pode explicar muito a respeito da evolução da própria ciência. Nesse mote, na sequência apresentam-se concepções histórico-biográficas dos cientistas que contribuíram com o desenvolvimento da física moderna e contemporânea trabalhados no produto educacional.

##### 3.1.1 Max Planck

No dia 23 de abril de 1858 nascia Max Karl Ernst Ludwig Planck, em Kiel, Alemanha. Descendente de religiosos, eruditos e juristas, Max Planck (como ficou mundialmente conhecido) era filho de Emma Planck e Wilhelm Johann Julius Planck. Tinha grande talento

para a música, no entanto foi na Física que ele teve destaque, indo contra as recomendações de docentes da época que afirmavam que não havia mais nada a ser descoberto na física. Os Planck “tinham a educação, a cultura e os valores familiares em alto apreço” [67] deixando esse legado para o filho.

Planck cursou o ensino secundário no Maximilian Gymnasium, em Munique. Ele atribui o despertar do seu interesse pela ciência ao seu professor de matemática, Hermann Muller, que com suas aulas impressionou o jovem Planck e o fez pensar que a busca de leis fundamentais da natureza era a mais nobre investigação que um cientista podia empreender [67].

Embora Planck fosse um excelente estudante, sendo classificado pelos professores como um dos melhores, ele não era considerado um prodígio. Tinha habilidades sociais, sendo o preferido entre colegas e professores, no entanto na época ninguém observava nele brilhantismo. Brennam [67] aponta que a vida de Max Planck apresenta um grande contraste quando comparada às de Newton e Einstein, pois enquanto os dois eram considerados gênios, Planck seria um “cientista consciencioso e diligente”, que não foi “nenhum meteoro no céu noturno da física”. Sobressaiam suas habilidades sociais, pois enquanto Einstein e Newton eram introvertidos e antissociais, Planck era um estimado e respeitado administrador acadêmico.

Sem demonstrar um talento específico, embora fosse um músico considerável, Planck concluiu seus estudos secundários em julho de 1874, aos 16 anos, e no dia 21 de outubro de do mesmo ano se inscreveu na Universidade de Munique para estudar ciências exatas, transferindo-se mais tarde para Universidade de Berlim. Em Munique dedicou-se à física experimental e matemática e em Berlim, após assistir às aulas de renomados professores despertou o interesse pela termodinâmica. Começou a estudar de forma independente os assuntos que lhe interessavam, abraçando como tema de sua dissertação de doutorado o estudo da Segunda Lei da Termodinâmica. Infelizmente a reação à sua dissertação foi pouco calorosa, sendo que suas “ideias sobre entropia e suas propostas de experimentos não impressionaram os eminentes orientadores acadêmicos” [67].

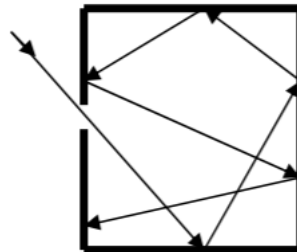
Em 1879 terminou o doutorado e no ano seguinte ingressou no corpo docente da Universidade de Munique como professor associado, vindo a ser designado como professor titular da Universidade de Kiel cinco anos mais tarde. Casou-se em 1886 com Marie Merck e em 1889, com o falecimento de Gustav Kirchhoff, seu ex-orientador, Herman vom

Helmholtz, outro orientador de Planck contribuiu para que ele obtivesse a cátedra de Kirchhoff.

Como professor catedrático, Planck passou a dedicar-se a um problema físico, a radiação do corpo negro. Segundo Brennan [67], “um corpo negro é um objeto teórico que absorve todas as frequências da luz”, por esse motivo deveria irradiar todas as frequências da luz quando aquecido. De acordo com a teoria clássica, a energia irradiada de um corpo negro deveria seguir uma distribuição de energia de Rayleigh-Jeans na qual para comprimentos de onda pequenos (ou altas frequências) haveria uma singularidade na qual a energia tenderia ao infinito no limite de altas frequências. Dai resulta o termo de catástrofe do ultravioleta, já que a mais alta frequência de irradiação da luz visível é o violeta. Assim, surgiu este problema insolúvel dentro da física clássica, pois a distribuição de energia não poderia divergir no limite de altas frequências.

O modelo simples e prático para um corpo negro é o de um objeto oco com uma pequena abertura (fig. 3.7), que ao ser aquecido por uma fonte de calor no seu interior, verifica-se a emissão de radiação pelo orifício. Qualquer radiação que entra se reflete e vai sendo absorvida nas paredes até ser completamente absorvida.

Figura 3. 1: Modelo de um corpo negro



Fonte: Os Fundamentos da Física – Temas Especiais

Planck aceitou o desafio de encontrar a solução para esse problema e posteriormente veio revolucionar os conceitos da física clássica. Em dezembro de 1900 Planck apresentou um estudo teórico à Sociedade Alemã de Física, deduzindo uma equação totalmente de acordo com os resultados experimentais. Para isso teve que considerar que na superfície do corpo negro existiam cargas elétricas oscilantes que emitiam energia radiante em porções descontínuas, e não contínuas conforme sugere a teoria clássica. Tais “partículas” transportam uma quantidade de energia  $E$  bem definida e Planck as denominou “fótons”. A energia  $E$  de cada fóton é denominada quantum (no plural quanta).

Planck deduziu uma fórmula da distribuição da radiação de corpo negro que concordava com os dados experimentais [68]:

$$I(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{(e^{hc/KT\lambda} - 1)}, \quad 3.1$$

onde  $h$  é uma constante de proporcionalidade denominada constante de Planck, cujo valor é dado por:  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ . Essa solução, que considerava que a energia é quantizada, possibilitou explicar outros conceitos físicos a nível microscópico.

Porém não foi uma solução fácil, Planck trabalhou anos pra chegar à equação 3.1, e somente conseguiu chegar ao resultado 3.1 se admitisse que os átomos oscilavam e emitiam energia em valores discretos de energia  $E_n$  proporcionais de frequência  $f$ , dados por:

$$E_n = nhf, \quad 3.2$$

sendo  $n$  um número inteiro positivo, sendo  $h$  a constante de Planck. O resultado obtido por Planck não admitia o catástrofe do ultravioleta.

Mesmo Planck não estava muito seguro com suas suposições de que a energia seria quantizada e embora tivesse chegado à equação que descrevia corretamente o espectro da luz emitida por um corpo negro, havia a necessidade de justificá-la corretamente com bases teóricas. Somente em 1905 Einstein usou as ideias de Planck e explicou o efeito fotoelétrico, bem como sugeriu que a quantização era uma característica fundamental da energia luminosa, e as moléculas absorvem ou emitem energia em pacotes de energia: os fótons [68].

Em vista disso, a data de dezembro de 1900 é considerada um marco divisório entre a Física Clássica e a Física Quântica – a teoria física dos fenômenos microscópicos. Uma revolução científica que acabou se tornando um dos pilares da Física Moderna junto à Teoria da Relatividade de Einstein. Sem Planck e seus sucessores como o Einstein, muito do desenvolvimento tecnológico que percebemos no nosso cotidiano não seriam possíveis, dentre os quais a energia nuclear, a nanotecnologia, os aparelhos de DVD e o computador, por exemplo.

Inicialmente sua teoria quântica não causou muita impressão nos físicos quando anunciada, sendo que “o próprio Planck não acreditava realmente nela” [67], e suspeitava que seus resultados poderiam não ter relação verdadeira com a natureza. Seus estudos e a descoberta do "quantum" revolucionaram o mundo da física e tudo aquilo que havido sido

descoberto até o momento, sendo legitimamente reconhecido com o Prêmio Nobel da Física, em 1918.

Max Planck faleceu em Gottingen, Alemanha, no dia 4 de outubro de 1947. Em sua honra, a Academia de Ciências Kaiser Wilhelm recebeu o nome de Max Planck. O maior prêmio científico da Alemanha passou a ser a medalha Planck.

Fatos históricos mostram que se não fossem pelos estudos e descobertas de Planck, talvez a física moderna não tivesse alcançado o desenvolvimento que alcançou no início do século XX, de tal forma que vários outros estudos posteriores, feitos pelo próprio Planck e por outros pesquisadores, seriam impossibilitados. Fato esse que prejudicariam os diversos avanços tecnológicos conhecidos atualmente, já que diversos materiais e técnicas inovadoras, como a produção de energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico e o surgimento dos painéis de LED, são decorrentes do estudo de uma ampla variedade de fenômenos quânticos.

Isso fez com que as últimas décadas, a Física Quântica venha ganhando cada vez mais força. A teoria também está aplicada na Nanotecnologia, que atualmente está cada vez mais integrada à sociedade, utilizada não somente em equipamentos eletrônicos (chips, peças), também avança em diversas áreas, por exemplo a área médica, onde a previsão é que seu uso seja uma alternativa para o tratamento do câncer.

### **3.1.2 Albert Einstein**

Albert Einstein nasceu em Ulm, na Alemanha, no dia 14 de março de 1879 e veio a falecer no dia 18 de abril de 1955 em Princeton, nos Estados Unidos. Veio de uma família judaica e seus pais se chamavam Hermann e Pauline, os quais, Segundo Brennan [67] tinham poucos recursos, contudo era uma família culta.

Com o advento do uso comercial da eletricidade no final do século XIX, seu pai abriu uma firma de eletricidade em Munchen, onde passou a residir com a família. O negócio não prosperou e a família se mudou algumas vezes, vindo a residir em Milão, onde em 1902 Hermann faleceu deixando viúva e filhos em dificuldades financeiras.

Einstein era uma criança quieta e não gostava de brincadeiras barulhentas. Aos seis anos entrou na escola pública e embora nem sempre se desse bem com os professores, teve um bom desempenho. Aos dez anos ele foi transferido para uma escola secundária alemã, onde existia uma disciplina rígida e formalista, que era usual na época. Segundo os relatos



deixados por Maria, sua irmã, ele reagia ao sistema rígido de ensino, duvidando da autoridade. Nessa escola onde ele era o único judeu da classe, era discriminado e ridicularizado pelas outras crianças, o que contribuiu para que se tornasse cada vez mais isolado [69].

Paralelamente aos estudos, incentivado por seus tios Jakob e Casar Koch, Einstein começou a se dedicar mais à matemática. Max Talmud, um amigo íntimo da família, foi outro que exerceu grande influência sobre Einstein. Ele discutia com Einstein questões que eram levantadas por ele e recomendava a leitura de livros sobre filosofia natural.

Em 1984, mesmo com a mudança da família para Milão, Albert continuou em Munique aos cuidados de parentes, para terminar o secundário [67]. Suas notas caíram e acabou deixando a escola, indo para a Itália onde passou meses com a família sem uma ocupação definida. Nesse período interessou-se por questões relativas à teoria eletromagnética e acabou escrevendo um pequeno ensaio sobre o éter, o qual enviou a seu tio materno Caesar Koch.

Ao que parece os pais de Albert tinham a expectativa que o mesmo estudasse engenharia elétrica a fim de se envolver nos negócios da família. Então Albert obteve autorização para fazer o exame de ingresso na Politécnica Federal da Suíça, em Zurich, no entanto não foi aprovado. Como suas notas em matemática e física foram boas, foi estimulado a concluir seus estudos em um colégio na cidade de Aarau. Em setembro de 1986 foi admitido na Politécnica Federal, mas em vez de se inscrever em engenharia, ele se matriculou no programa de licenciatura em matemática e física.

Em seu primeiro ano de faculdade, Einstein aproximou-se dos colegas Marcel Grossman e Mileva Maric. Martins [69] cita que nem sempre Einstein frequentava as aulas, no entanto utilizava as anotações de Marcel Grossman, que era um excelente aluno para se preparar para os exames. Brennan [67] aponta que embora Einstein tivesse, em geral, uma atitude madura para com o trabalho, tendia a se dedicar apenas aos projetos que lhe interessassem, e sendo aluno de uma instituição que adotava técnicas formais de aula, sua ausência era notada em sala, o que lhe trouxe problemas com alguns professores. Seus colegas descrevem que nessa época ele era insolente, auto confiante e zombador e essa atitude além de não agradar aos seus professores, lhe trouxe dificuldades posteriormente.

Einstein namorou Mileva Maric, no entanto não era indiferente em relação a outras moças. Sabe-se que eles não apenas foram namorados mas desenvolveram muitos estudos em conjunto.

No final do curso em Zurich, Albert se dedicou ao estudo de livros de física, leu obras de Kirchhoff, Hertz, Helmholtz, Mach, Boltzmann e Drude, aprendendo também o eletromagnetismo de Maxwell, o qual o influenciou muito, tendo o primeiro contato com ideias sobre a relatividade dos fenômenos eletromagnéticos. Sobre isso Martins discorre:

“Durante sua graduação Albert gostava de se dedicar às aulas de laboratório. Muito envolvido com a teoria eletromagnética de Maxwell e aceitando inicialmente a existência do éter, em 1899 ele sugeriu aos seus professores a possibilidade de construir um aparelho para medir a velocidade da Terra em relação ao éter, mas não obteve apoio para isso.” [69]

Existem documentos da época que demonstram que Mileva estudava e discutia com Einstein essas obras. Em 1900 Einstein foi aprovado no exame final do curso de licenciatura e Mileva foi reprovada, muito provavelmente pelo fato de ter ficado afastada do curso durante quase um ano.

Em seguida Einstein começou a busca por emprego. Brennan [67] ressalta que embora ele tenha recebido seu diploma em física ao mesmo tempo que outros três estudantes, os quais imediatamente obtiveram um cargo como professores assistentes na universidade, Einstein não foi contratado, fato esse devido à sua falta de reverência para com os professores. Somente em 1902, com a indicação do amigo Marcel Grossman, Einstein foi nomeado perito técnico de terceira classe do Departamento de Patentes da Suíça em Berna. Nesse período seu pai veio a falecer, entretanto Albert não pensou em assumir a firma do pai ou em se dedicar à sua família. Por fim em 1903, embora sua família fosse contra, ele se casou com e Mileva Maric.

A nomeação para o Departamento de Patentes da Suíça proporcionou tempo a Einstein para se dedicar a leitura e escrita de artigos, os quais foram publicados em revistas da época. Nesse período, juntamente com Mileva e alguns amigos, ele fundou o que chamaram de Akademie Olympia.

Einstein tentou uma posição como livre-docente na universidade de Bern, mas foi rejeitado por não ter ainda o título de doutor. No final deste ano, já efetivado como permanente no emprego, ele foi convidado a escrever resumos de artigos publicados sobre termodinâmica e mecânica estatística para o periódico *Beiblatter zu den Annalen der Physik* [69].

Para fazer esses resumos Einstein tinha que fazer muitas leituras e se manter atualizado. Quando estudante havia lido Kirchhoff e Hertz sobre o comportamento das correntes elétricas e das ondas eletromagnéticas, estudou também as teorias da eletricidade

de James Clerk Maxwell, as ideias de Ernst Mach sobre os conceitos básicos da física e as de Hendrik Lorentz sobre a teoria eletrônica da matéria. Esses e outros influentes cientistas, em especial Michael Faraday, formaram a base sobre a qual Einstein construiu sua teoria.

Somente em 1905, Einstein publicou alguns dos seus trabalhos mais importantes, incluindo as primeiras contribuições sobre a teoria da relatividade. Até esse momento ele havia publicado apenas alguns artigos sobre termodinâmica, teoria cinética dos gases e mecânica estatística, os quais não tiveram muita repercussão [69]. Nesse mesmo ano publicou também um trabalho sobre a natureza quantizada da luz e outro sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento, o qual continha sua abordagem da teoria da relatividade e foi complementado por outro trabalho curto sobre a relação entre a energia e a inércia de um corpo. Nesse ano concluiu uma tese de doutorado que foi aceita pelo professor Kleiner e defendida na Universidade de Zurich.

Todos esses trabalhos publicados por Einstein tiveram pouca repercussão, e ele somente ficou conhecido a partir de 1907 quando publicou um artigo sobre calor específico dos sólidos, onde usou a ideia de quantização da energia dos osciladores para analisar as trocas de energia dentro de um cristal, a qual foi desenvolvida por Max Plank.

Sua carreira universitária iniciou-se somente em 1909, sendo professor de Física teórica na universidade de Zurich aos 30 anos.

Mesmo estando satisfeito com seu cargo, não deixou de estabelecer negociações em vista de uma colocação mais prestigiosa e em março de 1911 se tornou professor titular da Universidade Karl-Ferdinand, em Praga. Walter Nernst estudou o trabalho de Einstein e percebendo a importância do que ele havia feito e também do potencial da teoria quântica, convenceu um rico industrial a financiar uma reunião científica. Aconteceu assim o primeiro Conselho Solvay de física, realizado em Bruxelas, o qual foi presidido por Hendrik Lorentz, um dos físicos teóricos mais respeitados da época. Segundo Martins [69] Albert sempre admirou Lorentz e manteve com ele uma longa amizade, embora tivessem diferenças científicas em muitos pontos.

Em 1912, gozando de uma boa posição acadêmica e de reconhecimento de seu trabalho, Einstein aceitou a proposta de lecionar física teórica na Politécnica de Zurich, começando a estudar geometria diferencial e a desenvolver sua teoria da relatividade geral. Inicialmente sua teoria estava repleta de equívocos, foi muito criticada, no entanto ele foi superando as dificuldades e chegou às equações fundamentais da teoria em 1915.

Nesse ínterim, Einstein teve um envolvimento amoroso com sua prima Elsa, a qual interferiu para que ele fosse convidado a fazer parte do Instituto de Física Kaiser Wilhelm na Alemanha, recebendo uma proposta diretamente de Max Plank e Walther Nernst. Esses cientistas tinham interesse que Einstein se dedicasse a teoria quântica, campo que estava crescendo muito. Após aceitar o cargo, se mudar para a Alemanha com a família, Albert saiu de casa e como seu casamento havia muito estava desgastado, Mileva resolveu desistir do casamento.

Até essa época, embora respeitado nos meios científicos, Einstein não era conhecido do público. Foi um astrônomo britânico chamado Arthur Stanley Eddington que adotando uma postura incomum na época e defendendo que as relações científicas deviam estar acima de divergências políticas que, ao tomar conhecimento sobre os trabalhos de Einstein, começou a divulgá-los. A partir disso se desencadeiam uma série de acontecimentos que levaram a “fama” de Einstein, bem como a comprovação de sua teoria sobre a relatividade geral que provocou mudanças em várias crenças científicas.

Sua maior contribuição para a tecnologia foi a explicação do efeito fotoelétrico, fenômeno descoberto pelo físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) em 1887, e que ocorre quando determinado tipo de radiação (luz visível, luz ultravioleta, raios X, entre outras) atinge a superfície de determinados materiais, provocando a ejeção de elétrons. Isso lhe valeu o Nobel de Física de 1921 por demonstrar que a constante de Plank era universal, ou seja, deveria se manifestar em diferentes fenômenos físicos. Assim, ao contrário do que a maioria pensa, a mais importante contribuição de Einstein com o efeito fotoelétrico não se refere às suas aplicações tecnológicas, e sim à porta que ele abriu para a teoria quântica.

O artigo onde Einstein apresenta sua teoria da relatividade restrita foi publicado em 1905 em um periódico chamado *Annalen der Physik* sob o título “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento” e fez parte do que ficou conhecido como o “Ano miraculoso de Einstein”, pois nesse período ele publicou outros artigos muito relevantes. Damasio e Peduzzi [70] salientam que “o objetivo do trabalho foi, a partir da eletrodinâmica de Maxwell para corpos em repouso, fornecer uma eletrodinâmica para corpos em movimento”. Por isso pode-se afirmar que quando Einstein publicou seus primeiros artigos sobre a relatividade essa teoria já estava quase completamente desenvolvida e sob o ponto de vista de novos resultados científicos, esses trabalhos não trouxeram muitas novidades [69], entretanto ele interpretou os dados de uma forma totalmente nova.

Antes das contribuições de Einstein já existiam o princípio da relatividade, as transformações de Lorentz, as transformações das grandezas eletromagnéticas e a maior parte da dinâmica relativística. Os principais resultados da dinâmica relativística também já haviam sido obtidos por um conjunto de pesquisadores, alguns muito conhecidos e outros que, embora tenham dado importantes contribuições, pouco se fala.

Em consonância com o que afirma Martins [69], pode-se citar três novidades introduzidas por Einstein em seu trabalho. A primeira seria a estruturação da teoria de um jeito mais simples do que nos trabalhos de Lorentz e Poincaré, deduzindo os resultados básicos da cinemática relativística partindo de dois postulados: o princípio da relatividade e o da constância da velocidade da luz. Embora ambos os princípios eram aceitos pelos físicos, Einstein demonstrou que se eles fossem assumidos como postulados, todas as deduções se tornavam mais simples.

Outra novidade proposta por Einstein foi a equação  $E = m \cdot c^2$  como uma relação geral de sua teoria. Ele não provou que a relação era geral, apenas deduziu em um caso particular, propondo que fosse considerada aplicável a todos os casos. A terceira novidade foi epistemológica e não física, que era tornar supérflua a introdução do éter. Sobre este aspecto Martins [69] aponta que “aceitar ou não o éter não era uma questão científica, propriamente dita, pois não podia ser decidida por experimentos”. Embora nenhum experimento tenha provado que existia o éter, também nenhum provou que ele não existia. Inicialmente a contribuição de Einstein não despertou muita atenção, no entanto foi um passo em uma fase complexa de evolução da física, o qual dependeu do trabalho de muitos pesquisadores [69].

### **3.1.3 Nikola Tesla**

Nikola Tesla nasceu na Áustria, Hungria, onde atualmente é a Croácia, em 10 de julho de 1856 e faleceu em 7 de janeiro de 1943. Seu pai, embora tenha estudado Matemática e sido professor numa importante instituição, entrou para o clero alcançando nessa vocação uma posição de respeito. Conforme o próprio Tesla [71], seu pai o submetia a um treinamento de raciocínio que visava fortalecer a memória e a razão e desenvolver o senso crítico. Sua mãe, por sua vez, descendia de uma família antiga da região, de uma linhagem de inventores.

Estudou Física e Matemática no Instituto Politécnico de Graz, em seguida, fez Filosofia na Universidade de Praga. Trabalhou como engenheiro elétrico na Hungria, na França, na Alemanha e nos Estados Unidos, para onde se mudou em 1884.

Tesla circulava pela alta sociedade nova-iorquina do fim do século 19, morando em hotéis luxuosos como o New Yorker e o Waldorf Astoria, morreu pobre e passou anos esquecido. Nutria um interesse por sistemas de iluminação sem fio, fazendo experimentos que exploravam a distribuição de energia de alta tensão e frequência. Previu a possibilidade de haver comunicação sem fio intercontinental e tentou colocar essa ideia em prática na época, embora não obtivesse sucesso.

Descreveu-se como um menino que cresceu com pouca confiança em si mesmo, atribuindo isso ao fato de tendo perdido o irmão brilhante, em um acidente com um cavalo, a lembrança dos talentos dele fazia qualquer esforço seu parecer estúpido em comparação a ele [71]. Em sua autobiografia, afirma que sofria de uma perturbação devido ao aparecimento de imagens acompanhadas de clarões de luz, dificultando a visão de objetos reais e interferindo nos pensamentos e atos, atribuindo a isso o tardio despertar.

Em 1887, descobriu o campo magnético rotativo, um princípio fundamental da física e base de todos os dispositivos que usam correntes alternadas. A maior vantagem do motor de corrente alternada é o seu funcionamento sem escovas, esse novo sistema fez com que sua posição na história da ciência fosse para sempre estabelecida [72].

Trabalhou com Thomas Edison em 1884, porém suas divergências de opinião sobre corrente contínua, levou-os ao desentendimento. Ele foi contratado para redesenhar as máquinas de Edison, sendo que em um ano aperfeiçoou todas as 24 máquinas que o gerente da Edison Machine Works lhe havia apresentado. Edison baseava suas tecnologias em corrente contínua, mas Tesla criou ferramentas para tornar viável o uso da corrente alternada, uma forma eficiente de transmitir energia a grandes distâncias, sendo hoje a corrente utilizada nos fios de alta tensão do planeta.

Deixou um grande legado de descobertas e invenções, registrando cerca de 40 patentes nos Estados Unidos e mais de 700 no mundo todo. Focou seu trabalho na utilização da eletricidade e magnetismo, e suas pesquisas têm grande importância para a eletrotécnica e a radioeletricidade. Dentre suas invenções pode-se destacar: a lâmpada fluorescente, o motor de indução, que é utilizado em indústrias e em muitos eletrodomésticos, a Bobina Tesla, a transmissão via rádio, o controle remoto, a corrente alternada, o sistema de ignição utilizado nas partidas dos carros e atribui-se a ele também o princípio do funcionamento do rádio.

Inclusive foi Tesla que concebeu novos equipamentos que permitiram o sistema de geração e aproveitamento de energia das quedas do Niágara.

Não há dúvidas que era à frente do seu tempo e preocupava-se com questões como o consumo desenfreado de recursos do planeta, defendendo o desenvolvimento de combustíveis renováveis. Dedicou-se a pesquisar métodos novos de geração de energia que pudessem substituir o consumo e impacto de combustíveis fósseis. Já em 1901, ao desenvolver um rádio transatlântico, ele imaginou um sistema que coletasse informações e pudesse transmiti-las a aparelhos portáteis, conceito que é basicamente o que conhecemos como internet móvel hoje em dia.

Contudo apresentava hábitos obsessivo-compulsivos e sofria de aversão a germes e sujeira, era disciplinado e não dormia muitas horas por noite. Tinha uma memória fotográfica, conseguindo lembrar o conteúdo de livros inteiros e imagens em grandes detalhes. Uma curiosidade interessante é que o governo americano ainda guarda documentos secretos que pertenciam a Tesla e nunca foram divulgados.

Há evidências que Tesla sabia da existência dos raios-x, porém em 1895 o cientista alemão Wilhelm Conrad Röntgen descobriu que quando ele colocava um filme fotográfico entre a mão e uma tela de chumbo, conseguia criar uma imagem dos ossos em sua mão no filme, indo a público mostrar a imagem da sua mão. Nesse período que antecede a divulgação de Röntgen, o laboratório de Tesla pegou fogo, sendo sua pesquisa destruída. No entanto, mesmo depois que Röntgen publicou sua pesquisa, Tesla criou seu próprio raio-x usando um tubo de vácuo que produzia imagens.

Durante sua carreira, recebeu títulos e prêmios, mas em 1912 recusou-se a dividir o Prêmio Nobel de Física com Thomas Edison por conta de suas divergências. Em 1934, recebeu a medalha John Scott pelo desenvolvimento do sistema de energia polifásico. Contribuiu também com as descobertas das luzes fluorescentes e neon, surgindo com uma aplicação prática para a tecnologia dos raios catódicos, que são os elétrons observados em tubos de vácuo. Experimentou a passagem de partículas elétricas por meio de gases e desenvolveu quatro tipos diferentes de iluminação. Converteu a luz negra em luz visível com uma substância fosforescente criada por ele e encontrou um uso prático para essa tecnologia quando criou lâmpadas e sinais de neon.

Pobre, faleceu no dia 7 de janeiro de 1943, no hotel New Yorker, com suas despesas pagas por Westinghouse, o qual tinha feito fortuna com as patentes de Tesla, que ameaçou processá-lo caso ele não o ajudasse.

### 3.1.4 Niels Bohr

Niels David Henrik Bohr nasceu em Copenhague na Dinamarca no dia 07 (sete) de outubro de 1885. Seu pai, Christian Bohr, era um professor de fisiologia na Universidade de Copenhague e sua mãe, Adler Bohr, provinha de uma família judaica, constituída de parlamentares da Dinamarca, proeminente nos círculos financeiros. Tinha dois irmãos, Jenny e Harald e um lar “intelectualmente estimulante que proporcionava uma atmosfera familiar aconchegante e amorosa” [67].

Bohr estudou na Grammelholms Latin-og Realskole em Copenhague, até estar preparado para fazer os exames de ingresso na faculdade. Ele era lembrado como uma criança um pouco rebelde, irritadiça e que se envolvia em brigas. Mas também era um aluno meticoloso e com bom desempenho, embora não fosse o primeiro da sala.

Em 1913, cursou física na universidade de Copenhague, destacando-se também como exímio jogador de futebol, residindo lá até o ano de 1911, quando viajou para a Inglaterra a fim de desenvolver sua tese de pós – doutorado, que foi sobre a teoria eletrônica dos metais.

Quando estudante participou de uma promoção da Academia de Ciências de Copenhague, onde quem conseguisse resolver um determinado problema científico, ganhava um prêmio. Bohr fez uma investigação teórica e experimental sobre a tensão superficial provocada pela oscilação de jatos fluídos no laboratório de seu pai. Ganhou o prêmio, que era uma medalha de ouro e seu trabalho foi publicado em 1908, em Transaction of the Royal Society.

Casou-se com Margrethe Norlund com quem teve seis filhos. Aparentemente sua genialidade foi herdada, já que um de seus filhos Aage Niels Bohr ganhou o Premio Nobel de Física em 1975 pela descoberta da conexão do movimento coletivo e movimento individual de partículas no núcleo atômico e pelo desenvolvimento da teoria da estrutura do núcleo atômico.

Em 1912 Bohr começa a fazer parte de uma equipe de pesquisadores da qual Ernest Rutherford era membro, e a partir de então os dois cientistas começam a trabalhar em pesquisas que resultariam numa descoberta revolucionária para a ciência: o modelo atômico.

Dalton foi o primeiro cientista a propor um modelo atômico, em 1908, e descrevia o átomo como indivisível, indestrutível, esférico e maciço, comparado assim a uma bola de bilhar. O cientista afirmava que a carga do átomo era nula e que os átomos de todos os



elementos eram idênticos. Bohr viajou para a Inglaterra para trabalhar sob a direção de J. J. Thomson em Cambridge, porém este demonstrou pouco interesse pelo trabalho de Bohr.

Em 1911, Ernest Rutherford propôs um novo modelo atômico, o qual foi nomeado de Sistema Planetário. O mesmo propõe que o átomo é formado por um pequeno núcleo positivo (próton) e os elétrons supostamente estariam em órbita em relação a esse núcleo, assim como os planetas em relação ao sol. Bohr transferiu-se para Manchester a fim de conhecer melhor o trabalho de Rutherford, tornaram-se amigos e Rutherford encorajou o trabalho de Bohr.

Unindo o “Sistema Planetário” de Rutherford e os estudos de Max Planck, Bohr desenvolve um novo modelo atômico que é até hoje utilizado na física e na química de todo o mundo e que serviu como base para novos estudos sobre a física quântica, a eletricidade e os elementos químicos. Autores como Santos, Tort e Parente [73] afirmam que a proposta de Bohr foi ao mesmo tempo abrangente e radical:

Abrangente porque diz respeito não somente ao átomo de hidrogênio em particular, mas também a átomos com mais de um elétron, e às moléculas. E uma proposta radical porque representa um rompimento com conceitos clássicos e a incorporação dos novos conceitos, que na época estavam solucionando problemas fundamentais como o problema da radiação do corpo negro, no qual a hipótese da discretização ou quantização das trocas de energia entre um sistema de osciladores em equilíbrio termodinâmico com uma fonte de calor havia sido adotada por Max Planck.

Bohr baseou-se na teoria quântica de Max Planck e nos espectros de linhas dos elementos, estabelecendo princípios fundamentais para o átomo, os quais serão melhor discutidos na seção de modelos atômicos mais a frente.

O modelo proposto por Bohr foi nomeado de Rutherford-Bohr e rendeu ao cientista o Premio Nobel de Física em 1922, aos 37 anos de idade. Embora esse modelo tenha sido substituído posteriormente pelas mecânicas quânticas de Heisenberg e Schrödinger, ele representa uma ruptura com o mundo clássico [73], possibilitando a transição da física clássica para a quântica no mundo atômico, que formaram as bases da mecânica quântica.

Tornou-se professor de Física Teórica na Universidade de Manchester de 1914 a 1916 e em 1920 voltou para sua cidade natal, tornando-se diretor do Instituto de Física Teórica. Estudou também a natureza dos raios X, as variações periódicas das propriedades químicas dos elementos, a estrutura do núcleo atômico e a fissão nuclear. Atuou intensamente durante a Segunda Guerra Mundial e suas preocupações humanísticas fizeram com que cientistas da época o descrevessem como um verdadeiro cavalheiro da ciência.

Em 1940 durante a invasão de Hitler à Dinamarca, exilou-se na Suíça, realizando várias ações em favor de cientistas judeus. Trabalhou no projeto Manhattan, juntamente com

Einstein e um grupo de pesquisadores na criação da bomba atômica, que inicialmente teria o objetivo de conter a expansão nazista. No entanto, percebendo o potencial destrutivo que isso poderia ter abandonou o projeto, apoiando o uso de energia nuclear apenas para fins pacíficos. Chegou até a dirigir-se a autoridades como Roosevelt e Churchill pedindo que o projeto não fosse levado adiante.

Desenvolveu outros trabalhos que contribuíram de forma marcante na química e em 1962 faleceu vítima de trombose, aos 77 anos, deixando um legado inestimável para a ciência.

### **3.1.5 Marie Curie**

Manya Skłodowska, mais conhecida como Marie Curie, nasceu no dia 07 de novembro de 1867 em Varsóvia na Polônia. Filha de Władysław Skłodowski, um professor de Física e Matemática no ginásio de Varsóvia, e de Bronsilawa Boguska, uma pianista e professora. Com onze anos ficou órfã de mãe e perdeu também a irmã.

Nesse período a Polônia estava sob domínio russo e toda informação transmitida pelas escolas era vigiada. Seu pai perdeu o emprego por falar abertamente a favor da independência da Polônia, e acabou abrindo uma escola, que funcionava em situação precária, para sustentar os quatro filhos. Marie desde cedo, juntamente com seus irmãos era incentivada por seu pai a ter uma educação de qualidade embora as dificuldades financeiras e sociais fossem muitas.

A própria Curie, em uma autobiografia reafirma a educação especial que recebeu, fruto da preocupação de seus pais com os estudos dos filhos, relatando que pretendia seguir estudando e a escolha de matemática e física como suas preferências verdadeiras, comprometendo-se resolutamente a preparar-se para os exames [74].

Sabe-se que Marie desejava estudar fora da Polônia depois de terminar os estudos básicos, porém a preparação foi bastante difícil, uma vez que a educação científica que havia recebido era incompleta e abaixo do nível exigido pelo Liceu Francês. Ela relata que tentou complementar seus estudos com a ajuda de livros, pegos aleatoriamente, mas que este método foi improdutivo. Narra também que frequentava o laboratório municipal de física à noite e finais de semana, porém sua falta de experiência trazia resultados inesperados [74].

Quando Bronia, a irmã mais velha dela, decidiu ir para Paris estudar medicina, ela teve que rever seus planos, já que haviam combinado de ajudar-se e os recursos financeiros não

permitiam que as duas fossem juntas. Curie manteve um emprego de preceptora e quando terminou o trabalho com seus estudantes, retornou à Varsóvia. Com Bronia já formada em medicina, ela parte para Paris em 1891, quando passa a adotar o nome Marie, mais conveniente em solo francês, fazendo parte de um grupo de vinte três mulheres, dentre quase dois mil estudantes matriculados na Escola de Ciências [75]

Vale lembrar que além das deficiências na formação básica de Curie, por ser mulher ela tinha que estar ainda mais preparada, a fim de conseguir aceitação em um ambiente estritamente masculino. Os primeiros anos na faculdade não foram fáceis e inicialmente ela morou com sua irmã Bronia, no entanto logo alugou um quarto mais próximo a universidade, onde tinha privacidade e silêncio para estudar, coisa que não era possível morando com a irmã e o cunhado. Graduou-se em Física e Matemática, em primeiro e segundo lugar, respectivamente, demonstrando a genialidade, bem como o esforço excepcional de uma jovem que queria ser cientista.

Conheceu Pierre Curie, um professor da École Municipale de Physique et de Chimie de Paris (EPCI), em um chá, para o qual foi convidada e sentiu imediata empatia pelo jovem professor. Após dez meses ela aceitou o pedido de casamento, que aconteceu no dia 26 de julho de 1895, numa cerimônia pequena na casa do noivo. Pode-se afirmar que foi um casamento científico já que Pierre também era um pesquisador apaixonado pela ciência como ela, e como os recursos materiais eram poucos, ela mesma assumia o papel de limpar e cozinhar, conciliando afazeres domésticos com trabalho científico. Após o nascimento de sua primeira filha, Irène, em 1896 ela estava em busca de um tema para sua tese, já que almejava fazer doutorado. Nessa época não existiam cursos de pós-graduação e o título era obtido pela defesa direta de tese. Marie escolheu como tema da tese o estudo das radiações do urânio, através do método elétrico. Segundo Martins [76], o que motivou essa escolha, numa época em que ninguém dava atenção a esse fenômeno não se sabe ao certo, porém há alguns elementos que ajudam a compreender isso:

Um dos motivos parece ter sido prático: o estudo da condutividade do ar produzida pelos raios do urânio poderia ser feito com uma aparelhagem muito simples, desenvolvida por Pierre Curie e seu irmão Jacques, empregando um eletrômetro e um cristal piezoelétrico. Por outro lado, é possível que Jean Perrin e Georges Sagnac amigos do casal Curie – tivessem alguma influência na escolha, já que ambos haviam pesquisado a condutividade do ar produzida pelos raios X, e Sagnac havia escrito a respeito da radiação do urânio [76].

Como nessa época a radiação de Becquerel era um assunto muito pouco explorado seria um bom tema de tese para uma pesquisadora principiante. A princípio a expectativa era

de um estudo padrão, onde o uso da técnica elétrica permitiria resultados mais rápidos que o método fotográfico além de fornecer medidas numéricas que possibilitavam comparações entre si. Como ela não era ligada a nenhuma instituição científica, o diretor da escola, onde seu marido trabalhava, autorizou Marie a utilizar um canto de uma sala que servia de casa de máquinas e depósito para que realizasse seu trabalho.

A partir do exame de um grande grupo de metais, Curie observou que nenhum deles produzia condutividade no ar, fato também ocorrido com o exame de um mineral de urânio (pechblenda ou uraninita), que produziu efeitos semelhantes ao urânio puro, porém algo lhe chamou atenção: a corrente elétrica observada com a pechblenda era maior do que no caso do urânio metálico puro. Tal fato foi decisivo e redirecionou sua pesquisa, cunhando o termo radioatividade e concluindo que a radiação emanava de dentro do átomo.

Juntamente com seu marido ela estendeu suas pesquisas pois suspeitava que existissem outros elementos que também liberassem radiação, o que comprovou com a descoberta de dois novos elementos químicos: o polônio, batizado assim em homenagem ao seu país de origem, e o rádio. Tal descoberta deu a Marie um prêmio da Academia Francesa de Ciências, em 1898.

Embora tivessem feito descobertas importantes o casal Curie não possuía apoio nem estrutura para dar continuidade a seus trabalhos e acabaram trabalhando no único lugar disponível, um barracão abandonado, sem ventilação e com goteiras, onde isolaram novos elementos e purificaram minérios, expostos à radiação, vapores venenosos e condições climáticas extremas, levando-os a ter problemas de saúde, além de atrapalhar o andamento das pesquisas.

A partir de 1900, Madame Curie passa a ser a primeira mulher a participar do corpo docente da escola de Sèvres, uma das escolas públicas secundárias para meninas, uma novidade na época. Teve dificuldades no primeiro ano, já que não possuía experiência pedagógica e as alunas não entendiam suas aulas com fórmulas e equações de grande complexidade, as quais as meninas não estavam acostumadas.

Mesmo com uma descoberta revolucionária, descrita como uma das mais importantes depois do oxigênio, além do rádio representar uma possível cura para o câncer, o casal Curie não patenteou o processo industrial para extrair o elemento, pois pensavam que a pesquisa científica deveria ser sem fins lucrativos. Tal atitude permitiu à toda comunidade científica investigar os novos elementos.

Em 1903, Marie, Pierre e Becquerel dividiram o prêmio Nobel de Física pelas pesquisas conjuntas sobre os fenômenos da radiação, no entanto inicialmente o nome dela não

havia sido incluído, mesmo que sua tese *Pesquisa de substâncias radioativas*, defendida em 1903, tenha sido considerada pela banca examinadora a maior contribuição científica já feita por uma tese de doutorado. Foi somente com o apoio de um influente físico sueco do comitê de indicação que ela pôde concorrer.

Mesmo com o sucesso de suas pesquisas os Curies seguiam sem possuir um laboratório adequado e somente em 1904, ano em que nasceu sua segunda filha, Pierre tornou-se professor da Sorbonne. Infelizmente em 1906 um acidente com uma charrete interrompeu o sonho de Pierre. Somente sete meses mais tarde, não encontrando ninguém capaz de substituir Pierre, a universidade convida Marie a substituir seu esposo.

Em novembro de 1906, Marie iria mudar a história da Universidade de Sorbonne e das mulheres em Paris, sendo a primeira mulher a ministrar aulas para centenas de pessoas no anfiteatro de física [75]. Marie seguiu com seus trabalhos e em 1911, com o auxílio de Debierne conseguiu obter o rádio em estado metálico, vindo a ser agraciada com o segundo Prêmio Nobel, dessa vez em química, por suas investigações sobre as propriedades do rádio e as características dos seus compostos. Foi a primeira personalidade a receber duas vezes o Prêmio Nobel.

Veio a falecer em 1934 perto de Sallanches, França, devido o comprometimento de seus órgãos vitais, possivelmente por estar constantemente exposta à radiação sem nenhuma proteção. Em sua vida excepcional nota-se o respeito ao conhecimento científico e a vocação para o ensino, sendo uma pioneira tanto por sua coragem e determinação como por suas descobertas científicas.

### **3.1.6 Stephen Hawking**

Stephen William Hawking, um dos mais brilhantes cientistas de sua geração, superou limitações físicas e foi um importante divulgador e defensor da ciência. Sua vida e obra viraram uma produção cinematográfica que inclusive foi indicada ao Oscar. Professor lucasiano da Universidade de Cambridge, uma das mais prestigiadas cátedras de matemática do mundo, já ocupada por Isaac Newton.

Nasceu em 8 de janeiro de 1942 em Oxford, na Inglaterra. Seu pai Frank descendia de uma linhagem de fazendeiros arrendatários de Yorkshire, na Inglaterra e estudou medicina e

sua mãe nasceu em Dunfermline, na Escócia, a terceira de oito filhos de um médico de família [77].

Hawking estudou em Byron House School, em Highgate, local que em que viviam pessoas do meio científico e acadêmico. O próprio Hawking descreve a escola como muito moderna para a época e que reclamava aos pais que a escola não o estava ensinando nada, já que na metodologia da “as crianças tinham de aprender a ler sem perceber que estavam sendo ensinadas”, e que por fim aprendeu a ler somente aos oito anos de idade [77].

Aos dez anos, Hawking foi selecionado para a categoria A da escola St. Albans School, após prestar um exame, sendo sempre um aluno mediano que não caprichava nos trabalhos e nem na caligrafia. Já nessa época tinha longas conversas sobre física com os colegas discutindo a origem do universo e sua possível expansão. Seu pai incentivou o interesse pela ciência e chegou a ensinar-lhe matemática, despertando-lhe o interesse em especializar-se em matemática e física, o que desagradou seu pai que queria que fizesse medicina. Embora acabasse por tornar-se professor de matemática, Stephen não teve nenhuma instrução formal nessa matéria.

Hawking ganhou uma bolsa de estudos de Oxford, para o curso de física, o qual, segundo ele “era organizado de forma que tornava particularmente fácil evitar estudar e que estudava cerca de uma hora por dia” [77]. Em 1962 chegou a Cambridge como estudante de pós-graduação. Em seu último ano em Oxford, ao notar que estava cada vez mais desajeitado e após cair enquanto estava patinando, ele foi ao médico da família, que o encaminhou a um especialista. Então aos 21 anos Hawking foi diagnosticado com esclerose lateral amiotrófica (ELA), doença degenerativa progressiva que atinge os neurônios motores e ocasiona a atrofia dos músculos e sua paralisação total. Ocasão em que o médico lhe deu somente mais três anos de vida.

Nessa época, em 1965, havia conhecido Jane Wilde, e isso lhe deu motivos pra viver. Embora o prognóstico não fosse favorável, Stephen decidiu se casar com Jane. Ele começa a andar com dificuldades, apoiado em uma bengala e a partir de 1970, ele passa a utilizar uma cadeira de rodas. Teve três filhos com sua primeira esposa, Robert, Lucy e Timothy e seu primeiro casamento durou até 1990.

Candidatou-se a uma bolsa de pesquisa em Gonville e na Caius College, uma faculdade dentro da Universidade de Cambridge, e o trabalho árduo lhe agrada, tornando-se um cosmólogo conhecido já no início dos anos 70. Nessa época já precisava de uma cadeira

de rodas, no entanto tenta levar uma vida normal e trabalha intensamente, já que estava na iminência de um grande feito, expandindo a teoria de Einstein numa direção inusitada.

Hawking tenta unir a teoria da relatividade geral de Einstein, a qual prevê movimento de objetos de grande dimensão, com o comportamento das partículas subatômicas, cujo movimento é previsto pela mecânica quântica. Embora as duas pareçam incompatíveis, ele usou equações da teoria quântica para analisar o que ocorre com as partículas presas pela gravidade na orla dos buracos negros. Como já não mais conseguia escrever, utiliza sua grande concentração, revendo mentalmente equações. Em seus resultados Hawking revela que os buracos negros não estão separados do universo conforme se pensava, descobrindo que eles emitiam radiações nomeadas por ele radiação de Hawking e formula uma teoria para explicar esse fato, baseada no Princípio da Incerteza de Heisenberg, que resolve o problema relativo à termodinâmica dos buracos negros.

Hawking relata que seu trabalho com os buracos negros começou com um momento “eureca” em 1970, alguns dias depois do nascimento da filha Lucy, quando ao deitar-se pensou que poderia aplicar aos buracos negros a teoria de estrutura causal que ele havia desenvolvido para os teoremas da singularidade [77]. Em um trabalho bem sucedido com Roger Penrose mostrou que a relatividade geral se desmembraria em singularidades e passou a estudar como as partículas e os campos governados pela teoria quântica se comportariam perto de um buraco negro.

Para responder à pergunta se era possível existirem átomos cujo núcleo seja um diminuto buraco negro primordial formado no princípio do universo ele começou a estudar como os campos quânticos seriam espalhados por um buraco negro, descobrindo haver emissão pelo mesmo. Inicialmente ele achou que os cálculos estavam errados, mas depois se convenceu já que “a emissão era exatamente o que faltava para identificar a área do horizonte com a entropia de um buraco negro” [77]. Tal fato pode ser resumido na fórmula 3.3 apresentada abaixo:

$$S = \frac{Ac^3}{4\hbar G}, \quad 3.3$$

em que  $S$  é a entropia e  $A$  é a área do horizonte, e apresenta ainda três constantes fundamentais da natureza, a velocidade da luz  $c$ , a constante gravitacional de Newton  $G$  e a constante de Planck  $\hbar$ . Tal fórmula revela a existência de uma profunda relação entre a gravidade e a termodinâmica, a ciência do calor.

Em 1974 Stephen Hawking foi escolhido como membro da Royal Society, sendo rapidamente promovido a professor, recebeu a Medalha Pio XI pela Academia Pontifícia das Ciências. Em 1979 nasceu seu terceiro filho, Tim após uma viagem à Córsega, onde lecionou em um curso de verão. Em 1985 fez uma viagem para o CERN (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear), na Suíça, onde pegou uma pneumonia. Precisou ficar ligado a respirador artificial e os médicos recomendaram à sua esposa desligar o respirador, no entanto ela recusou e levou-o em uma ambulância aérea de volta a Cambridge onde foi submetido a uma traqueostomia, ficando impossibilitado de falar pelo resto da vida e passando a usar uma voz computadorizada para se comunicar.

Com a ajuda de um computador pessoal e um sintetizador de voz acoplado a cadeira de rodas, Hawking se comunicava, escreveu sete livros e diversos artigos científicos e ministrou também palestras científicas e populares. Precisou de cuidados de enfermagem em tempo integral e chegou a pensar que sua carreira tivesse chegado ao fim. No entanto descobriu a possibilidade de continuar seu trabalho científico utilizando um programa denominado Latex, o qual permite que símbolos matemáticos sejam escritos com caracteres comuns.

Nesse período divorciou-se e foi morar com sua enfermeira Elaine Mason, com quem veio a se casar cinco anos mais tarde. Divorciou-se novamente em 2007 e passou a morar sozinho com uma governanta. Nesse período aproximou-se dos filhos, bem como da ex-esposa.

Stephen Hawking tem importantes feitos científicos, tendo feito várias publicações científicas e proposto teorias fundamentais da física moderna, baseadas nas teorias da gravidade, termodinâmica e mecânica quântica. Publicou livros de cunho científico, bem como títulos que ajudaram a divulgar as teorias cosmológicas em uma linguagem para leigos.

Sua teoria mais polêmica foi sobre a formação do Universo, a qual foi apresentada em “Uma Breve História do Tempo” em 1988, um livro com uma escrita simples e ilustrações criativas.

Tornou-se um cientista famoso e afirmou que a deficiência não foi um obstáculo para seu trabalho científico, inclusive que considerava uma vantagem não ter que dar palestras ou aulas a estudantes de graduação e dessa forma poder dedicar-se completamente à pesquisa [77]. Chegou a exercer cargo de diretor de pesquisa do departamento de Matemática Aplicada e Física Teórica, fundando o Centro de Cosmologia Teórica de Cambridge. Foi considerado



um dos físicos mais importantes da história, recebendo inúmeros prêmios e honrarias, dentre as quais a Medalha Presidencial da Liberdade.

Faleceu em 2018, em Cambridge aos 76 anos de idade, deixando um legado científico que mostrou que encontrar a “Teoria de Tudo”, a qual unifica as equações de Einstein na mecânica quântica poderia explicar o que acontece no começo e no fim do tempo.

### 3.2 RELATIVIDADE: ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Alguns autores, como Martins [69], defendem que a teoria da relatividade não nasceu do estudo da mecânica, e sim do eletromagnetismo e da óptica, nesse pretexto pode-se descrever as contribuições dos estudos de fenômenos eletromagnéticos e ópticos para a formulação da teoria da relatividade.

No século XIX a maioria dos cientistas estavam convencidos de que o éter, um meio material, era algo seguro e fundamental nas teorias físicas. As equações de Maxwell para o eletromagnetismo foram inicialmente formuladas como leis que se aplicavam apenas ao estudo de fenômenos medidos por um referencial parado em relação ao éter. Em princípio, quando se estudasse um fenômeno eletromagnético em um sistema em movimento em relação ao éter, poderiam surgir novos efeitos e talvez fosse possível medir a velocidade de um corpo em relação ao éter através de um experimento eletromagnético. Como o experimento não mostrou a possibilidade de detectar o movimento da Terra em relação ao éter foi necessário tornar o eletromagnetismo independente deste referencial, introduzindo certas relações entre as grandezas eletromagnéticas medidas em relação a diferentes referenciais.

James Clerk Maxwell passou a imaginar que todo o espaço estaria preenchido de fato por uma substância (o éter) que transmitiria as forças eletromagnéticas. Quando provou teoricamente que poderiam existir ondas eletromagnéticas no espaço vazio, com uma velocidade igual à velocidade da luz, concluiu que a própria luz era um fenômeno eletromagnético e que o mesmo éter que serve para transmitir forças elétricas e magnéticas é também onde se propagam as ondas luminosas.

Para Maxwell, como a velocidade da luz seria influenciada diretamente pelo vento do éter, ao considerar a luz uma onda do éter, tem-se a possibilidade de determinar a velocidade da luz observando o tempo que ela gasta para ir de uma estação até outra sobre a superfície da Terra, podendo-se comparar as velocidades observadas em direções opostas e determinar a

velocidade do éter com relação a essas duas estações terrestres. Ao indicar efeitos do movimento do sistema solar como um todo, em relação ao éter, Maxwell estaria observando os momentos dos eclipses dos satélites de Júpiter e, comparando seus atrasos e adiantamentos, no intuito de determinar a velocidade da luz.

No ano seguinte da morte de Maxwell sua carta ao astrônomo norte-americano David Peck Todd, que estudava os satélites de Júpiter, perguntando-lhe se havia dados suficientemente precisos para fazer esse tipo de análise, foi publicada, e Todd discutiu o assunto com Albert Abraham Michelson, o qual havia feito as melhores medidas da velocidade da luz, até aquela época, obtendo em 1873 o resultado  $c = 299\,853$  km/s. Todd discutiu com ele a possibilidade de determinar a velocidade da Terra através do éter medindo a velocidade da luz. Michelson estudou as idéias de Maxwell e considerou que era realmente difícil determinar alguma variação no tempo de ida e volta da luz.

Michelson mandou construir em 1881, na Alemanha, seu famoso interferômetro, pretendendo comprovar a existência do éter medindo a velocidade de deslocamento da Terra em relação a esse meio. Entretanto o experimento não obteve sucesso, uma vez que não foi detectada nenhuma diferença nos intervalos de tempo medidos nas direções paralela e perpendicular a velocidade de translação da Terra.

Em 1887, Michelson, com o auxílio do químico Edward Williams Morley, fez uma nova tentativa, montou um interferômetro muito melhor do que o antigo, mas novamente o resultado não evidenciou a existência do éter.

Ao se referir à relatividade Bezerra [78] aponta que salta aos olhos o fato das equações de Maxwell e a equação de onda eletromagnética serem relativisticamente invariantes. O caminho adotado por Einstein, não foi o de rejeitar a eletrodinâmica maxwelliana, mas sim preservá-la, ainda que isso custasse uma redefinição do espaço, do tempo e da simultaneidade, além de levar ao abandono do éter. Sendo as equações de Maxwell invariantes de Lorentz, é notável que o apego a essas equações tenha originado um conjunto de transformações que viriam constituir verdadeiros pilares da ciência subsequente.

Por mais que se tentasse, não se conseguia medir a velocidade da Terra em relação ao éter. Podia-se supor que os repetidos fracassos fossem devidos a um princípio fundamental, e que nenhum tipo de experiência, fosse qual fosse, permitiria jamais medir a velocidade de um sistema em relação ao éter; somente os movimentos relativos entre corpos materiais podem ser medidos. Seguindo esses embasamentos Einstein descreveu a teoria da relatividade, a qual

será discutida na próxima seção a fim de melhor entender como se deram suas contribuições, bem como o contexto envolvido à época em que escreveu seus artigos.

### 3.2.1 A teoria da relatividade especial e suas consequências

A Relatividade foi uma teoria elaborada em duas etapas. Inicialmente, em 1905, Einstein publica um artigo onde apresenta sua teoria da relatividade restrita em um periódico chamado *Annalen der Physik* sob o título “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento” e fez parte do que ficou conhecido como o “Ano miraculoso de Einstein”, pois nesse período ele publicou outros artigos muito relevantes. Damasio e Peduzzi [79] salientam que “o objetivo do trabalho foi, a partir da eletrodinâmica de Maxwell para corpos em repouso, fornecer uma eletrodinâmica para corpos em movimento”. Por isso pode-se afirmar que quando Einstein publicou seus primeiros artigos sobre a relatividade essa teoria já estava quase completamente desenvolvida e sob o ponto de vista de novos resultados científicos, esses trabalhos não trouxeram muitas novidades [80], entretanto ele interpretou os dados de uma forma totalmente nova.

Antes das contribuições de Einstein já existiam o princípio da relatividade, as transformações de Lorentz, as transformações das grandezas eletromagnéticas e os principais resultados da dinâmica relativística também já haviam sido obtidos por um conjunto de pesquisadores.

Em consonância com o que afirma Martins [69], podem-se citar três novidades introduzidas por Einstein em seu trabalho. A primeira seria a estruturação da teoria de um jeito mais simples do que nos trabalhos de Lorentz e Poincaré, deduzindo os resultados básicos da cinemática relativística partindo apenas de dois postulados:

1. **Postulado da relatividade** – As leis da Física são as mesmas para todos os observadores situados em referenciais inerciais, não existindo um referencial absoluto.
2. **Postulado da velocidade da luz** – A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor  $c$  em todas as direções e em todos os referenciais inerciais.

Embora ambos os princípios eram aceitos pelos físicos, Einstein demonstrou que se eles fossem assumidos como postulados, todas as deduções se tornavam mais simples.

Posteriormente Einstein deduziu a equação  $E = m \cdot c^2$  como uma relação geral de sua teoria. Ele não provou que a relação era geral, apenas deduziu em um caso particular,

propondo que fosse considerada aplicável a todos os casos. A terceira novidade foi epistemológica e não física, que era tornar supérflua a introdução do éter. Sobre este aspecto [69] aponta que “aceitar ou não o éter não era uma questão científica, propriamente dita, pois não podia ser decidida por experimentos”. Embora nenhum experimento tenha provado que existia o éter, também nenhum provou que ele não existia.

Inicialmente a contribuição de Einstein não despertou muita atenção, no entanto foi um passo em uma fase complexa de evolução da física, o qual dependeu do trabalho de muitos pesquisadores [69].

A Relatividade Restrita, que foi desenvolvida no final do século XIX e início do século XX, é válida apenas para referenciais inerciais, onde o observador não pode estar sujeito a acelerações. Tal teoria teve que realizar modificações na mecânica newtoniana, com o objetivo de compatibilizá-la com a teoria eletromagnética desenvolvida até então, a fim de que ambas fossem válidas em todos os referenciais inerciais. Martins [80] aponta que:

A teoria da relatividade especial estuda, basicamente, as diferenças que existem entre as medidas físicas realizadas em dois referenciais em movimento relativo. Um sistema de referência (referencial) é um sistema físico dotado de instrumentos físicos, em relação ao qual é possível fazer medições e experimentos. Podemos imaginar, por exemplo, um referencial parado em relação ao solo, e outro referencial transportado por um avião que passa pelo céu.

A partir dos dois postulados propostos por Einstein são deduzidas algumas consequências importantes que contrariam a física clássica, sendo algumas delas cinemáticas, ou seja, envolvendo apenas conceitos de espaço e tempo ou outros dependentes desses, bem como relativísticas, que estuda as relações entre forças, massa, energia e quantidade de movimento quando medidas em relação a diferentes referenciais. Na sequência apresentam-se tais efeitos.

### **3.2.2 Relatividade da Simultaneidade**

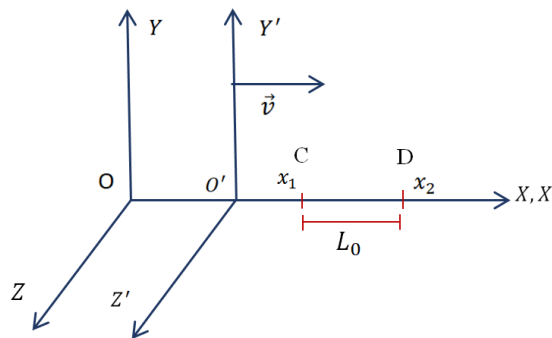
Na concepção tradicional de simultaneidade dois eventos são simultâneos quando são percebidos ou observados, ao mesmo tempo. Einstein, porém refutou o conceito de tempo absoluto afirmando que a medida do tempo terá resultados diferentes quando medida em

referenciais inerciais distintos. Assim, eventos que seriam considerados simultâneos em um referencial podem não ser quando observados em outro referencial.

Isso implica que a simultaneidade não é um conceito absoluto e sim relativo, dependendo, portanto, do estado de movimento do observador [81].

A fim de esclarecer a relatividade da simultaneidade propõe-se um exemplo que se baseia nos postulados da teoria da relatividade. Considere-se os dois referenciais inerciais de eixos paralelos apresentados na figura 3.2 onde os relógios C e D, estão em repouso em relação ao referencial S, distantes por  $L_0 = x_2 - x_1$ , sendo  $x_1$  e  $x_2$  as posições dos relógios relativas ao referencial S.

Figura 3. 2: Simultaneidade



Fonte: Ilustrações feitas pela autora com base em [82]

Considere-se dois eventos simultâneos acontecendo nas posições  $x_1$  e  $x_2$ , referencial S, bem como dois relógios C e D, ambos em repouso em relação a S. Considere que os tempos são os mesmos  $t = t_1 = t_2$ . Conforme as transformações de Lorentz para o tempo, no referencial S' os eventos acontecem nos instantes:

$$t'_1 = \gamma \left( t_1 - \frac{vx_1}{c^2} \right) \quad 3.4$$

e

$$t'_2 = \gamma \left( t_2 - \frac{vx_2}{c^2} \right). \quad 3.5$$

Dessa forma, no sistema de referência S', o intervalo de tempo entre os dois eventos será, considerando que  $t = t_1 = t_2$

$$\Delta t' = t'_2 - t'_1 = \gamma \left( t_2 - \frac{vx_2}{c^2} \right) - \gamma \left( t_1 - \frac{vx_1}{c^2} \right) = \gamma \left( t - \frac{vx_2}{c^2} - t + \frac{vx_1}{c^2} \right) = -\gamma \frac{v}{c^2} (x_2 - x_1).$$

Substitui-se  $L_0 = x_2 - x_1$  e obtêm-se finalmente:

$$\Delta t' = -\gamma \frac{v}{c^2} L_0. \quad 3.6$$

A interpretação desta expressão mostra que dois eventos serão simultâneos em dois sistemas de referência distintos somente quando  $v \rightarrow 0$ , uma vez que  $\gamma \geq 1$ ,  $L_0 > 0$  e  $c$  é o módulo da velocidade da luz, uma constante não nula. Ou seja, sendo distintos os referenciais  $S$  e  $S'$  então os eventos que são simultâneos em  $S$  não serão simultâneos em  $S'$ .

O resultado mostra que  $\Delta t' = t'_2 - t'_1 < 0$ , pois o lado esquerdo é negativo (supondo  $L_0 > 0$  e  $v > 0$ ). Assim um observador em  $S'$  vê o evento ocorrendo primeiro no relógio localizado em  $x_1$ , o que indica que este está atrasado em relação ao relógio localizado em  $x_2$ .

Portanto, dois observadores em movimento relativo um em relação ao outro, em geral não concordam quanto à simultaneidade de dois eventos, e se um deles os considera simultâneos, o outro em geral concluirá que não o são [81], o que torna a simultaneidade um conceito relativo e portanto não absoluto.

### 3.2.3 A relatividade do tempo

Assim como no caso da simultaneidade, o intervalo de tempo também é um conceito relativo (dependente do referencial). O princípio de que a velocidade da luz é constante para todos os referenciais, exigia o abandono da noção de tempo absoluto [68], pois se um referencial se move em relação ao outro, então o mesmo fenômeno quando visto pelos dois referenciais terão uma duração temporal diferente.

Resnick, Walker e Halliday [81] afirmam que as separações espacial e temporal estão entrelaçadas, ou seja, o intervalo de tempo entre dois eventos depende da distância entre eles, tanto no espaço como no tempo.

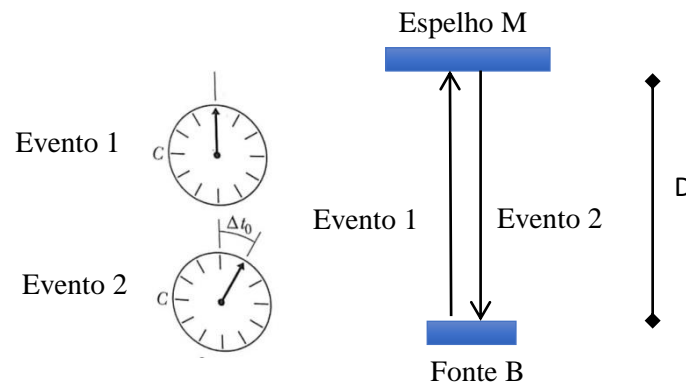
Para verificar isso, apresenta-se o seguinte par de eventos, onde para um dos dois observadores, os dois eventos ocorrem no mesmo local:

**Evento 1:** emissão de um pulso pela fonte B

**Evento 2:** Chegada do pulso depois de refletir-se num espelho fixo no teto.

Os dois eventos serão analisados em dois referenciais, sendo um  $S$  fixo na fonte e espelho (figura 3.3) e o outro referencial  $S'$  movendo-se em relação ao primeiro (figura 3.4). A figura 3.3 apresenta um experimento realizado por Maria, a bordo de um trem movendo-se com velocidade constante  $\vec{v}$  em relação a uma estação e utilizando uma fonte luminosa, um espelho, um detector e um relógio.

Figura 3. 3: Referencial  $S'$  (Maria)



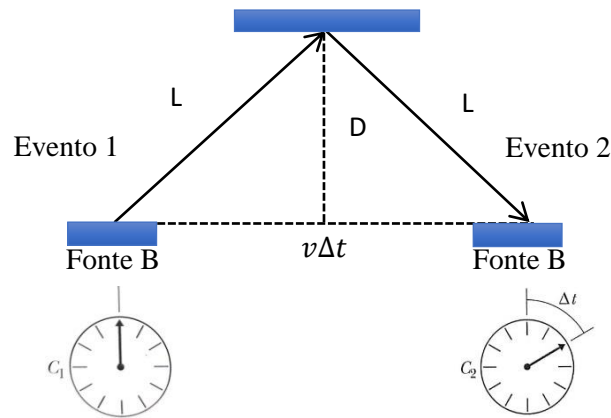
Fonte: Adaptado pela autora com base em [83]

Um pulso luminoso emitido pela fonte B (evento 1) atinge verticalmente o espelho, sendo refletido para baixo no ponto de origem (evento 2). Do ponto de vista do referencial  $S'$ , o intervalo de tempo  $\Delta t_0$  entre os dois eventos é relacionado pela equação 3.7.

$$\Delta t_0 = \frac{2D}{c}. \quad 3.7$$

No entanto se considerarmos os mesmos dois eventos, dessa vez medido por José, o qual está na plataforma de estação quando o trem passa (referencial  $S$ ). Tomando um referencial  $S'$  (referencial fixo no trem) movendo-se em relação a  $S$  (referencial fixo na estação) conforme apresentado na figura 3.4, verifica-se que os dois eventos ocorrem em pontos diferentes.

Figura 3. 4: Referencial S (José)



Fonte: Adaptado pela autora com base em [83]

Para José os dois eventos acontecem em pontos diferentes do seu referencial, por isso para medir o intervalo de tempo entre os eventos ele necessita de dois relógios sincronizados,  $C_1$  e  $C_2$ . No postulado da velocidade da luz, formulado por Einstein a velocidade da luz será a mesma, em qualquer que seja o referencial inercial [68], porém a luz viaja uma distância  $2L$  entre os eventos 1 e 2. Isso implica que o intervalo de tempo  $\Delta t$  entre os eventos visto de S é dado por

$$\Delta t = \frac{2L}{c} \quad 3.8$$

onde,

$$L = \sqrt{\left(\frac{v\Delta t}{2}\right)^2 + D^2}. \quad 3.9$$

Combinando-se as equações 3.9 e 3.7, onde  $D = \frac{c\Delta t_0}{2}$ , tem-se:

$$L = \sqrt{\left(\frac{v\Delta t}{2}\right)^2 + \left(\frac{c\Delta t}{2}\right)^2}. \quad 3.10$$

Combinando-se as equações 3.10 e 3.8 e explicitando  $\Delta t$ , obtem-se:



$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} \therefore \Delta t_0 < \Delta t. \quad 3.11$$

Então, o intervalo de tempo entre os eventos visto no referencial  $S$  é sempre maior que o intervalo de tempo medido em  $S'$ , uma vez que  $\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} > 1$  para  $v \neq 0$ .

Autores como Resnick, Walker e Halliday [83], corroboram e indicam que se pode distinguir os resultados obtidos utilizando-se a seguinte terminologia:

Quando dois eventos ocorrem no mesmo lugar em um referencial inercial, o intervalo de tempo entre os eventos, medido nesse referencial, é chamado de intervalo de tempo próprio ou tempo próprio. Quando o intervalo de tempo entre os mesmos eventos é medido em outro referencial, o resultado é sempre maior que o intervalo de tempo próprio.

No exemplo proposto, o intervalo de tempo próprio é o medido por Maria e o intervalo de tempo medido por José é obrigatoriamente maior. Esse fenômeno de aumento do intervalo de tempo medido em consequência do referencial foi nomeado dilatação do tempo [83], e foi confirmado por meio de vários experimentos, com relógios atômicos embarcados em aviões, bem como no mundo subatômico das partículas, este último conduzido no Centro Europeu de Pesquisas Nucleares [68].

A razão adimensional  $v/c$  da equação 3.11 pode ser substituída por um parâmetro de velocidade, representado pela letra grega  $\beta$ , bem como o inverso do denominador da mesma equação é substituído pelo fator de Lorentz, conforme mostra a equação 3.12:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}. \quad 3.12$$

Com tais substituições, a equação 3.11 resulta na dilatação temporal:

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0, \quad 3.13$$

onde o parâmetro de velocidade  $\beta$  será sempre menor que a unidade e o parâmetro  $\gamma$  será sempre maior que a unidade, a não ser que a velocidade seja nula.

A dilatação temporal é uma consequência direta do princípio da constância da velocidade da luz de forma que a dilatação temporal torna-se cada vez maior à medida que o valor da velocidade relativa entre os referenciais aumenta.

### 3.2.4 A relatividade do comprimento

Na relatividade especial, a contração do comprimento, emerge como consequência de que todos os observadores em movimento relativo uniforme têm de medir o mesmo valor para a velocidade da luz, ocorrendo a contração espacial somente para um observador que mede o comprimento de uma barra em movimento. A contração do comprimento é uma consequência direta da dilatação do tempo [83], e uma barra se contrai no sentido do movimento, tornando-se cada vez menor à medida que a sua velocidade aumenta em relação ao observador.

O comprimento próprio  $L_0$  de uma barra, medido no referencial no qual a barra está em repouso é denominado comprimento próprio. Caso o comprimento seja medido em relação a um referencial ao qual a barra esteja se movendo, com velocidade  $v$  através da maior dimensão, encontra-se  $L$  dado por

$$L = L_0 \sqrt{1 - \beta^2} = \frac{L_0}{\gamma}. \quad 3.14$$

Assim, o movimento relativo causa uma contração do comprimento, uma vez que o fator de Lorentz  $\gamma$  é sempre maior que 1 para  $v \neq 0$  e portanto  $L$  é sempre menor que  $L_0$ .

Com o intuito de demonstrar a equação 3.14, considere o exemplo de dois observadores, José (na plataforma de uma estação) e Maria (a bordo do trem), ambos querendo medir o comprimento da plataforma propostos por [83]. Uma vez que a plataforma está em repouso em relação a ele, José encontra um comprimento  $L_0$  (comprimento próprio). Sob seu ponto de vista, José observa que Maria atravessa a plataforma em um intervalo de tempo  $\Delta t = L_0/v$ , onde  $v$  é a velocidade do trem. Assim, do ponto de vista do José (referencial fixo na estação) temos,

$$L_0 = v\Delta t. \quad 3.15$$

Uma vez que esse intervalo de tempo  $\Delta t$  não é um intervalo de tempo próprio, José necessita utilizar dois relógios sincronizados para medi-lo. Do ponto de vista de Maria é a plataforma que está em movimento, portanto os dois eventos observados por José ocorrem no mesmo lugar, necessitando de um único relógio para medir o intervalo de tempo, o qual mede  $\Delta t_0$  (intervalo de tempo próprio). Para Maria, o comprimento  $L$  da plataforma é:

$$L = v\Delta t_0 \text{ (Maria).} \quad 3.16$$

Dividindo a equação 3.16 pela equação 3.15 e utilizar a equação da dilatação do tempo, 3.13, obtêm-se:

$$\frac{L}{L_0} = \frac{v\Delta t_0}{v\Delta t} = \frac{1}{\gamma}$$

ou

$$L = \frac{L_0}{\gamma}, \quad 3.17$$

que é o resultado da contração do comprimento pois se  $\gamma > 1$  então  $L < L_0$ .

Assim, a contração não é absoluta e sim relativa, dependente do referencial utilizado nas medições e o resultado da relatividade das medidas de comprimento e tempo [68].

### 3.2.5 A transformação de Lorentz

Evento é qualquer acontecimento que ocorre numa posição  $(x, y, z)$  e num certo instante  $t$ . A teoria da relatividade relaciona as coordenadas espaço temporais de um observador  $A$  com as de um outro observador  $B$ , o qual se move com velocidade  $v$  constante, em relação ao observador  $A$ , em um determinado evento.

Na física pré-relativística, supunha-se que as quatro coordenadas de interesse eram relacionadas pelas equações da transformação de Galileu:

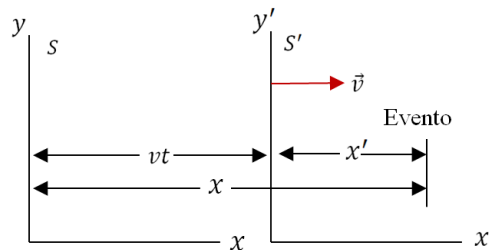
$$\begin{aligned}
 x' &= x - vt, \\
 y' &= y, \\
 z' &= z, \\
 t' &= t.
 \end{aligned}
 \tag{3.18}$$

Tais equações são válidas somente para baixas velocidades, isto é, velocidades muito menores que a velocidade da luz no vácuo.

Embora as equações 3.18 levem a valores muito próximos dos resultados experimentais quando  $v$  é muito menor que  $c$ , para valores muito diferentes de  $0,10c$ , não fornecem dados corretos para nenhum valor de  $v$  [83].

As equações de transformação que relacionam entre si coordenadas dos referenciais  $S$  e  $S'$ , com  $S'$  movendo-se com velocidade  $v$  em relação a  $S$ , conforme figura 3.5, são válidas para qualquer velocidade inclusive a velocidade da luz e são dadas pelas equações de transformação de Lorentz.

Figura 3. 5: Referencial  $S'$  movendo-se com velocidade  $\vec{v}$  em relação ao referencial  $S$



Fonte: Construída pela autora com base em [83]

Supondo-se que  $t = t' = 0$  quando as origens de  $S$  e  $S'$  coincidem, conforme apresenta figura 3.5, evento 1, as coordenadas espaço temporais de qualquer outro evento são dadas por

$$\begin{aligned}
 x' &= \gamma(x - vt), \\
 y' &= y, \\
 z' &= z, \\
 t' &= \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right).
 \end{aligned}
 \tag{3.19}$$

onde  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$  é o fator de Lorentz.

Essas equações de transformações de coordenadas são deduzidas como consequências dos postulados da relatividade e relacionam as coordenadas de um único evento visto por dois observadores inerciais diferentes, sendo que um move-se com velocidade  $\vec{v}$  em relação ao outro.

Nas equações 3.19, as coordenadas  $x, y, z$  e  $t$  referem-se às coordenadas do evento no referencial  $S$ , fixo no laboratório, e  $x', y'$  e  $z'$  ao referencial  $S'$  que se move com velocidade  $\vec{v}$  em relação a  $S$ . As transformações inversas relacionam as coordenadas  $S'$  com as de  $S$  e são dadas por.

$$\begin{aligned}x &= \gamma(x' + vt'), \\y &= y', \\z &= z', \\t &= \gamma\left(t' + \frac{vx'}{c^2}\right).\end{aligned}\tag{3.20}$$

As equações de Lorentz relacionam as coordenadas espaço temporais de um único evento quando visto por diferentes observadores em referenciais inerciais  $S$  e  $S'$ , onde  $S'$  se move com velocidade  $\vec{v}$  em relação ao referencial  $S$ .

### 3.2.6 Algumas consequências das equações de Lorentz

#### 3.2.6.1 Simultaneidade

Se dois eventos simultâneos em  $S'$  (figura 3.5) acontecem em locais distintos,  $\Delta x' \neq 0$  e

$$\Delta t = \gamma\left(\Delta t' + \frac{v\Delta x'}{c^2}\right).\tag{3.21}$$

Ou seja, dois eventos simultâneos em  $S'$ , tais que  $\Delta t' = 0$ , não o serão no referencial  $S$ , sendo o intervalo de tempo entre os eventos no referencial  $S$  dado por:

$$\Delta t = \gamma \frac{v\Delta x'}{c^2},$$

onde a separação espacial  $\Delta x'$  provoca uma separação temporal  $\Delta t$ .

### 3.2.6.2 Dilatação do tempo

Conforme Resnick, Walker e Halliday [83], se dois eventos ocorrem no mesmo ponto em  $S'$ , isto é,  $\Delta x' = 0$ , porém em ocasiões diferentes (e portanto,  $\Delta t' \neq 0$ ), então a equação 3.21 reduz-se a

$$\Delta t = \gamma \Delta t', \quad 3.22$$

o que reafirma o fenômeno da dilatação do tempo, sendo que o intervalo de tempo medido é um intervalo de tempo próprio ( $\Delta t_0$ ) e a equação 3.22 se torna

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0,$$

equação da dilatação do tempo.

### 3.2.6.3 Contração do comprimento

Se de acordo com a figura 3.5, uma régua estiver orientada paralelamente aos eixos  $x$  e  $x'$ , em repouso em relação ao referencial  $S'$ , um observador em  $S'$ , poderá medir o comprimento da régua calculando a diferença entre suas extremidades e

$$\Delta x' = \gamma(\Delta x - v\Delta t). \quad 3.23$$

Supondo a régua se movendo no referencial  $S$ , então  $\Delta x$  é o comprimento da régua no referencial  $S$ , caso as coordenadas das extremidades sejam medidas simultaneamente, ou seja,  $\Delta t = 0$ . Considerando  $\Delta x' = L_0$ ,  $\Delta x = L$  e  $\Delta t = 0$  na equação 3.23, obtem-se

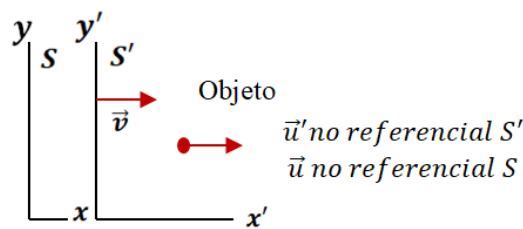
$$L = \frac{L_0}{\gamma}. \quad 3.24$$

A contração espacial é sempre na direção da velocidade, sendo assim, se a velocidade está na direção  $x$ , somente a direção  $x$  sofre contração.

### 3.2.7 Adição relativística de velocidades

Utilizando as equações da transformação de Lorentz compara-se as velocidades que dois observadores situados em diferentes referenciais inerciais,  $S$  e  $S'$  medem para uma mesma partícula movendo-se com velocidade  $v$  em relação a  $S$ , conforme figura 3.6.

Figura 3. 6: Comparando velocidades



Fonte: Construída pela autora com base em [83]

Na figura 3.6 um referencial  $S'$  move-se com velocidade  $\vec{v}$  em relação ao referencial  $S$  e uma partícula move-se com velocidade  $\vec{u}'$  em relação ao referencial  $S'$  e com velocidade  $\vec{u}$  em relação ao referencial  $S$ . Para calcular-se a transformação de velocidades entre dois referenciais, considere-se:

$$\begin{aligned} \Delta x' &= \gamma(\Delta x - v\Delta t) \\ \Delta y' &= \Delta y \\ \Delta z' &= \Delta z \\ \Delta t' &= \gamma\left(\Delta t - \frac{v\Delta x}{c^2}\right). \end{aligned}$$

Dividindo-se a 1ª e a 4ª equações acima temos:

$$\frac{\Delta x'}{\Delta t'} = \frac{\Delta x - v\Delta t}{\Delta t - \frac{v\Delta x}{c^2}} = \frac{\frac{\Delta x}{\Delta t} - v}{1 - \frac{v\Delta x}{c^2\Delta t}}.$$

Tomando o limite diferencial  $\Delta t \rightarrow 0$  tem-se que  $\frac{\Delta x'}{\Delta t'}$  e  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ , tornam-se respectivamente nas velocidades instantâneas  $u'_x$  e  $u_x$  portanto teremos o resultado:

$$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{v}{c^2}u_x}, \quad 3.25$$

a qual expressa a lei relativística de transformação de velocidades. No limite pré-relativístico  $\frac{v}{c} \rightarrow 0$ , recupera-se a lei de transformação de Galileu:

$$u'_x = u_x - v \quad 3.26$$

mostrando que esta lei de transformação de velocidades (eq. 3.26) é uma aproximação da transformação relativística (equação 3.25).

As leis de transformação relativística para as outras componentes da velocidade são obtidas de forma similar, resultando nas equações:

$$u'_y = \frac{u_y}{\gamma(1 - \frac{v}{c^2}u_x)} \quad 3.27$$

e

$$u'_z = \frac{u_z}{\gamma(1 - \frac{v}{c^2}u_x)}. \quad 3.28$$

As equações 3.25, 3.27 e 3.28 constituem as transformações relativísticas para as velocidades e que são chamadas na literatura de transformações de Lorentz para as velocidades.



### 3.2.8 A dinâmica relativística

Conforme mostrado nas seções anteriores, os postulados de Einstein exigem mudanças importantes na idealização da simultaneidade e nas medições do tempo e distâncias [82].

Na dinâmica relativística, os princípios da relatividade são inconsistentes com o princípio da conservação do momento linear para sistemas isolados. Para resolver este problema, havia a necessidade de se redefinir o conceito do momento linear. Tal redefinição requereu modificações nos conceitos de massa, momento e energia, e com isso devem-se generalizar as leis da Mecânica de Newton a fim de compatibilizar o princípio da relatividade com o princípio da conservação do momento linear.

Se considerar-se uma partícula se movendo com velocidade constante  $v$  no sentido do eixo  $x$ , classicamente, o módulo do momento (clássico) é definido pela equação:

$$p = mv = m \frac{\Delta x}{\Delta t}, \quad 3.29$$

onde  $\Delta x$  refere-se à distância percorrida pela partícula no intervalo de tempo  $\Delta t$ . Querendo encontrar uma expressão relativística para o momento, os autores como [81] propõem começar com a nova definição para o momento linear:

$$p = m \frac{\Delta x}{\Delta t_0}$$

onde, assim como no caso clássico,  $\Delta x$  refere-se à distância percorrida pela partícula do ponto de vista de um observador externo, porém  $\Delta t_0$  é o intervalo de tempo necessário para percorrer a distância  $\Delta x$ , do ponto de vista de um observador movendo-se com a partícula, portanto um intervalo de tempo próprio.

Usando-se a equação 3.13 (dilatação do tempo) se pode escrever

$$p = m \frac{\Delta x}{\Delta t_0} = m \frac{\Delta x}{\Delta t} \frac{\Delta t}{\Delta t_0} = m \frac{\Delta x}{\Delta t} \gamma.$$

Como  $\frac{\Delta x}{\Delta t} = v$  é a velocidade da partícula, têm-se a nova definição do momento relativístico:

$$p = \gamma m v \quad 3.30$$

onde  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$  é o fator de Lorentz.

Generalizando a definição da equação 3.30 para a forma vetorial têm-se:

$$\vec{p} = \gamma m \vec{v} . \quad 3.31$$

Essa equação “fornece o valor correto do momento para qualquer velocidade fisicamente possível” [81], onde para velocidades muito menores que  $c$ , reduz-se à expressão clássica do momento (eq. 3.29).

Na relatividade a massa de um corpo e a energia equivalente  $E_0$  relacionam-se por meio da equação

$$E_0 = m c^2 \quad 3.32$$

a qual sem o índice 0, é uma equação muito conhecida, onde a energia associada à massa de um corpo é chamada energia de repouso.

A equação 3.32 determina a energia de repouso  $E_0$ , associada à massa de um objeto, porém se o mesmo estiver em movimento (ou se observa a partícula de um referencial na qual ela se move), possui uma energia adicional chamada energia cinética,  $K$ . Ao supor-se que a energia potencial seja zero, a energia total  $E$  é a soma da energia de repouso com a energia cinética [81], assim:

$$E = E_0 + K = m c^2 + K \quad 3.33$$

a qual também poderá ser escrita na forma

$$E = \gamma m c^2 \quad 3.34$$

onde  $\gamma$  é o fator de Lorentz do corpo em movimento. Nos resultados anteriores,  $E$  representa então a energia total relativística de uma partícula de massa  $m$  e energia cinética  $K$ .

A energia total de um sistema isolado é constante, portanto a leis da conservação da energia continua a aplicar-se mesmo em casos onde a variação da energia de repouso é significativa [68]. Portanto se a energia de repouso total de um sistema isolado de duas partículas diminui e como a energia não pode mudar, então outro tipo de energia do sistema aumentará. Isto é o principio de obtenção de energia nuclear, no qual através de reações nucleares as massas de repouso dos núcleos atômicos são transformadas em energia cinética das partículas produto.

Como a energia cinética clássica é dada pelo resultado:

$$K = \frac{1}{2}mv^2, \quad 3.35$$

então ela viola o segundo postulado da teoria da relatividade especial permitindo velocidades maiores que a velocidade da luz [68]. Contudo, dentro da relatividade a velocidade das partículas não pode ultrapassar a velocidade  $c$  da luz no vácuo e, portanto uma nova fórmula para energia cinética precisa ser definida.

A expressão correta que representa a energia cinética relativística  $K$  é:

$$K = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - mc^2 = (\gamma - 1).mc^2 \quad 3.36$$

pois na equação acima, no limite de  $v \rightarrow c$  resulta em  $K$  tornar-se infinito e desta forma não é possível a velocidade  $v$  superar o valor  $c$ .

Uma vez que a energia cinética  $K$  de uma partícula é a energia total menos a energia de repouso  $K = E - E_0$ , então a energia relativística total pode ser dada por:

$$E = \gamma mc^2 = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \quad 3.37$$

Ao comparar-se 3.37 com 3.36 a energia de repouso ( $K = 0$ ) fica:

$$E_0 = mc^2 \quad 3.38$$

equação conhecida como equação da equivalência massa e energia , a qual admite que uma partícula em repouso possui energia contida em sua massa [68].

Pode-se obter uma relação direta entre o momento e a energia cinética eliminando  $v$  das expressões do momento e da energia cinética, obtendo na física pré-relativística o resultado:

$$p^2 = 2Km. \quad 3.39$$

Obtêm-se também a expressão relativística ao eliminar-se  $v$  das expressões relativística do momento e da energia cinética, as quais após manipulações algébricas ficam:

$$(pc)^2 = K^2 + 2Kmc^2. \quad 3.40$$

Utilizando-se a equação 3.33, a equação 3.40 pode relacionar a energia total, o momento e a massa de uma partícula através do resultado relativístico:

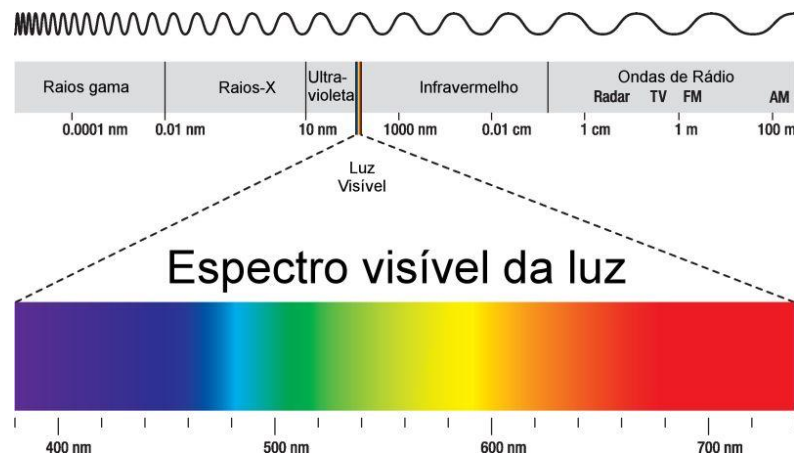
$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2. \quad 3.41$$

### 3.3 ESPECTROS ATÔMICOS

Elementos atômicos possuem uma identidade própria que permite a diferenciação entre eles, a qual pode ser revelada por meio do espectro de radiação emitido ou absorvido. A espectroscopia permitiu o aperfeiçoamento dos modelos atômicos e após muitos séculos o átomo deixou de ser uma partícula elementar e indivisível da matéria, passando a ser uma entidade com uma complexa estrutura interna [68].

Atualmente sabe-se que o espectro completo das ondas eletromagnéticas é bem mais amplo do que o da luz visível, conforme representado na figura 3.11.

Figura 3. 7: Espectro eletromagnético



Fonte: <https://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>

Os átomos de cada elemento, ao serem aquecidos ou submetidos à descargas elétricas emitem uma radiação característica de cada elemento químico, na forma de uma série de linhas de várias cores, ou seja, vários comprimentos de onda  $\lambda$ . Por meio das posições e intensidades das linhas se pode identificar cada elemento químico, e por conta dessa regularidade J. Balmer em 1885 encontrou uma fórmula matemática (3.32) que representa o comprimento de onda das linhas para o espectro do H e onde  $m = 3, 4, 5, \dots$  são respectivamente 1ª linha, 2ª linha, 3ª linha, etc.

$$\lambda_m = 364,6 \left( \frac{m^2}{m^2 - 4} \right) \quad 3.42$$

onde o comprimento de onda  $\lambda_m$  é dado em nanômetros ( $1 \text{ nm} = 10^{-6} \text{ m}$ ).

Após isso, várias outras séries de raios foram encontradas, suas fórmulas e a região do espectro nas quais se encontram. Na busca por uma fórmula mais geral que previsse o espectro de outros elementos químicos, J. R. Rydberg e W. Ritz, em trabalhos independentes, encontraram:

$$\frac{1}{\lambda_{mn}} = R_H \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n < m \quad 3.43$$

que é conhecida como fórmula de Rydberg-Ritz, onde  $m$  e  $n$  são números inteiros e  $R_H$  é a constante de Rydberg, cujo valor é  $R_H = 1,096776 \cdot 10^7 / m$ . Tal valor é praticamente constante embora aumente um pouco à medida que a massa atômica aumenta [68].

Devido a existência de uma relação entre o elemento químico e um espectro é possível identificar os elementos químicos, uma vez que cada elemento químico tem um espectro atômico característico, propriedade esta que constitui o princípio básico da espectroscopia.

### 3.4 MODELOS ATÔMICOS

Desde o início da ciência os modelos atômicos foram investigados, no entanto passou-se mais de 2000 anos para que voltassem a estudar a estrutura íntima da matéria e formular modelos atômicos onde o átomo deixou de ser uma partícula indivisível e passa-se a apresentar uma complexa estrutura interna. John Dalton propôs em 1803 sua teoria atômica, que veio a ser substituída, após a descoberta do elétron, pelo modelo de Thomson. Nesse modelo “os elétrons carregados negativamente estariam localizados no interior de uma distribuição contínua de carga positiva e devido à repulsão mútua os elétrons estariam distribuídos uniformemente na esfera” [68]. Esse modelo ficou conhecido como pudim de ameixas. Para Thomson, os elétrons poderiam oscilar e emitir ondas eletromagnéticas como os raios X e os raios  $\gamma$  (gama), ou mesmo serem ejetados do átomo.

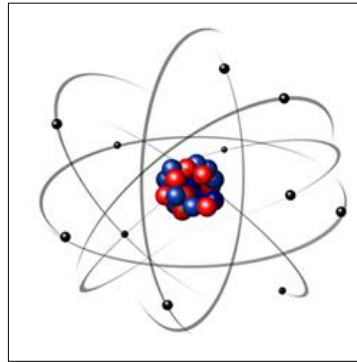
Ernest Rutherford, aluno de Thomson, realizou um estudo cuidadoso, mostrando que as radiações emitidas eram de três tipos diferentes:  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ .

Os raios  $\alpha$  eram partículas positivas que sob a ação de um campo elétrico sofriam um leve desvio, descolando-se com velocidade de 20 000  $km/s$ , com baixo poder de penetração. As radiações  $\beta$  possuíam carga negativa e sofriam grandes desvios, sendo semelhantes aos elétrons e com velocidades próximas à da luz. Os raios  $\gamma$  por sua vez, não tinham carga ou massa, não sofriam desvios num campo magnético, deslocavam-se na velocidade da luz e tinham alto poder de penetração.

Com o intuito de estudar a estrutura atômica Rutherford concluiu que teria que bombardear o átomo com radiações de fontes radioativas naturais. Em 1911 ele realizou o experimento de bombardear uma finíssima lâmina de ouro ( $Au$ ) com partículas  $\alpha$  provenientes do polônio ( $Po$ ). O material radioativo  $Po$  foi depositado num invólucro de chumbo dotado de um orifício para focalizar o feixe de radiação. Uma tela de sulfeto de zinco foi colocada em volta da placa de  $Au$ , tornando-se fluorescente com a incidência de partículas  $\alpha$ .

Com isso Rutherford comprovou que a maioria das tais partículas  $\alpha$  atravessavam a lâmina livremente, uma pequena quantidade atravessava mas sofria desvio e pequena fração (uma a cada 20000 partículas) era totalmente refletida sem atravessar a lâmina. Isso mostrou que a lâmina comportava-se como uma peneira, portanto sua massa não era distribuída de maneira contínua e uniforme. A partir deste experimento, Rutherford concluiu que a carga elétrica positiva estaria concentrada numa pequeníssima região do espaço (núcleo atômico) e que os elétrons estavam em um movimento circular em torno dele, numa região denominada eletrosfera e que portanto o átomo era formado por grandes regiões vazias. Na figura 3.12 abaixo se têm uma representação do modelo de Rutherford.

Figura 3. 8: Modelo atômico de Rutherford



Fonte: <http://www.explicatorium.com/cfq-9/evolucao-modelo-atomico.html>

Seu modelo atômico apresentava as seguintes características:

- Núcleo: Região central do átomo que apresenta partículas positivas, baixo volume, maior massa e maior densidade.
- Eletrosfera: comparadas às órbitas dos planetas no sistema solar que apresenta imensos espaços vazios entre si e partículas de natureza negativa chamadas de elétrons.

Tal modelo foi criticado, pois um elétron dotado de aceleração centrípeta dirigida para o centro, segundo a teoria eletromagnética, emitiria energia continuamente, gradativamente diminuindo a sua rotação, acabando por chocar-se com o núcleo, causando uma desintegração da estrutura atômica e assim o átomo seria uma estrutura instável.

Em 1913, Niels Bohr concebeu então um modelo para o hidrogênio, bem como para os íons com apenas um elétron que previa a posição das linhas do seu espectro [68]. Para isso combinou as ideias de Planck, Einstein e Rutherford. Nesse modelo o elétron se move ao

redor do núcleo em órbitas circulares bem definidas e sob ele agem as forças elétrica e centrípeta, ambas em equilíbrio [82]. Para que o elétron esteja em equilíbrio a força resultante centrípeta tem que ser a força elétrica coulombiana:

$$\frac{kZe^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad 3.44$$

onde  $k$  é a constante eletrostática  $k = 9.10^9 N.m^2/C^2$  e onde  $Z$  é o número atômico. A equação 3.34 representa a interação dinâmica entre um elétron e um núcleo atômico contendo  $Z$  prótons. Sendo a energia mecânica  $E$  o somatório da energia cinética com a energia potencial,  $E = K + U$ , então, neste caso tem-se o seguinte:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{kZe^2}{r} \quad 3.45$$

onde foi usada a expressão da energia potencial elétrica.

Relacionando as equações 3.34 e 3.35, verifica-se a possibilidade de escrever  $E$  como:

$$E = -\frac{kZe^2}{2r} \quad 3.46$$

onde a energia negativa na eq. 3.46 manifesta que, para remover o elétron do átomo se deve fornecer no mínimo uma energia positiva de igual valor caracterizando assim um sistema ligado. Porém, o raio  $r$ , da sua órbita e o comprimento de onda da radiação emitida  $\lambda$  torna-se cada vez menores conforme o elétron perde energia por radiação. Nesse caso o elétron iria espiralar e se chocar com o núcleo, segundo as regras da eletrodinâmica clássica.

Se o átomo é estável então isso não pode acontecer, e para contornar esse problema Bohr propôs 4 postulados que formavam a sua teoria atômica. No seu primeiro postulado, os elétrons movem-se somente em certas órbitas estáveis sem irradiar energia, denominando-os estados estacionários [68].

O segundo postulado compara a frequência da radiação às energias dos estados estacionários [82]. A frequência da radiação emitida na transição entre os estados  $i$  e  $f$ , quando  $E_i$  e  $E_f$  são as energias final e inicial é dada por:



$$f = \frac{E_i - E_f}{h} \quad 3.47$$

onde  $h$  é a constante de Planck. Tal postulado equivale à hipótese de conservação de energia e combinando as equações 3.46 e 3.47, resulta na equação:

$$f = \frac{E_i - E_f}{h} = \frac{kZe^2}{2h} \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \quad 3.48$$

em que  $r_1$  e  $r_2$  são os raios da órbita inicial.

O terceiro postulado de Bohr é sobre a quantização do momento angular, no qual os estados estacionários permitidos são aqueles em que o momento angular do elétron é quantizado em múltiplos inteiros de  $\frac{h}{2\pi}$  e como o momento angular de uma partícula de massa  $m$  que está se movendo em uma órbita circular de raio  $r$  com velocidade tangencial  $v$  é igual a  $mvr$  [82], têm-se que:

$$mvr_n = \frac{nh}{2\pi} = n\hbar, n = 1, 2, 3 \dots \quad 3.49$$

em que  $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,055 \cdot 10^{-34} J \cdot s = 6,582 \cdot 10^{-16} eV \cdot s$ . Assim, a equação acima define as possíveis órbitas que os elétrons podem se encontrar definindo assim os níveis de energia.

Com base nesses postulados Bohr foi capaz de deduzir equações a fim de calcular a velocidade, o raio das órbitas e a energia do elétron.

Explicitando a velocidade  $v$  na equação 3.35 encontra-se a velocidade do elétron:

$$v = \sqrt{\frac{kZe^2}{rm}}. \quad 3.50$$

Como para Bohr os elétrons ocupavam somente certas órbitas, um elétron só pode mover-se naquela em que seu momento angular  $L = mvr$  seja um múltiplo inteiro de  $\hbar$ , isto é:

$$mvr_n = n\hbar \quad 3.51$$

sendo  $n$  um número inteiro nomeado número quântico principal.

Relacionando-se as equações 3.20 e 3.21, encontra-se o raio da n-ésima órbita em que está o elétron:

$$r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{mkZe^2}. \quad 3.52$$

As constantes físicas  $\frac{\hbar^2}{mke^2}$  podem ser substituídas por uma única constante, denominada raio de Bohr ( $a_0 = 0,529$ ) e então podemos escrever 3.42 como:

$$r_n = \frac{n^2}{Z} a_0. \quad 3.53$$

Portanto a equação que expressa energia de um elétron em um estado estacionário ou em uma órbita de Bohr é:

$$E_n = -\frac{mk^2Z^2e^4}{2\hbar^2n^2}. \quad 3.54$$

Como  $E_0 = \frac{mk^2e^4}{2\hbar^2}$  é uma constante cujo valor é  $2,18 \cdot 10^{-18} J = 13,6 eV$  pode-se escrever 3.23 como:

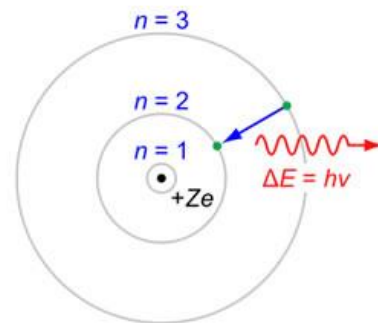
$$E_n = -\frac{Z^2}{n^2} E_0 \quad 3.55$$

onde  $E_0$  representa a energia do estado fundamental (estado de menor energia possível que o sistema pode ter).

Bohr determinou que os elétrons movem-se em órbitas circulares e não aleatoriamente ao redor do núcleo, e as órbitas apresentam uma energia constante e bem definida para cada elétron. Ao se aproximar do núcleo a energia do elétron é menor. Nesse modelo os níveis de energia são quantizados, sendo permitidas certas quantidades de energia para o elétron cujos valores são discretizados (ver equação 3.45) e para passar de um nível de menor energia para um de maior energia o elétron deve absorver uma determinada quantidade de energia. Nesse caso diz-se que o elétron deu um salto quântico, atingindo um estado excitado.

Na figura 3.9 têm-se uma representação do modelo atômico formulado por Bohr.

Figura 3. 9: Representação do modelo atômico de Bohr



Fonte: Site Sociedade Brasileira de Física

Tal modelo representou uma ruptura com a física clássica, pois “além do elétron se mover sem emitir radiação, seu salto de uma órbita para outra desafiava as noções convencionais de espaço e tempo” [68]. Embora o sucesso inicial da teoria, percebeu-se a necessidade de aperfeiçoá-la, então Sommerfeld introduziu o conceito das órbitas elípticas no átomo.

Verificou-se que onde a teoria de Bohr previa um nível energético para um elétron havia na verdade um conjunto de níveis energéticos muito próximos, então o físico inglês Willian Wilson e o físico alemão Arnold J. W. Sommerfeld fizeram a substituição das órbitas circulares por elípticas, lançando mão da teoria da relatividade especial e quantizando o movimento dos elétrons, no entanto o modelo não conseguiu explicar os espectros dos átomos mais complexos que o do hidrogênio [68].

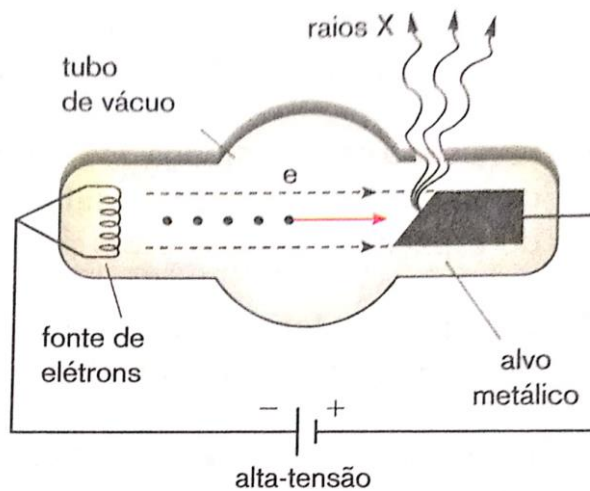
### 3.5 RAIOS X

Os raios X foram descobertos em 1895, pelo físico Wilhelm Konrad Roentgen enquanto estudava descargas elétricas em gases rarefeitos e ampolas de Crookes. Roentgen tinha uma ampola de Crookes encerrada em uma caixa de papelão, e alimentada por uma bobina de Rumkhorff. Realizando o experimento num quarto escuro, observou que ao funcionar o tubo, se produzia fluorescência num cartão pintado com platino-cianureto de bário. Ele verificou que se podia observar a fluorescência quando estava voltada para o tubo a face do cartão pintada com platino cianureto de bário, com a face oposta ou mesmo com cartão afastado a dois metros do tubo.

Algumas referências tendem a minimizar o mérito de Roentgen, dando ênfase ao aspecto fortuito da observação, porém quando se toma conhecimento dos seus relatos verifica-se que era extremamente cuidadoso e por isso nunca necessitou revisar os resultados publicados.

Os raios X são ondas eletromagnéticas de frequências compreendidas entre  $10^{17} \text{ Hz}$  e  $10^{19} \text{ Hz}$ , aproximadamente [84], produzidos em tubos de vácuo onde ao submeter elétrons a uma alta-tensão eles são desacelerados ao atingir um alvo metálico, sendo a sua energia cinética transformada em energia luminosa formada por fótons de raios X conforme se observa na figura 3.10 abaixo.

Figura 3. 10: Tubo de raios catódicos no qual os raios X são produzidos



Fonte: Física - Eletromagnetismo e Física Moderna [84]

O comprimento de onda reduzido faz com que os raios X atravessem facilmente determinados tecidos do corpo, mas ossos e certos tipos de tumor absorvem acentuadamente essas radiações. Os raios que atravessam o corpo podem sensibilizar uma chapa fotográfica, registrando a região exposta.

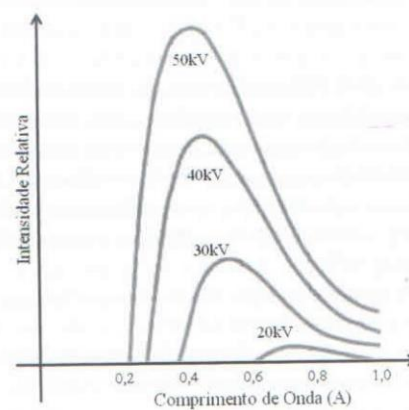
Roentgen descobriu que como os raios X são ondas eletromagnéticas, eles possuem as propriedades gerais dessas ondas, ou seja, sofrem reflexão, refração, interferência, difração e polarização. Propagam-se à velocidade da luz e em linha reta. Têm a capacidade de tornar fluorescentes muitos corpos sobre os quais incidem, provocando também ação química em certas substâncias, como é o caso das chapas fotográficas.

A capacidade de atravessar espessuras depende do comprimento de onda dos raios X, da espessura e do peso atômico da substância. São capazes de ionizar as moléculas dos gases

por onde passam, arrancando seus elétrons. Por não possuírem cargas elétricas, pois são ondas eletromagnéticas, não são desviados por campo elétrico ou magnético.

Os raios X podem ser produzidos por mecanismos diferentes, um que gera espectro contínuo e outro espectro característico. A teoria clássica diz que uma carga elétrica ao sofrer aceleração emitirá radiação eletromagnética e que “os elétrons, passando perto dos núcleos dos alvos sofrem grande atração e deflexão na sua trajetória, sendo, portanto acelerados.” [68]. Dessa forma a energia é dissociada se propagando como radiação X. Abaixo na figura 3.11 verifica-se um gráfico relacionando intensidade relativa versus comprimento de onda de um espectro contínuo de raio X, também conhecido como *bremssstahlung*.

Figura 3. 11: Espectro contínuo de raio X



Fonte: Física Moderna e Contemporânea [68]

O raio X é usado na medicina no diagnóstico de algumas doenças como o câncer, por exemplo, ou na detecção de fraturas. A exposição a essa radiação por um tempo prolongado ou sem a devida proteção pode trazer malefícios como lesões cancerígenas, morte das células e leucemia. Também podem ser utilizados na indústria e na construção civil para detectar defeitos em superfícies metálicas.

### 3.6 LASER

Os autores Máximo e Alvarenga [85] definem o laser como um tipo especial de radiação eletromagnética visível, cujas aplicações tecnológicas e científicas crescem dia a dia. Esse termo laser vem das iniciais de *light amplification by stimulated emission of radiation*, que

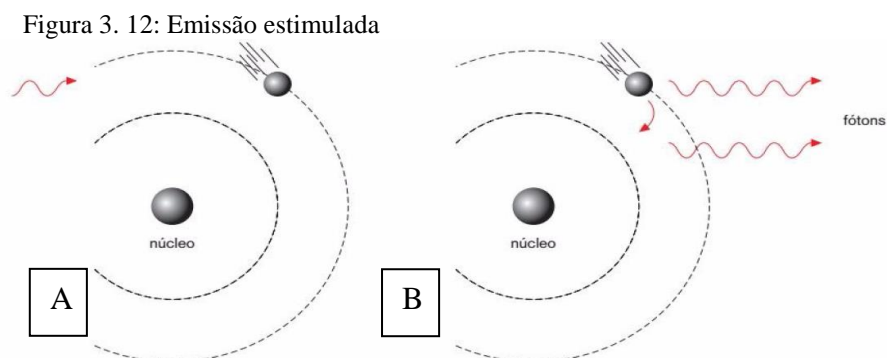
significam “amplificação da luz por emissão estimulada de radiação”. O funcionamento de um laser está relacionado com o modelo atômico de Bohr.

Einstein previu esse fenômeno e segundo ele, “os átomos além de emitirem luz espontaneamente, poderiam ser obrigados ou estimulados pela luz a emitir luz, no processo de um se mover de um estado de alta energia para um estado de energia mais baixa” [68].

Difere da luz comum por apresentar características próprias como intensidade muito elevada, ou seja, concentração de energia em feixes muito finos que se propagam em feixes praticamente paralelos sem se dispersar mesmo em distâncias grandes. Sua luz é monocromática, ou seja, de uma cor só, apresentando radiações em uma única frequência de valor bem determinado. A luz comum, por exemplo, apresenta uma mistura de radiações de várias frequências.

A luz comum é incoerente, ou seja, as cristas e os vales das ondas luminosas se distribuem aleatoriamente uns em relação aos outros, enquanto que nas radiações que constituem o feixe de laser elas estão rigorosamente em fase coincidindo as cristas e os vales, o que constitui uma luz coerente.

A emissão estimulada é a maneira incomum pelo qual um átomo emite radiação e geralmente isso ocorre por emissão espontânea. Tomando os modelos atômicos de Rutherford e de Bohr, os elétrons de um átomo giram ao redor do núcleo em trajetórias circulares bem definidas, onde não há emissão de energia. No entanto se for aplicado ao átomo uma quantidade de energia bem definida sob forma de luz, eletricidade ou calor, o elétron pode passar de uma órbita a outra ficando num estado chamado excitado, com energia maior, conforme representação da emissão estimulada na figura 3.12.



Fonte: Livro Física – Eletromagnetismo e Física Moderna [84].

Isso é temporário e o elétron volta para um nível de energia mais baixo após a emissão de um fóton. Dessa forma ocorrem dois processos: o de absorção de um fóton e depois a

emissão espontânea de um fóton similar por um sistema atômico [84]. Numa substância emitindo um laser isso ocorre com um grande número de átomos que foram previamente excitados. Na figura 3.12 que representa uma emissão estimulada, a incidência de um fóton (A), corresponderá à emergência de dois fótons de mesma frequência e em fase (B). Estes fótons vão estimular outros átomos excitados gerando novos fótons emitidos e assim sucessivamente, gerando assim um processo em cadeia o que resulta no final um feixe de inúmeros fótons idênticos entre si o que constitui o laser. Ou seja, os dois fótons que emergem da emissão estimulada perturbam outros átomos com elétrons em seus estados excitados, ocasionando a emissão de mais fótons que se juntam aos iniciais. Dessa forma, a luz do laser decorre da emissão que ocorre quando elétrons estimulados decaem de seus níveis energéticos e produzem um feixe de luz onde todos os fótons comportam-se igualmente. Com o uso de espelhos nas extremidades da amostra, os fótons que emergiram são jogados novamente no sistema. Quanto mais interação dos fótons da amostra com os átomos desta, maior será a quantidade de fótons emitidos, o que intensifica quantidade de luz que sairá do sistema. Tais fótons acabam por constituir um feixe que poderá deixar o sistema por uma abertura em um dos espelhos em uma das extremidades.

Considerando que um átomo pode estar em dois estados de energia eletrônicos, a saber, estado fundamental (1) e estado excitado (2), com energias  $E_1$  e  $E_2$ , respectivamente, ele pode decair para o estado fundamental pelo processo de emissão espontânea caso esteja excitado. O átomo libera a diferença de energia entre os dois estados na forma de um fóton, o qual terá a frequência  $\nu$  e energia  $h\nu$ , dada pela equação de Planck (3.18) e onde  $h$  é a constante de Planck

$$E_2 - E_1 = h\nu. \quad 3.56$$

Por outro lado, se um campo elétrico de um fóton com frequência  $\nu$  perturbar o estado excitado do átomo, ele pode libertar um segundo fóton de mesma frequência e em fase com o primeiro. Nesse caso o átomo decairá mais uma vez para o estado fundamental, o que define uma emissão estimulada. Quando se tem vários átomos semelhantes e atribuindo o número de átomos excitados por  $N$  a razão em que a emissão estimulada ocorre é dada por:

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = -B_{21}\rho(\nu)N. \quad 3.57$$

Na equação 3.19,  $B_{21}$  é uma constante de proporcionalidade, usada para solucionar, calcular ou descrever processos onde ocorre emissão de fótons por átomos e  $\rho(\nu)$  é a densidade de radiação dos fótons de frequência  $\nu$ . Assim, conforme a equação 3.47, a razão da emissão é proporcional ao número  $N$  de átomos excitados e a densidade dos fótons perturbadores  $\rho$ .

Existem vários tipos de laser: os lasers a gás (Por exemplo, o laser de hélio-neônio e o de CO<sub>2</sub>, de alta potência), lasers de líquido, como os de corantes, e os lasers de estados sólidos (caneta-laser, laser dos CDs, etc.) [13].

São inúmeras as aplicações dos raios laser nos diversos setores da ciência, da tecnologia e no nosso cotidiano. Podem ser usados para cortar ou soldar metais, bem como para cortar papel e tecidos, aparecem em brocas de dentistas, aparelhos de CD, como leitores de códigos de barras ou ainda para medir com precisão distâncias muito grandes. Também são utilizados na área médica em cirurgias, para soldar retinas descoladas e tratamento para apneia do sono.

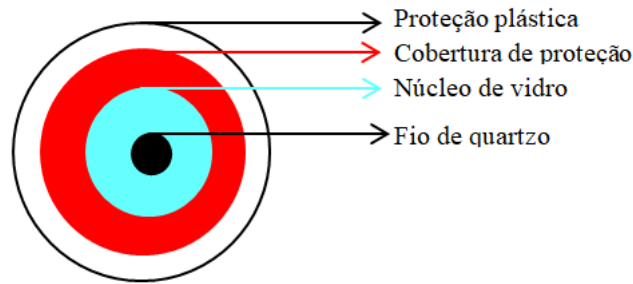
### 3.7 FIBRA ÓTICA

A fibra ótica é um material que utiliza o processo de reflexão total da luz para transmiti-la através dela. Surgiu com o desenvolvimento da tecnologia do quartzo, a qual possibilitou a fabricação de fios muito finos, transparentes e maleáveis, que podem ser curvados sem rompimento.

O núcleo da fibra ótica é um longo e finíssimo cilindro feito de um meio transparente, o qual permite a passagem da luz. Pode ter a espessura de um fio de cabelo ou mais fino, produzido em material plástico ou sílica, conforme figura 3.13. O revestimento, comumente feito de plástico, com índice de refração menor do que o do núcleo garante que ao atingirem a interface entre os dois materiais com ângulo maior que o ângulo limite os raios de luz sofram reflexão total [86].



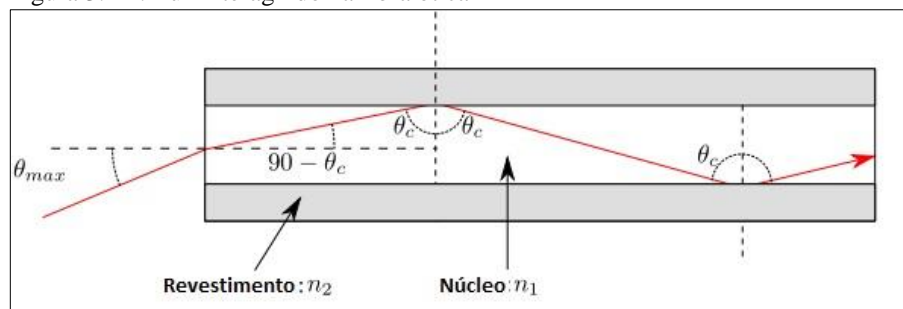
Figura 3. 13: Estrutura da Fibra Ótica



Fonte: construído pela autora

As reflexões totais ocorridas no interior da fibra (fig. 3.14) guiam a luz de uma extremidade à outra utilizando o ângulo limite, sem haver perdas de energia para fora do condutor.

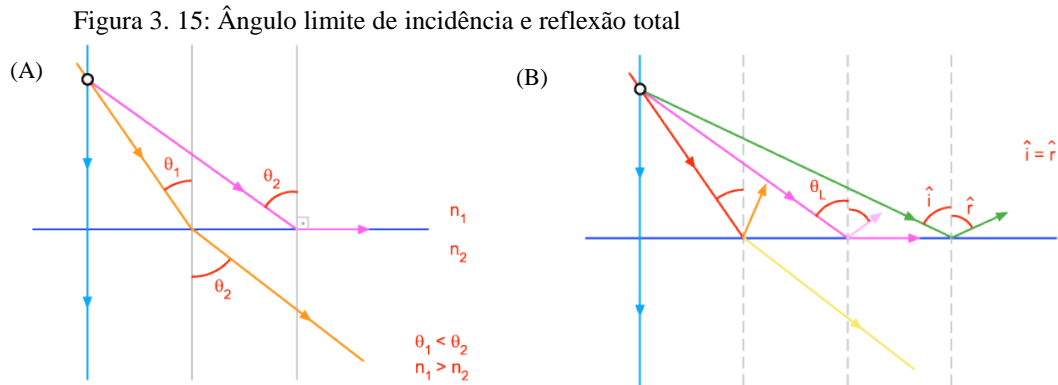
Figura 3. 14: Luz interagindo na fibra ótica



Fonte: <https://descomplica.com.br/blog/fisica/refracao-da-luz-por-que-a-fibra-optica-e-o-arco-iris-sao-parentes/>

Dessa forma a luz, ou outra radiação eletromagnética pode ser conduzida por qualquer trajetória, por meio da reflexão total nas paredes da fibra. Para que os dados possam ser transmitidos pela Fibra, todo sinal é transformado em luz (laser ou LED) com a ajuda de conversores.

Para verificar-se como isso ocorre, toma-se como exemplo a figura 3.15 onde estão representado dois raios de luz (A) do meio 1 mais refringente, para o meio 2 menos refringente e os respectivos raios refratados. Considerando  $n_2 < n_1$  observa-se que os raios refratados se afastam da normal conforme o ângulo de incidência aumenta, até chegar a uma situação limite  $\theta_L$  (B) em que o ângulo de refração é  $90^\circ$ . Para incidências maiores que este ângulo limite teremos a reflexão total ou interna. Esse ângulo limite é também chamado de ângulo crítico.



Fonte: Adaptado pela autora de [http://efisica.if.usp.br/optica/basico/refracao/reflexao\\_total/](http://efisica.if.usp.br/optica/basico/refracao/reflexao_total/)

Sabe-se que ângulos de incidência e reflexão são iguais e os dois são medidos em relação à normal à interface do ponto de reflexão [81]. Quando os meios têm índices de refração diferentes,  $n_1$  e  $n_2$ , ao atingi-los parte da luz pode ser refratada na interface, conforme a lei de Snell, apresentada na equação 3.48:

$$n_2 \text{sen } \theta_2 = n_1 \text{sen } \theta_1 \quad 3.58$$

onde os dois ângulos são medidos em relação à normal à interface do ponto de refração.

Para ângulos de incidência maiores que  $\theta_L$ , não existe raio refratado e toda a luz é refletida, um fenômeno conhecido com reflexão interna total.

Para determinar  $\theta_L$ , usa-se a equação 3.48, atribuindo-se aleatoriamente o índice 1 à água e o índice 2 ao ar e fazendo  $\theta_1 = \theta_L$  e  $\theta_2 = 90^\circ$ , obtêm-se:

$$n_1 \text{sen } \theta_L = n_2 \text{sen } 90^\circ \quad 3.59$$

o que resulta em

$$\theta_L = \text{sen}^{-1} \left( \frac{n_2}{n_1} \right) \text{ (ângulo limite)}. \quad 3.60$$

Na equação 3.50, como o seno de um ângulo não pode ser maior que a unidade,  $n_2$  não pode ser maior que  $n_1$ , ou seja, a reflexão total não ocorre quando a luz passa para um meio com índice de refração maior que o meio onde está inicialmente [81].

Os principais usos da fibra ótica são em comunicação e na medicina. Na comunicação é usada na transmissão de sinais através de pulsos de radiações eletromagnéticas, na maioria

das vezes luz ou radiação infravermelha. Ela permite transmitir informações com maior eficiência e economia do que os fios de cobre, enviando 100 000 vezes mais informações.

Embora a velocidade de transmissão dos sinais na fibra ótica seja de 200 000 km/s, sendo menor do que sinais na corrente elétrica nos fios de cobre que é de 300 000 km/s, a vantagem está na exigência de repetidores e amplificadores de sinais apenas a distâncias de cerca de 100 km, enquanto que para os fios de cobre essa distância deve ser aproximadamente a cada 4 km. Apresenta a desvantagem de serem menos resistentes.

Os cabos de cobre não seriam capazes de dar vazão a essa infinidade de dados que pode trafegar pelas redes de comunicação ao redor do mundo e embora a comunicação de dados por meio dos satélites seja eficiente, existe um enorme fluxo de informações que são trocadas na superfície.

Com o princípio da independência dos raios luminosos, vários sinais, cada um carregando uma informação específica, podem trafegar ao longo de um único cabo, ao mesmo tempo, sem que haja interferência.

Na medicina as fibras óticas são usadas nos endoscópios, facilitando o exame em órgãos internos ou em cirurgias. Nesse caso utilizam-se dois feixes de fibras óticas, um para levar o sinal luminoso e o outro para trazer a imagem do órgão até o médico. Como fonte de luz utiliza-se o laser pela capacidade de ser transmitido em feixes muito finos e a grande potência.

Com a tecnologia cada vez mais desenvolvida, são fabricados cabos cada vez mais flexíveis, com mais capacidade de transmissão e confiabilidade, bem como os custos de produção, instalação e manutenção caíram consideravelmente.

### **3.8 TRANSISTOR**

Grande parte do desenvolvimento da indústria eletrônica e o surgimento de novas tecnologias devem-se aos materiais semicondutores, os quais são substâncias cuja resistência diminui rapidamente na medida em que se aumenta sua temperatura. A condutividade por sua vez, se eleva com o aumento de temperatura ou incidência da luz, já que com isso ocorre excitação dos elétrons da banda de valência para a banda de condução. Os semicondutores são materiais que apresentam condutividade intermediária, entre condutores e isolantes.

Também se pode aumentar a condutividade dos semicondutores por meio da adição de impurezas, num processo chamado dopagem, uma vez que certas impurezas e imperfeições podem afetar as propriedades dos mesmos. Dessa forma desenvolveu-se heteroestruturas semicondutoras, advindas da junção de diferentes materiais e resultando em estruturas com propriedades eletrônicas e ópticas distintas das apresentadas pelos materiais da liga [68] e que foram essenciais no rápido desenvolvimento tecnológico.

O transistor foi criado em 1947 por uma equipe da Bell Telephone, composta por John Bardeen, Walter Brattain e chefiada por Willian Shockley, feito este tão importante que os levou a serem laureados com o prêmio Nobel da Física em 1956.

Embora a descoberta tenha sido anunciada em 1948, e fosse uma grande realização científica, poucos se deram conta do significado e importância, e o transistor não alcançou sucesso de imediato [68].

O transístor é um componente eletrônico semicondutor com várias funções: amplificador de sinal (tensão), comutador de circuitos e amplificador e regulador de corrente elétrica. Foi inventado para substituir as antigas válvulas eletrônicas.

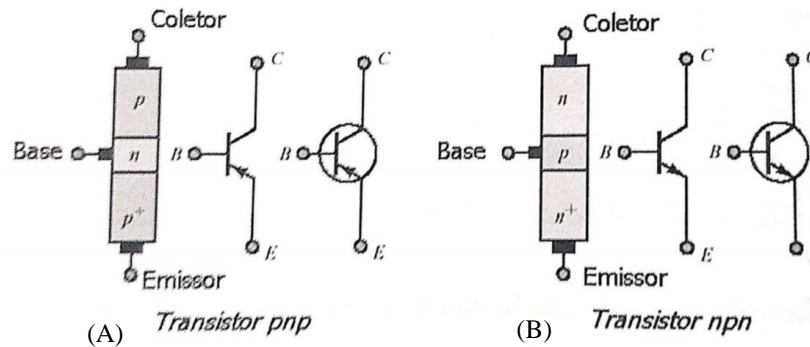
O transistor é constituído de um material semicondutor, como o silício por exemplo, ao qual adiciona-se uma pequena porção de impureza, como o germânio. A adição de tal impureza permite que o semicondutor seja capaz de amplificar a corrente elétrica e como um interruptor ligá-la e desligá-la. A criação desse dispositivo tornou possível a fabricação de equipamentos que consumissem menos energia e em tamanhos bem menores.

Os rádios modernos trazem transistores que desempenham a função de amplificar a corrente permitindo que a reprodução das oscilações da corrente elétrica do sinal captado pela antena seja amplificada até a intensidade exigida pelo alto-falante para reproduzir o som.

Nos computadores, que usam a lógica binária a fim de executarem suas funções, os transistores além de amplificarem a corrente podem ser usados com função de interromper ou permitir a passagem da mesma.

Na figura 3.16 apresenta-se um transistor bipolar *pnp* (A) e um *npn* (B). O transistor bipolar é atualmente o semicondutor mais importante.

Figura 3. 16: Diagrama de transistores tipo *pnp* e *npn*



Fonte: Física Moderna e Contemporânea [68]

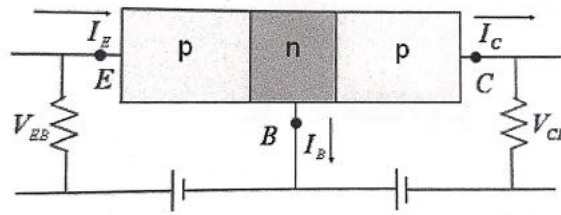
Ele é constituído por três regiões:

1. Emissor: Camada de média espessura, alta dopagem e que fornece cargas positivas.
2. Base: Camada de espessura fina e dopagem média, a qual não impede que as cargas positivas advindas do emissor cheguem ao coletor.
3. Coletor: Camada de grande espessura e pequena dopagem, a qual recebe os elétrons advindos do emissor e que passam pela base.

A palavra transistor resultou da justaposição das palavras transfer + resistor, isto é, resistência de transferência, visto poder ser considerado como um dispositivo com resistência, fixa ou variável. Basicamente um transistor funciona da seguinte maneira: a ligação entre o coletor e o emissor do transistor se comporta como um isolante, ou como se fosse um resistor de valor muito alto. Ao se passar uma corrente elétrica pela base (camada central), o transistor passa a funcionar como um condutor, pois diminui a resistência entre coletor e emissor. Desta forma, a corrente da base é a que comanda o transistor, regulando acima a corrente do coletor e, portanto da corrente da carga. Resumindo, pode-se comparar o funcionamento do transistor a uma torneira de água que, abrindo mais ou menos a sua válvula, deixa passar mais ou menos quantidade de água – no caso do transistor, será mais ou menos corrente elétrica [87].

Um transistor do tipo *pnp* funciona semelhante a um *npn*. Um esquema do funcionamento de um transistor *pnp* pode ser observado na figura 3.17 abaixo.

Figura 3. 17: Funcionamento do transistor



Fonte: Física Moderna e Contemporânea [68]

Tipler e Mosca [82] discutem a operação de um transistor *pn*p e afirmam que em condições normais a junção emissor-base é polarizada diretamente e a junção base-coletor é polarizada inversamente. O emissor emite elétrons que fluem em direção ao emissor-base. A esses elétrons associa-se a corrente  $i_e$  do emissor para o coletor. Porém, os buracos que se recombinam na base produzem carga positiva, a qual tende a impedir a passagem da corrente. Buracos que não chegam ao coletor são recolhidos na base na forma de uma corrente  $i_b$ , a fim de evitar a interrupção da passagem da corrente. Comumente expressa-se a corrente  $i_c$ , ligeiramente menor que  $i_e$  e  $i_b$  na forma:

$$i_c = \beta I_b \quad 3.61$$

em que  $\beta$  é nomeado ganho de corrente do transistor, com valor podendo variar de 10 até 1000. Assim, os transistores são utilizados como amplificadores de corrente, entre outras funções.

Atualmente muitos aparelhos eletrônicos como os computadores e smartphones utilizam a integração de muitos transistores, bem como outros componentes em uma única pastilha denominada chip. Isso provocou uma imensa revolução na eletrônica proporcionando o funcionamento de diversos aparelhos que utilizamos.

### 3.9 LÂMPADAS DE VAPOR DE MERCÚRIO E DE SÓDIO UTILIZADAS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Existem diversos tipos de lâmpadas para fins de iluminação, as quais podem ser separadas em dois grupos. Têm-se as lâmpadas que contém mercúrio, as quais são fluorescentes e as lâmpadas de descarga (mista, vapor de mercúrio, vapor de sódio e vapor

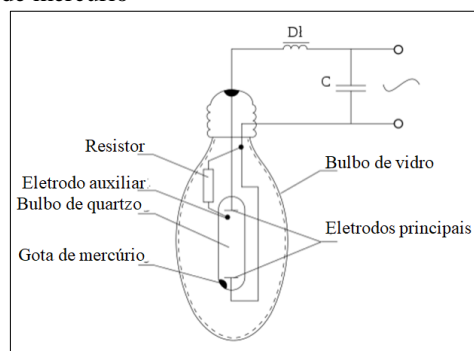
metálico), bem como as que não contêm mercúrio (lâmpadas incandescentes e halogenadas/dicrônicas) [88].

Lâmpadas de vapor de sódio ou mercúrio são lâmpadas de descarga, nas quais a luz é produzida por meio da descarga elétrica em um gás dentro de um tubo. As primeiras lâmpadas desse tipo foram produzidas em 1931 e eram de vapor de mercúrio.

No século XX produziram-se as lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão, e sendo o sódio um material extremamente corrosivo, elas necessitavam de um vidro especial, bem como temperaturas estáveis para funcionarem de acordo. Pesquisas da época indicaram que se poderia melhorar a cor da lâmpada aumentando a pressão do sódio, porém não ainda havia um material que conseguisse resistir à corrosão do sódio em pressões elevadas. A primeira lâmpada de vapor de sódio de alta pressão só foi desenvolvida em 1962, sendo comercializada somente a partir de 1965.

Lâmpadas de vapor de mercúrio são geralmente utilizadas na iluminação de ruas e fábricas, pois tem um baixo custo de investimento, longa duração de vida média e embora precisem de reactância, não precisam de ignitor. A desvantagem é que consomem mais energia elétrica do que as de sódio de alta pressão. Elas possuem em seu interior um pequeno tubo de quartzo, o qual contém o gás de mercúrio submetido a uma tensão de algumas centenas de volts [89]. A constituição de uma lâmpada de vapor de mercúrio pode ser verificada na imagem 3.18.

Figura 3. 18: Diagrama da lâmpada de vapor de mercúrio



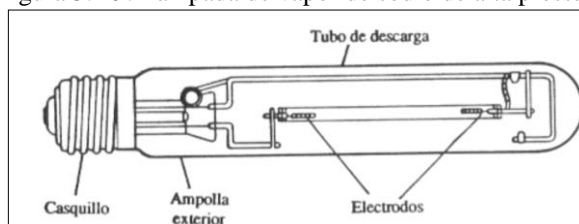
Fonte: Adaptado pela autora

São envoltas em um bulbo de vidro, o tubo de quartzo emite no visível um espectro característico do mercúrio Hg, bem como algumas linhas no ultravioleta, as quais são barradas pelo bulbo externo.

As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão possuem alta eficiência e emitem uma luz branco-dourada. Sua vida útil a torna bastante adequada para iluminação pública e externa, porém devido o baixo índice de reprodução de cor é mais bem aproveitada onde esse fator não é importante como monumentos, túneis, aeroportos, fachadas, estacionamentos, viadutos e autoestradas [90]. Favorece a segurança, uma vez que nessa mesma cor o olho humano tem mais acuidade visual, sendo mais eficazes se avaliadas do ponto de vista fotópico. Além do mais emite menos radiação ultravioleta do que a de mercúrio, têm um gasto menor de energia elétrica e a manutenção é mais econômica [90].

Esse tipo de lâmpada produz sua luz através de uma descarga elétrica no vapor de sódio. O campo elétrico que existe entre os eletrodos (figura 3.19) “fornece energia aos elétrons que excitam os átomos de sódio os quais emitem predominantemente a luz amarela e algumas outras cores características do sódio” [90].

Figura 3. 19: Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.



Fonte: [https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/Fontes\\_Lumin.pdf](https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/Fontes_Lumin.pdf)

Essas lâmpadas podem operar em qualquer posição e não possuem eletrodo de partida, fazendo com que precisem de tensões elevadas para funcionar. Daí a necessidade de um ignitor que possa gerar pulsos de alta tensão e frequência. Existem ainda alguns tipos especiais de lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, as quais utilizam uma mistura de gás de partida que é uma combinação de argônio e neônio e requerem uma tensão de partida mais baixa e um auxiliar de partida dentro do bulbo externo [90].





## CAPÍTULO 4

### ASPECTOS METODOLÓGICOS

Partindo pressuposto de que abordar tópicos de FMC no ensino médio pode contribuir para aproximação dos estudantes à disciplina e proporcionar uma visão mais correta da física relacionando o desenvolvimento tecnológico com os conteúdos curriculares elaborou-se uma proposta de material didático para o ensino de FMC, o qual foi implementado utilizando sequências didáticas, metodologias ativas e recursos tecnológicos digitais conforme se apresenta nas seções seguintes.

#### 4.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia de pesquisa escolhida foi a da pesquisa-ação, definida por Thiollent como “um tipo de pesquisa social com base empírica, a qual é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo” [9]. Nesse tipo de metodologia, pesquisadores e participantes envolvem-se de forma participativa ou cooperativa. Tal escolha deu-se em vistas de não limitar as investigações a aspectos acadêmicos e burocráticos, já que nesse contexto levou-se em conta que os estudantes têm algo “a dizer” e a “fazer”, e o levantamento de dados embasou o desempenho de um papel ativo da pesquisadora (autora deste trabalho) na própria realidade dos fatos observados. Embora leve em consideração a descrição de situações concretas por meio de observações e ações sociais, a pesquisa-ação não despreza a pesquisa teórica, e sendo um tipo de pesquisa qualitativa, a mesma conferiu aos dados obtidos e observados um caráter descritivo, rico em significados, o qual considerou o contexto em que se desenvolveu a investigação.

Zabala [7] argumenta que toda prática pedagógica exige uma organização metodológica para a sua execução, concretizando-se a aprendizagem do estudante a partir da intervenção do docente em sala de aula. Para isso é preciso ter em mente para quê educar e para quê ensinar, questões essas que norteiam e justificam a prática. Tomando isso como ponto de partida para a organização do trabalho pedagógico de uma forma reflexiva, optou-se por utilizar-se da sequência didática como aporte para aprendizagem de conteúdos de FMC, já que constituem-se em um “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas

para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” [7].

Nesse contexto, o produto educacional foi dividido três sequências didáticas, desenvolvidas ao longo de 20 aulas com duração de 50 min cada, intercaladas à momentos assíncronos em que os estudantes trabalharam via recursos tecnológicos sem necessariamente estarem no mesmo ambiente. Tais sequências foram desenvolvidas conforme descrição a seguir:

- Apresentação da proposta e entrega dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo IV).
- Recolhimento dos termos de consentimento e aplicação do “Questionário de Levantamento de Dados dos Estudantes” (apêndice II) e do “Questionário de Levantamento de Conhecimentos Prévios” (apêndice III).
- Criação do Blog e da página do facebook para divulgação.
- Conversa inicial sobre Física Moderna e Contemporânea utilizando uma apresentação.
- Aplicação da atividade gamificada utilizando QR Codes, fixados em diversos lugares da escola.
- Participação dos estudantes em palestra sobre “Internet com Responsabilidade”, proferida pelo NTE de Rolim de Moura.
- Dinâmica utilizando cartas com informações dos cientistas e oficina sobre o recurso tecnológico Laifi.
- Apresentação dos Laifis à comunidade escola na feira do conhecimento.
- Aplicação da metodologia de rotação por estações.
- Construção dos infográficos com acompanhamento on line.
- Encontro para finalização dos infográficos

Os estudantes participaram ativamente em toda aplicação do produto.

## 4.2 CONTEXTO E PERFIL DOS PARTICIPANTES

O produto educacional foi aplicado na E.E.E.F.M. Cel. Aluizio Pinheiro Ferreira, uma escola da rede pública estadual, do município de Rolim de Moura, estado de Rondônia. A escola está localizada na Avenida Maceió, 4665 na região central do município e atende estudantes residentes no bairro e proximidades que se dirigem a este estabelecimento de ensino por considerá-lo o mais conceituado na sociedade, devido à tradição do corpo docente

e funcionários, em sua maioria, habilitados nas áreas específicas, bem como os bons resultados alcançados nas avaliações externas.

De acordo com o Projeto Político Pedagógico da escola, ela foi inaugurada em 11 de agosto de 1981 e nesse ano de 2019 atende 1.189 estudantes, sendo 571 no período matutino, 493 no período vespertino e 125 no período noturno.

A turma que recebeu a proposta de aplicação do produto educacional foi o 3º ano do ensino médio, turma A, período matutino, a qual é composta por 32 estudantes e tem como professora titular da disciplina de física a própria pesquisadora. Com o questionário de caracterização alguns dados interessantes para entender-se o perfil dos estudantes foram levantados:

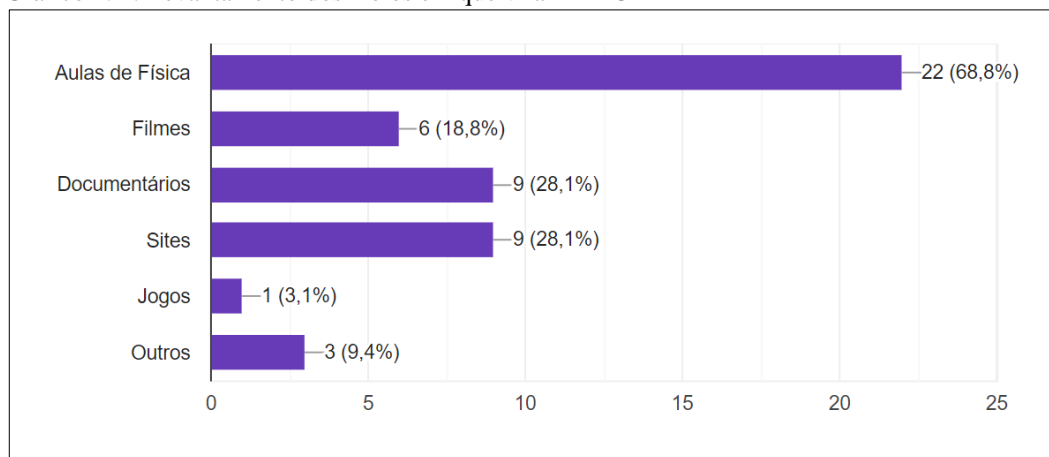
- Quanto à idade 9,4% da turma tem 16 anos, 75% tem 17 anos e 15,6% tem 18 anos.
- Quando questionados se gostavam dos conteúdos ministrados na disciplina de física, 87,5% da turma respondeu que as vezes gostam; 9,4 % que sempre gostam e 3,1 % que nunca gostam.
- Quanto à possuírem computador e internet em suas residências 93,8% respondeu que sim e 6,3 % respondeu que não.
- Quanto a possuir celular com acesso à internet, 100% da turma respondeu que possuem.
- Quanto a reservar um tempo para estudo da disciplina de física, somente 18,8 % responderam que sim; 65,6% às vezes e 15,6 % que não.
- Questionados se utilizam TICs para estudar conteúdos de física 71,9% respondeu que sim; 21,9% responderam que às vezes e 6,3% responderam que não utilizam.
- Solicitados a indicar como classificavam sua aprendizagem em física, 3,1 respondeu que é ótima, 31,3% responderam que é boa, 56,3% que é regular e 9,4% que é ruim.
- Solicitados a opinar sobre se a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação facilitaria o aprendizado dos conteúdos da disciplina de Física 96,9% responderam que sim e 3,1% responderam que não.

Os estudantes também preencheram um formulário de conhecimentos, com objetivo de entender se os mesmos sabiam algo sobre física moderna e conheciam os cientistas e suas contribuições.

Questionados sobre saber o que é Física Moderna, 62,5 % disseram saber o que era, enquanto 37,5% disseram não saber. Solicitou-se também que, caso já tivessem tomado

conhecimento sobre alguns conceitos de FMC assinalassem através de que meio, podendo-se assinalar mais de uma opção. Os dados geraram o gráfico 4.1 abaixo:

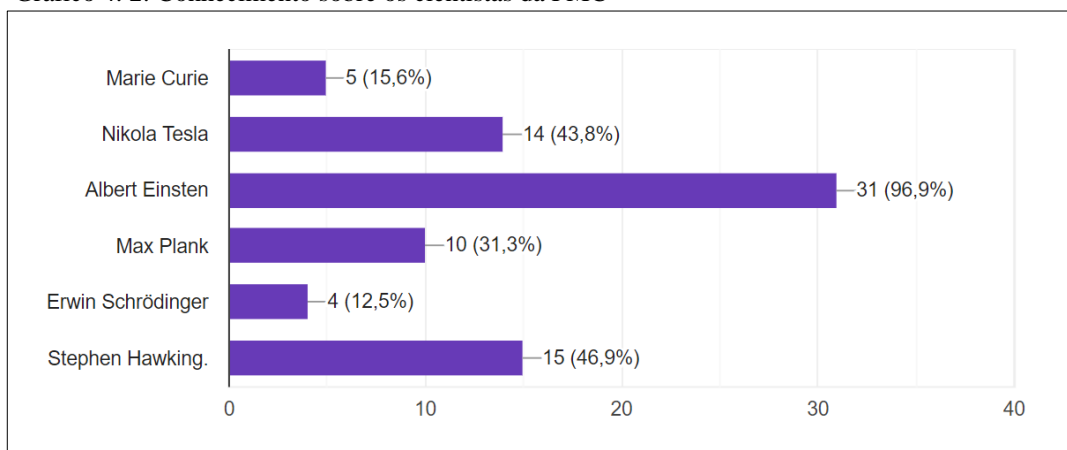
Gráfico 4. 1: Levantamento dos meios em que viram FMC



Fonte: autora

Quando solicitados a assinalar os nomes de quais cientistas já haviam ouvido falar responderam conforme dados apresentados no gráfico 4.2 a seguir.

Gráfico 4. 2: Conhecimento sobre os cientistas da FMC



Fonte: autora

Os estudantes mostraram-se pré-dispostos a participar da aplicação do produto e 100% responderam que tinham curiosidade em saber mais sobre equipamentos que utilizamos na vida moderna e como foram construídos.

## 4.3 CRIAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

### 4.3.1 Criando o blog e o grupo do facebook

Depois de efetuada a proposta aos estudantes, distribuído e recolhido assinaturas dos mesmos e de seus responsáveis no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo IV), no Termo de Assentimento (anexo V), levantados os dados iniciais (apêndice II) e os conhecimentos prévios (apêndice III) efetuou-se a criação de um blog e um grupo fechado no facebook. O objetivo do blog era não só divulgar todos os passos da aplicação do Produto Educacional para que a comunidade escolar acompanhasse, mas também manter um canal aberto com outros docentes de física, postando metodologias, atividades e recursos interessantes. O nome do blog, Fuxico Quântico, surgiu de algumas sugestões feitas pelos estudantes, e o mesmo também foi utilizado no grupo fechado, bem como em uma página do facebook, a qual inicialmente pensou-se, seria mais dinâmica que o blog. O blog foi criado utilizando um recurso gratuito do Google e seu aspecto pode ser observado na figura 4.1. Embora o mesmo foi utilizando a título de divulgação e não fizesse parte do mote dessa dissertação ensinar os docentes a construí-lo, consta no produto educacional um QR Code direcionando a uma instrução de como fazê-lo.

Figura 4. 1: Aspecto visual do blog

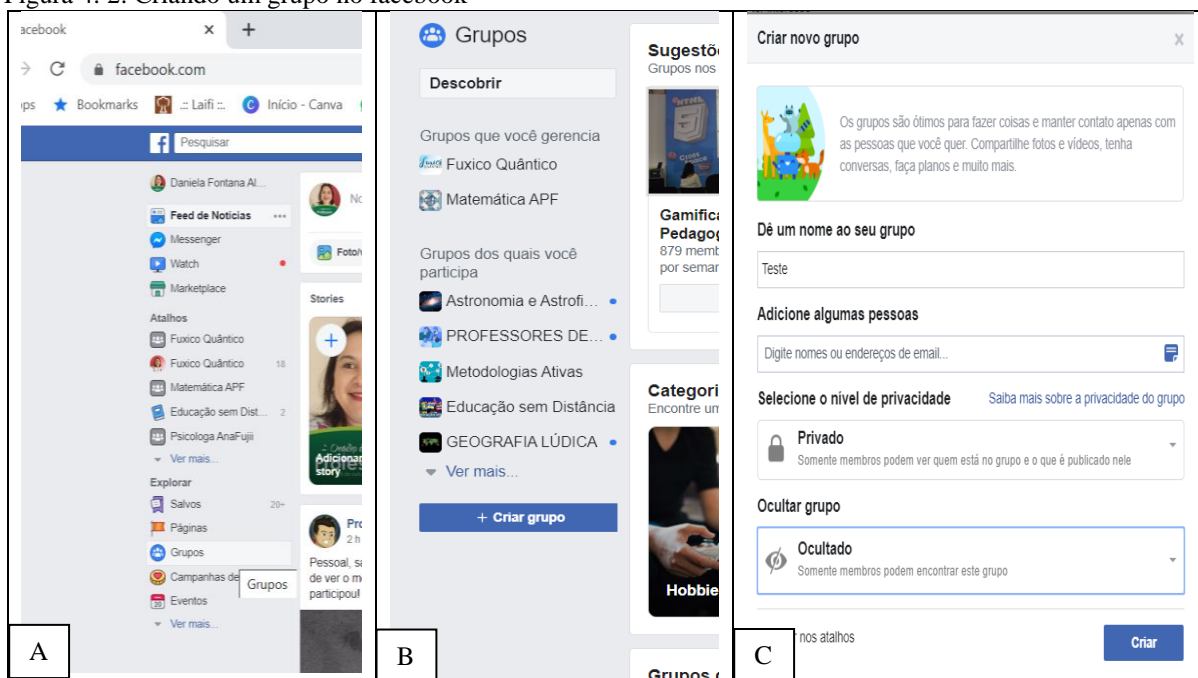


Fonte: Imagem capturada pela autora em <<http://fuxicoquantico.blogspot.com/>>

Criaram-se duas abas no blog, a fim de que todos pudessem encontrar facilmente tudo que fora divulgado do projeto, e que na outra ficassem as demais publicações.

O grupo fechado foi criado utilizando um recurso do facebook. Para criar um grupo é preciso ter uma conta no facebook e fazer login na mesma. Na página inicial, menu lateral esquerdo clicar em grupos (figura 4.2 – A). Em seguida, clica-se em “+ Criar grupo” (figura 4.2 - B) e na página que se abre preencher os dados e clicar em criar (figura 4.2 - C).

Figura 4. 2: Criando um grupo no facebook



Fonte: autora

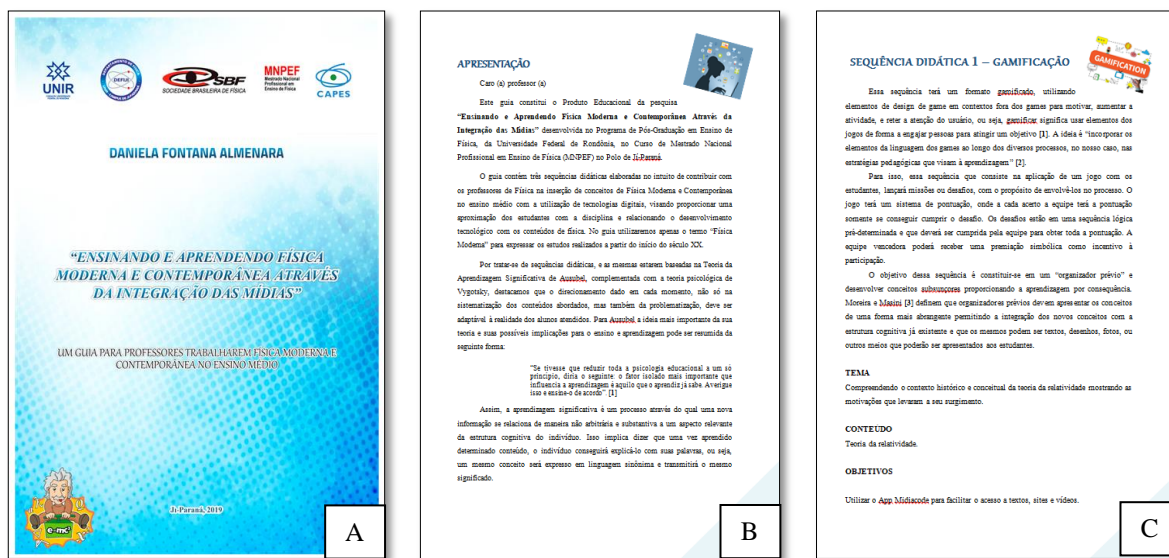
É importante lembrar que, sendo a finalidade do grupo comunicar-se com os estudantes sobre as questões do projeto, o mesmo deve ser um grupo fechado, então nas configurações deve-se selecionar “Privado” e “Ocultado” e convidar os estudantes a fazer parte através do e-mail de cada um.

### 4.3.2 Construindo o guia pedagógico com as sequências didáticas

O produto educacional é constituído de um guia pedagógico contendo as três sequências didáticas elaboradas, as quais proporcionam a inserção de tópicos de FMC no Ensino Médio utilizando-se metodologias ativas e recursos tecnológicos digitais. O guia foi construído utilizando o Word, um software do pacote *Microsoft Office*, mas alguns dos materiais de apresentação a serem entregues aos estudantes foram construídos utilizando os

recursos do Canva.com. Abaixo na figura 4.3 se pode verificar o aspecto visual do mesmo. Em 4.3 – A está a capa, em 4.3 – B uma apresentação aos docentes falando sobre e em que se baseia o produto educacional, e em 4.4 – C a Primeira Sequência Didática, a qual consiste em uma apresentação para uma aula expositiva sobre o surgimento da FMC e uma atividade gamificada que utilizou os elementos de *design* de game para motivar e engajar os estudantes.

Figura 4. 3: Aspecto do Produto Educacional



Fonte: Capturada pela autora

Para aplicação das sequências foi necessária a criação de diversos materiais. Como os estudantes não tinham estudado física moderna antes necessitou-se produzir alguns organizadores prévios como uma apresentação que pudesse ser utilizada em aula expositiva e que fornecesse uma base aos estudantes que permitisse aos mesmos participar do jogo que seria aplicado.

Na apresentação, conforme figura 4.4 a seguir, além de se fazer uma explanação sobre o que é FMC (em A), utilizaram-se recursos de vídeo (em B), bem como se falou da física que geralmente aparece em animes (em C) e filmes (em D), com o objetivo de chamar a atenção dos estudantes.



Figura 4. 4: Apresentação introdutória FMC

<p><b>Física Clássica/Física Moderna</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Física Clássica - Física desenvolvida antes de 1900.</li> <li>* Física Moderna - Física desenvolvida de 1900 até os dias atuais.</li> <li>* Física Moderna trouxe mudança radical de alguns conceitos físicos (quebra de paradigmas) e rápido progresso tecnológico.</li> <li>* Em geral na Física Moderna se estuda a composição e o movimento de partículas subatômicas (menores que o átomo) e de corpos com velocidade próxima ao da luz.</li> </ul>  <p><b>A</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Um dos empregos dessa fórmula é na energia nuclear, seja em reatores para produzir eletricidade, seja em armas nucleares. Uma massa pequena de urânio ou plutônio, de alguns quilos, basta para produzir uma bomba capaz de destruir uma cidade, pois a quantidade "E" vale a "m" multiplicado por 300 mil km/s.</li> </ul>  <p><b>B</b></p>
<p><b>Física e Dragon Ball Z</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>* Goku, a personagem principal do anime conseguia produzir uma enorme quantidade de energia e lançá-la em seus inimigos. O clássico ataque Kamehamehá era muito poderoso e destruiu tudo em seu caminho.</li> <li>* Todos os guerreiros do anime conseguiam produzir uma quantidade absurda de energia do nada, impossível de acontecer na vida real embora seja possível explicar a origem de tanta energia emanada dos corpos.</li> </ul> <p><b>C</b></p>	<p><b>Física Vingadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Capitã Marvel trás a nave com Nebulosa e Homem de Ferro pra Terra . Eles estavam a milhares de anos luz e só tinha um dia de oxigênio. Para isso ela precisa ser muito mais rápida que a velocidade da luz.</li> <li>* O homem formiga estava preso no mundo quântico e consegue voltar</li> <li>* Viagens no tempo para universos paralelos.</li> <li>* Incrível Hulk consegue fundir seu corpo com o Dr. David Banner.</li> <li>* Construção do novo martelo do Thor.</li> <li>* Resgate do Homem de Ferro com nanotecnologia.</li> </ul> <p>Para entender melhor assista <a href="https://www.youtube.com/watch?v=AZWlG9oaGxc">https://www.youtube.com/watch?v=AZWlG9oaGxc</a> esse <a href="https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-fisica-dos-vingadores.htm">https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-fisica-dos-vingadores.htm</a></p>  <p><b>D</b></p>

Fonte: Autora

Essa sequência didática teve pretensão se constituir em um organizador prévio, o qual fornecesse subsunçores onde os conhecimentos pudessem ser ancorados. E como parte da sequência foi produzida uma atividade gamificada (figura 4.5) utilizando QR Codes (em A), bem como recursos como instruções (em B) e folhas de respostas (em C). A atividade gamificada foi construída utilizando o Word, no entanto os códigos QR Code foram gerados a partir do recurso de web do Midiacode.

Figura 4. 5: Recursos da Primeira Sequência Didática

<p>MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF) POLO DE JI-PARANÁ/UNIR - PJI/PAMNPEF</p> <p><b>1º DESAFIO</b></p>  <p><b>A</b></p>	<p>MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF) POLO DE JI-PARANÁ/UNIR - PJI/PAMNPEF</p> <p><b>INSTRUÇÕES PARA COMEÇAR A AVENTURA</b></p> <p>Para darmos início a essa nossa aventura em busca de conhecer um pouco da Física que surgiu no início do século XX, a chamada Física Moderna, convidamos vocês estudantes a participarem de um jogo.</p> <p>Esse jogo será uma espécie de "Caçada", onde cada grupo terá que ir encontrando as respostas aos questionamentos e desafios propostos para ganhar pontos e chegar ao tesouro que é o conhecimento.</p> <p><b>B</b></p>	<p>MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF) POLO DE JI-PARANÁ/UNIR - PJI/PAMNPEF</p> <p><b>FOLHA DE RESPOSTAS DOS DESAFIOS</b></p> <p>Alunos: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p><b>RESPOSTAS DO GRUPO</b></p> <p>11</p> <p><b>C</b></p>
---	---	--

Fonte: Autora

O jogo contou com a união de diversas mídias utilizando textos, links e vídeos a fim de embasar a solução dos desafios. Com o objetivo de dinamizar o jogo também se produziu posteriormente alguns selos (figura 4.6), os quais o docente pode imprimir em papel comum ou papel adesivo. O jogo foi construído com uma sequência de desafios propostos,

apresentados em forma de códigos QR code, os quais contavam com o apoio de mídias a fim de oferecer embasamento aos estudantes para que pudessem responder aos desafios.

Figura 4. 6: Selos



Fonte: Autora

A cada QR Code decifrado e respondido corretamente o grupo recebe um desses emblemas, assim os grupos terão ideia de como estão todos, empenhando-se mais para ganhar o jogo.

O guia pedagógico além de trazer esses recursos prontos para o (a) docente imprimir e utilizar, também trás um tutorial (figura 4.7) com instruções de como se pode construir sua própria atividade gamificada com QR Codes.

Figura 4. 7: Tutorial Midia Code

**Utilizando a ferramenta Web para criar seus códigos**

Professor, caso você queira criar seus próprios códigos QR Code, utilizando outros desafios e talvez até outros conteúdos, primeiramente deverá planejar quais atividades, desafios e ou problemas que os estudantes responderão. Crie uma pasta para ir salvando cada um dos desafios e utilize um programa de edição de texto para formatar e deixar como você quer. Não se esqueça de colocar no documento links que os estudantes deverão acessar, se for o caso. Cada desafio deverá ser feito em um documento diferente e posteriormente ser salvo em formato pdf.

Depois de planejar o desafio, acesse o endereço <https://midiacode.com/>. A seguinte janela aparecerá no seu navegador.

Clicando em entrar aparecerá a seguinte tela onde você deverá fazer login utilizando seus dados de cadastro.

No menu lateral esquerdo aparecem as opções Criados e Capturados. Para criar um novo QR Code clique em **CRIE UM NOVO - Conteúdo**, conforme indica na imagem a seguir.

Para enviar seus desafios você deverá preencher os dados conforme se pode ver na imagem a seguir.

Ao clicar em **3** aparecerá a opção de enviar o arquivo pdf para a plataforma Midiacode.

**16**

**17**

Fonte: Autora

Ao final de cada uma das três sequências existe uma seção denominada Offline (figura 4.8), com dicas de alternativas para escolas sem acesso à internet ou que os estudantes não disponham de smartphones.

Figura 4. 8: Seção de dicas offline

# Offline


Caso em sua escola não possua internet e/ou os estudantes não possuam smartphones para realizar a atividade, você pode imprimir os desafios, fixar em pontos da escola e realizar a atividade da mesma forma. [Clique aqui](#) e acesse o documento para impressão.

Fonte: Autora

Em alguns momentos o guia oferece dicas aos docentes, conforme se pode observar na figura 4.9, indicando referências para leitura ou mesmo de como mediar às atividades realizadas.

Figura 4. 9: Seção de dicas aos docentes

Dicas aos docentes



Antes de iniciar o trabalho é interessante que o professor faça algumas leituras sobre o assunto. Para isso indicamos algumas referências abaixo.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. São Paulo: Scipione, 2010, volume 3.

URQUIZA, Y. **Física Moderna**: física sem sofrimento. Maceió, 07 dez. de 2012. Disponível em <<https://pt.slideshare.net/IvysUrquiza/fisica-moderna-resumo-e-exercicios-dezembro-2012>>. Acesso em: 11 de jul. de 2018.

BRENNAN, R. **Gigantes da física**. [S.l.]: Zahar, 2000. Disponível em <[http://www.pi.unir.br/uploads/76127300/arquivos/Gigantes\\_Da\\_Fisica\\_\\_Uma\\_Historia\\_da\\_f\\_sica\\_moderna\\_\\_Richard\\_Brennan\\_505556289.pdf](http://www.pi.unir.br/uploads/76127300/arquivos/Gigantes_Da_Fisica__Uma_Historia_da_f_sica_moderna__Richard_Brennan_505556289.pdf)>. Acesso

Fonte: Autora

A segunda sequência didática trabalha os grandes cientistas que com suas descobertas criaram e contribuíram com a FMC. O objetivo principal era conhecer e promover a análise das contribuições dos grandes cientistas ao longo da história, como uma forma de valorizar a ciência, utilizando o recurso tecnológico Laifi, o qual é uma rede social colaborativa onde se podem construir, individual ou coletivamente, diagramas em forma de árvore ou linhas do tempo. Como a sequência envolveu pesquisas principalmente na internet e utilização de imagens, vídeos e diversos recursos pensou-se que o ideal seria preparar os estudantes com uma palestra que abordasse formas seguras de pesquisas, plágio e direito de imagem. Para isso estabeleceu uma parceria com o Núcleo de Tecnologia Educacional de Rolim de Moura, o qual produziu e disponibilizou uma apresentação (figura 4.10) e ministrou uma palestra aos estudantes sobre essa temática.

Figura 4. 10: Apresentação sobre pesquisas seguras



Be the first to clip this slide

O que é **pesquisa**? Clip slide

É um conjunto de ações que visam a **descoberta de novos conhecimentos** em uma determinada área.

Deriva do termo em latim *perquirere*, que significa "procurar com perseverância".

Uma parte importante de qualquer pesquisa é o recolhimento de dados, e por isso um pesquisador deve buscar por informações com diligência.

OPICNA - ITELIM - 2009

2 de 20

Be the first to clip this slide

PIK DUK

COPIOU, COLOU E NÃO CITOUCI: DANÇOU.

SEJA DONO DA SUA IDEIA. PLÁGIO É CRIME.

PUC

Orienta-se com os seus professores sobre as consequências do plágio e aprenda como evitá-lo.

OPICNA - ITELIM - 2009

11 de 20

Fonte: Núcleo de Tecnologia Educacional de Rolim de Moura

A apresentação fala sobre o que é pesquisa traz dicas de como potencializar a pesquisa, bem como discute sobre o conceito de plágio.

Para trabalhar-se sobre os cientistas e realizar uma dinâmica de jogo (gamificada) com os estudantes produziu-se um quiz utilizando o recurso Kahoot [91], o qual utilizando um computador e um projetor multimídia o (a) docente pode projetar o jogo e os estudantes irão respondendo o quiz. A cada questão o recurso fornece um *Feed Back* das respostas dos estudantes. Na figura 4.11 têm-se a aparência interna do Kahoot.

Figura 4. 11: Quiz Grandes Cientistas

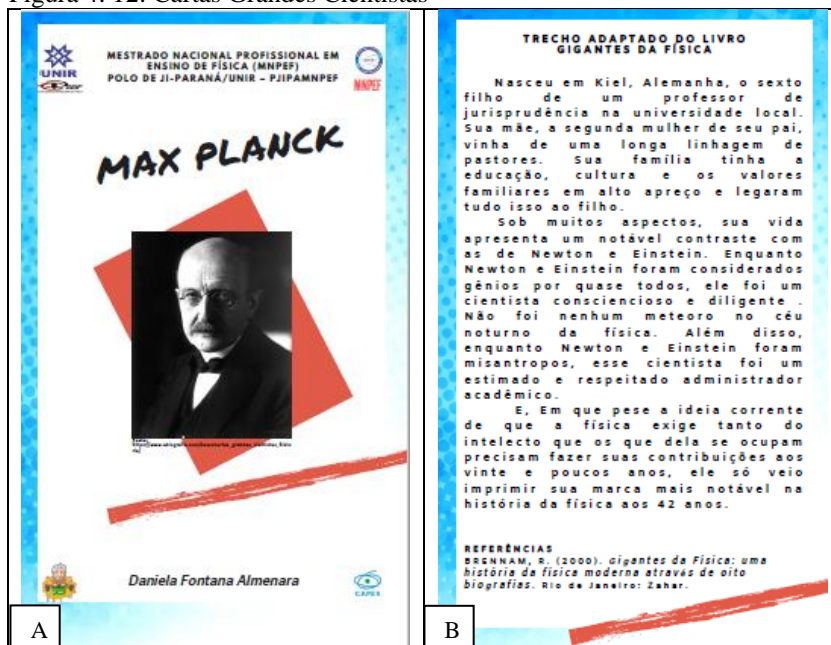


Fonte: Autora

Pensando em escolas onde não é possível realizar o quiz, e também fazer um sorteio diferente dos nomes dos cientistas a serem pesquisados produziu-se cartas (figura 4.12) onde constavam nome e imagem do cientista (em A) e outra com informações a respeito do mesmo (em B), mas sem mencionar o nome. O objetivo era que os estudantes tivessem uma ideia de como era cada cientista e desmistificassem a figura dos mesmos. Ao final cada grupo pesquisaria o cientista o qual sorteou.



Figura 4. 12: Cartas Grandes Cientistas



Fonte: Autora

A fim de acompanhar o desenvolvimento dos Laifis, indicar recursos e manter um canal de comunicação com os estudantes é interessante utilizar um grupo fechado no facebook, por isso faz parte do produto um pequeno tutorial (figura 4.13) explicando como criar um grupo.

Figura 4. 13: Tutorial de criação de grupo no facebook



Fonte: Autora

Caso não seja possível ao docente trabalhar essa sequência e os estudantes construírem os Laifis, também foram disponibilizados no produto os Laifis construídos na aplicação (figura 4.14), assim poderão ser utilizados como material de pesquisa ou em planejamentos diferentes.

Figura 4. 14: Laifis Produzidos

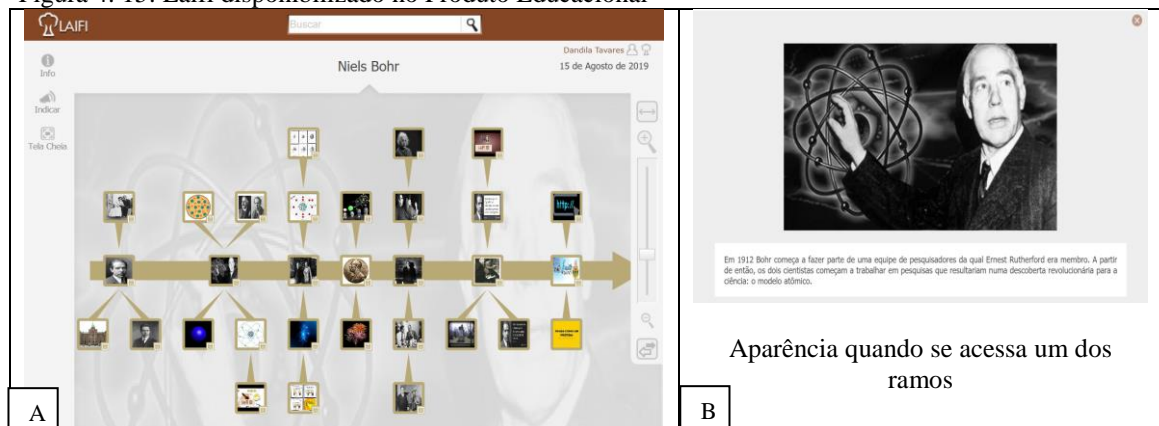


Fonte: Autora

Estes Laifis foram produzidos em grupos pelos estudantes, que após sortear o nome do cientista, efetuaram um cadastro para o grupo no recurso tecnológico Laifi, realizaram pesquisas, selecionaram imagens, charges, vídeos e informações relevantes à respeito da biografia, bem como do legado científico e foram organizando esse material no formato de uma linha do tempo com ramificações.

Na sequência, na figura 4.15 – A se pode verificar a aparência de um Laifi produzido por um dos grupos, e em 4.15 – B a aparência quando se acessa um dos ramos.

Figura 4. 15: Laifi disponibilizado no Produto Educacional



Fonte: capturado pela autora em <<http://bit.ly/laifiboehr>>

Está disponível no Produto Educacional como parte da segunda sequência didática um tutorial explicativo de como cadastrar-se e utilizar todos os recursos do Laifi (figura 4.16), bem como está disponibilizado no blog para que o (a) docente possa fornecer a seus estudantes.

Figura 4. 16: Tutorial Laifi

### Como utilizar o Laifi

**O que é o Laifi?**

O Laifi é um recurso tecnológico *on line* e gratuito, uma rede social colaborativa, onde após efetuar o cadastro, se podem construir, individual ou coletivamente, diagramas em forma de árvore ou linhas do tempo. Nesses diagramas é possível colocar imagens, texto ou vídeos, disponibilizar para que outras pessoas vejam ou ainda colaborem contigo na construção.



Fonte: capturado pela autora no site laifi.com

**Como se cadastrar?**

Acesse o endereço <http://www.laifi.com/> e clique em Cadastrar.



Vai abrir a janela da figura abaixo. Preencha com seus dados e confirme clicando em Cadastrar.

28

Fonte: Autora


A terceira sequência didática produzida para o produto educacional visava proporcionar o conhecimento e a compreensão dos equipamentos que puderam ser construídos a partir de descobertas da FMC por meio da produção de infográficos com o recurso tecnológico Canva. Por isso inicialmente fala-se sobre o que é um infográfico (figura 4.17), trazendo uma breve discussão sobre o assunto ao docente.



Figura 4. 17: Texto sobre infográficos no Produto Educacional

**DESENVOLVIMENTO**

Entendendo o que é infográfico e porque usá-los



Segundo Teixeira [5], um infográfico pressupõe uma narrativa, conta uma história, o que o diferencia de um gráfico, mapa ou uma tabela isolados, e o torna um excelente recurso didático para explicar um conteúdo.

O objetivo de usá-los na educação é facilitar a compreensão de informações, oferecendo noções mais rápidas e dos sujeitos, do tempo e do espaço dessas informações [6].

Fonte: Autora

Essa sequência utilizou-se da metodologia ativa de rotação por estações, e para tanto se produziu recursos, os quais constam no Produto Educacional para organizar essa metodologia. Disponibilizou-se um Modelo para geração de ideias, o qual foi entregue aos grupos com o intuito de guia-los ao passar pelas estações, onde constam os equipamentos que foram pesquisados (figura 4.18 – A), um roteiro sobre o que fazer em cada estação (figura 4.18 – B), organização das ideias (figura 4.18 – C) e instruções de como construir um infográfico (figura 4.18 – D). Esse modelo de geração de ideias foi construído utilizando-se o recurso tecnológico Canva.com.

Figura 4. 18: Modelo de geração de ideias

Fonte: Autora

Em cada estação havia materiais em diversos formatos falando sobre infográficos, por isso também selecionou-se textos, infográficos, vídeos e endereços de sites, os quais tem que estar presentes em cada uma das estações. Na figura 4.19 podem-se observar alguns desses materiais.

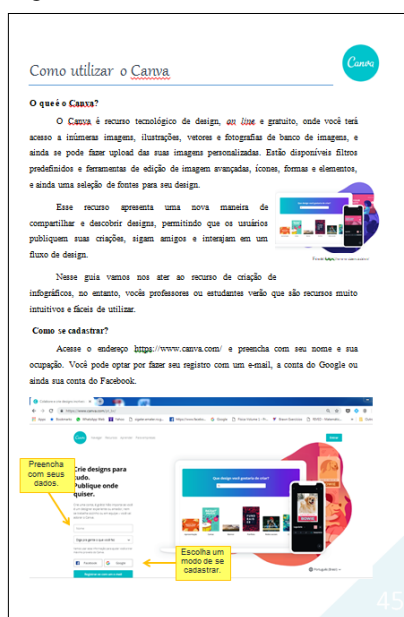
Figura 4. 19: Recursos para a rotação por estações



Fonte: Autora

Acompanha ainda o Produto Educacional um tutorial de como utilizar o recurso tecnológico Canva, conforme mostra a figura 4.20.

Figura 4. 20: Tutorial do Canva



Fonte: Autora

Os infográficos produzidos na aplicação da terceira sequência foram disponibilizados (figura 4.21) para que também possam ser utilizados em caso de impossibilidade dos estudantes construírem os seus.

Figura 4. 21: Links dos infográficos



Fonte: Autora

A seguir, na figura 4.22 apresenta-se um dos infográficos produzidos pelos estudantes, utilizando o recurso tecnológico Canva e com a mediação da pesquisadora.

Figura 4. 22: Infográfico Transistor



Fonte: Autora

### 4.2.3 Aplicação da primeira sequência didática: gamificação

O produto educacional foi dividido em três sequências didáticas. A primeira teve um formato de gamificação, com a pretensão de servir de organizador prévio, conforme colocado por Ausubel, e fornecer subsunçores onde os conhecimentos posteriores pudessem ser ancorados. As atividades realizadas nessa sequência foram distribuídas conforme quadro 4.1.

Quadro 4. 1: Descrição das atividades desenvolvidas na primeira sequência didática

<b>Horas/Aula</b>	<b>Atividade desenvolvida</b>
02	Aula expositiva sobre “O Surgimento da Física Moderna e Contemporânea” com a utilização de uma apresentação e auxílio de vídeos.
03	Aplicação de atividade gamificada com auxílio de QR Codes e utilizando Smartphones.

Fonte: Elaborado pela autora

Iniciou-se essa aplicação partindo de uma apresentação criada pela pesquisadora, onde os estudantes organizados em um semicírculo assistiram e participaram da discussão (figura 4.23). Falou-se sobre o início da Física Moderna, alguns conceitos como a existência do éter e a radiação de corpo negro, citou-se alguns cientistas que contribuíram com a FMC, as principais teorias que a embasam e por fim relacionaram-se conceitos físicos observados em animes e filmes com conteúdos da FMC.

Figura 4. 23: Apresentação inicial



Fonte: autora



Em outra aula pediu-se aos estudantes que se organizassem em grupos onde pelo menos um estudante tivesse um smartphone. Forneceu-se um login a cada grupo para que pudessem acessar a internet e entregaram-se as instruções impressas, bem como um documento onde deveriam colocar as respostas. Indicou-se o primeiro dos QR Code, localizado na biblioteca da escola, conforme figura 4.24.

Figura 4. 24: Primeiro código a ser escaneado



Fonte: elaborado pela autora

Reforçou-se verbalmente as instruções onde a cada QR Code escaneado e o desafio resolvido os grupos acumulariam pontos e conseguiriam encontrar o próximo desafio por meio da pista constante no próprio QR Code. Na figura 4.25 se podem observar esses momentos.

Figura 4. 25: Estudantes escaneando QR Code e resolvendo desafios

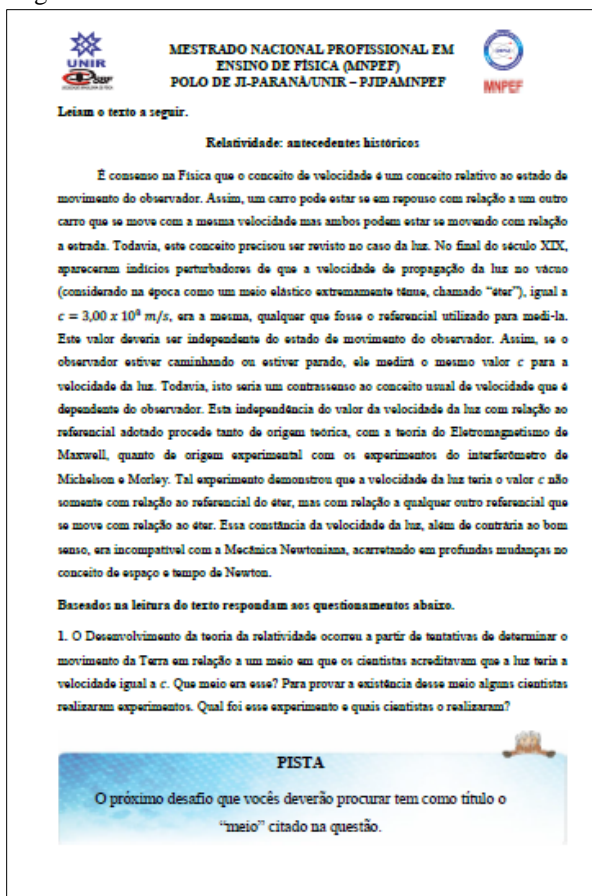


Fonte: Autora

A seguir, na figura 4.26 está o documento que aparece ao escanear o primeiro QR Code do jogo. No final verifica-se que existe uma pista indicando: “O próximo desafio que vocês deverão procurar tem como título o “meio” citado na questão”, portanto o grupo que

respondeu corretamente saberia que o título do próximo QR Code que deveriam procurar seria “Éter”.

Figura 4. 26: Primeiro desafio a ser resolvido



**UNIR** **MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPFE)** **POLO DE JI-PARANÁ/UNIR - FJIPAMNPEF**

Leiam o texto a seguir.

**Relatividade: antecedentes históricos**

É consenso na Física que o conceito de velocidade é um conceito relativo ao estado de movimento do observador. Assim, um carro pode estar se em repouso com relação a um outro carro que se move com a mesma velocidade mas ambos podem estar se movendo com relação a estrada. Todavia, este conceito precisou ser revisto no caso da luz. No final do século XIX, apareceram indícios perturbadores de que a velocidade de propagação da luz no vácuo (considerado na época como um meio elástico extremamente tênue, chamado “éter”), igual a  $c = 3,00 \times 10^8$  m/s, era a mesma, qualquer que fosse o referencial utilizado para medi-la. Este valor deveria ser independente do estado de movimento do observador. Assim, se o observador estiver caminhando ou estiver parado, ele medira o mesmo valor  $c$  para a velocidade da luz. Todavia, isto seria um contrassenso ao conceito usual de velocidade que é dependente do observador. Esta independência do valor da velocidade da luz com relação ao referencial adotado procede tanto de origem teórica, com a teoria do Eletromagnetismo de Maxwell, quanto de origem experimental com os experimentos do interferômetro de Michelson e Morley. Tal experimento demonstrou que a velocidade da luz teria o valor  $c$  não somente com relação ao referencial do éter, mas com relação a qualquer outro referencial que se move com relação ao éter. Essa constância da velocidade da luz, além de contrariar ao bom senso, era incompatível com a Mecânica Newtoniana, acarretando em profundas mudanças no conceito de espaço e tempo de Newton.

Baseado na leitura do texto respondam aos questionamentos abaixo.

1. O Desenvolvimento da teoria da relatividade ocorreu a partir de tentativas de determinar o movimento da Terra em relação a um meio em que os cientistas acreditavam que a luz teria a velocidade igual a  $c$ . Que meio era esse? Para provar a existência desse meio alguns cientistas realizaram experimentos. Qual foi esse experimento e quais cientistas o realizaram?

**PISTA**

O próximo desafio que vocês deverão procurar tem como título o “meio” citado na questão.

Fonte: elaborado pela autora

Os estudantes ocuparam diversos espaços da escola em busca dos códigos e resolvendo os desafios durante três aulas seguidas. Ao final o grupo que primeiro encerrou e entregou os desafios resolvidos ganhou uma premiação.

### 4.2.3 Aplicação da segunda sequência didática: grandes cientistas

Na segunda sequência didática a proposta foi investigar acerca da biografia e legado científico de cientistas que contribuíram com a FMC. As atividades realizadas nessa sequência foram distribuídas conforme quadro 4.2 abaixo.

Quadro 4.2: Descrição das atividades desenvolvidas na segunda didática

<b>Horas/Aula</b>	<b>Atividade desenvolvida</b>
01	Palestra Ministrada pelo NTE sobre “Internet com responsabilidade”.
02	Aplicação de metodologia utilizando cartas com informações dos cientistas e Oficina de utilização do recurso tecnológico Laifi. Encaminhamento de atividades Assíncronas
01	Atendimento on line aos estudantes via grupo do facebook.
02	Pré apresentação dos Laifis produzidos.
03	Apresentação para comunidade escolar na Feira do Conhecimento.

Fonte: Elaborado pela autora

Para munir os estudantes de subsídios para uma boa pesquisa, estabeleceu-se parceria com o Núcleo de Tecnologia Educacional (NTE) da Regional de Rolim de Moura o qual ministrou palestra (figura 4.27) sobre “Internet com responsabilidade”.

Figura 4. 27: Palestra Internet com responsabilidade

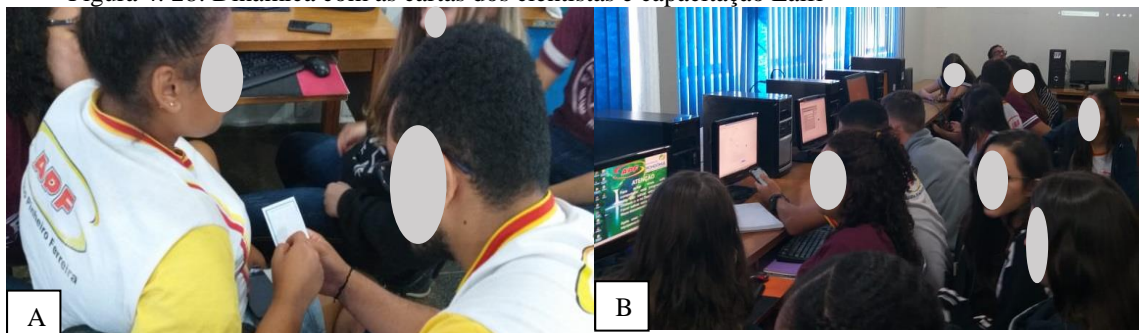


Fonte: Elaborado pela autora

Em um segundo momento, no Laboratório de Informática Educativa da escola, os estudantes foram convidados a refletir sobre como imaginavam um cientista, citou-se alguns nomes e questionou-se se conheciam e qual seria o legado científico do mesmo. Nesse momento estava previsto um jogo construído no Kahoot mas devido à problemas de queda de energia no bairro não foi possível. Distribuiu-se então cartas aos estudantes, duas por grupo, onde uma continha a imagem e nome de um cientista e na outra informações. Leram-se as informações e os demais tentavam descobrir de qual cientista tratava-se (figura 4.28 – A).

Cada grupo ficou responsável de pesquisar o cientista o qual sorteou a carta e em seguida os estudantes participaram de uma pequena oficina a fim de conhecer o recurso tecnológico Laifi e suas funcionalidades (figura 4.28 – B).

Figura 4. 28: Dinâmica com as cartas dos cientistas e capacitação Laifi

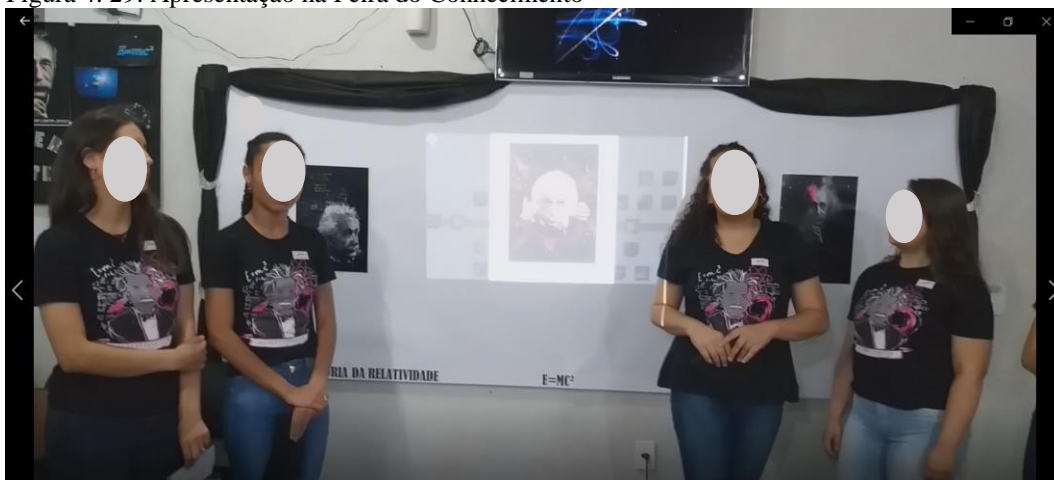


Fonte: Autora

Após esse momento os grupos ficaram responsáveis em produzir os Laifis, os quais foram acompanhados via grupo do facebook criado para esse fim. Ao longo do processo a pesquisadora utilizou o grupo para disponibilizar um tutorial sobre utilização do Laifi, calendário de datas para término do trabalho, bem como sugerir referências, mudanças e melhorias nos Laifis produzidos.

Com Laifis finalizados os grupos apresentaram inicialmente para a turma, foram feitas sugestões de complementação, e posteriormente foram apresentados (figura 4.29) a toda comunidade escolar na Feira do Conhecimento realizada pela E.E.E.F.M. Cel. Aluizio Pinheiro Ferreira, na própria escola.

Figura 4. 29: Apresentação na Feira do Conhecimento



Fonte: autora



O trabalho apresentou desdobramentos no sentido de que vários grupos buscaram produzir modelos e experimentos, os quais não estavam previstos na sequência, a fim de melhor apresentar suas pesquisas. Outro desdobramento ocorreu com a apresentação do projeto no VII Seminário Tecnologias na Educação (figura 4.30), o qual conquistou o primeiro lugar na categoria Ensino Médio.

Figura 4. 30: Apresentação aos jurados do VIII Seminário Tecnologias na educação



Fonte: Autora

O Seminário de Tecnologias na Educação é realizado todos os anos pelo NTE pertencente à Coordenadoria Regional de Ensino (CRE) de Rolim de Moura, como apoio da Secretaria Estadual de Educação e do Governo do Estado de Rondônia e tem o objetivo de apresentar e premiar projetos exitosos aplicados nas escolas pertencentes à regional de Rolim de Moura.

#### **4.2.4 Aplicação da terceira sequência didática: infográficos**

Na terceira sequência didática propôs-se expor e divulgar os princípios físicos associados ao funcionamento de alguns equipamentos que puderam ser construídos a partir de descobertas da física moderna por meio da construção de infográficos. As atividades realizadas nessa sequência foram distribuídas conforme quadro 4.3 a seguir.

Quadro 4. 3: Descrição das atividades desenvolvidas na terceira sequência didática

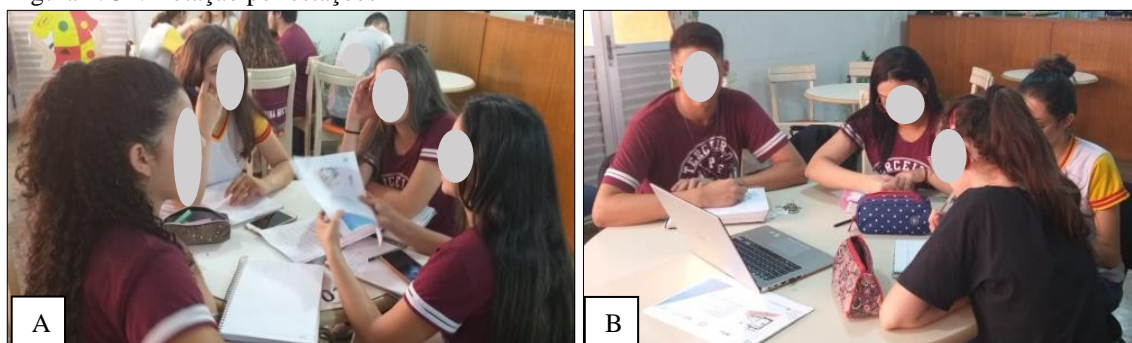
<b>Horas/Aula</b>	<b>Atividade desenvolvida</b>
02	Metodologia de rotação por estações.
02	Acompanhamento assíncrono da produção dos infográficos via grupo do facebook e recurso tecnológico Canva.
02	Encontro com estudantes para sanar dúvidas e sugerir referências de aprofundamento.

Fonte: Elaborado pela autora

Utilizou-se uma metodologia ativa de rotação por estações, onde inicialmente cada estudante sorteou um número de 1 a 5 correspondentes ao grupo do qual faria parte e conteúdo que seria pesquisado. Estudantes de números iguais reuniram-se e após receberem o Modelo de Geração de Ideias encaminharam-se a cada uma das 5 estações preparadas.

As estações continham respectivamente textos impressos sobre infográficos, vídeos explicando o que é e como é um infográfico, imagens de infográficos impressas, um documento disponibilizado em um notebook conectado à internet com links de sites que continham informações iniciais sobre os equipamentos a serem pesquisados e na última estação um notebook com acesso à internet para acesso e exploração do recurso tecnológico Canva escolhido para a produção dos infográficos. Propôs-se a pesquisa sobre laser, fibra óptica, raios-X, lâmpadas de vapor de mercúrio e transistor, orientando os estudantes a buscar explicações científicas sobre o surgimento e funcionamento dos mesmos e produzirem infográficos para apresentar essa pesquisa. Nas figuras 4.31 – A e 4.31 – B podem-se visualizar os estudantes trabalhando nas estações.

Figura 4. 31: Rotação por estações

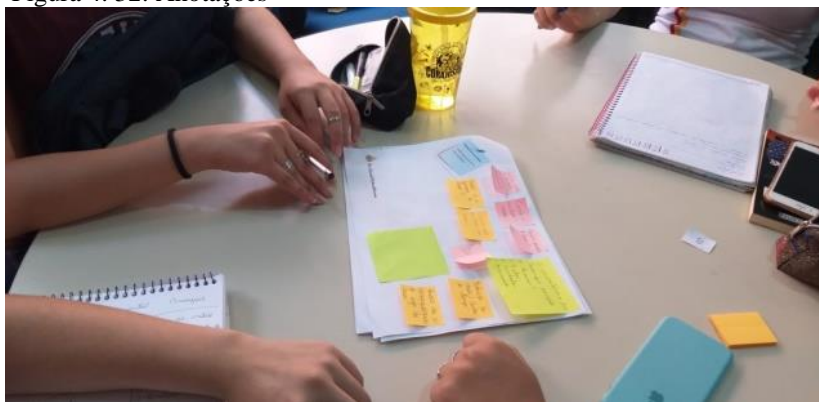


Fonte: autora

Os estudantes permaneciam de 10 a 15 minutos em cada estação, fazendo anotações

em *post its* (figura 4.32), fixados no modelo de geração de ideias.

Figura 4. 32: Anotações



Fonte: autora

Após percorrerem todas as estações reuniram-se para organizar como fariam suas pesquisas e as ideias iniciais dos grupos. De forma assíncrona os estudantes realizaram suas pesquisas, selecionaram imagens e construíram seus infográficos, os quais foram acompanhados pela pesquisadora por meio do recurso de compartilhamento, bem como do grupo do facebook (figura 4.33 – A). Como alguns grupos tiveram dificuldades em encontrar referências, foram feitas sugestões por meio do grupo fechado no facebook (figura 4.33 – B).

Figura 4. 33: Post grupo do facebook

**Daniela Fontana Almenara**  
20 de setembro

Terceira sequência didática.

Nessa etapa pesquisaremos alguns equipamentos que puderam ser construídos a partir das descobertas da física moderna. Já sorteamos os grupos e os temas, aprendemos o que é um infográfico, conhecemos o Canva e encaminhamos as pesquisas. Agora é montar o infográfico. Até dia 26 quero ver o infográfico, então se reúnam pra fazer. Gostaria de deixar marcado com vocês dia 27 à tarde pra vermos juntos o infográfico, pra que eu possa juntamente com o grupo ver os possíveis ajustes. Lá no canva tem uma opção de convidar alguém para editar o documento com vc, então até o dia 27 compartilhem comigo para que eu possa entrar e ver. Abaixo cada representante preencha com os componentes do grupo por favor.

27 comentários Visualizado por 24

**Daniela Fontana Almenara 1 - Transistor**  
Curtir · Responder · 9 sem · Editado

**Canva**  
CANVA.COM  
Collaborate & Create Amazing  
Graphic Design for Free

**A**

**Daniela Fontana Almenara**  
25 de setembro

Para ajudá-los com referências mais confiáveis, segue abaixo algumas indicações.

22 comentários Visualizado por 19

**Daniela Fontana Almenara FIBRA ÓPTICA**  
Curtir · Responder · 8 sem

**Daniela Fontana Almenara**  
<https://periodicos.ufsc.br/.../article/view/6896/7584...>

**Brasileiro de Física**  
PERIODICOS.UFSC.BR  
Ensinando Física moderna no segundo grau: Efeito fotoelétrico,...

**Daniela Fontana Almenara MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.**  
Curso de Física. São Paulo: Scipione, 2010, volume 2.  
Curtir · Responder · 8 sem

**Daniela Fontana Almenara LÂMPADAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA**  
Curtir · Responder · 8 sem

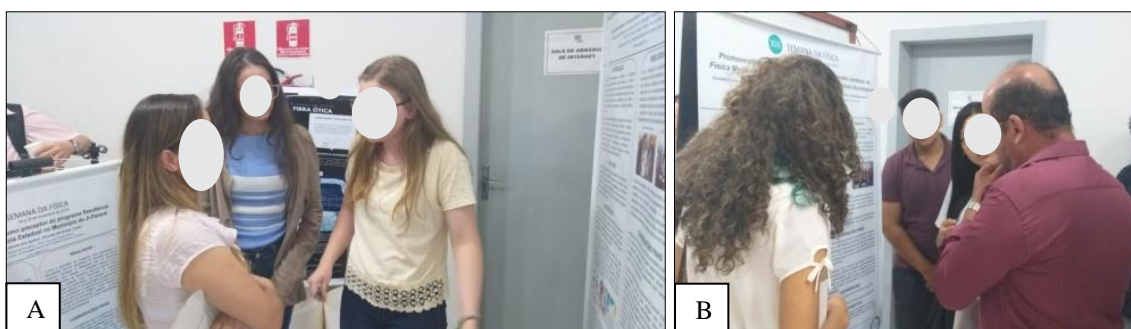
**B**

Fonte: autora

Alguns atendimentos a grupos foram feitos no contra turno e finalizados os infográficos.

Nessa fase também aconteceu um desdobramento do projeto, pois devido ao engajamento e qualidade dos trabalhos produzidos a pesquisadora convidou alguns estudantes a escreverem dois artigos em parceria, os quais foram aceitos e apresentados na XIII Semana de Física (figura 4.34 - A e 4.34 – B) da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), campus Ji-Paraná.

Figura 4. 34: Apresentação XIII Semana da Física



Fonte: autora

Este evento aconteceu no início do mês de novembro de 2019 e um dos artigos foi eleito o melhor do evento na categoria Ensino de Física.



## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção apresentam-se os resultados obtidos durante a aplicação do produto educacional o qual está inserido no apêndice I dessa dissertação. Toda a aplicação de tal produto foi registrada fotograficamente e compartilhada por meio do blog <<http://fuxicoquantico.blogspot.com/>>, na aba Produto Educacional MNPEF – Polo Ji-Paraná, com o intuito de divulgar à comunidade escolar, bem como a outros docentes para que possam utilizar esse recurso quando desejarem trabalhar com tópicos de FMC em suas aulas. O objetivo foi constituir-se em um guia pedagógico trazendo sequências didáticas que se utilizam de metodologias ativas e recursos tecnológicos capazes de promover a aproximação dos estudantes à disciplina de física com a inserção de FMC no ensino médio.

Considerando as orientações propostas pelo programa MNPEF ao qual está vinculado este trabalho, utilizou-se em grande parte, como forma de análise dos resultados obtidos, os relatos da experiência vivida pela pesquisadora e autora deste trabalho durante a implementação do produto educacional na sala de aula.

Para isso propôs-se três sequências que intercalaram aulas expositivas, palestra, utilização de metodologias ativas por meio de recursos tecnológicos digitais. Nessa seção apresentam-se a discussão dos resultados obtidos na aplicação dessas sequências, bem como do questionário de análise de resultados constante no apêndice IV dessa dissertação. A fim de elencar as respostas dos estudantes constantes nesse questionário os mesmos serão codificados com a letra “E” de estudante, seguida de uma numeração sequencial, por exemplo E1 para designar o estudante 1, e assim sucessivamente. Ressalta-se que as frases foram transcritas fielmente conforme o estudante escreveu.

## 5.1 ANÁLISES DAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

### 5.1.1 Aula expositiva de introdução e atividade gamificada

Conforme descrito na seção de aplicação do produto educacional, realizou-se uma aula introdutória a fim situar os estudantes à cerca de acontecimentos que antecederam e propiciaram o surgimento da FMC, bem como discutir sobre conceitos da mesma que aparecem em animes, filmes e sites. Tal ação baseia-se na premissa de que para facilitar a aprendizagem significativa não há receitas e sim estratégias, as quais devem relacionar o que o estudante aprende na escola com seu cotidiano, fazendo um elo entre o que aprende na escola e o que vivencia [34].

O fato de mudar a disposição das carteiras a fim de que os estudantes formassem um semicírculo proporcionou uma visão geral da sala tanto à professora como aos estudantes. Dessa forma, estudantes que rotineiramente ficavam ao fundo da sala e não participavam da aula foram envolvidos nas discussões. Observou-se também que o uso de animes e personagens de filmes conseguiu despertar a curiosidade dos estudantes, trazendo às discussões da aula estudantes que aparentemente não se interessavam pela disciplina. A esse respeito o estudante E12 disse:

[...] Achei incrível. Gostei das aulas expositivas, que mostrava física através dos heróis e também das atividades gamificadas. Na verdade todas as dinâmicas ajudaram na compreensão da matéria que pouco me interessava. Hoje peguei amor pela disciplina que tanto me encantou, estou até pesquisando fora de sala.

Interessante observar que discutiram com propriedade, elencando conceitos de física que observam nesses meios e citando que acessam sites com essas temáticas. Ao classificarem a metodologia utilizada no produto, 51,7% dos estudantes responderam que acharam a metodologia ótima 34,5% acharam boa e 13,8% acharam regular, um resultado muito bom.

O próximo passo da sequência, realizado em outro momento, foi a aplicação de uma atividade gamificada onde os estudantes puderam compreender o contexto histórico e conceitual da teoria da relatividade mostrando as motivações que levaram a seu surgimento, participando de uma “caçada” aos desafios propostos. Nesse contexto aplicou-se uma gamificação de conteúdo, o qual aplica elementos de *game* e também pensamento de *games*

para alterar o conteúdo de modo a fazer com que se pareça a um *game* [49]. Percebeu-se que o simples fato de inserir o smartphone na aula já teve a capacidade de despertar o interesse dos estudantes. Essa atividade gamificada funcionou como um organizador prévio, visando uma aprendizagem subordinada, já que as novas ideias subordinaram-se a ideias pré-existentes mais gerais e abrangentes [8] trabalhadas na aula expositiva.

A proposta de atividade gamificada de utilização do dispositivo móvel, mais especificamente do aplicativo de leitura de *QR Code* “Midiacode” como um recurso a mais no ensino e aprendizagem de física foi muito bem recebido pelos estudantes. Todos ficaram curiosos em saber como seria a atividade e empolgados para utilizarem seus smartphones na aula. Rotineiramente nem todos os estudantes participam de forma efetiva das aulas de física, mas com a atividade gamificada observaram-se todos os estudantes trabalhando em conjunto com seu grupo, ocupando diversos espaços da escola (figura 5.1) e utilizando o smartphone não somente pra decifrar os códigos QR Code e acessar os textos e vídeos propostos, bem como pesquisando em diversos sites em busca de responder os desafios.

Figura 5. 1: Estudantes no pátio da escola pesquisando para responderem aos desafios propostos



Fonte: autora

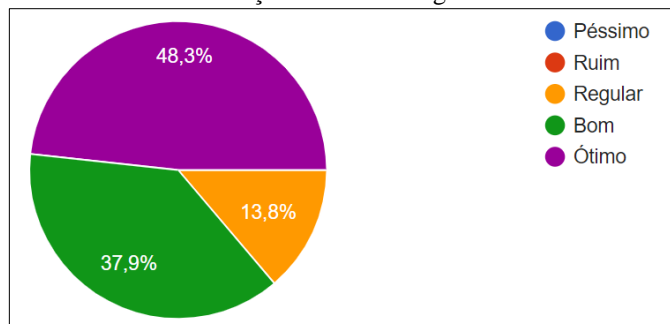
Isso decorreu de terem uma motivação a mais, eles queriam ganhar o jogo, conforme afirmou o estudante E3 dizendo que “o uso de aplicativos como o midiacode, proporcionou interação e uma certa competição entre os alunos na realização dos jogos”, o que indica que o jogo proposto na sequência atendeu a função de ser uma solução interativa e desafiadora que promove o engajamento e aprendizagem [49]. Todos os grupos concluíram e entregaram os desafios propostos, nenhum grupo desistiu ou desanimou. O estudante E19 colocou como



ponto positivo “a corrida aos QR codes, que é realmente uma boa ideia”, o E28 disse que “particularmente gostei muito do projeto de maneira geral, o jogo do QR code foi muito interessante e interativo”, complementado por E4 o qual afirmou que “o projeto tornou possível a interação com colegas que ainda não havia tido, me proporcionou conhecimento e curiosidades sobre assuntos da física que não teria sozinha”. Tais falas revelam a existência das condições propostas por Moreira [37] para uma aprendizagem significativa que são predisposição em aprender e que o material foi potencialmente significativo. Alguns como E8 disseram “tive receio de como me sairia conforme o andamento, mas desde a atividade gamificada percebi que seria bastante interativo”. Teve ainda estudante que colocou que “no início eu concluí que seria algo sem graça que só tomaria tempo, até as programações começarem, tudo foi realmente interessante” e que a grande maioria concorda com E24 quando coloca que “há meios diversificados de aprender física, que fazem os alunos terem interesse na disciplina”.

Ao solicitar-se aos estudantes que classificassem essa atividade obteve-se o os resultados do gráfico 5.1.

Gráfico 5. 1: Classificação da atividade gamificada



Fonte: autora

A partir das observações do engajamento dos estudantes, análise das repostas entregue na folha de respostas dos desafios e dos resultados do gráfico 5.1 verifica-se que a atividade gamificada atendeu aos objetivos propostos, pois 86,2% acharam boa ou ótima a aplicação dessa atividade.

Embora os estudantes não tenham expressado pontos negativos na atividade gamificada, ao aprofundar as leituras, bem como a partir da observação do desenvolvimento do jogo sentiu-se a necessidade de acrescentar uma forma de recompensar o alcance de metas intermediárias, a fim de estimular os estudantes a seguir adiante. Nesse sentido Alves [49] aponta que “o progresso do aprendiz deve ser visível, saber que parte do percurso já foi

percorrida impulsiona a conclusão” e que o *feedback* é uma das ferramentas mais poderosas de engajamento. Em vista disso acrescentou-se ao produto educacional uma espécie de “selo” o qual o (a) docente poderá imprimir e conceder aos grupos a cada desafio resolvido. Isso formará uma espécie de placar ou *ranking* para saber-se o quanto ainda falta a cada grupo e qual grupo está na frente na resolução dos desafios propostos.

É importante salientar também que ao serem inseridas questões de múltipla escolha a respeito de conteúdos trabalhados na atividade gamificada, na avaliação bimestral dos estudantes, observou-se um resultado não muito satisfatório. Na figura 5.2 se pode observar uma das questões, onde 43,75% dos estudantes acertaram, assinalando a resposta correta, enquanto que 56,25% erraram.

Figura 5. 2: Questão cobrada na avaliação bimestral

**Questão 09**  
(UEPB) Leia o texto a seguir para responder à questão 07.

A relatividade proposta por Galileu e Newton na Física Clássica é reinterpretada pela Teoria da Relatividade Restrita, proposta por Albert Einstein (1879-1955) em 1905, que é revolucionária porque mudou as ideias sobre o espaço e o tempo, uma vez que a anterior era aplicada somente a referenciais inerciais. Em 1915, Einstein propôs a Teoria Geral da Relatividade válida para todos os referenciais (inerciais e não inerciais).

Acerca do assunto tratado no texto, podemos afirmar:

I - A Teoria da Relatividade afirma que a velocidade da luz não depende do sistema de referência.  
 II - Para a Teoria da Relatividade, quando o espaço dilata, o tempo contrai, enquanto que, para a física newtoniana, o espaço e o tempo sempre se mantêm absolutos.  
 III - A Mecânica Clássica e a Teoria da Relatividade não limitam a velocidade que uma partícula pode adquirir.  
 IV - Na relatividade de Galileu e Newton, o tempo não depende do referencial em que é medido, ou seja, é absoluto.

Após a análise feita, é (são) correta(s) apenas a(s) proposição(ões):

A) II e III                      B) I e IV                      C) I, II e IV                      D) III                      E) III e IV

Fonte: Avaliação elaborada pela autora

Porém na questão dissertativa inserida na avaliação onde os estudantes teriam que apresentar uma resolução, conforme se observa na figura 5.3, os resultados foram bastante satisfatórios.

Figura 5. 3: Questão 13 da avaliação

**Questão 13**  
(UFPE 2ª fase) Um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial a uma velocidade constante  $v = 0,8c$ , onde  $c$  é a velocidade da luz no vácuo. No referencial da espaçonave, o tempo transcorrido entre o lançamento e a chegada à estação espacial foi de 12 meses. Qual o tempo transcorrido no referencial da Terra, em meses?

Fonte: Avaliação elaborada pela autora

Dos 32 estudantes que realizaram a avaliação, 59,4% desenvolveram corretamente a questão e acertaram, 21,8% desenvolveram a questão, mas não de maneira correta, e por fim 18,8% deixaram a questão em branco.

### **5.1.3 Construção do Laifi**

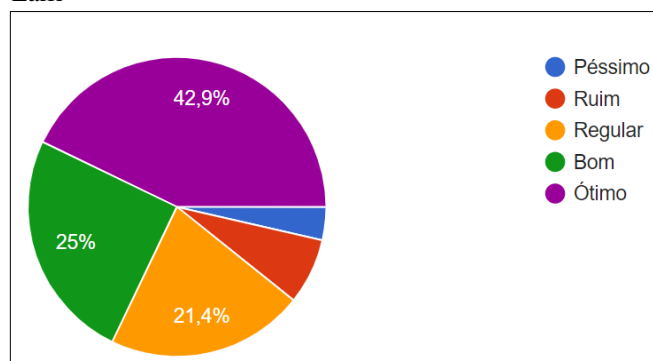
A segunda sequência didática aplicada previa a construção de uma linha do tempo utilizando o recurso tecnológico Laifi. Para tanto se verificou a necessidade de trabalhar com os estudantes como fazer pesquisas produtivas, em sites confiáveis e sempre dando os devidos créditos quando utilizassem materiais ou falas de outros autores. Por isso, em parceria com o NTE, ministrou-se uma palestra falando dessas temáticas, onde os estudantes foram muito participativos, comentando e questionando principalmente na questão do plágio.

Em outro momento, no Laboratório de informática educativa da escola, realizou-se também uma dinâmica, onde inicialmente pretendia-se utilizar um jogo construído no Kahoot, porém devido a uma queda de energia que ocorreu no município no momento de aplicação do jogo não foi possível utilizá-lo. Substituiu-se por outra dinâmica utilizando cartas construídas pela pesquisadora com fotos dos cientistas e informações sobre os mesmos. Nesse momento alguns grupos não ficaram satisfeitos, pois haviam sorteado cientistas pouco conhecidos e comentaram que não seria interessante a pesquisa sobre eles. Também se observou um movimento em torno do grupo que sorteu Marie Curie, muitos estudantes, principalmente as meninas propuseram a troca a esse grupo alegando que a mesma era “um ícone por ser a única mulher”. Ao efetuar-se a leitura sobre as informações iniciais dos cientistas e com a mediação da pesquisadora alguns estudantes expressaram que quando crianças pensavam em serem cientistas, mas que ao crescerem esqueceram-se disso. Também se constatou nas falas a mistificação de alguns nomes já que ao serem indagados como imaginavam um cientistas surgiram respostas como: “um velhinho de cabelo branco e jaleco branco”, “um ateu”, “que não se casavam”, “que tinham ideias o tempo todo”.

O envolvimento do recurso tecnológico Laifi online proporcionou um ambiente de pesquisa e trabalho escolar mais lúdico e interessante, bem como o trabalho em grupos envolveu a todos oportunizando interação entre pares de conhecimentos diferentes conforme proposta por Vygotsky [40]. Cada participante pode participar e acompanhar, fazendo seus horários sem necessariamente estarem juntos no mesmo ambiente.

Quanto ao recurso Laifi, solicitados a avaliá-lo os estudantes responderam conforme consta no gráfico 5.2.

Gráfico 5. 2: Avaliação dos estudantes recurso tecnológico Laifi



Fonte: autora

As análises das respostas indicam que o recurso foi bem aceito e solicitados a discorrer como se sentiram em relação ao projeto apontando pontos positivos e negativos verificou-se falas como da estudante E9 que declarou “me senti interessada pela matéria que antes eu não possuía tanta afeição, melhorou minha desenvoltura com a turma, além de conhecer o Laifi, o qual, quero levar para outros professores e trabalhos pela facilidade e aproveitamento na utilização”. E8 complementou que “a ferramenta laifi foi excepcional, aprendi muito em pouco tempo”. O estudante E3 afirmou que:

A participação no projeto me trouxe uma nova visão sobre a matéria de física em si. O conhecimento dos trabalhos e das contribuições dos cientistas geraram um grande interesse em relação aqueles que antes só conhecia o nome, ou nem isso. Outra ação que fez do projeto atrativo foi a colocação em prática daquilo que é sua proposta, foi o uso das tecnologias, celulares e computadores interligados em prol de um objetivo único, o conhecimento. [...] E por fim o uso das ferramentas, o laifi e o canva nos proporcionou novas formas de produzir os trabalhos que por mais que foram criados recentemente, não tínhamos ou boa parte de nós, não tínhamos acesso a essa ferramenta.

Verifica-se nas respostas o potencial atrativo dos recursos tecnológicos, bem como a capacidade de proporcionar aprendizagem, conforme aponta o estudante E10:

Aprendi tudo sobre o conteúdo do trabalho, pois ao encaixá-lo nos programas Laifi e no infográfico fiz resumos lia muito para as obras, aprendi que alguns cientistas deram continuidade a obra de outros e algumas destas obras são o legado de várias junções. Conteúdo que mais gostei foram dos cientistas o meu era Stephen Hawking me apaixonei em cosmologia e astronomia descobri coisas que nunca imaginaria produzindo o laifi.

A fala do estudante E3 frisou que a atividade pode dar um novo significado aos conceitos da ciência e que enfatizou os aspectos da mesma tornando assim a aprendizagem mais interessante. De forma similar, a atividade foi bem avaliada pelo estudante E10, pois segundo ele, a atividade permitiu um despertar pela física deixando claro que a ciência é um construto humano feito através da continuidade de vários trabalhos de cientistas ao longo do tempo.

Tal fala denota que para realização do trabalho foi realmente necessária uma pesquisa detalhada, e embora não escreveram isso no questionário, vários grupos expressaram verbalmente a discrepância de informações presentes em vários sites, fato que fez com buscassem fontes confiáveis, conforme instruído pela pesquisadora, bem como na palestra sobre pesquisas responsáveis. Porém a necessidade de simplificação da linguagem científica para que o conteúdo pudesse ser facilmente compreendido por todos fez com que tivessem que realizar pesquisas aprofundadas e nesse sentido quando questionados se conhecer a história dos cientistas, bem como suas contribuições mudou sua forma de ver a disciplina de física, 100% dos estudantes responderam que sim. Nesse sentido é importante reiterar que na aprendizagem significativa ocorre uma interação entre os conhecimentos prévios e conhecimentos novos [37], e que os subsunçores fornecidos na aula expositiva, bem como na atividade gamificada permitiu aos estudantes estabelecer relações entre as pesquisas e descobertas de vários cientistas, revelando indícios de uma aprendizagem significativa subordinada, na qual os novos conhecimentos adquiriram significado ancorando-se em conhecimentos prévios.

O projeto contribuiu também mudando o foco estritamente matemático na qual a disciplina era conduzida. Isso transparece em várias falas como de E3 que escreveu “antes do projeto, a minha visão sobre as matérias de física se resumia em fórmulas, eletricidade e em específico, Einstein e seu ( $E = mc^2$ )” e complementa ainda que “após o projeto tudo mudou, além de conhecer novos cientistas, o principal foi conhecer sua contribuição, mostrando um lado divertido, dinâmico e curioso que não via através da matéria”. Sobre ver a disciplina sob um novo olhar alguns estudantes, como E21, por exemplo, escreveram “passei a ver a física nas atividades do dia, não como teoria sem propósito e, passou a ser um ponto de observação interessante” ou como E6 que afirmou “a física deixou de parecer algo difícil e fora de contexto do meu cotidiano para ganhar uma ótica de matéria interessante e que abrange vários campos, podendo ser presenciada em nosso dia a dia”.

Também era propósito desse trabalho mostrar aos estudantes a possibilidade de uma

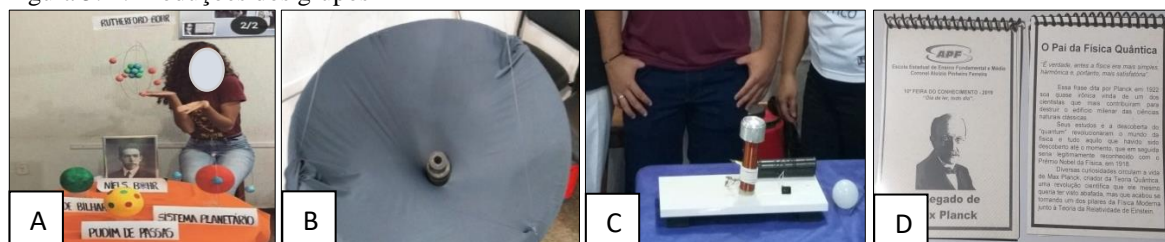
carreira científica e que os cientistas estudados fossem vistos sob um novo uma nova ótica e nesse sentido verificaram-se falas como de E4 “pude perceber que a física é muito além do imaginava, e não é impossível ser um cientista”. E2 complementa afirmando “pude perceber que os cientistas, antes de serem gênios eram, pessoas simples e normais assim como nós, ou seja temos chance tanto quanto eles de fazermos história”. Ou ainda que a trajetória dos cientistas possa ser inspiradora, conforme afirmou E9:

Eu não me interessava/dedicava a física como deveria pois antes de conhecer, já a achava complexa, embora tenha suas complexidades me sinto mais confiante e atraída a enfrentá-las, visto que as histórias dos cientistas me inspiraram, além de serem surpreendentes.

A utilização de um grupo fechado no facebook facilitou a divulgação dos links de todos os laifis em fase de produção e oportunizou à professora contribuir com os grupos indicando referências e fazendo pequenas correções necessárias tanto estéticas como conceituais. Esse recurso facilitou o atendimento mais individualizado de cada grupo estendendo o tempo de aula de forma assíncrona. A disponibilização dos Laifis em andamento e as indicações estimulou uma competição sadia entre os grupos, que ao ver os demais trabalhos e as indicações feitas acabaram melhorando suas produções, demonstrando o potencial informativo, instrutivo e formativo das plataformas disponíveis na internet para o intercâmbio de ideias e o desenvolvimento de produções colaborativas, conforme posto por Bacich e Moran [63].

A culminância deu-se na apresentação desses Laifis à comunidade escolar na Feira do Conhecimento, sendo relevante citar que os grupos empenharam-se muito em proporcionar um ambiente com diversas informações sobre os cientistas produzindo também cartazes, banner com fotos e outros recursos que foram além do solicitado. Na figura 5.4 a seguir observam-se algumas dessas produções.

Figura 5. 4: Produções dos grupos



Fonte: autora

Na figura 5.4 – A observam-se representações de modelos atômicos, na figura 5.4 – B uma representação de um buraco negro, na figura 5.4 – C o experimento da bobina de Tesla e na figura 5.4 – D uma caderneta com um breve resumo da vida e legado de Max Planck. O Grupo que pesquisou sobre Tesla, além de apresentar o experimento promoveu uma encenação, onde o próprio Tesla se apresentava e falava de sua biografia e descobertas científicas (figura 5.5).

Figura 5. 5: Estudante representando Tesla

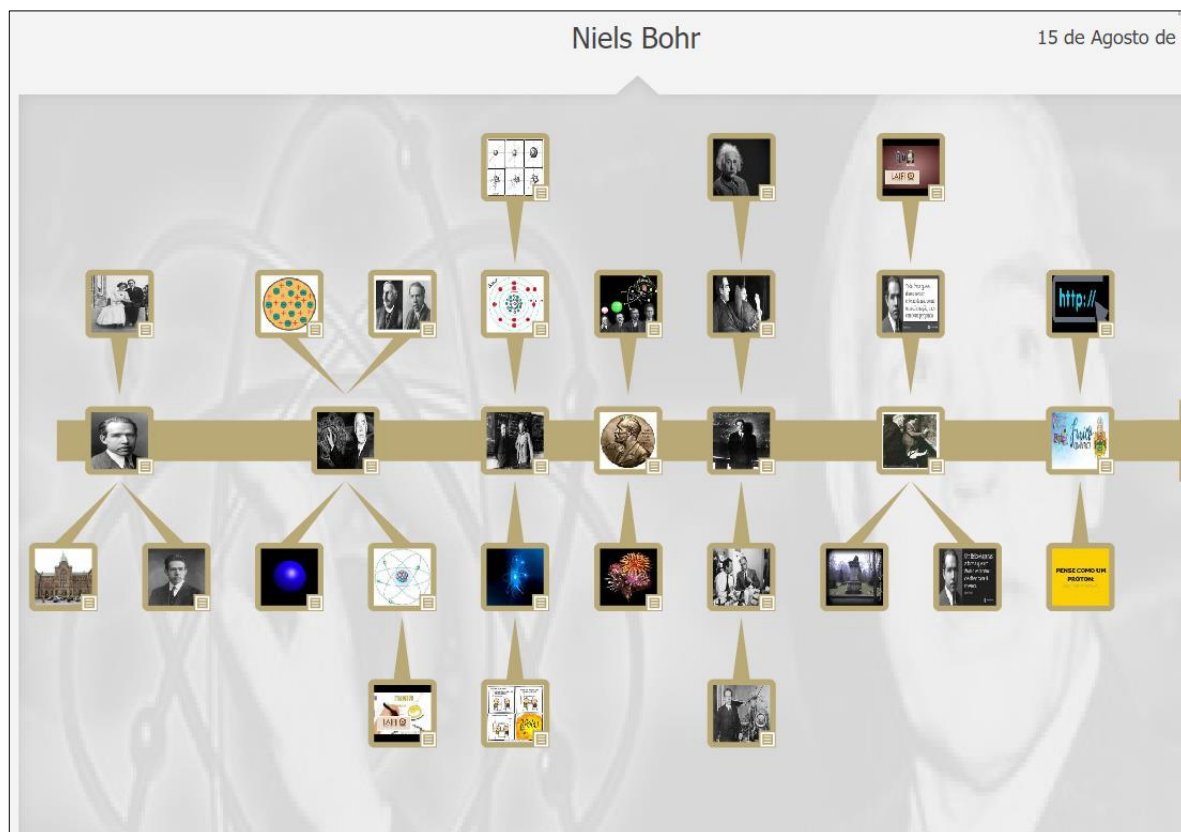


Fonte: autora

Antes das apresentações na Feira do Conhecimento os grupos apresentaram somente para a turma, oportunizando a todos conhecerem melhor cada cientista pesquisado, bem como inferências feitas pela pesquisadora a fim de complementar as apresentações. Momento esse que proporcionou interação entre os grupos, uma vez que em muitos casos tiveram que estudar teorias de outros cientistas que complementavam ou embasavam os estudos do de outro. Uma vez que uma teoria complementava a outra, esse momento gerou um debate muito produtivo entre os estudantes, adentrando sobre diversos assuntos da física.

Destaca-se a qualidade dos Laifis produzidos pelos estudantes, conforme se pode verificar na figura 5.6 que apresenta o Laifi sobre Niels Bohr.

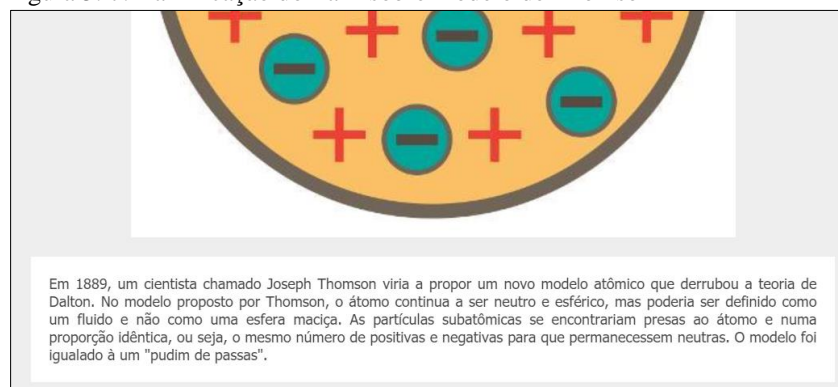
Figura 5. 6: Laifi sobre Niels Bohr



Fonte: capturada pela autora em <<http://bit.ly/laifiboehr>>

Ao analisar-se o Laifi, verificou-se que o grupo, além de garantir um aspecto visual bonito preocupou-se em apresentar os conceitos, falando sobre os modelos atômicos, como o proposto por Thomson (figura 5.7), por exemplo.

Figura 5. 7: Ramificação do Laifi sobre modelo de Thomson



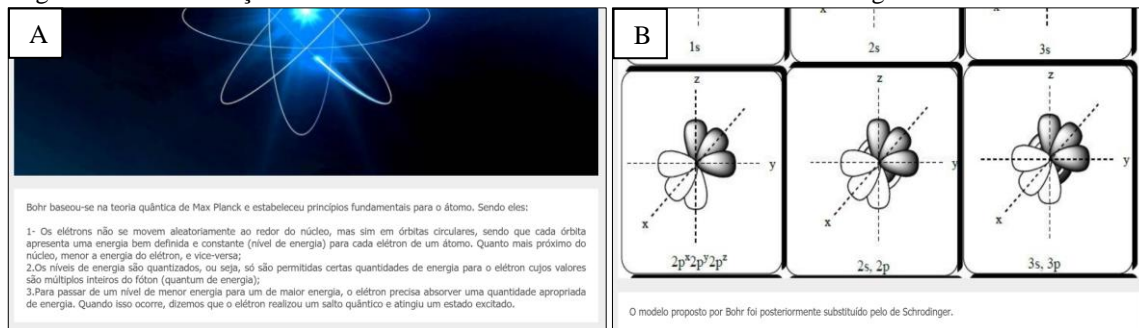
Fonte: capturada pela autora em <<http://bit.ly/laifiboehr>>

O grupo explicou brevemente o modelo proposto por Bohr (figura 5.8 – A),



esclarecendo que o mesmo baseou-se na teoria quântica de Max Planck e ainda mencionou o modelo que veio substituir o de Bohr (figura 5.8 – B).

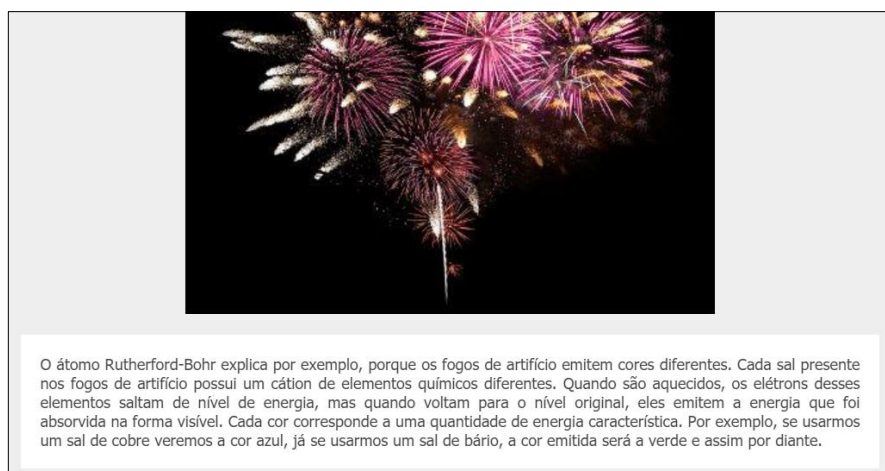
Figura 5. 8: Ramificações do Laifi sobre modelo de Bohr e o modelo de Shrodinger.



Fonte: capturada pela autora em <<http://bit.ly/laifiboehr>>

Também vale mencionar que acrescentaram informações sobre como esses conceitos foram utilizados (figura 5.9), falando sobre como o modelo atômico de Bohr explica o porquê dos fogos de artifício emitirem cores diferentes.

Figura 5. 9: Ramificação trazendo aplicação dos conceitos

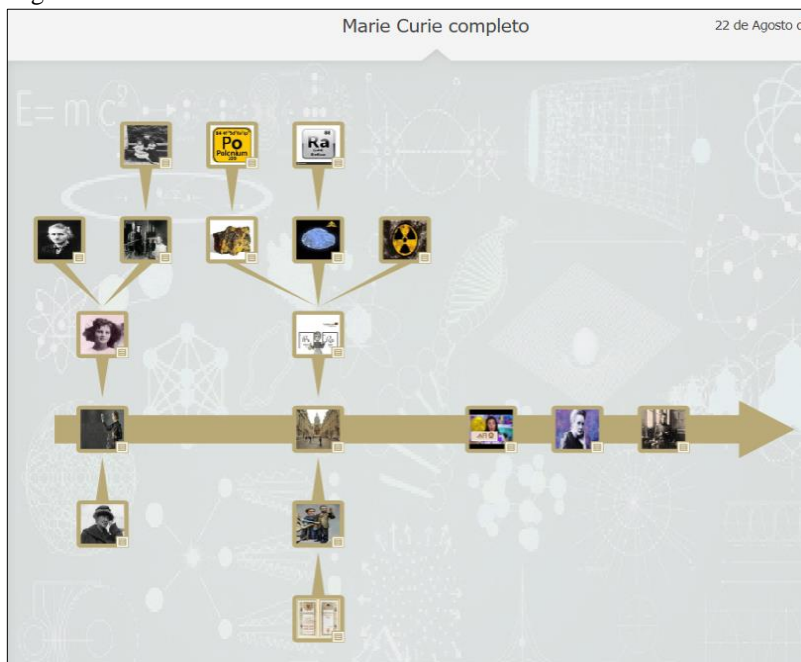


Fonte: capturada pela autora em <<http://bit.ly/laifiboehr>>

O Laifi em que o grupo de estudantes apresentou mais dificuldades foi o que apresenta a cientista Marie Curie. O grupo apresentou-se desorganizado e tiveram dificuldades na inserção dos conteúdos no recurso tecnológico, sendo solicitado aos componentes virem em horário à parte para tirarem as dúvidas a respeito da utilização do mesmo, bem como no sentido de aprofundar as pesquisas. Inicialmente apresentaram um Laifi que estavam com as informações dispostas em ordem cronológica decrescente, fato que ocorreu devido à falta de

habilidade dos componentes do grupo com a utilização do recurso. Mesmo após várias sugestões, o grupo não complementou seu trabalho, fazendo mudanças mínimas, o que resultou em um aspecto visual bem simples, conforme se observa na figura 5.10.

Figura 5. 10: Laifi sobre Marie Curie



Fonte: capturada pela autora em <<http://bit.ly/laifimariecurie>>

Observou-se também que embora fossem sugeridas fontes de pesquisas e melhorias nos textos das ramificações do Laifi, o grupo inseriu conceitos de forma superficial (figura 5.11 – A), omitindo informações importantes (figura 5.11 – B), como por exemplo como a cientista Curie descobriu novos elementos químicos como o polônio e o rádio.

Figura 5. 11: Ramificações do Laifi sobre Marie Curie



Fonte: capturada pela autora em <<http://bit.ly/laifimariecurie>>

No Laifi foram privilegiados fatos históricos e datas, em detrimento de detalhar o legado científico da cientista Marie Curie. Foi louvável o esforço do grupo na apresentação ocorrida na feira do conhecimento mencionada anteriormente, pois apresentaram uma pesquisa mais completa da cientista, porém não utilizaram essas informações para complementar o Laifi que haviam produzido.

Embora a avaliação do recurso tecnológico Laifi tenha sido boa (42,9% respondeu que era ótima e 25% que era boa), vale ressaltar que 10 estudantes num total de 29 que responderam ao questionário (apêndice IV) disseram ter encontrado mais dificuldades na utilização do Laifi, o que indica que esse recurso precisa de mais atenção mesmo a maioria dos estudantes tendo facilidade no manuseio de recursos tecnológicos.

### **5.1.6 Rotação por estações e construção dos infográficos**

A terceira sequência didática constante no guia previa a utilização da metodologia de rotação por estações, e durante seu desenvolvimento observou-se maior envolvimento dos estudantes se comparado aos métodos tradicionais de ensino. A utilização de um ambiente diferente, onde as mesas são dispostas de maneira a trabalharem em grupos trouxe à aula uma nova perspectiva, uma proposta motivadora que os tornou protagonistas no processo de ensino e aprendizagem, conforme posto por E15 “o projeto em si é muito bom, pois nos tira de sala de aula onde normalmente só ficamos vendo cálculos e teorias e nos tira de sala para por em prática o que aprendemos”.

A estratégia de sortear números e agrupar os estudantes de números iguais conseguiu atingir o objetivo de desfazer “grupinhos” e oportunizar aos mesmos trabalhar com outros parceiros, onde estudantes em diferentes níveis e habilidades tiveram a oportunidade de interagir. A esse respeito vários estudantes, assim como E16 destacaram “o uso da tecnologia tornou tudo mais fácil do que escrever, poupou as reuniões em grupo e foi mais fácil, teve interação legal entre os grupos, todos se interessaram”. Tal fala destaca a potencialidade do recurso de proporcionar que os estudantes trabalhem num mesmo projeto sem a necessidade de estarem juntos no mesmo ambiente. Quanto à interação muitos como E13 disseram que “com este projeto houve maior interação entre os alunos criando até vínculos de amizades”, ao que complementa E3 quando fala do recurso dizendo que era “dinâmico, atrativo,

desenvolvimento da física, o uso das tecnologias, enfim, foram vários os pontos positivos e o proveito pelo menos da minha parte foi de 100%”.

Nessa atividade, verificou-se que a internalização dos significados se deu via interação social, ou seja, por meio de intercâmbio, troca de significados, e aprender física de maneira significativa é a internalização dos significados aceitos e construídos para estes instrumentos e signos no contexto da física, conforme propunha a abordagem ausubeliana/vygotskyana [8].

A metodologia de rotação por estações envolveu leitura de textos, acesso a vídeos, análise de imagens de infográficos, acesso a sites com os conteúdos a serem pesquisados e por fim acesso ao recurso Canva o qual foi utilizado na produção dos infográficos. Essa dinâmica, mediada pelo modelo de geração de ideias, que orientava quanto aos procedimentos em cada estação e permitia a organização das ideias coletadas (conforme se observa na figura 5.12), bem como o acompanhamento da professora possibilitou o acesso ao conhecimento de várias formas, o que atendeu as diversas necessidades dos estudantes e liberou tempo para atendimento aos grupos que precisavam de atenção mais personalizada.

Figura 5. 12: Imagem da organização do espaço reservado para as ideias feito por um dos grupos



Fonte: autora

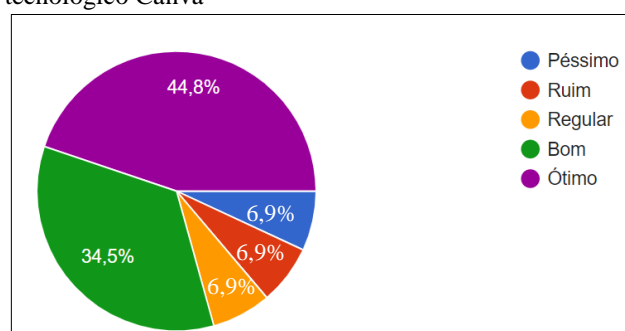
Na figura 5.12 verifica-se o planejamento de um dos grupos para a construção do infográfico, onde constam detalhes como a utilização de “exemplos na vida real (práticos)”, “Comparações de dados” e como inicialmente pediu-se que anotassem todas as ideias previram a possibilidade de “utilizar vídeos e/ou recursos sonoros”. A utilização dessa

metodologia abriu espaço para a criatividade permitindo que os grupos não ficassem limitados a instruções pré-determinadas.

O recurso tecnológico Canva, escolhido para a construção dos infográficos mostrou-se apropriado, pois é interativo e *on line*, permitindo que os estudantes trabalhassem também em momentos extraclasse e colaborativamente, estendendo o tempo da sala de aula. Como em Rondônia o tempo destinado às aulas de física é insuficiente (duas aulas semanais de 50 minutos), a funcionalidade que permitiu um retorno pontual nos infográficos produzidos, por meio de comentários, instruções e indicações de leituras que permitiu um aprofundamento nos trabalhos.

Solicitados a avaliar o recurso tecnológico Canva os estudantes responderam conforme o gráfico 5.3 a seguir.

Gráfico 5. 3: Avaliação dos estudantes do recurso tecnológico Canva



Fonte: autora

Com uma porcentagem de 44,8 % dos estudantes avaliando como ótimo e 34,5% avaliando como bom pode-se inferir que o mesmo atendeu bem aos objetivos propostos, sendo o uso deste aplicativo bem recebido pelos estudantes.

Uma das instruções que foram reforçadas foi de que embora pudessem acessar sites “populares” para as pesquisas, sempre procurarem sites confiáveis como parâmetro, utilizando o Google acadêmico, acessando sites de universidades ou revistas especializadas. No decorrer das pesquisas alguns grupos depararam-se com informações confusas ou falta de aprofundamento em textos que provavelmente levaria a conclusões errôneas em leitores leigos. Tal fato verifica-se na fala de E5 quando conta sua experiência.

Em um primeiro momento procurando entender como funcionam as lâmpadas de vapor de mercúrio, como desligam e ligam na iluminação pública e quais os princípios físicos, eu encontrei repetidamente a afirmação que dizia que a lâmpada de vapor de mercúrio são as mesmas que lâmpadas fluorescentes, ou seja, são as fluorescentes[...]. Lembrei da professora dizendo para procurar artigos e não se

contentar com informações de sites padrões, então eu achei um artigo da UNICAMP com aproximadamente 126 folhas, comecei a ler e falava sobre todas as lâmpadas [...] deixando evidente que a maioria das pessoas que falam sobre as lâmpadas nos sites não estão preocupadas em ensinar ou explicar e sim simplificar para de uma forma que a pessoa que está lendo não precise procurar se realmente é dessa forma, sendo a maioria leigos escrevem de acordo com seu conhecimento e com essa experiência entendi o que a professora já havia repetido muitas vezes. [Entrevista Outubro/2019]

Essa afirmação revela indícios de que a escolha do infográfico como aporte das pesquisas realizadas pelos estudantes exigiu muito mais do que o famoso “copia e cola” utilizado em diversos trabalhos escolares. Os estudantes tiveram que realmente estudar o conteúdo proposto, verificar quais eram os conceitos físicos envolvidos no processo de descoberta e desenvolvimento desses equipamentos que muitas vezes utiliza-se no dia a dia sem se dar conta e após esse processo, explicar tudo de uma forma visual e simplificada que atendesse aos mais diversos tipos de leitores.

Sobre os temas propostos estarem presentes em equipamentos que utilizamos o estudante E1 observou:

O meu tema no infográfico foram os transistores e eu não entendia muito bem daquilo. Na realidade quando eu vi transistor eu fiquei pensando, mas o que é isso? Aí eu fui pesquisar mais a fundo e descobri que se não houvesse os transistores não era possível ter um computador ou um celular, por exemplo, e que eles ajudaram muito na revolução desses aparelhos, dessa nova tecnologia. [...] Aí ontem eu estava observando a placa mãe do computador do meu irmão e tinham muitos transistores e eu fiquei: gente que legal, eu já sei o que é isso agora! E isso foi graças ao projeto da professora que ensinou a gente, dando mais oportunidade da gente ter mais vontade de pensar. Foi muito bom, me fez aprender melhor sobre o que acontece hoje em dia, que talvez passe batido porque ninguém fala disso. [Entrevista Outubro/2019]

Depoimentos como esses de E1 indicam que a proposta de pesquisa de equipamentos que surgiram após as descobertas da física moderna conseguiu atender aos objetivos, demonstrando, conforme apontam os PCNs [30], a necessidade de orientar os estudantes na busca de explicações científicas que respondam aos fatos cotidianos e permitam aos mesmos tornarem-se cidadãos plenos capazes de analisar e inferir sobre esses fatos.

A análise dos infográficos produzidos demonstrou indícios de uma aprendizagem significativa uma vez que ao trabalhar os conceitos físicos envolvidos na descoberta dos equipamentos propostos: laser, fibra óptica, raios-X, lâmpadas de vapor de mercúrio e transistor, foram desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência das sucessivas interações, levando à diferenciação progressiva e à reconciliação integrativa [34].

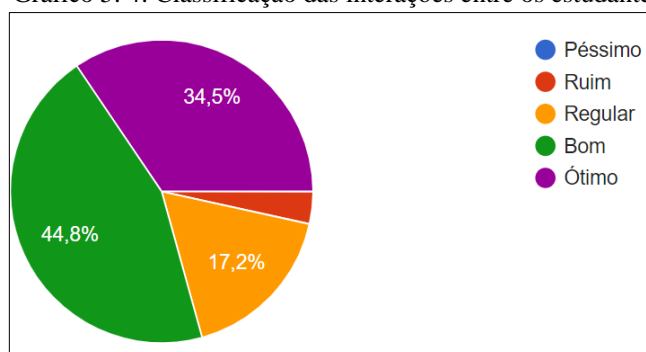
Na rotação por estações, em uma das estações preparadas os estudantes tiveram acesso a links com informações mais gerais a respeito dos conteúdos que pesquisariam, mas com o

andamento das pesquisas, leituras, redação de textos, seleção de imagens pertinentes, os conceitos foram progressivamente distinguidos por meio de conceitos mais específicos. Nesse sentido a aprendizagem decorreu por meio de um processo contínuo, onde os estudantes adquiriram conhecimentos mais significativos à medida que estabeleceram novas relações entre os conceitos apresentados [34]. Simultaneamente aconteceu a reconciliação integrativa já que para estruturar o infográfico tiveram que estabelecer relações, procurar exemplos práticos em busca de estabelecer possíveis relações entre as descobertas da FMC e o funcionamento de equipamentos conhecidos. Nesse sentido procurou-se valorizar a atividade mental, mesmo que em alguns casos tivessem estabelecidos relações incorretas ou incompletas, razão pela qual a mediação da pesquisadora mostra-se expressiva.

No processo de trabalhar-se em grupos ocorreu a interação social por meio da linguagem, constituindo-se um importante fator para a aprendizagem dos estudantes, o que confirma a importância da complementação da teoria de aprendizagem de Ausubel com a perspectiva de Vygotsky [92], tanto para o trabalho em pares com colegas mais preparados como por meio da mediação do (a) docente.

As observações e anotações do diário de campo indicaram a riqueza das interações produzidas durante as aulas e quando solicitados a classificar as relações de interação com os colegas, 44,8% classificaram como boas e 34,5% classificaram como ótimas, conforme pode-se observar no gráfico 5.4.

Gráfico 5. 4: Classificação das interações entre os estudantes

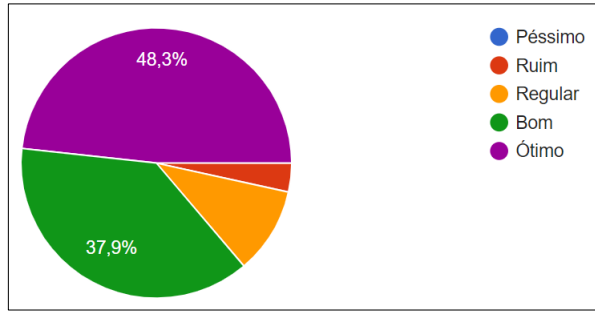


Fonte: autora

A análise das relações estabelecidas entre a pesquisadora/docente e estudantes trouxe um resultado ainda mais satisfatório, conforme se apresenta no gráfico 5.5.



Gráfico 5. 5: Classificação das interações entre docente e estudantes



Fonte: autora

Considerando que 48,3% dos estudantes classificaram as interações docente/estudantes durante a aplicação do projeto como ótima e 37,9% classificaram como boa entende-se que o objetivo de aproximação estudantes/docente foi atingido. Constatação esta evidenciada não somente pelo resultado obtido por meio do Questionário de Análise de Resultados (apêndice IV), bem como nas mudanças de atitudes e comportamentos dos estudantes ao longo da aplicação do produto.

Quanto aos infográficos vale ressaltar que todos ficaram visualmente bem construídos, podendo se observar alguns na figura 5.13 – A e 5.13 – B.

Figura 5. 13: Infográficos sobre Fibra Ótica e Lâmpadas de Iluminação Pública



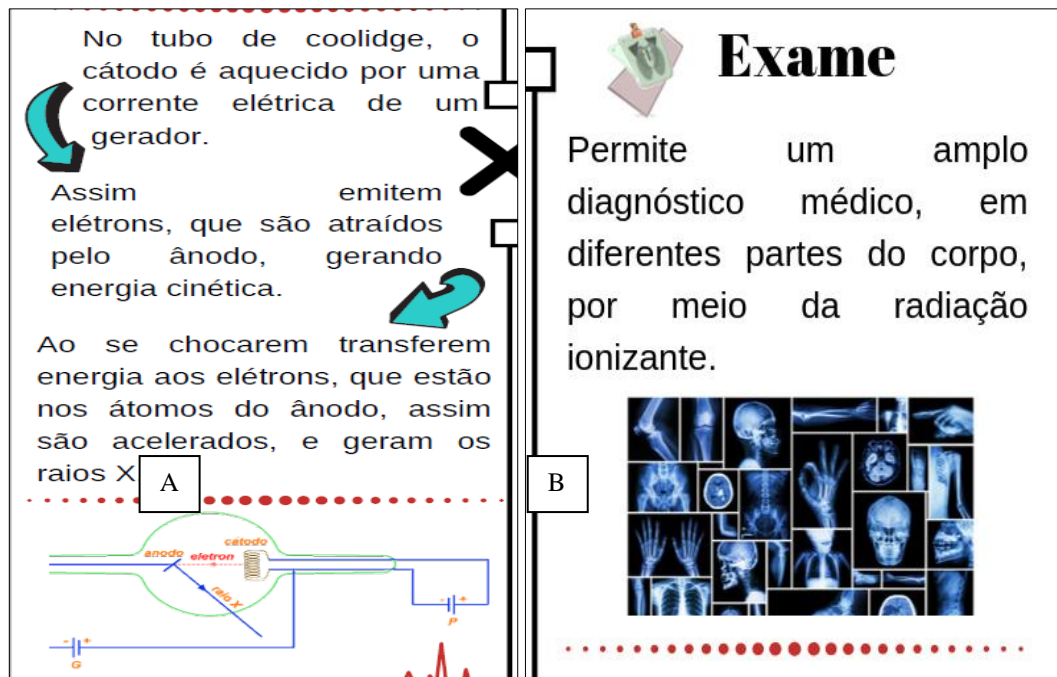
Fonte: autora



As informações contidas na maioria estão corretas e expostas de maneira clara aos leitores, facilitando o entendimento a todos os leitores.

Verificou-se que os estudantes preocuparam-se em demonstrar não só a parte de conceitos físicos (figura 5.13 – A) bem como relacionar onde são utilizados esses conceitos no cotidiano (figura 5.13 – B).

Figura 5. 14: Recortes do infográfico sobre raios - X

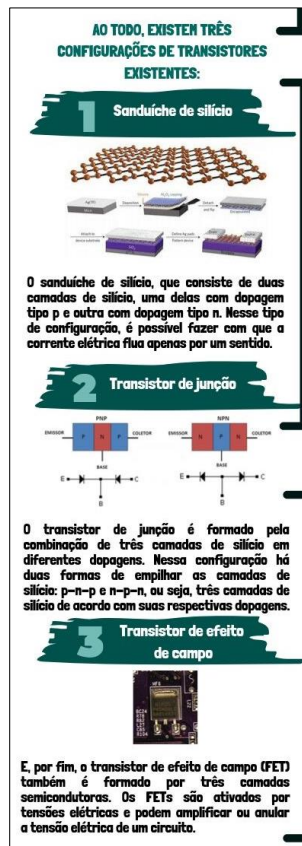


É importante reafirmar o papel do (a) docente como mediador do processo, e embora os estudantes sejam protagonistas neste tipo de trabalho, convém que o mesmo acompanhe o desenvolvimento dos infográficos.

Tal acompanhamento permitiu que infográficos como o que falava sobre os transistores, por exemplo, fosse melhorado tanto no aspecto de *design*, uma vez que o projeto inicial estava extremamente carregado de pequenas imagens que concorriam com o conteúdo do mesmo, quanto na distribuição e aprofundamento das informações.

No infográfico sobre transistores, cujo recorte é apresentado na figura 5.15 sugeriu-se a divisão em tópicos separados sobre os tipos de transistores.

Figura 5. 15: Tópicos



Fonte: Autora

Outra sugestão acatada pelo grupo foi acrescentar a informação de onde estão presentes os transistores, a fim de que o leitor entenda melhor a importância do mesmo.

Figura 5. 16: Onde se encontram transistores



Fonte: Autora

Ao pesquisarem, os estudantes descobriram que a fibra ótica é uma tecnologia que podemos encontrar em nossas casas nos sinais de internet e TV a cabo, compreenderam sobre a importância dos raios-X no diagnóstico e tratamento de enfermidades, e ainda que o laser é utilizado na leitura de códigos, no entanto também é utilizado na medicina e telecomunicações, além disso compreenderam que não somente computadores e smartphones possuíam muitos transistores, como também entenderam o funcionamento básico e quais são as vantagens e desvantagens de se utilizar lâmpadas de vapor de mercúrio. Portanto, a compreensão de todos esses equipamentos permitiu aos estudantes visualizar a física em seu cotidiano, bem como entender suas aplicações permite que se possa fazer usos melhores dos recursos e comodidades que ela proporciona.

Ao mesmo tempo, propiciou o desenvolvimento de habilidades e competências que permitem aos estudantes avaliarem riscos e benefícios decorrentes da utilização de diversos equipamentos, acompanhar a discussão sobre problemas ou compreender a importância de novos materiais e processos utilizados no desenvolvimento de tecnologias atuais [30].

Atitudes e comportamentos observados nos estudantes, como o fato de virem fora do horário de aula trabalhar o projeto, por exemplo, evidenciam a capacidade dos temas de estudo propostos atraírem a atenção dos mesmos, bem como a possibilidade de relacionar os conteúdos trabalhados com o desenvolvimento tecnológico vivenciado por eles, revelando uma nova física repleta de sentido e significados aos estudantes. Tal fato também é evidenciado no questionário de análise de resultados (anexo IV), uma vez que, quando solicitados a avaliar seu envolvimento no projeto 46,4% dos estudantes classificaram como ótimo e 39,3% classificaram como bom. Perguntados se a metodologia utilizada no projeto contribuiu para a organização nos estudos, 65,5% dos estudantes responderam que sim, enquanto que 17,2% disseram que não e 17,2% disseram que em partes.

Os estudantes não apontaram pontos negativos nessa última sequência didática, no entanto vários mencionaram que a mesma coincidiu com outros trabalhos e avaliações e que por esse motivo em alguns momentos sentiram-se sobrecarregados. Porém, quando solicitados a responderem se preferem aulas expositivas ou com uso de tecnologias, 69% dos estudantes disseram preferir com uso de tecnologias, enquanto 31% responderam que preferem expositivas.

Diante das observações, verificou-se que uma boa dosagem de aulas expositivas mas que também utilize metodologias ativas com suporte em recursos tecnológicos digitais tem mais chances de promover aprendizagens mais significativas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da física influenciou profundamente diversas transformações na sociedade ocorridas a partir do século XX e como um claro exemplo da construção do conhecimento humano, trouxe consigo a grande variedade de inovações e aparatos tecnológicos que estão presentes em nosso dia a dia. Em vista disso, os conteúdos apresentados aos estudantes, bem como as metodologias utilizadas para esse fim, devem desenvolver competências e habilidades que permitam compreender e atuar nesse mundo contemporâneo.

No entanto, observa-se que o ensino de física nas escolas brasileiras é descontextualizado e privilegia a memorização e aplicação direta de fórmulas, distanciando-a dos estudantes, bem como o ensino é totalmente focado na física clássica. É consenso na comunidade de físicos a necessidade de inserção de tópicos de FMC no ensino médio a fim despertar a curiosidade dos estudantes, aproximá-los da disciplina, aproximar a ciência do mundo tecnológico em que vivemos e proporcionar o contato com ideias que mudaram totalmente a ciência do século XX ou mesmo atraí-los para a carreira científica.

É oportuno argumentar sobre a necessidade de criação de contextos de aprendizagem dispostos diferentemente daqueles da educação formal, uma vez que a facilidade em obter informações, trocar ideias e trabalhar colaborativamente, põe aos docentes e profissionais da educação a necessidade de transformar a sala de aula e a responsabilidade de repensar práticas educativas, metodologias e o próprio currículo. É preciso orientar os estudantes na busca de explicações científicas a fim de responder aos fatos cotidianos e nesse sentido, trabalhos propostos tradicionalmente não tem conseguido responder a esses anseios.

Nesse cenário, o produto educacional apresentado e discutido nessa dissertação teve a pretensão de constituir-se em um guia onde metodologias que promovem a inserção de tópicos de FMC no ensino médio por meio de sequências didáticas e recursos tecnológicos digitais pudessem auxiliar os (as) docentes na criação de contextos de aprendizagem diferenciados.

Verificou-se que, através da implementação do produto educacional resultante deste trabalho na sala de aula, a utilização da gamificação como um organizador prévio, conhecer o contexto histórico-conceitual que envolveu os cientistas precursores da FMC construindo uma linha do tempo com o recurso tecnológico Laifi e ainda relacionar o desenvolvimento tecnológico atual com os conteúdos de física trabalhados em sala por meio da produção de

infográficos com o recurso tecnológico Canva, instigou a criatividade dos estudantes, promoveu a integração de diversas mídias e a interação entre estudantes de diferentes habilidades e conhecimentos.

Sabe-se que os estudantes aprendem de forma e em tempos diferentes, portanto a utilização de metodologias ativas e recursos tecnológicos digitais, com propostas motivadoras e desafiantes como foram feitas neste trabalho, envolvendo tomada de decisões, e o tratamento mais conceitual dado aos conteúdos trabalhados, além de superar a resistência dos estudantes promoveu um ensino e aprendizagem como um potencial maior de atender as diversas especificidades.

Tais fatos explicitam indícios da potencialidade de utilização desse produto educacional como meio de trabalhar tópicos de FMC no ensino médio, bem como de que a utilização de metodologias ativas e recursos tecnológicos digitais são capazes de despertar nos estudantes uma pré-disponibilidade em aprender e manifestar nos mesmos uma disposição para relacionar, de maneira substantiva e não arbitrária os novos conhecimentos à sua estrutura cognitiva, conforme a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Baseando-se nos apontamentos da Teoria sociointeracionista de Vygotsky, verificou-se neste trabalho que ao propiciar uma diversidade de interações por meio de metodologias diferenciadas que coloquem os estudantes como protagonistas de sua aprendizagem garantiu-se maior apropriação dos conceitos científicos.

Embora não sejam algo novo, as metodologias ativas utilizadas, como a gamificação e a rotação por estações, são estratégias ainda pouco exploradas na educação e aplicá-las no ensino de física pode ser uma resposta à nova postura que vem sendo exigida dos (as) docentes como mediadores no processo de ensino e aprendizagem. Uma vez que hoje a informação está disseminada nos diversos meios midiáticos e cabe aos educadores pensarem em metodologias capazes de aproveitar esse potencial, o trabalho colaborativo pôde estar aliado ao uso das tecnologias digitais. Além disso, este trabalho pode propiciar momentos de aprendizagem e trocas que ultrapassam as barreiras da sala de aula, conforme se verificou no desenvolvimento das sequências didáticas, onde os estudantes puderam trabalhar num mesmo projeto sem necessariamente estarem juntos presencialmente.

Portanto, a qualidade dos Laifis, das apresentações e dos infográficos produzidos pelos estudantes, a construção de recursos além do que fora exigido inicialmente, como maquetes e experimentos, e a riqueza de interações observadas durante as aplicações das sequências didáticas revelam indícios de uma aprendizagem significativa dos conteúdos propostos neste

trabalho. O que indica que o produto educacional apresentado e discutido nessa dissertação pode ser utilizado didaticamente e trazer à disciplina de física a oportunidade de trabalhar a FMC, experienciando o ensino de física numa nova perspectiva, visto que é indiscutível que uma exposição gráfica que disponibiliza diversas mídias, além de ser mais didática, propicia uma melhor compreensão do que uma exposição simplesmente textual.

Sabe-se que a proposta do produto educacional não é uma solução única que resolverá todos os problemas enfrentados pelos docentes de física em sala de aula, porém conhecer as potencialidades de metodologias e recursos diferentes que venham auxiliar no ensino de física ou mesmo de outras disciplinas pode contribuir promovendo a divulgação e oportunizando o surgimento de ideias que enriqueçam o fazer pedagógico e ajudem a alcançar os objetivos estabelecidos de forma engajadora, segura e divertida.

Este trabalho também deixou vislumbrar a possibilidade de elaboração de outros recursos pedagógicos e metodologias que auxiliem o fazer pedagógico dos docentes de física, os quais poderão ser desenvolvidos como continuidade desse estudo, valendo-se do potencial das metodologias ativas como a gamificação, a rotação por estações e outras que não foram contempladas nessa pesquisa.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. A. MOREIRA, "Uma análise crítica do ensino de Física," *Estudos Avançados*, vol. 32, pp. 73-80, 2018, [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142018000300073](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142018000300073).
- [2] MEC BRASIL. (1999) Portal Ministério da Educação. [Online]. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>
- [3] BRASIL. (2018) Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. [Online]. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio/a-area-de-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>
- [4] F. OSTERMANN e M. A. MOREIRA. (2000) Investigação em Ensino de Ciências. [Online]. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600/390>
- [5] J. MORAN. (2015) Escola de Comunicação e Artes Universidade de São Paulo. [Online]. [http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando\\_moran.pdf](http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf)
- [6] J. A. VALENTE, M. E. B. ALMEIDA, and A. F. S. GERALDINI, "Metodologias ativas: das concepções às práticas em distintos níveis de ensino," *Diálogo Educacional*, vol. 17, pp. 455-478, abr/jun 2017.
- [7] A. ZABALA, *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: ArtMed, 1998.
- [8] M. A. MOREIRA, *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.
- [9] M. THIOLLENT, *Metodologia da pesquisa-ação*. São Paulo: Cortez, 1986.
- [10] GREF, *Física*. São Paulo: EDUSP, 1996, vol. 1, 2 e 3.
- [11] G. J. AUBRECHT, *Redesigning courses and textbooks for the twenty-first century*. Woodbury: American Journal of Physics, 1989, vol. 57.
- [12] F. OSTERMANN e M. A. MOREIRA, *Física contemporânea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores.:* Enseñanza de las Ciencias, 2000, vol. 18.
- [13] E. de C. VALADARES e A. M. MOREIRA, "Ensinando Física Moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro," *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 15, no. 2, pp. 121-135, 1998.



- [14] R. STANNARD, "Modern physics for the Young," *Physics Education*, vol. 25, no. 3, p. 133, May 1990.
- [15] F. OSTEMANN e M. A. MOREIRA, "Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores," *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, vol. 18, pp. 135-151, Agosto 2001.
- [16] D. M. VIANNA e R. S GERBASSI F. F. de OLIVEIRA, "Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores.," *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 29, no. 3, pp. 447-454, 2007.
- [17] A. P. PEREIRA e F. OSTERMANN, "Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente.," *Investigações em ensino de ciências*, vol. 14, pp. 393-420, Dez 2009.
- [18] J. F. S. WOLF and P. M. MORS, *Relatividade no Ensino Médio: uma experiência com motivação na história.:* Experiências em Ensino de Ciências, 2006.
- [19] F. OSTERMANN, "Física moderna e Contemporânea no Ensino Médio: elaboração de material didático em forma de pôster sobre partículas elementares e interações fundamentais," *Caderno Catarinense em ensino de Física*, vol. 16, pp. 267-286, 1999.
- [20] D. G. C. JONES, "Cosmology and particle physics," *Physics Education*, vol. 27, no. 3, pp. 76-80, Mar 1992.
- [21] D. P. GIL, F. SENENT, and J. SOLBES, "La introducción a la física moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual," *Ensenanza de las Ciencias*, no. extra, pp. 209-210, set 1987.
- [22] H. FISCHLER and M. LICHTFELDT, "Modern physics and students conceptions," *Internacional Journal of Science Education*, vol. 14, no. 2, pp. 181-190, Apr./June 1992.
- [23] A. B. ARONS, "A guide to introductory physics teaching," 1990.
- [24] A. CUPPARI, G. ROBUTTI, O. RINAUDO, and P. VIOLINO, "Gradual introduction of some aspects of quantum mechanics in a high school curriculum," *Physics Education*, vol. 32, no. 5, pp. 302-308, Sept 1997.
- [25] I. LAWRENCE, "Quantum physics in school," *Physics Education*, vol. 31, no. 5, pp. 278-286, 1996.
- [26] E. A. TERRAZZAN, "A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau," *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, vol. 9, no. 3,

- pp. 209-214, Dez 1992.
- [27] E. A. TERRAZZAN, *Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média*, Tese ed. São Paulo: Curso de Pós-graduação em Educação - USP, 1994.
- [28] D. I. MACHADO, *Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com suporte da hipermídia*. Bauru: Tese (Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência) - Universidade estadual paulistana, 2006.
- [29] D. P. AUSUBEL. (2018, Abril) Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. [Online].  
[http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel\\_2000\\_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf](http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf)
- [30] BRASIL, *PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros*. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- [31] M R MATTHEWS, "História e Filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação," *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, vol. 12, no. 3, pp. 164-214, dezembro 1995.
- [32] F. OSTERMANN and M. A. MOREIRA, "Investigações em Ensino de Ciências," vol. 5, no. 1, pp. 23-48, 2000.
- [33] M. B. SANCHES. (2006, dezembro) Pós-graduação em Educação para a Ciência e Matemática. [Online].  
<http://cienciaematematica.vivawebinternet.com.br/media/dissertacoes/ebfe6be3619c755.pdf>
- [34] M. A. MOREIRA and E. F. S. MASINI, *Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2001.
- [35] M. A. MOREIRA e E. F. S. MASINI, *Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel*, 2nd ed. São Paulo: Centauro, 2006.
- [36] D. P. AUSUBEL, *Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento*. Buenos Aires: El Ateneo, 1973.
- [37] M. A. MOREIRA. (2010) Professor Marco Antonio Moreira. [Online].  
<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>
- [38] J. D. NOVAK E H. HANESIAN D. P. AUSUBEL, *Educational psychology: a cognitive view*, 2nd ed. New York: Holt Rinehart and Winston, 1978.
- [39] M. A. MOREIRA, M. C. CABALLERO, and M. L. RODRÍGUEZ. (1997) Actas del

- encuentro internacional sobre el aprendizaje significativo. [Online].  
<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>
- [40] M. A. MOREIRA e F. OSTERMANN. (1999) <http://www.if.ufrgs.br>. [Online].  
[https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n10\\_moreira\\_ostermann.pdf](https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n10_moreira_ostermann.pdf)
- [41] L BACICH e J. MORAN, *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018.
- [42] ALMEIDA, J. A. VALENTE M. E. B., *Tecnologias e currículo: trajetórias convergentes ou divergentes*. São Paulo: Paulus, 2011.
- [43] V. M. KENSKI, *O que são tecnologias e por que elas são essenciais*. In: *Educação e Tecnologias: O novo ritmo da informação*, 8th ed. Campinas: Papyrus, 2012.
- [44] E. SANTOS. (2011, Jan) Revista Docência e Cibercultura. [Online]. <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/re-doc/article/view/35616/29713>
- [45] N. PRETTO. (2015) CETIC - Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação. [Online].  
[https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC\\_Educacao\\_2014\\_livro\\_eletronico.pdf](https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC_Educacao_2014_livro_eletronico.pdf)
- [46] J. PEIXOTO e R. M. A. de CARVALHO, "Formação para o uso de tecnologias: denúncias, demandas e esquecimentos nos depoimentos de professores da rede pública," *Educativa*, vol. 17, no. 2, pp. 577-603, Jul/Dez 2014, Disponível em: Acesso em: 22 de jan. de 2019.
- [47] D. A. F. de MORAES e D. M. V. BARROS D. E. de MELLO, *Formação de Professores e TIC: em busca de inovações didáticas*. In: *Didática on-line: teorias e práticas*, M.N SOBRAL, C. M. GOMES, and E. (Orgs.) ROMÃO, Eds. Maceió: EDUFAL, 2017.
- [48] J. M. MORAN, *Novas tecnologias e mediação pedagógica*, 14th ed. São Paulo: Papyrus Editora, 2008.
- [49] F. ALVES, *Gamification: como criar experiências de aprendizagem engajadoras, um guia completo do conceito à prática*, 1st ed. São Paulo: DVS Editora, 2015.
- [50] C. N. TONÉIS, *Os games na sala de aula: games na educação ou a gamificação da educação*. São Paulo: Bookess, 2017.
- [51] K. KAPP, *The gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. Wiley USA: Pfeifer, 2012.
- [52] D. DIXON, R. KHALED e L. Nacke S. DETERDING, "From game design elements

- to gamefulness: defining "gamification", in *International academic mindrek conference: envisioning future media environments*, New York, 2011, pp. 9-15.
- [53] P. CAROLEI R. TORI, "Gamificação Aumentada: Explorando a realidade aumentada em atividades lúdicas de aprendizagem," *Teccogs*, vol. 9, pp. 14-35, 2014.
- [54] Y. VIANNA, B. MEDINA, S. TANAKA e M. KRUG M. VIANNA, *Gamification, Inc: Como reinventar empresas a partir de jogos*. Rio de Janeiro: MJV Press, 2013.
- [55] M. LORENZONI. (2016, julho) <https://www.geekie.com.br/>. [Online].  
<https://www.geekie.com.br/blog/gamificacao/>
- [56] T. ALEXANDROVA e T. NAKAJIMA, Y. LIU. (2011) Gamifying intelligent environments. Proceedings of the 2011 International ACM Workshop on Ubiquitous Meta User Interfaces. [Online]. <https://www.researchgate.net/publication/239761>
- [57] Tatiana Klix. (2018, Março) Nova Escola. [Online].  
<https://novaescola.org.br/conteudo/4733/blog-tecnologia-torne-suas-aulas-mais-interativas-com-qr-codes>
- [58] Midia Code. (2018) Midiacode.com. [Online]. <https://midiacode.com/faqs-2.html>
- [59] R. TORI P. CAROLEI, "Gamificação Aumentada: explorando a realidade aumentada em atividades lúdicas de aprendizagem," *Teccogs*, vol. 9, pp. 14-35, 2014, Disponível em:. Acesso em: 02 de Jul 2018.
- [60] Virtuous Tecnologia da Informação. Só Matemática. [Online]. <http://www.laifi.com/>
- [61] L. BACICH e J. MORAN, "Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática," 2018.
- [62] A. T. NETO e F. de M. TREVISANI L. BACICH, *Ensino Híbrido: Personalização e Tecnologia na Educação*. Porto Alegre: Penso, 2015.
- [63] J. MORAN e L. BACICH, "Aprender e ensinar com foco na educação híbrida.," *Revista Pátio*, Junho 2015.
- [64] T. TEIXEIRA, *Infografia e Jornalismo: conceitos, análises e perspectivas*. Salvador: EDUFBA, 2010.
- [65] D. A. CALEGARI e A. M. PERFEITO, "Infográfico: possibilidades metodológicas em salas de aula de Ensino Médio," vol. 13, pp. 292-307, Jan/Jun 2013.
- [66] R. CAIXETA. Associação Brasileira de Imprensa. [Online].  
[www.abi.org.br/paginaindividual.asp?id=556](http://www.abi.org.br/paginaindividual.asp?id=556)

- [67] R. BRENNAN, *Gigantes da Física: uma história da física moderna através de oito biografias*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.
- [68] W. E. POTTKER e T. G. do PRADO J. PERUZZO, *Física Moderna e Contemporânea*, 1st ed. São Paulo: Livraria da Física, 2013.
- [69] R. de A. MARTINS, *A origem histórica da relatividade especial*. São Paulo: Livraria da Física, 2015.
- [70] F. DAMASIO e L. O. Q. PEDUZZI. (2017) Física Na Escola. [Online].  
<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol15-Num1/a02.pdf>
- [71] N. TESLA. (2012) Minhas invenções: a autobiografia de Nikola Tesla. [Online].  
[http://editoraunesp.com.br/Download/Minhas\\_invencoes\\_Miolo-135\\_205\\_EPDF.pdf](http://editoraunesp.com.br/Download/Minhas_invencoes_Miolo-135_205_EPDF.pdf)
- [72] J.F. CORUM, J.M. HARDESTY e K.L. CORUM W.C. WY SOCK. (2001) Tesla Memorial Society of New York. [Online].  
[http://www.teslasociety.com/pdf/who\\_was\\_the\\_real\\_dr\\_nikola\\_tesla.pdf](http://www.teslasociety.com/pdf/who_was_the_real_dr_nikola_tesla.pdf)
- [73] A.C.F. dos SANTOS e A.C. TORT F.A.G. PARENTE, "Os 100 Anos do Átomo de Bohr," *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 35, p. 4301, 2013.
- [74] M. CURIE, *Autobiographical notes*. New York: Macmillian Company, 1923.
- [75] I. N. DEROSI e I. FREITAS-REIS, "A Educadora Marie Curie: uma perspectiva diferenciada dessa cientista," in *XVI ENEQ/X EDUQUI*, 2012.
- [76] R. de A. MARTINS, "As primeiras investigações de Marie Curie sobre elementos radioativos," *Revista da SBHC*, vol. 1, pp. 29-41, 2003,  
<http://www.ghhc.usp.br/server/pdf/curie-a1.pdf>.
- [77] S. W. HAWKING, *Stephen Hawking: Minha Breve História*. São Paulo: Intrínseca, 2013.
- [78] V. A. BEZERRA, *Maxwell, a teoria do campo e a desmecanização da física.:* Scientiae Studia, 2006.
- [79] F. DAMASIO e L. O. Q. PEDUZZI. (2017) A física na escola. [Online].  
<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol15-Num1/a02.pdf>
- [80] R. de A. MARTINS. (2005) Sociedade Brasileira de Física. [Online].  
<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/martins.pdf>
- [81] R. RESNICK e J. WALKER D. HALLIDAY, *Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna*, 10th ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

- [82] P. A. TIPLER e G. MOSCA, *Física Moderna: Mecânica Quântica, Relatividade e a Estrutura da Matéria*. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- [83] R. RESNICK e J. WALKER D. HALLIDAY, *Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna*, 10th ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- [84] C. M RAMOS, E. P. PRADO, V. BONJORNO, M. A. BONJORNO, R. CASEMIRO e R. de F. S. A. BONJORNO J. R. BONJORNO, *Física: Eletromagnetismo e Física Moderna*, 3rd ed. São Paulo: FTD, 2016.
- [85] A. MÁXIMO e B. ALVARENGA, *Curso de Física*, 1st ed. São Paulo : Scipione, 2011.
- [86] C. M RAMOS, E. P. PRADO, V. BONJORNO, M. A. BONJORNO, R. CASEMIRO e R. de F. S. A. BONJORNO J. R. BONJORNO, *Física: Termologia, Óptica e Ondulatória*, 3rd ed. São Paulo: FTD, 2016.
- [87] J.V. C MATIAS. (2013, Abril) Eletricidade e Eletrônica. [Online]. <https://www.josematias.pt/eletr/o-que-sao-transistores/>
- [88] W. A. D. JÚNIOR e C. C. WINDMÖLLER. (2008) A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes. [Online]. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/04-QS-4006.pdf>
- [89] S. M. A. FILHO e D. O. TOGINHO, "Laboratório caseiro de física moderna," *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 8, pp. 232-236, Dez 1991.
- [90] F. S. CAVALCANTE. (2001) Repositório Institucional da UFSC. [Online]. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/80358>
- [91] A. A. A. CARVALHO. (2015, Dezembro) Apps para dispositivos móveis: manual para professores, formadores e bibliotecários. [Online]. <https://core.ac.uk/download/pdf/43588723.pdf#page=204>
- [92] L. S. VIGOTSKY, *Construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- [93] E FOFONCA, G. da S. BRITO, M. ESTEVAN, and N. P. V. CAMAS, *Metodologias Pedagógicas Inovadoras: Contextos da educação básica e da educação superior*. Curitiba: IFPR, 2018, vol. 2.
- [94] R. R. do AMARAL, *RPG na escola: aventuras pedagógicas*. Recife: Universitária da UFPE, 2013.
- [95] F. J. ARANHA FILHO, "Sala de aula invertida," *Ensino Inovativo*, vol. 1, no. 1, pp.

- 14-17, 2015.
- [96] D. HALLIDAY, *fundamentos de física*. rio de janeiro: Itc, 2007, vol. 3.
- [97] Grupo de Reelaboração de Ensino de FÍSICA, *Física 3: Eletromagnetismo*. São Paulo: EDUSP, 2005.
- [98] E. K. FAINGUELERNT, *Educação matemática: Representação e Construção em Geometria*. Porto Alegre: ARTMED, 1999.
- [99] A. E. A. de BARROS e P. G. BARRETO, *Eletromagnetismo: uma viagem do macro ao micro*. São Paulo: Livraria da Física, 2017.
- [100] Y. BEM-DOV, *Convite á física*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996.
- [101] M. H SOARES e F. BARBOSA M. das G. CLEOPHAS, *Didatização lúdica no ensino de química/ciências: teorias de aprendizagem e outras interfaces*. São Paulo: Livraria da Física, 2018.
- [102] J. do P. MARTINS, *Didática Geral: fundamentos, planejamento, metodologia e avaliação*. São Paulo: ATLAS, 1990.
- [103] A. EINSTEIN e L. INFELD, *A evolução da física*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.
- [104] P. S. de JESUS, *Origens e evolução das ideias da física*. Salvador: EDUFBA, 2015.
- [105] C. de F. V. do NASCIMENTO, "Desafio docente: era (digital) da informatização," *Revista Thema*, vol. 9, no. 2, pp. 01-17, 2012.
- [106] H. M. NUSSENZVEIG, *Curso de física básica, 3: eletromagnetismo*. São Paulo: Blucher, 2015.
- [107] G. STAUB e M. P. WELTER R. KLEIN. (2017) Tecnologia na educação: aliada ou vilã?. [Online].  
<http://faifaculdades.edu.br/eventos/SEMIC/6SEMIC/arquivos/resumos/RES25.pdf>
- [108] M. R. V. RAMOS, "O uso de tecnologias em sala de aula," *LENPES - PIBID de Ciências Sociais - UEL*, vol. 1, no. 21 - 16, 2012.
- [109] M.W. ZEMANSKY e H. D. YOUNG F. SEARS, *Física 3 Eletricidade e Magnetismo*, 2nd ed. Rio de Janeiro: LTC -Livros Técnicos e Cienyificos Editora S.A., 1984.
- [110] S. M. ARRUDA e D. O. TOGINHO FILHO, "Laboratório caseiro de física moderna," *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 8, pp. 232-236, Dez 1991.

[111] D. M. VIANNA e R. S. GERBASSI F. F. OLIVEIRA. (2007) Revista Brasileira de Ensino de Física. [Online]. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172007000300016>.





## APÊNDICE I – PRODUTO EDUCACIONAL



**DANIELA FONTANA ALMENARA**

***“ENSINANDO E APRENDENDO FÍSICA  
MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS  
DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS”***

UM GUIA PARA PROFESSORES TRABALHAREM FÍSICA MODERNA E  
CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO



Ji-Paraná, 2019

## DANIELA FONTANA ALMENARA

Licenciada em **Matemática** pela Universidade Federal de Rondônia – UNIR  
Pós-Graduada em **Educação Matemática** pela Faculdade de Pimenta Bueno  
Pós-Graduada em **Tecnologias em Educação** pela Pontifícia Universidade Católica –  
PUC/RJ  
Pós-Graduada em **Mídias na Educação** pela Universidade Federal de Rondônia – UNIR  
Mestranda em Ensino Profissional de Física pela Sociedade Brasileira de Física  
Professora de Matemática e Física na rede pública de ensino desde 2001



# ***“ENSINANDO E APRENDENDO FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS”***

UM GUIA PARA PROFESSORES TRABALHAREM FÍSICA MODERNA E  
CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

Ji-Paraná, 2019

## ENSINANDO E APRENDENDO FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS

Um Guia Para Professores trabalharem Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Copyright © 2019 by **Daniela Fontana Almenara**.



Este trabalho pode ser copiado e reproduzido em qualquer suporte ou formato, de maneira pessoal, não comercial e sem derivações, desde que se dê crédito apropriado, que indique um link para esta licença, de acordo com o que está disposto na Licença Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0).

Ainda de acordo com esta licença, você não pode comercializar este material. Se você remixar, transformar ou criar a partir deste material, você não poderá distribuir o material modificado. Você ainda não pode aplicar termos jurídicos ou medidas de caráter tecnológico que restrinjam legalmente outros de fazerem algo que a licença permita.

Mais detalhes sobre a licença deste produto está disponível no endereço eletrônico <[https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt\\_BR](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt_BR)>.

Primeira Impressão

Editoração e publicação: Daniela Fontana Almenara.

Ilustrações e Imagens: Licenciadas copyleft disponibilizadas por <https://www.freepik.com>, <https://es.pngtree.com> e/ou modificadas/criadas pelo editor.  
Revisão de Texto: Cláudia Maria Bonavigo Kalb.

---

Almenara, Daniela Fontana.

ENSINANDO E APRENDENDO FÍSICA MODERNA POR MEIO DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS: Um Guia Para Professores Trabalharem Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio / Daniela Fontana Almenara – 2019.

Produto de Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Ji-Paraná, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Mergulhão Júnior.

1. Ensino de Física. 2. Processos de Ensino e Aprendizagem. 3. Metodologias ativas. 4. Gamificação.

---

## SUMÁRIO

---



<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	4
<b>SEQUÊNCIA DIDÁTICA 1- GAMIFICAÇÃO</b> .....	6
Midia Code .....	10
O que é o Midia Code .....	10
Porque utilizar códigos QR Code na educação? .....	10
Baixando o aplicativo .....	11
Utilizando a ferramenta Web para criar seus códigos .....	15
<b>SEQUÊNCIA DIDÁTICA 2 – GRANDES CIENTISTAS</b> .....	18
Criando um grupo no facebook .....	25
Como utilizar o Laifi.....	27
O que é o Laifi .....	27
Como se cadastrar .....	27
Construindo seu Laifi .....	31
<b>SEQUÊNCIA DIDÁTICA 3 – INFOGRÁFICOS</b> .....	38
Entendendo o que são infográficos e porque usá-los .....	39
Como utilizar o Canva .....	44
O que é o Canva.....	44
Como se cadastrar .....	44
Produzindo um infográfico .....	46
Referências.....	56

## APRESENTAÇÃO



Caro (a) professor (a)

Este guia constitui o Produto Educacional da pesquisa **“Ensinando e Aprendendo Física Moderna e Contemporânea Através da Integração das Mídias”** desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Universidade Federal de Rondônia, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) no Polo de Ji-Paraná.

O guia contém três sequências didáticas elaboradas no intuito de contribuir com os professores de Física na inserção de conceitos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio com a utilização de metodologia ativa e recursos tecnológicos digitais, visando proporcionar uma aproximação dos estudantes com a disciplina e relacionando o desenvolvimento tecnológico com os conteúdos de física. No guia utilizaremos apenas o termo “Física Moderna” para expressar os estudos realizados a partir do início do século XX.

Por tratar-se de sequências didáticas, e as mesmas estarem baseadas na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, complementada com a teoria psicológica de Vygotsky, destacamos que o direcionamento dado em cada momento, não só na sistematização dos conteúdos abordados, mas também da problematização, deve ser adaptável à realidade dos alunos atendidos. Para Ausubel a ideia mais importante da sua teoria e suas possíveis implicações para o ensino e aprendizagem pode ser resumida da seguinte forma:

“Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo”. [1]

Assim, a aprendizagem significativa é um processo através do qual uma nova informação se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Isso implica dizer que uma vez aprendido determinado conteúdo, o indivíduo conseguirá explicá-lo com suas palavras, ou seja, um mesmo conceito será expresso em linguagem sinônima e transmitirá o mesmo significado.



A forma como as sequências serão encaminhadas, favorecendo o trabalho em grupos onde estudantes em diferentes níveis terão a oportunidade de interagirem, requer uma aprendizagem significativa numa abordagem ausubeliana/vygotskyana, pois se espera que a internalização de significados se dê via interação social, ou seja, por meio de intercâmbio, troca de significados, e aprender física de maneira significativa seria a internalização dos significados aceitos e construídos para estes instrumentos e signos no contexto da Física [1].

Também salientamos que poderão ser desenvolvidas as três sequências didáticas ou, conforme o direcionamento que o professor (a) pretende, pode-se utilizar somente uma ou duas das sequências. Caso o professor queira valer-se somente dos produtos gerados por meio das sequências (Atividade gamificada, Laifis ou Infográficos), estes também estão disponíveis e podem ser utilizados mediante um planejamento elaborado pelo próprio docente. O papel do professor nesse processo será o de propor e estimular atividades conjuntas e relações colaborativas entre os estudantes, mediando o processo de aprendizagem a fim de torná-los independentes e estimular o conhecimento pessoal.

Como no decorrer das sequências foram utilizados recursos tecnológicos, acompanham as sequências tutoriais de como explorá-los com os estudantes. Recomendamos que o docente explore com antecedência os recursos para um melhor aproveitamento dos mesmos. Aos professores e/ou estudantes que não têm recursos tecnológicos disponíveis em suas escolas, deixaremos dicas de como se podem adaptar as sequências e trabalhar de outras formas. "Faça o que você pode, com o que você tem, no lugar onde você está" (Theodore Roosevelt).

Embora esse produto tenha sido aplicado no 3º ano do ensino médio, pensamos que o mesmo possa ser aplicado em qualquer ano do ensino médio, valorizando aspectos conceituais e históricos da física moderna.

Esperamos que esse material seja útil e cumpra com o papel de aproximar os estudantes à disciplina de física e auxiliar professores na inserção de física moderna no ensino médio, bem como a utilização de tecnologias contribua na melhoria do processo de ensino/aprendizagem.

*Daniela Fontana Almenara*

## SEQUÊNCIA DIDÁTICA 1 – GAMIFICAÇÃO



Essa sequência terá um formato gamificado, utilizando elementos de design de game em contextos fora dos games para motivar, aumentar a atividade, e reter a atenção do usuário, ou seja, gamificar significa usar elementos dos jogos de forma a engajar pessoas para atingir um objetivo [1]. A ideia é “incorporar os elementos da linguagem dos games ao longo dos diversos processos, no nosso caso, nas estratégias pedagógicas que visam à aprendizagem” [2].

Para isso, essa sequência que consiste na aplicação de um jogo com os estudantes, lançará missões ou desafios, com o propósito de envolvê-los no processo. O jogo terá um sistema de pontuação, onde a cada acerto a equipe terá a pontuação somente se conseguir cumprir o desafio. Os desafios estão em uma sequência lógica pré-determinada e que deverá ser cumprida pela equipe para obter toda a pontuação. A equipe vencedora poderá receber uma premiação simbólica como incentivo à participação.

O objetivo dessa sequência é constituir-se em um “organizador prévio” e desenvolver conceitos subsuncores proporcionando a aprendizagem por consequência. Moreira e Masini [3] definem que organizadores prévios devem apresentar os conceitos de uma forma mais abrangente permitindo a integração dos novos conceitos com a estrutura cognitiva já existente e que os mesmos podem ser textos, desenhos, fotos, ou outros meios que poderão ser apresentados aos estudantes.

### **TEMA**

Compreendendo o contexto histórico e conceitual da teoria da relatividade mostrando as motivações que levaram a seu surgimento.

### **CONTEÚDO**

Teoria da relatividade.

### **OBJETIVOS**

Utilizar o App Midiacode para facilitar o acesso a textos, sites e vídeos.



Desenvolver o trabalho em equipe e colaborativo.

Compreender os princípios fundamentais da teoria da relatividade por meio de seu desenvolvimento histórico mostrando as motivações que levaram a seu surgimento.

### **PÚBLICO ALVO**

3º ano do ensino médio.

### **TEMPO ESTIMADO**

Cinco aulas de 50 min.

### **DESENVOLVIMENTO**

#### **1ª etapa**

Para que os estudantes estejam a par dos conteúdos trabalhados no produto educacional e entendam melhor o contexto em que se deu o início da Física Moderna realize uma aula expositiva apresentando esse contexto e falando brevemente sobre os conteúdos. Para isso acesse a apresentação que preparamos em <http://bit.ly/apresentacaoinicial>. O objetivo nesse início não é aprofundar-se nos conteúdos, mas dar uma noção inicial de como o trabalho será norteado.

O professor deverá marcar com antecedência com os estudantes a data em que será aplicada a sequência gamificada, explicando o que é e como será o procedimento durante a aplicação. Deverá solicitar aos estudantes que instalem em seus smartphones um aplicativo de leitura de Qr Codes. Sugerimos a utilização do MidiaCode pois ele armazena os códigos scaneados e isso facilita caso o grupo tenha que rever suas respostas. Disponibilizamos um tutorial que explica como instalar o MidiaCode no final dessa sequência didática. Os estudantes deverão ser divididos em grupos de 4 a 5 componentes, sendo que no grupo deverá ter pelo menos um smartphone com leitor de Qr Code instalado.

## 2ª etapa

Imprimir as instruções a serem entregues aos estudantes no link <http://bit.ly/33KzZdT> e as folhas para respostas do desafio em <http://bit.ly/folharespostasdesafio>. Deve-se entregar uma cópia a cada grupo. Acesse as respostas esperadas em <http://bit.ly/folharespostasesperadas>. Imprimir os códigos QR Code no link <http://bit.ly/jogoqrcode1> e fixar aleatoriamente em diversos pontos da escola.

Forneça aos grupos de estudantes uma cópia das instruções, as quais irão indicar as regras do jogo e como encontrar os códigos Qr Code que possibilitarão responder aos desafios propostos e uma cópia da folha de respostas.

Os grupos conseguirão encontrar a ordem correta dos desafios respondendo aos desafios propostos.

## 3ª etapa

Com as instruções, a folha de respostas e um smartphone com leitor de QR Code em mãos os grupos deverão fazer uma “caçada” capturando os códigos QR Code e respondendo aos desafios. Nessa fase o professor deve mediar às situações, intervindo caso seja necessário e dando dicas aos estudantes de como capturar os códigos ou fazendo questionamentos que auxiliem os grupos nas respostas. A cada código QR Code decifrado e desafio respondido o professor deverá entregar ao grupo um selo ([acesse aqui](#)), o qual indica que aquela etapa está concluída. Essa atitude formará uma espécie e placar do jogo e dinamizará o mesmo, uma vez que os estudantes sabendo quantos emblemas cada grupo tem se empenharão mais para vencer o jogo.

## 4ª etapa

Receba as respostas dos desafios, conferindo se os grupos entregaram na ordem correta e anotando a ordem em que os grupos forem entregando. Para facilitar o professor poderá indicar em uma aula seguinte o grupo vencedor e fazer uma premiação simbólica. Podemos sugerir como premiação a todos que participaram um porta fone de ouvido como o da imagem a seguir ([acesse aqui o modelo](#)), já que é um acessório que

os jovens utilizam bastante e o (a) professor (a) poderá mandar confeccionar em PVC em um local adequado.

Porta fone de Ouvido



Fonte: produzido pela autora

## Offline

Caso em sua escola não possua internet e/ou os estudantes não possuam smartphones para realizar a atividade, você pode imprimir os desafios, fixar em pontos da escola e realizar a atividade da mesma forma. [Clique aqui](#) e acesse o documento para impressão.

### Dicas ao professor



Antes de iniciar o trabalho é interessante que o professor faça algumas leituras sobre o assunto. Para isso indicamos algumas referências abaixo.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. São Paulo: Scipione, 2010, volume 3.

URQUIZA, Y. **Física Moderna**: física sem sofrimento. Maceió, 07 dez. de 2012. Disponível em <<https://pt.slideshare.net/IvysUrquiza/fisica-moderna-resumo-e-exercicios-dezembro-2012>>. Acesso em: 11 de jul. de 2018.

BRENNAN, R. **Gigantes da física**. [S.l.]: Zahar, 2000. Disponível em <[http://www.pi.unir.br/uploads/76127300/arquivos/Gigantes\\_Da\\_Fisica\\_\\_Uma\\_Historia\\_da\\_f\\_sica\\_moderna\\_\\_Richard\\_Brennan\\_505556289.pdf](http://www.pi.unir.br/uploads/76127300/arquivos/Gigantes_Da_Fisica__Uma_Historia_da_f_sica_moderna__Richard_Brennan_505556289.pdf)>. Acesso

## MIDIACODE

---

### O que é o Midiacode?

A sociedade caminha na direção da hiperconectividade. Pessoas de todas as idades usam cada vez mais dispositivos conectados e a expectativa é de que fiquem mais conectados ainda. Esse mundo onde tudo se conecta é chamado mundo SMART, onde os sistemas e plataformas estão cada vez mais integrados.



O Midiacode é uma solução smart, pronta e fácil de ser utilizada, onde se podem criar códigos QR Code de qualquer conteúdo. Ele está disponível na web e também em forma de aplicativo, permitindo que se entregue conteúdos na palma da mão dos estudantes ou qualquer pessoa que queira utilizar.



O Midiacode tem muitas funcionalidades, algumas gratuitas e outras pagas, dentre elas ajudar a organizar eventos onde se pode acessar todo o material ou mesmo divulgar por meio de códigos QR Code. Já se vê em diversos eventos essas funcionalidades sendo utilizadas a fim de se evitar filas demoradas de cadastramento ou mesmo gastos desnecessários com impressão de guias que provavelmente irão para o lixo assim que o evento terminar.

### Porque utilizar códigos QR Code na educação?

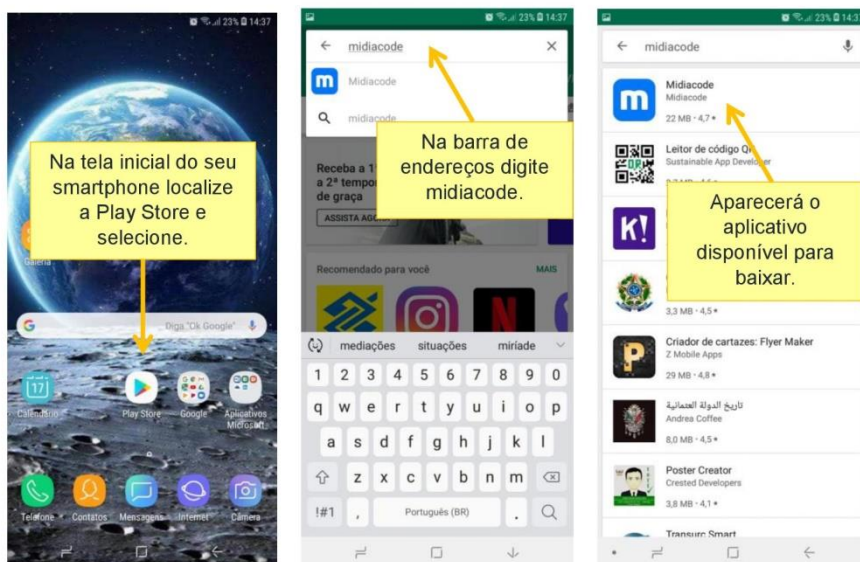
Essa lógica SMART está entrando em todas as esferas da vida e não é diferente nas escolas. Estudantes querem estar conectados e cada vez mais utilizam seus smartphones, celulares inteligentes, para armazenar ou acessar informações.

Na educação podem-se aproveitar essas funcionalidades, uma vez a ferramenta é fácil de utilizar e os conteúdos podem ser transformados em códigos QR Code num piscar de olhos, permitindo que os estudantes os acessem rapidamente e liberando um tempo precioso que pode ser utilizado para aprofundar os conteúdos e tirar dúvidas que surgirem. Além do mais se economiza na impressão e se podem produzir materiais de

maior qualidade visual, o que muitas vezes não é possível devido aos poucos recursos das escolas. Até mesmo o acesso a um site ou qualquer conteúdo *on line* pode ser facilitado se o professor transformar esse endereço em um código QR Code, que os estudantes podem capturar com seus smartphones mais facilmente do que ficar digitando endereços longos e complicados.

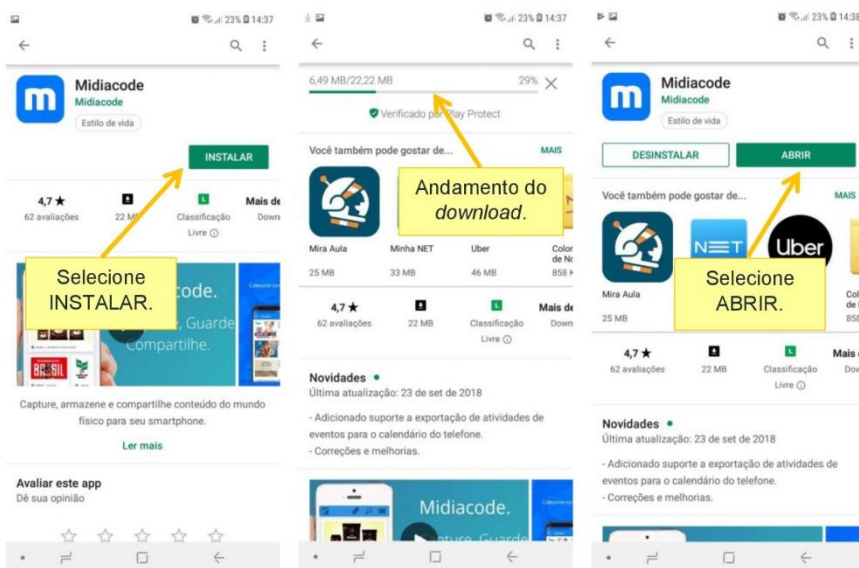
### Baixando o aplicativo

Com o aplicativo do Midiacode se faz a leitura dos códigos QR Code. A vantagem em relação aos outros é que ele armazena tudo que foi capturado e isso facilita caso seja necessário acessar novamente. Para baixar o aplicativo do Midiacode você terá que acessar a *Play Store* em seu smartphone e na barra de endereços digitar **Midiacode**. Aparecerá o aplicativo e deve-se primar o dedo nele.

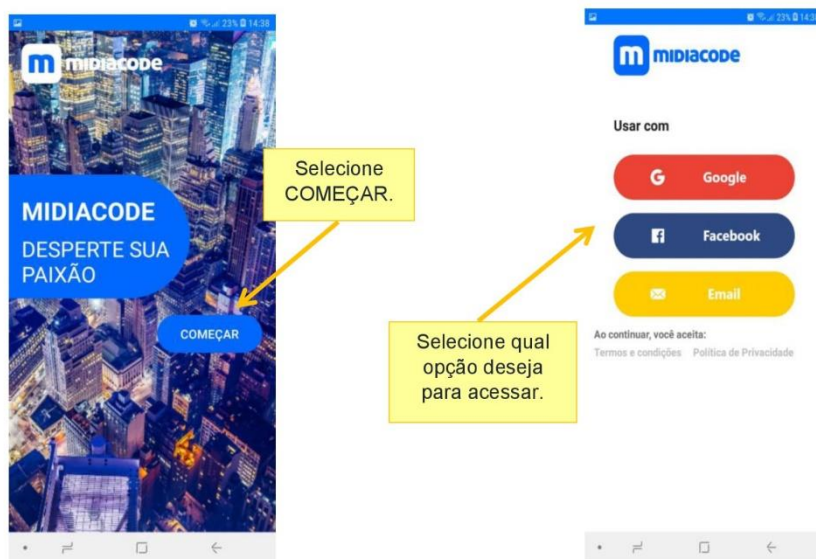


Aparecendo o aplicativo, prime o dedo em instalar e será feito o *download* do aplicativo em seu *smartphone*.

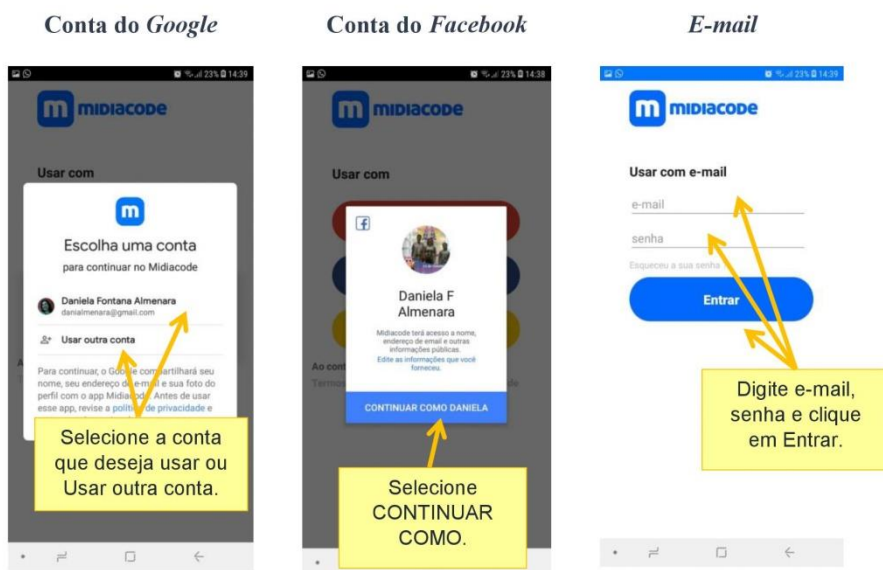




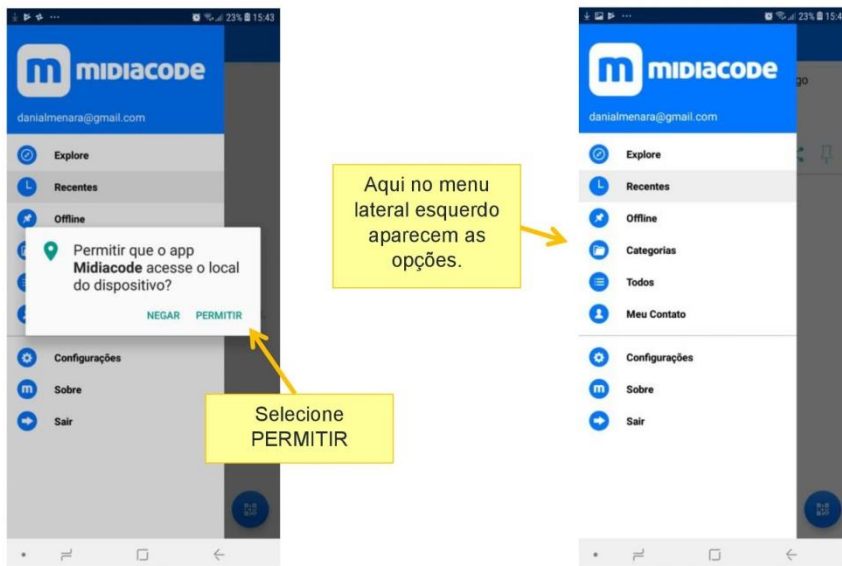
Aparecerá a tela inicial do Midiacode e você deve selecionar **COMEÇAR**. Você poderá acessar com uma conta do *Google*, do *Facebook* ou um *Email*.



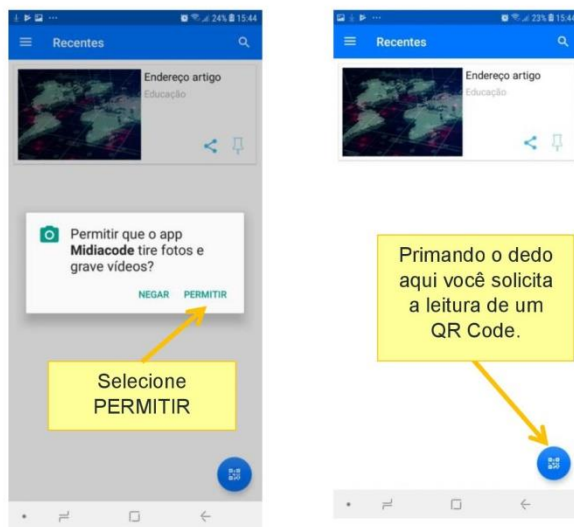
A seguir as telas que aparecerão em cada uma das opções de escolha e as instruções de como prosseguir.



Ao entrar no aplicativo, ele vai solicitar permissão para acessar o local do dispositivo. Após isso seu aplicativo está pronto para ser explorado e utilizado.



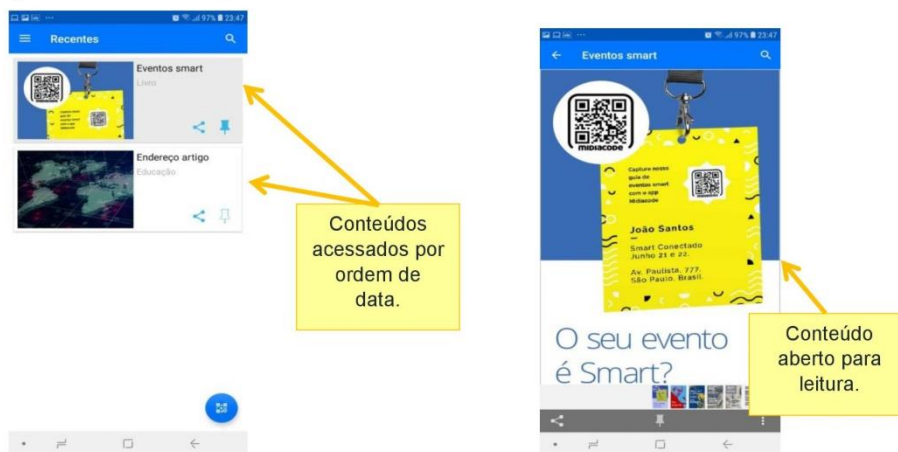
O aplicativo ainda solicita permissão para tirar fotos e gravar vídeos, assim você poderá capturar e armazenar os códigos QR Code.



Apontando a câmera para o código que você deseja ler, o aplicativo fará a leitura e mostrará o conteúdo.

Faça a leitura do Código QR Code da imagem ao lado teste seu aplicativo acessando o *ebook* disponibilizado pelo Mdiacode.

No seu smartphone vai aparecer o conteúdo capturado por último, bem como todos os conteúdos que você acessar, em ordem de datas.

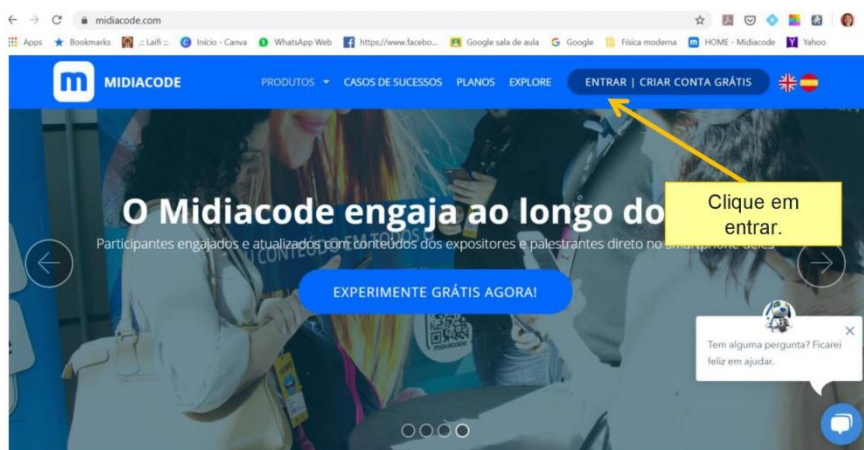




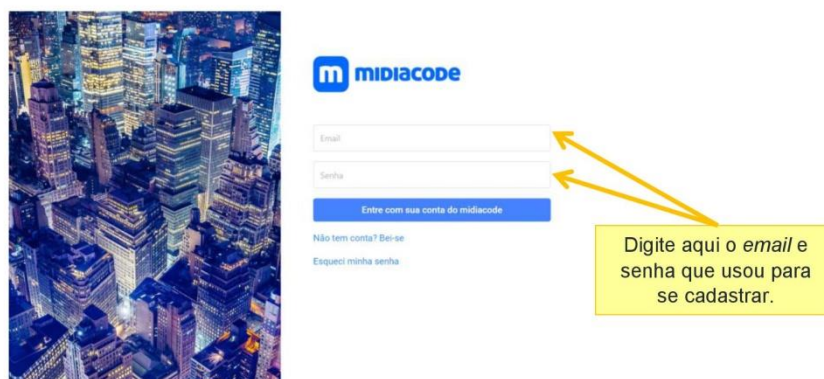
## Utilizando a ferramenta *Web* para criar seus códigos

Professor, caso você queira criar seus próprios códigos QR Code, utilizando outros desafios e talvez até outros conteúdos, primeiramente deverá planejar quais atividades, desafios e ou problemas quer que os estudantes respondam. Crie uma pasta para ir salvando cada um dos desafios e utilize um programa de edição de texto para formatar e deixar como você quer. Não se esqueça de colocar no documento links que os estudantes deverão acessar, se for o caso. Cada desafio deverá ser feito em um documento diferente e posteriormente ser salvo em formato pdf.

Depois de planejar o desafio, acesse o endereço <https://midiacode.com/>. A seguinte janela aparecerá no seu navegador.



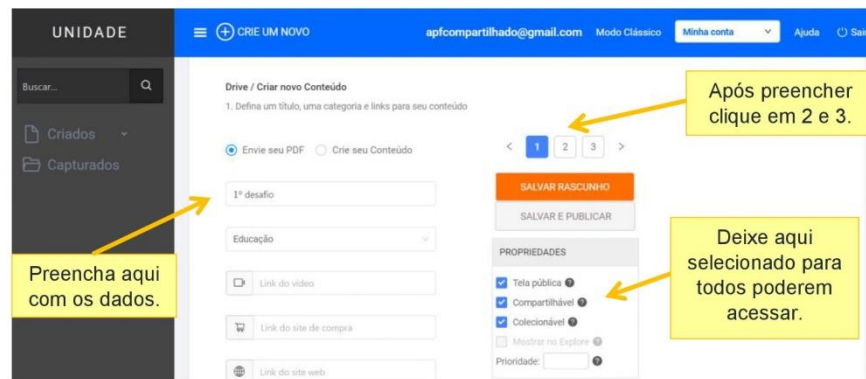
Clicando em entrar aparecerá a seguinte tela onde você deverá fazer login utilizando seus dados de cadastro.



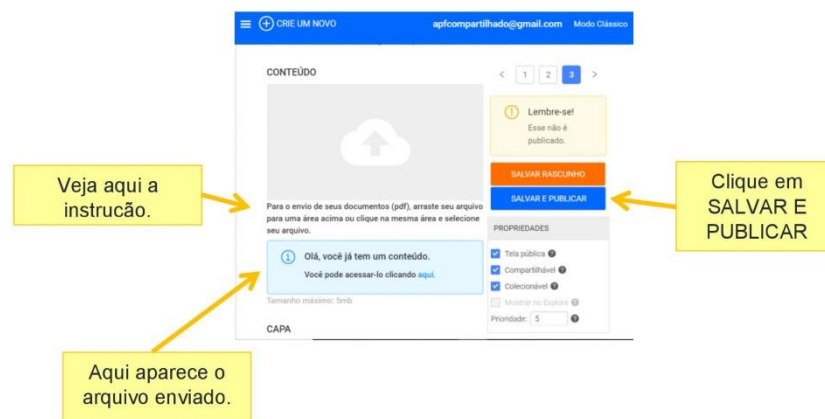
No menu lateral esquerdo aparecem as opções **Criados** e **Capturados**. Para criar um novo QR Code clique em **CRIE UM NOVO – Conteúdo**, conforme indica na imagem a seguir.



Para enviar seus desafios você deverá preencher os dados conforme se pode ver na imagem a seguir.



Ao clicar em 3 aparecerá a opção de enviar o arquivo pdf para a plataforma Midiacode.



Ao Clicar em **SALVAR E PUBLICAR** aparecerá o link e o código QR. do seu desafio.



Repita o processo para cada uma das atividades que for colocar no seu jogo. Quando tiver feito todas vá montando seu desafio utilizando um editor de textos onde podem ser colocados os títulos e abaixo e o código que você produziu. Imprima seu jogo e prepare-se para uma atividade divertida e de muita aprendizagem.

## Dicas aos docentes



Para divulgarmos à comunidade escolar o trabalho que estava sendo desenvolvido, bem como compartilharmos com outros professores esse produto educacional e outros recursos e metodologias criamos um blog e uma página no facebook.

Acesse nosso blog: <http://fuxicoquantico.blogspot.com/>

Curta nossa página no facebook: [@fuxicoquantico](https://www.facebook.com/fuxicoquantico)

Quer fazer um blog para divulgar seu trabalho ou utilizar com os estudantes? Acesse nosso tutorial de Criação e Edição de Blog no QR Code ao lado.



## SEQUÊNCIA DIDÁTICA 2 – GRANDES CIENTISTAS



### TEMA

Grandes cientistas que contribuíram com a física moderna.

### CONTEÚDO

Contexto histórico do desenvolvimento da física moderna por meio da biografia dos cientistas envolvidos nesse processo, dentre os quais Max Plank, Marie Curie, Nikola Tesla, Niels Bhor, Albert Einstein e Stephen Hawking.

### OBJETIVOS

Ampliar o conhecimento sobre física moderna;

Incentivar a pesquisa e produção de textos autorais pelos estudantes;

Conhecer e promover a análise das contribuições dos grandes cientistas ao longo da história;

Utilizar com propriedade o recurso tecnológico Laifi para a produção de uma linha do tempo;

### PÚBLICO ALVO

3º ano do ensino médio.

### TEMPO ESTIMADO

9 aulas de 50 minutos (não sequenciais)

**Obs.:** Não sequenciais, pois as atividades de pesquisa, seleção de imagens e vídeos, redação de textos, deverão ser feitas extraclasse. Utilize o tempo em sala para explorar a ferramenta, analisar o conteúdo e as produções com cada grupo.



## DESENVOLVIMENTO

### 1ª etapa

Como a sequência envolverá pesquisas, principalmente na internet, e utilização de imagens, vídeos e diversos recursos é necessário preparar os estudantes com uma aula expositiva que aborde formas seguras de pesquisas, plágio e direito de imagem. Para isso utilize o material produzido e disponibilizado pelo Núcleo de Tecnologia Educacional de Rolim de Moura ([acesse aqui](#)), e converse com os estudantes para que façam boas pesquisas, de forma segura e assegurando os direitos autorais de outros que produzem e disponibilizam na *Web*.

### 2ª etapa

Utilize para essa etapa um ambiente com acesso à internet para os estudantes ou solicite previamente que os grupos estejam com um *smartphone* com acesso rede.

Inicie com uma dinâmica perguntando aos estudantes a primeira coisa que vem à cabeça quando pensam em um cientista. Utilize as dicas abaixo para mediar a dinâmica.

### Dicas para mediar a dinâmica inicial



1º

- Liste os nomes de alguns cientistas e entregue fotos impressas aos estudantes para que passem de mão em mão;
- Questione os estudantes se já ouviram falar ou estudaram sobre alguns deles;
- Indague se conhecem a história de algum dos mencionados, onde estudaram, se eles tinham família e como viveram;
- Utilize a música Ciência e Arte de Gilberto Gil <https://www.youtube.com/watch?v=K0UvgqkTPkg>

2º

- Pergunte se sabem dizer à que áreas das ciências se dedicaram os cientistas mencionados e que legado deixaram;
- Reflita com os estudantes à cerca do tempo que os cientistas dedicaram às suas pesquisas;
- Reflita também se os mesmos fizeram suas pesquisas sozinhos, em conjunto ou mesmo se basearam em contribuições anteriores às suas;

3º

- Faça um fechamento dando algumas "pistas" do que os estudantes encontrarão em suas pesquisas. Esse fechamento depende do retorno que o professor (a) terá nas falas dos estudantes;
- O objetivo é que os estudantes observem que esses cientistas se dedicaram muito às suas pesquisas, muitos deram continuidade a estudos já existentes e que nem todos são conhecidos mesmo tendo contribuído muito com o que sabemos hoje de ciência.
- Nesse momento a ideia é instigar a curiosidade dos estudantes para que conheçam melhor esses cientistas.

Realize o *quiz* <http://bit.ly/quizcientistas> que criamos pedindo aos estudantes que acessem o site <https://kahoot.com/> e fornecendo aos mesmos o *pin* gerado pelo jogo. Esse *pin* será gerado quando o professor acessar o *quiz* e clicar em jogar. Veja abaixo como proceder.



Selecione uma das opções. Clássico se forem jogar individualmente e Modo de equipe caso forem jogar em grupos. Forneça o *pin* gerado aos estudantes e após eles acessarem clique em “Começar”.



Caso não seja possível utilizar o *quiz* sugerimos que realize a dinâmica utilizando o Baralho dos Cientistas que criamos. Acesse o mesmo em <http://bit.ly/cartascientistas>, imprima, recorte as cartas, misture-as e entregue a cada grupo uma carta com um cientista e uma com informações. Peça aos grupos que

apresentem a carta com a imagem. Depois cada grupo lê a informação que recebeu e todos tentam descobrir a qual cientista a informação se refere.

Ao final cada grupo pesquisará o cientista da carta que pegou. Os nomes sugeridos são Max Plank, Marie Curie, Nikola Tesla, Niels Bhor, Albert Einstein e Stephen Hawking. São vários cientistas e o professor pode optar por utilizar esses sugeridos ou mesmo adaptar para sua realidade, de acordo com a curiosidade dos estudantes.

Contribua com a organização dos grupos de forma que cada um contenha estudantes de diferentes habilidades. Cada grupo deverá receber as instruções com as datas de cada etapa (acesse o modelo em <http://bit.ly/calendariodedatas>, faça uma cópia e insira as datas apropriadas) por escrito sobre como irá se desenrolar o trabalho, o nome completo do cientista pesquisado, cada fase do processo com datas definidas e descrevendo o que se espera do produto final.

### **3ª etapa**

Os grupos pesquisarão e farão seus levantamentos bibliográficos iniciais. Indique *sites* confiáveis, livros ou revistas que poderão ajudar na pesquisa. Nessa etapa é interessante criar um grupo fechado no *facebook* com todos os alunos da turma (veja tutorial pág. 25), onde se possam postar as indicações, todas as instruções e datas de cada etapa do processo, bem como estabelecer uma comunicação síncrona e assíncrona com os estudantes.

Apresente aos estudantes o recurso tecnológico Laifi, o qual pode ser acessado em <http://www.laifi.com/>. No *site* existe um vídeo mostrando as potencialidades da mesma. O professor deverá fazer seu cadastro no *site* e explorar o recurso antes de apresentá-lo aos estudantes. No final dessa sequência didática apresentamos um tutorial mostrando como utilizar esse recurso.

Para entender melhor o que se espera do trabalho o professor pode apresentar alguns exemplos de Laifis prontos.

Dicas de Laifis que o professor poderá apresentar aos estudantes.



Laifi sobre Erwin Schrödinger.

[http://www.laifi.com/laifi.php?id\\_laifi=15515](http://www.laifi.com/laifi.php?id_laifi=15515)

Laifi sobre Nicola Tesla

[http://www.laifi.com/laifi.php?id\\_laifi=15507](http://www.laifi.com/laifi.php?id_laifi=15507)

Laifi sobre Werner Heisenberg

[http://www.laifi.com/laifi.php?id\\_laifi=15513](http://www.laifi.com/laifi.php?id_laifi=15513)

#### 4ª etapa

Os grupos deverão fazer um cadastro no Laifi e montar uma linha do tempo sobre o cientista ao qual estão pesquisando, ressaltando seus dados biográficos, suas principais pesquisas e as obras que deixaram para a humanidade. Devem lançar mão de dados pesquisados em *sites*, livros e revistas e redigir pequenos textos com as informações. Para ilustrar suas pesquisas devem utilizar imagens, charges e vídeos.

De posse do material pesquisado o professor pode, em conjunto com o coordenador do laboratório de informática fazer uma aula onde poderá auxiliar na inserção desse material no Laifi. Instrua os grupos a deixarem o Laifi público para que o professor possa acessá-los e sugerir possíveis mudanças e acréscimos.

Abra um post no grupo fechado do *facebook* para postagem dos links dos Laifis. Assim, de forma assíncrona o professor poderá ver os Laifis, sugerir mudanças e indicar leituras que auxiliem na construção da aprendizagem, bem como os grupos poderão contribuir uns com os outros.

#### 5ª etapa

Nessa última etapa, já com as linhas do tempo editadas e prontas, cada grupo deverá apresentar seu Laifi à turma ou mesmo a outras turmas da escola, falando sobre quem é o cientista pesquisado, suas obras e tudo que aprenderam durante o processo de



pesquisa. O professor poderá intervir quando se fizer necessário complementando as falas ou instigando que os estudantes demonstrem o que aprenderam.

Caso não haja possibilidade de realizar essa sequência com os estudantes, disponibilizamos também os Laifis produzidos na aplicação desse Produto Educacional, pois mediante um planejamento, os mesmos podem ser utilizados independentemente da aplicação do produto. No entanto encorajamos que apliquem a sequência, pois os momentos de pesquisa e interação podem promover muita aprendizagem.

## Offline

Professor (a), se a sua escola não contar com computadores e internet e não for possível realizar essa atividade utilizando a ferramenta Laifi, você pode propor a construção das linhas do tempo manualmente, utilizando um papel craft branco, recortes de figuras, papéis coloridos, figuras impressas, canetinhas e lápis de cor. Ao lado um exemplo de linha do tempo construída manualmente.



Fonte: arquivo pessoal da autora

Abaixo os Laifis produzidos durante a aplicação das sequências e que poderão ser utilizados independentemente da aplicação da sequência mediante a elaboração de um planejamento.

### Laifis produzidos

 <p><b>Max Planck</b> • <a href="http://bit.ly/laifimaxplanck">http://bit.ly/laifimaxplanck</a></p>	 <p><b>Albert Einstein</b> • <a href="http://bit.ly/laifieinstein">http://bit.ly/laifieinstein</a></p>
 <p><b>Nikola Tesla</b> • <a href="http://bit.ly/laifinikolatesla">http://bit.ly/laifinikolatesla</a></p>	 <p><b>Stephen Hawking</b> • <a href="http://bit.ly/stephenhawking">http://bit.ly/stephenhawking</a></p>
 <p><b>Niels Bohr</b> • <a href="http://bit.ly/laifiboehr">http://bit.ly/laifiboehr</a></p>	 <p><b>Marie Curie</b> • <a href="http://bit.ly/laifimariecurie">http://bit.ly/laifimariecurie</a></p>

## AVALIAÇÃO

Ao final das apresentações, a turma poderá avaliar o que sabiam e o que aprenderam a partir das pesquisas e apresentações de forma oral, bem como por meio de resumos sobre os principais itens apresentados. Os trabalhos produzidos poderão ser publicados na página ou *blog* da escola para socialização e/ou apresentados a outras turmas. Por meio do acompanhamento dos momentos de pesquisa, interação e dos Laifis produzidos o professor poderá avaliar o trabalho realizado.

## Criando um grupo no facebook



O *facebook* oferece a opção de criarmos grupos a fim de reunirmos pessoas por área de interesse. O objetivo de criarmos esse grupo é para manter uma comunicação com os estudantes de maneira assíncrona e poder indicar recursos, referências, bem como auxiliá-los na construção de Laifis de mais qualidade. O grupo também proporcionará que todos os grupos acompanhem as produções dos demais, assim as dúvidas e acertos de um grupo poderão auxiliar outros.

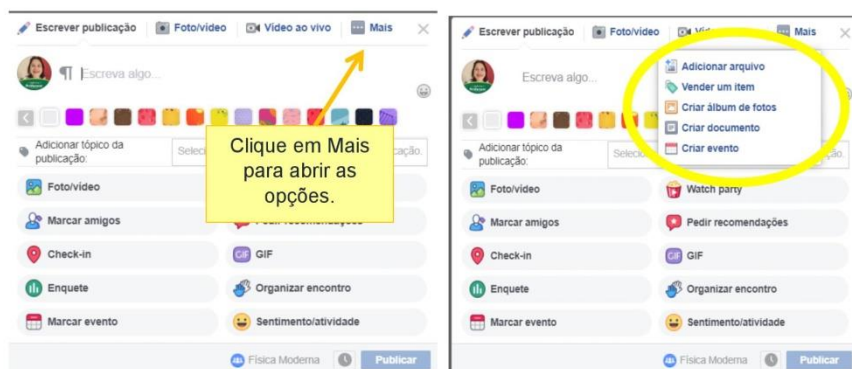
O grupo deve ser fechado, assim somente quem for membro poderá visualizar as postagens. Para criá-lo é preciso ter uma conta do *facebook*, então abra o navegador de internet, coloque o endereço <<https://www.facebook.com/>> e faça *login*.

No menu lateral esquerdo procure por “Grupos” e clique em “+Criar grupo”

Na página que abrirá preencha com o nome do grupo, os *e-mails* dos estudantes participantes e deixe-o como “Privado” e “Ocultado” e clique em Criar. Seu grupo estará criado e você poderá Personalizá-lo colocando uma foto de capa.



A partir de agora é só ir fazendo os posts na medida em que for necessário e interagir com os estudantes. Tem-se opção de postar texto, imagem, arquivos, vídeos, links, etc.



## Como utilizar o Laifi

### O que é o Laifi?

O Laifi é um recurso tecnológico *on line* e gratuito, uma rede social colaborativa, onde após efetuar o cadastro, se podem construir, individual ou coletivamente, diagramas em forma de árvore ou linhas do tempo. Nesses diagramas é possível colocar imagens, texto ou vídeos, disponibilizar para que outras pessoas vejam ou ainda colaborem contigo na construção.



Fonte: capturado pela autora no site [laifi.com](http://laifi.com)

### Como se cadastrar?

Acesse o endereço <http://www.laifi.com/> e clique em Cadastrar.



Vai abrir a janela da figura abaixo. Preencha com seus dados e confirme clicando em Cadastrar.

**Cadastro gratuito**

Primeiro nome:

Sobrenome:

E-mail:

Insira o e-mail novamente:

Sexo:

Data de nascimento: Dia  | Mês  | Ano

Senha:

Preencha com seus dados.

Clique aqui.

Laifi © 2011-2019

Idioma: Português (BR) | Sobre o Laifi | T

Aparecerá uma mensagem, conforme figura abaixo, indicando que seu cadastro foi realizado com sucesso. É só colocar o email e a senha que cadastrou e clicar em **Entrar**.

seguro | www.laifi.com/loginForm.php?er=4

WhatsApp Web | Yahoo | sigater.emater.ro.g... | https://www.facebo... | Google | Física Volume 1 - Pr... | Brawn Exercícios | RIVED - Matemátic...

**LAIFI** |  |

**Seu cadastro foi realizado com sucesso!**  
Digite seus dados para fazer o login.

**Entrar**

E-mail:

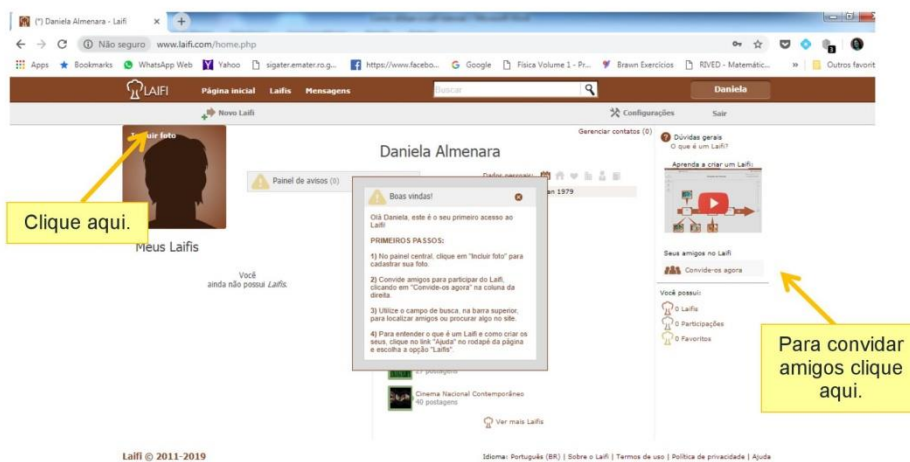
Senha:  [Esqueceu sua senha?](#)

Lembrar de mim

Clique aqui.

Como o Laifi é também uma rede social, ao entrar ele solicitará que você inclua sua foto e adicione amigos. Entretanto não é obrigatório, então se quiser pode pular esse passo. Caso queira preencher os demais dados de seu cadastro e mudar suas opções de privacidade (o que é muito recomendável) clique em **Incluir foto**.

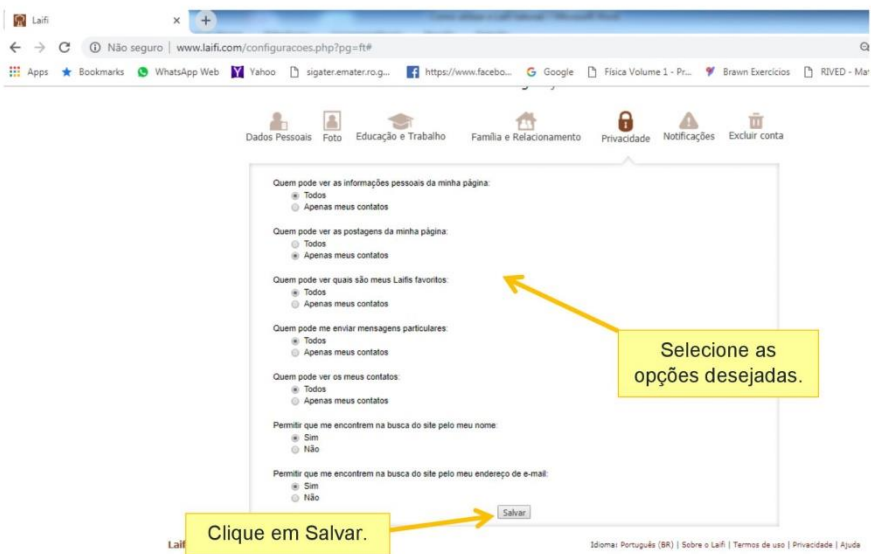




Ao clicar em **Incluir foto**, uma nova página contendo todas as configurações se abrirá e ao clicar em cada uma das opções você poderá incluir as que faltam ou alterar as que acha necessário.



Clicando em **Privacidade**, você poderá alterar essas opções e definir quem pode ver suas informações pessoais ou suas postagens.



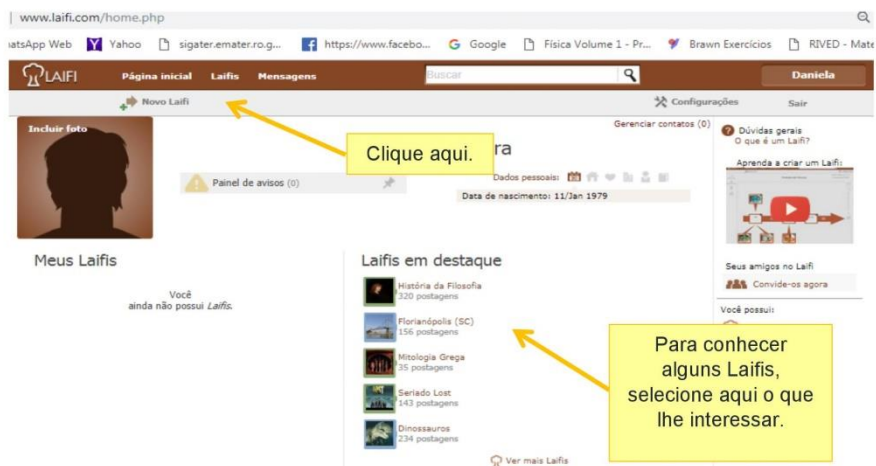
Caso queira convidar amigos para que vejam o que você posta é só clicar em **Convide-os agora**, e aparecerá a seguinte página.



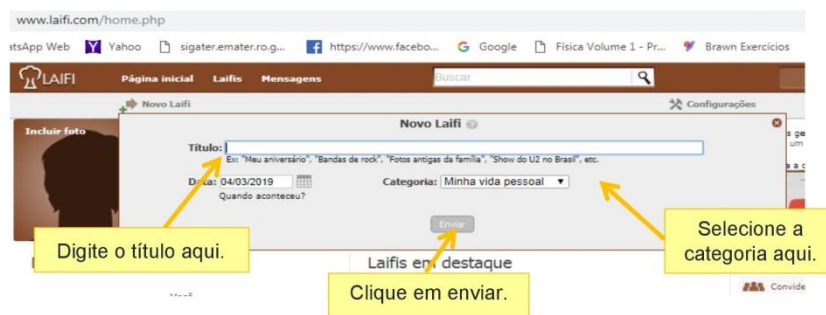


## Construindo seu Laifi

Para começar a fazer seus próprios Laifis, na página inicial clique em **Novo Laifi**. Ou ainda se quiser visitar alguns Laifis públicos e buscar inspiração clique em algum Laifi que te interessa em **Laifis em destaque**.




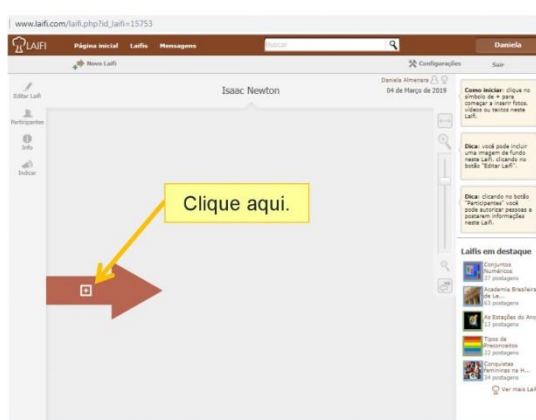
Ao selecionar **Novo Laifi**, você deverá preencher os dados solicitados como **Título** e a **Categoria** em que se enquadra seu Laifi.



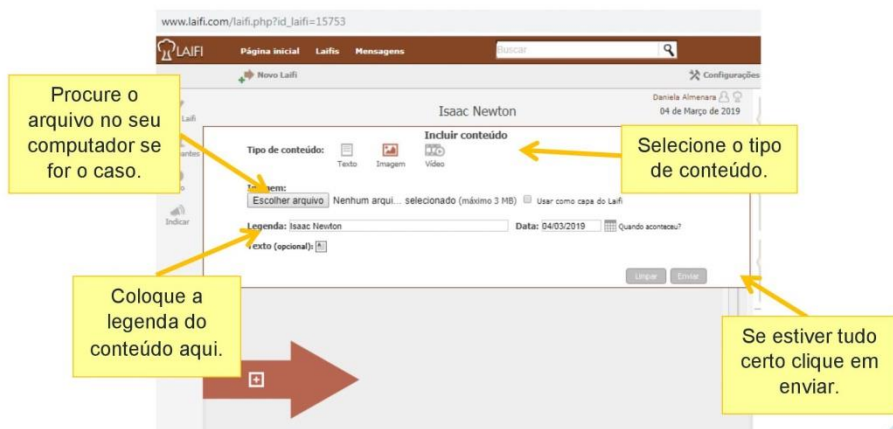
Após adicionar os dados iniciais do seu Laifi e clicar em **Enviar** estará disponível a janela onde o Laifi será construído. Nesse passo é importante que se tenha salvado as imagens, textos ou vídeos que serão inseridos no Laifi. Caso não tenha, o

Laifi poderá ser editado posteriormente e incluídos novos itens. Mas atenção, pois só tem como inserir novos itens à direita ou novos “ramos”, não tem como incluir algo antes do que já foi editado, a não ser que apague e recomece daquele trecho. Por isso o ideal é planejar antes o que será colocado no Laifi.

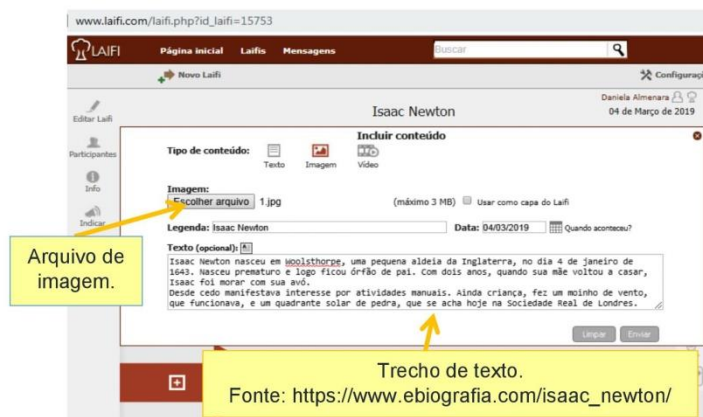
Para iniciar a construção do seu Laifi Clique no símbolo  que está na tela inicial





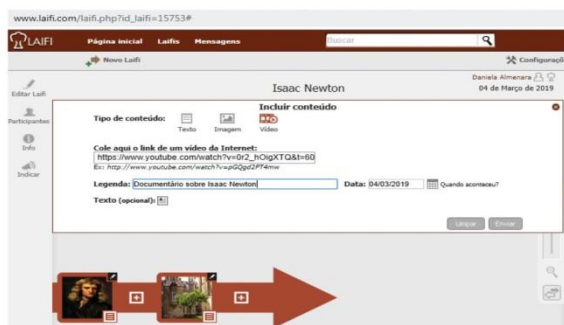
Na janela que abrirá você deverá especificar se irá inserir texto, imagem ou vídeo. Coloque uma legenda e, se for, o caso clique em incluir arquivo.



Também é possível colocar mais de um tipo de conteúdo ao mesmo tempo, como imagem e texto por exemplo.



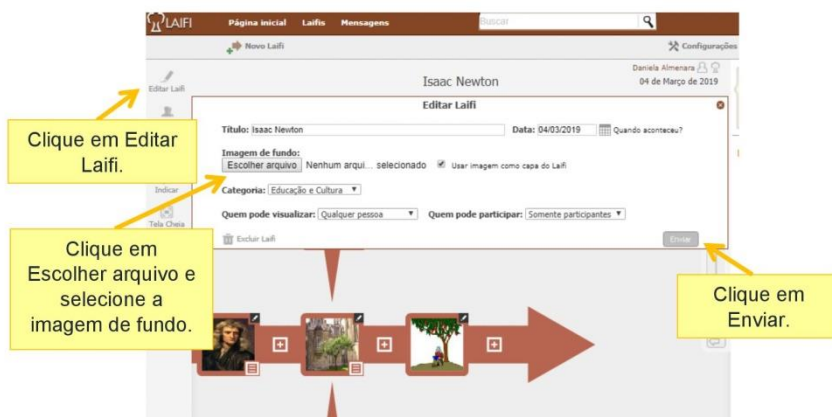
Para continuar incluindo outros itens à frente é só clicar no símbolo . Ou se quiser colocar “ramos” no conteúdo já postado clique no símbolo  (lápiz) no canto superior direito da postagem feita.



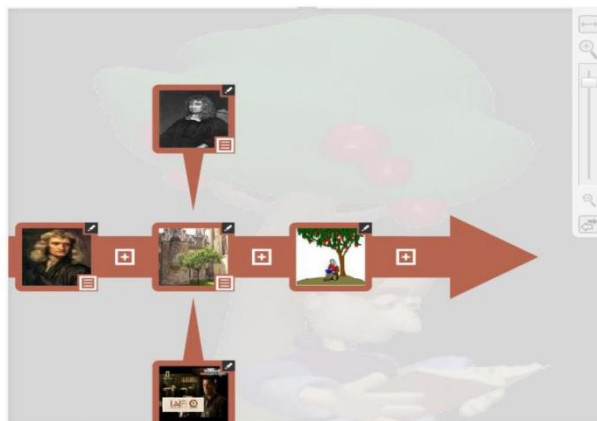
Para inserir um vídeo é necessário que o mesmo esteja no youtube. É só selecionar o item vídeo em **Tipo de conteúdo** e colar o link do vídeo na caixa abaixo. Assim como no

item imagem, é possível colocar um texto juntamente com o vídeo.

Em **Editar Laifi**, há a opção de colocar uma imagem de fundo no seu Laifi. Basta tê-la salva em seu computador, clicar em **Escolher arquivo**, selecionar a imagem e depois enviar.



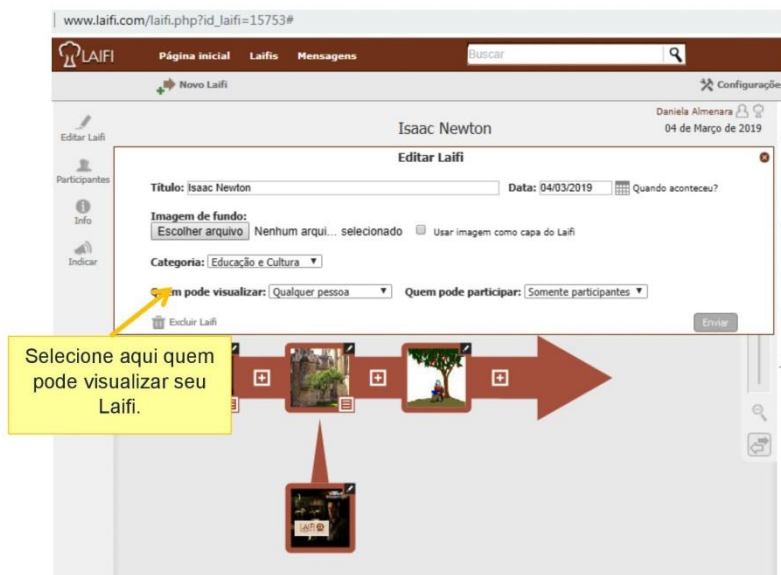
A imagem escolhida ficará como plano de fundo do seu Laifi, conforme imagem abaixo.



Aos poucos o Laifi vai tomando forma e ficando como um diagrama de árvore. Se preferir pode ser feito como uma linha do tempo, colocando os acontecimentos de forma linear, na sequência de datas.



Ao clicar em **Editar Laifi** pode-se alterar as configurações do seu Laifi. Não se esqueça de no item **Quem pode visualizar** deixar a opção correta ou outras pessoas não poderão ver seu Laifi.



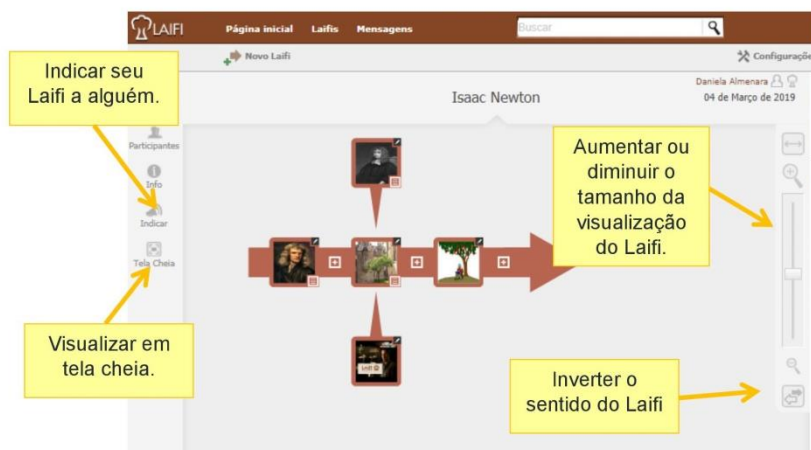
Caso queira realizar um trabalho em grupo, é possível que mais de uma pessoa edite o Laifi. Nesse caso as pessoas que irão ser incluídas deverão ser seus contatos no Laifi, assim você poderá inclui-los como participantes.



Se alguém te adicionar como contato você receberá um aviso em **Painel de avisos** e poderá aceitar ou recusar.



A seguir, apresentamos mais algumas funcionalidades do Laifi.



Como vocês puderam verificar o Laifi é um recurso tecnológico com muitas funcionalidades. Apresenta ingredientes que o torna muito atrativo para o público: a beleza, a utilidade, a praticidade e a emoção. Por ser *on line* e permitir a colaboração de várias pessoas num único trabalho, ele favorece o trabalho em grupo e ainda pode ser usado de forma assíncrona à aula, permitindo que a mesma seja estendida. O fato de o próprio professor poder ser adicionado como participante do Laifi permite um retorno mais específico do trabalho realizado pelos estudantes e que os mesmos melhorem suas produções antes de concluírem.

Esperamos que tal recurso nas mãos de um professor criativo possa render bem mais do que propomos inicialmente. Então professores, mãos à obra e vamos trabalhar o Laifi com os estudantes.



## SEQUÊNCIA DIDÁTICA 3 - INFOGRÁFICOS



### TEMA

Conhecendo os princípios físicos associados ao funcionamento de equipamentos que puderam ser construídos a partir de descobertas da física moderna.

### CONTEÚDO

Laser, Fibra óptica, Raio X, Lâmpadas de Vapor de Mercúrio e Transistor

### OBJETIVOS

Incentivar a pesquisa e produção de textos autorais pelos estudantes;

Utilizar com propriedade o recurso tecnológico Canva para criar infográficos;

Proporcionar o conhecimento e a compreensão dos equipamentos que puderam ser construídos a partir de descobertas da física moderna;

Promover a utilização de tecnologias no contexto de ensino/aprendizagem.

### PÚBLICO ALVO

3º ano do ensino médio.

### TEMPO ESTIMADO

6 aulas de 50 min (não sequenciais)

**Obs.:** Não sequenciais, pois atividades de pesquisa, seleção de imagens, redação de textos, deverão ser feitas extraclasse. Utilize o tempo em sala para explorar a ferramenta e analisar com cada grupo conteúdo das produções, fazendo inferências e sugestões quando necessárias.



## DESENVOLVIMENTO

### Entendendo o que é infográfico e porque usá-los

---



Segundo Teixeira [5], um infográfico pressupõe uma narrativa, conta uma história, o que o diferencia de um gráfico, mapa ou uma tabela isolados, e o torna um excelente recurso didático para explicar um conteúdo.

O objetivo de usá-los na educação é facilitar a compreensão de informações, oferecendo noções mais rápidas e dos sujeitos, do tempo e do espaço dessas informações [6].

Os infográficos reúnem informações com imagens, permitindo que estas possam ser absorvidas de forma mais rápida e menos cansativa, uma vez que, sendo as letras símbolos, o cérebro decodifica esses símbolos para depois associar ao que tem armazenado na memória. Em seguida é preciso entender a formação de palavras e frases, enquanto que uma imagem é processada de uma só vez. Os infográficos podem ser uma forma de representar informações técnicas em pouco tempo e espaço, com uma aparência atrativa, o que atende muito bem essa nova geração em que o visual chama mais a atenção.

Para produzir os infográficos os estudantes terão que não só pesquisar textos e imagens, mas compreendê-los, e a partir disso pensar em como apresentá-los para que proporcionem uma aprendizagem visual, e que conteúdos e informações complexas sejam transmitidos e interpretados mais facilmente.

A construção dos infográficos deve ser mediada pelo (a) professor(a), a fim de auxiliar os estudantes na busca de fontes confiáveis, seleção de dados e imagens relevantes e apresentação gráfica agradável. Para isso utilize um grupo fechado no *facebook* onde cada grupo poderá postar sua produção e receber contribuições do professor ou dos demais grupos.

### 1ª etapa

Apresentar aos estudantes a proposta de pesquisar acerca de equipamentos que puderam ser construídos a partir das descobertas da física moderna comentando sobre a presença da física na construção e funcionamento de equipamentos que estão ao nosso redor.

*Dicas de como apresentar aos estudantes o tema da sequência*



- Questione se conhecem algo que faça parte de sua vida e foi construído a partir das descobertas da Física Moderna;
- Indague se tomaram conhecimento sobre alguns desses equipamentos durante as pesquisas sobre os cientistas;
- Reflita com os estudantes à cerca de como esses equipamentos podem proporcionar bem estar, saúde ou conforto às pessoas e como seria viver hoje sem eles.

Faça números de 1 a 5 em papéis, na quantidade de estudantes da turma. Peça que cada um sorteie um papel. O número corresponderá ao grupo da qual cada estudante fará parte e o equipamento que o grupo irá pesquisar.

Após a definição dos grupos e temas, cada grupo deverá receber uma cópia do Modelo para Geração de Ideias ([acesse aqui](#)), que será utilizado em uma Rotação por Estações. Na rotação por estações, “os estudantes alternam entre ensino on-line, ensino conduzido pelo professor em pequenos grupos e tarefas registradas em papel e realizadas em suas mesas” (HORN; STAKER, apud [7]).

Para a rotação organize 05 mesas dispostas da seguinte forma:

**Mesa 01** – Deve conter textos impressos sobre infográficos. Para acessar e imprimir os textos [clique aqui](#).

**Mesa 02** – Deve conter um notebook ou computador com vídeos disponibilizados. Sugerimos que o professor (a) baixe os vídeos para o caso da internet não funcionar. Os vídeos disponibilizados foram: [Vídeo 1](#) e [Vídeo 2](#)

**Mesa 03** – Disponibilize imagens de infográficos impressas. As imagens também podem estar em um notebook ou computador. Acesse os infográficos que utilizamos clicando nos números a seguir: [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#) e [7](#). Sugerimos que o professor (a) baixe as imagens para o caso da internet não funcionar.

**Mesa 04** – Disponibilize um documento ([acesse aqui](#)) com links onde os estudantes encontrem informações sobre os equipamentos que serão pesquisados.

**Mesa 05** – Deverá conter um notebook ou computador com acesso à internet onde o grupo fará seu registro no *site* <https://www.canva.com/> e irá explorar as possibilidades do recurso.

Cada grupo deve passar por todas as estações. Cronometre o tempo, a cada 15 minutos os grupos trocam, até todos os grupos terem passado em todas as estações.

Em seguida peça aos grupos que, utilizando o Modelo para Geração de Ideias, planejem como será o trabalho de produção dos infográficos. Disponibilize post-its para que façam isso e instrua aos estudantes que anotem todas as ideias, mesmo que não sejam tão convencionais.

## **2ª etapa**


Faça um *post* no grupo fechado no facebook colocando as instruções, datas de entrega e combinados. Coloque comentários com os equipamentos que serão pesquisados e os nomes dos componentes dos grupos. Na resposta de cada comentário os grupos colocarão o link de seus infográficos para que todos possam acompanhar e colaborar.

Os grupos de estudantes devem reunir-se extraclasse, pesquisar e fazer seus levantamentos bibliográficos iniciais. É importante indicar sites confiáveis e orientá-los sobre como fazer pesquisas na internet para que não acessem informações erradas. Em alguns casos, os grupos podem ter dificuldade em localizar imagens de qualidade, necessitando da mediação do professor. Livros didáticos ou paradidáticos e revistas da área de ciências também podem contribuir muito com enriquecimento da pesquisa.

O recurso tecnológico Canva conta com possibilidade de compartilhar com outros usuários para visualização ou edição do infográfico, assim o grupo pode editar em conjunto o infográfico e ainda compartilhar com o professor (a) que poderá deixar anotações de sugestões no próprio infográfico.

É interessante orientar os estudantes na busca de boas referências sobre o assunto a ser pesquisado. Abaixo indicamos algumas referências que você professor (a) poderá utilizar indicando os links aos estudantes. Fizemos isso através do grupo fechado no *facebook*.

### Indicação de referências



<a href="#"><u>Aplicações da Física Quântica no dia a dia</u></a>	<a href="#"><u>A descoberta dos raios x</u></a>
<a href="#"><u>Componentes do celular</u></a>	<a href="#"><u>Raios x</u></a>
<a href="#"><u>Transistores para principiantes</u></a>	<a href="#"><u>Estudo comparativo de sistemas de iluminação pública</u></a>
<a href="#"><u>O que é um transistor</u></a>	<a href="#"><u>A questão do mercúrio em lâmpadas</u></a>
<a href="#"><u>Ensinando física moderna no segundo grau</u></a>	MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. Curso de Física. São Paulo: Scipione, 2010, volume 2.
<a href="#"><u>Física Moderna</u></a>	

Sugerimos que em alguma fase da produção, todos os infográficos sejam postados no grupo do *facebook*, já que acompanhar a produção de seus pares ou mesmo receber dicas dos mesmos contribui para um resultado com mais qualidade.

### 3ª etapa

Caso veja que é necessário faça uma aula de exploração do Canva, auxiliando os grupos na construção dos infográficos. Se a escola contar com um laboratório de informática educativa, estabeleça uma parceria com o coordenador do laboratório.

No final dessa sequência disponibilizamos um tutorial apresentando esse recurso tecnológico e suas funcionalidades. Esse tutorial pode ser disponibilizado aos estudantes para que acessem caso sintam dificuldades em trabalhar com o mesmo.

Com os infográficos finalizados, cada grupo deverá salvar seus trabalhos no formato pdf e disponibilizar para que possam ser compartilhados com a turma ou mesmo publicados no site da escola. Os grupos, ou a própria escola, também podem providenciar a impressão desses infográficos em formato de banner para serem utilizados nas aulas.



Realize nesse momento uma avaliação da sequência em conjunto com os estudantes a fim de verificar as impressões e falas dos mesmos, bem como sugestões e autoavaliação.

Abaixo disponibilizamos os infográficos produzidos pelos estudantes durante a aplicação dessa sequência, pois o professor (a) que não puder aplicar com seus alunos poderá planejar uma aula e utilizá-los.

### Infográficos produzidos



Fibra Ótica  
<http://bit.ly/fibrasoticas>

Raio X  
<http://bit.ly/osraiox>

Lâmpadas de Vapor de Mercúrio  
<http://bit.ly/lampadasdevapor>

Transistor  
<http://bit.ly/otransistor>

Laser  
<http://bit.ly/oslasers>

### AVALIAÇÃO

O (a) professor (a) mediará o desenvolvimento de todas as etapas da sequência e poderá contar com suas observações e registros durante a rotação por estações, verificar a produção do grupo no Modelo para Geração de Ideias, acompanhar o processo de produção do infográfico e o resultado final dos mesmos e ainda levar em conta as sugestões dos estudantes e suas autoavaliações. Essas observações e registros fornecerão subsídios para que o professor (a) possa avaliar a aprendizagem dos estudantes.

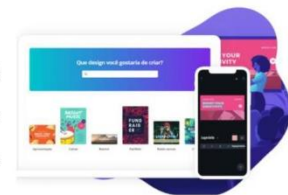
## Como utilizar o Canva



### O que é o Canva?

O Canva é recurso tecnológico de design, *on line* e gratuito, onde você terá acesso a inúmeras imagens, ilustrações, vetores e fotografias de banco de imagens, e ainda se pode fazer upload das suas imagens personalizadas. Estão disponíveis filtros predefinidos e ferramentas de edição de imagem avançadas, ícones, formas e elementos, e ainda uma seleção de fontes para seu design.

Esse recurso apresenta uma nova maneira de compartilhar e descobrir designs, permitindo que os usuários publiquem suas criações, sigam amigos e interajam em um fluxo de design.



Fonte: <https://www.canva.com/>

Nesse guia vamos nos ater ao recurso de criação de infográficos, no entanto, vocês professores ou estudantes verão que são recursos muito intuitivos e fáceis de utilizar.

### Como se cadastrar?

Acesse o endereço <https://www.canva.com/> e preencha com seu nome e sua ocupação. Você pode optar por fazer seu registro com um e-mail, a conta do Google ou ainda sua conta do Facebook.

Colabore e crie designs incríveis

https://www.canva.com/pt\_br/

Apps Bookmarks WhatsApp Web Yahoo sigater.emater.rog... https://www.facebo... Google Física Volume 1 - Pr... Brawn Exercícios RIVED - Matemát... Outr

Canva Navegar Recursos Aprender Para empresas Entrar

**Preencha com seus dados.**

**Crie designs para tudo. Publique onde quiser.**

Crie uma conta, é grátis! Não importa se você é um designer experiente ou amador, nem se trabalha sozinho ou em equipe – você vai adorar o Canva.

Nome

Diga pra gente o que você faz

Vamos usar essa informação para ajudar você a trabalhar melhor no Canva.

Facebook Google

Registrar-se com um e-mail

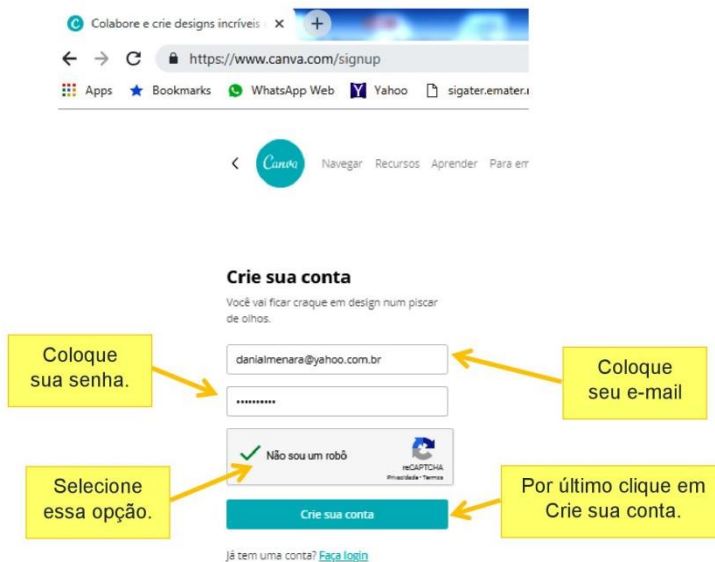
Que design você gostaria de criar?

Apresentação Cartão Banner Perfil Foto Slide social

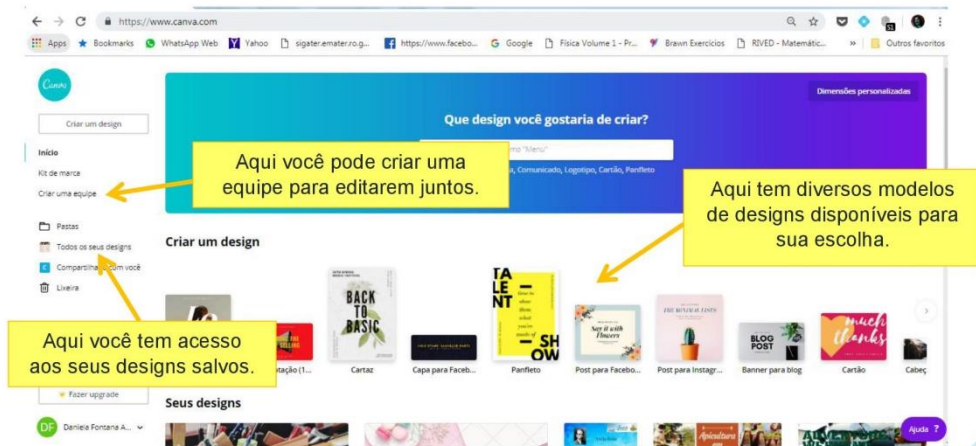
**Escolha um modo de se cadastrar.**

Português (Brasil)

Se optar por se cadastrar utilizando um endereço de e-mail você será direcionado para essa página abaixo, onde deverá preencher com seu e-mail e senha.

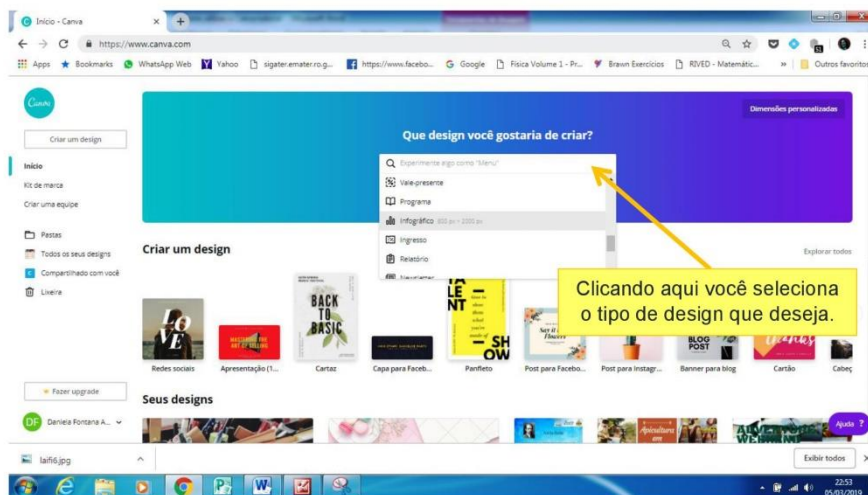


Fazendo login em sua conta você será direcionado para essa página inicial.

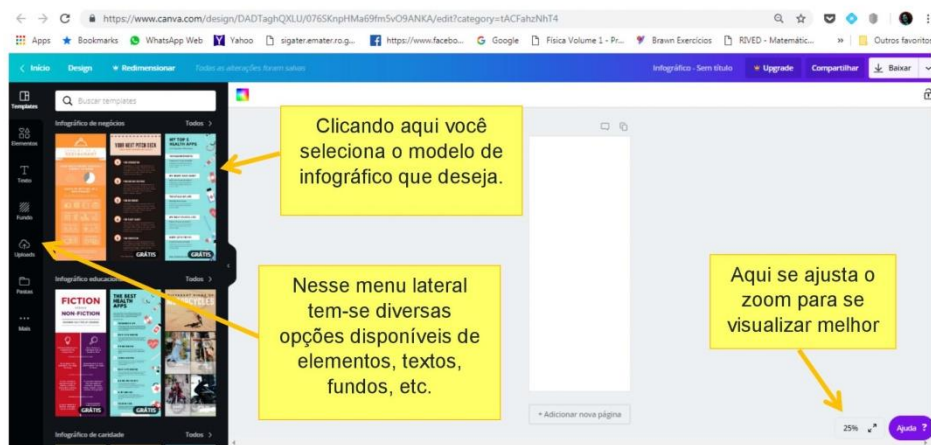


## Produzindo um infográfico

Nessa sequência didática iremos produzir infográficos, portanto selecione a opção de modelos de **Infográfico**.



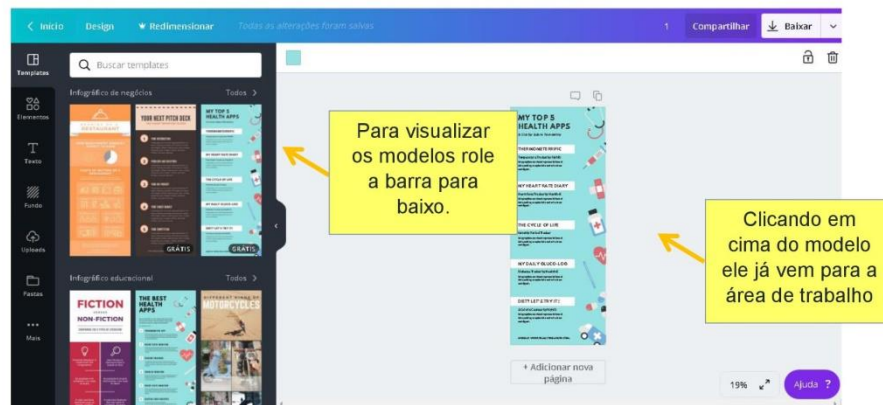
Será aberta uma nova janela como a imagem a seguir.



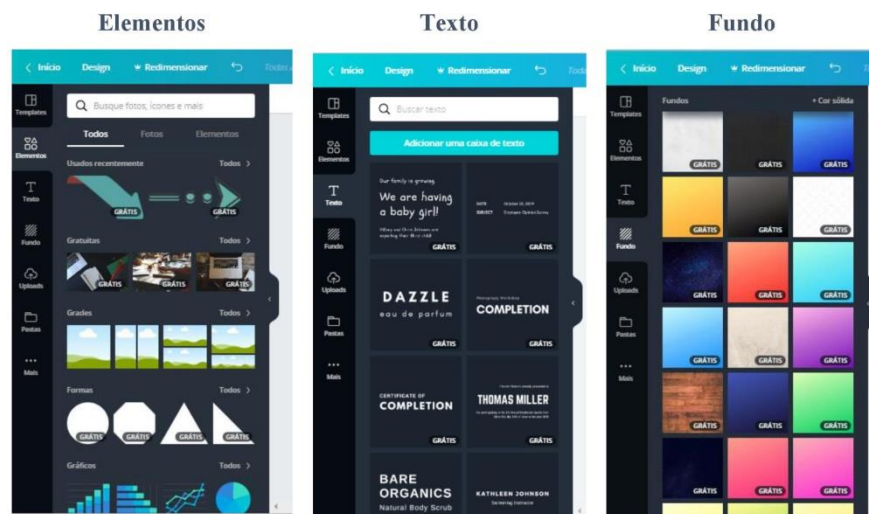
Você pode selecionar modelos prontos de infográficos, editá-los, incluir imagens suas através da opção uploads ou ainda fazer um design totalmente do zero. Vamos fazer algumas experiências para mostrar as opções.



Selecionamos um modelo disponível de infográfico.



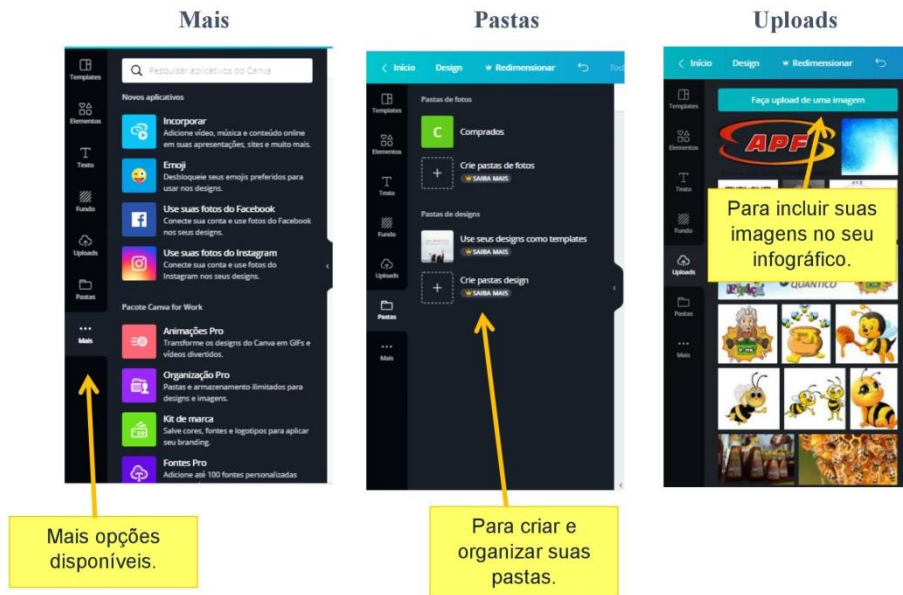
Selecionando as opções do menu lateral esquerdo aparecem os itens disponíveis para uso.



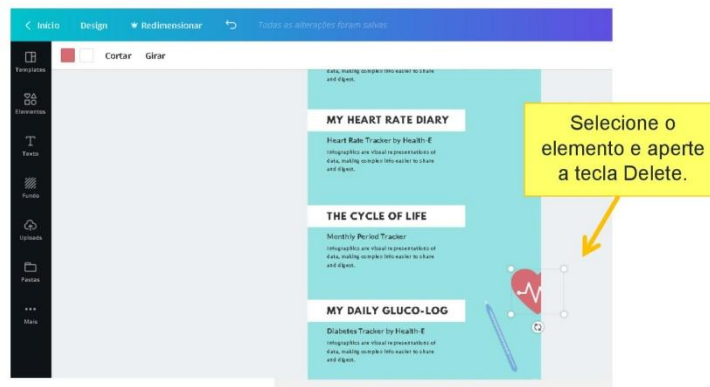
Observe que existem itens escritos **GRÁTIS** enquanto outros têm o valor que se deverá pagar caso queira utilizar. No entanto são tantas opções gratuitas que é até difícil escolher.

Quando aqui aparece um valor é porque o item não é gratuito.



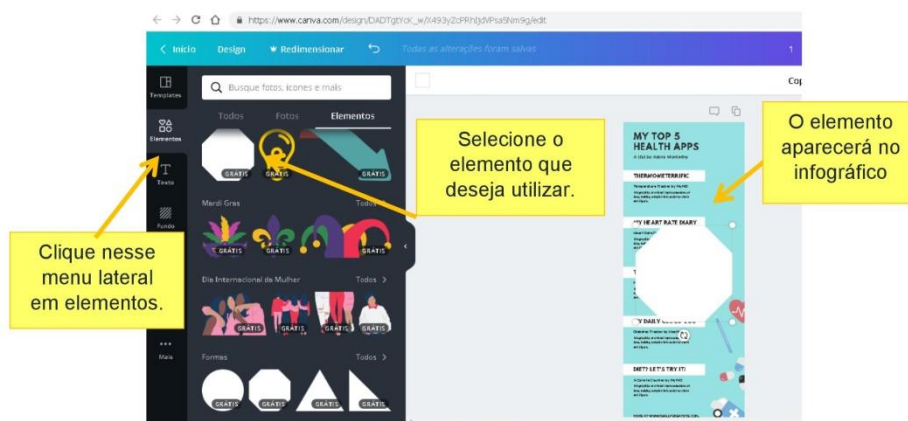


Clicando em cima dos elementos que já estão no modelo escolhido pode-se apagá-los.

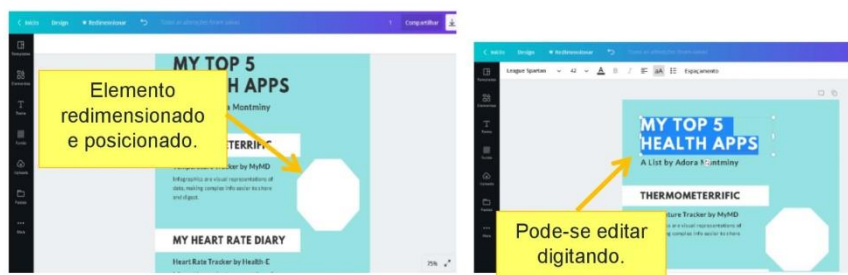


Podem-se retirar elementos e também acrescentar outros, mesmo sendo um modelo pré-escolhido.

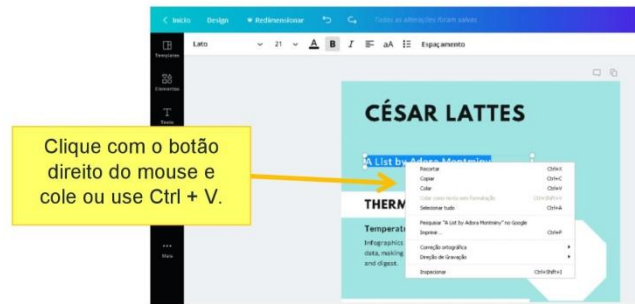
Para adicionar qualquer elemento ao seu trabalho é só clicar sobre o item escolhido. Ele aparecerá no infográfico na área de trabalho.



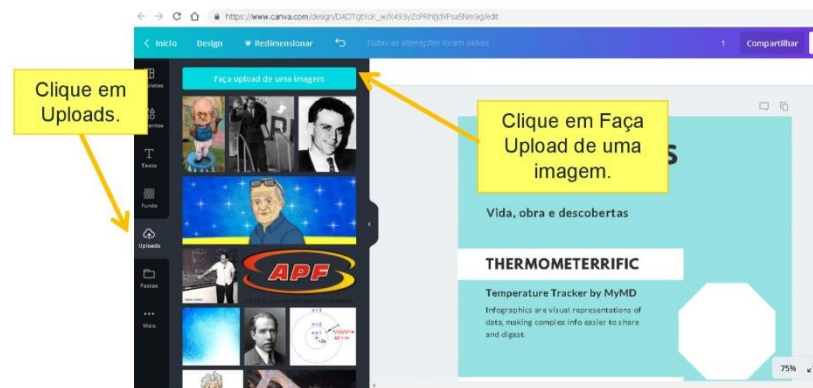
Clicando sobre o elemento adicionado você poderá arrastá-lo até onde quer posicioná-lo e também redimensionar para que fique no tamanho adequado. Todos os textos que estão no modelo podem ser editados. Para isso clique no texto que deseja editar e selecione.



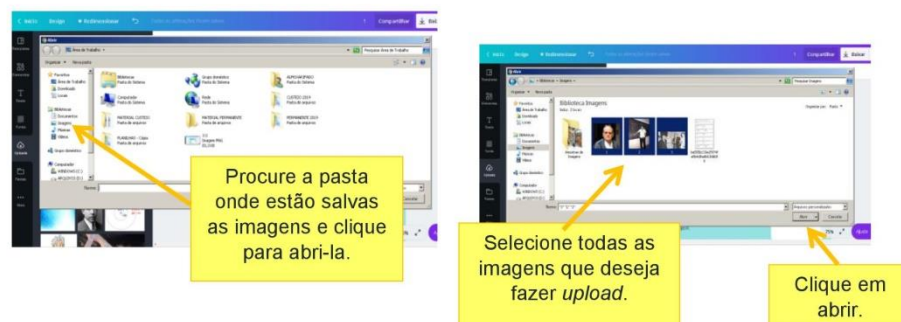
Com o texto que deseja alterar selecionado é só digitar ou colar o texto copiado de outro documento.



O Canva oferece opção de fazer *uploads* de suas próprias imagens ou fotos. Para isso clique em *Uploads* no menu lateral esquerdo e depois em *Faça upload de uma imagem*.

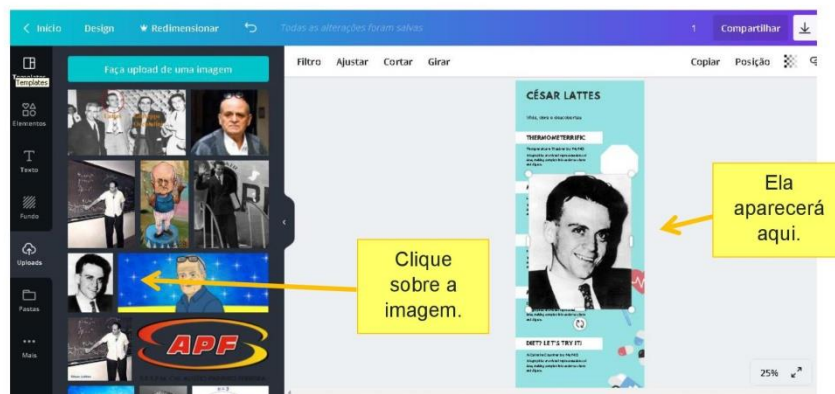


Vai abrir a janela para que você possa procurar sua imagem. Por isso sempre que for fazer algum trabalho você deverá ter salvado com antecedência as imagens que utilizará em uma pasta.

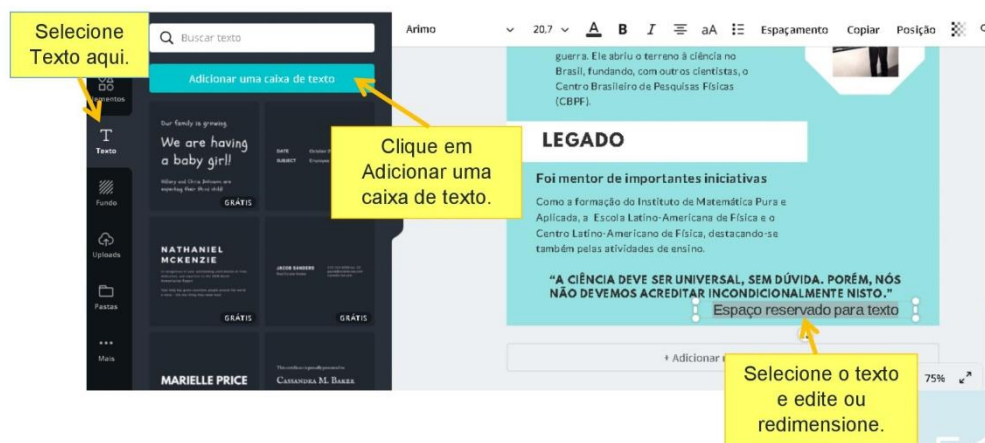




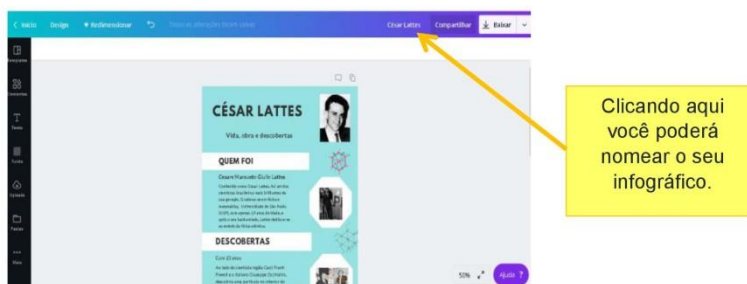
Para inserir a imagem no infográfico é só clicar sobre ela e ela virá para a área de trabalho onde poderá ser redimensionada e arrastada para o local onde deverá ficar.



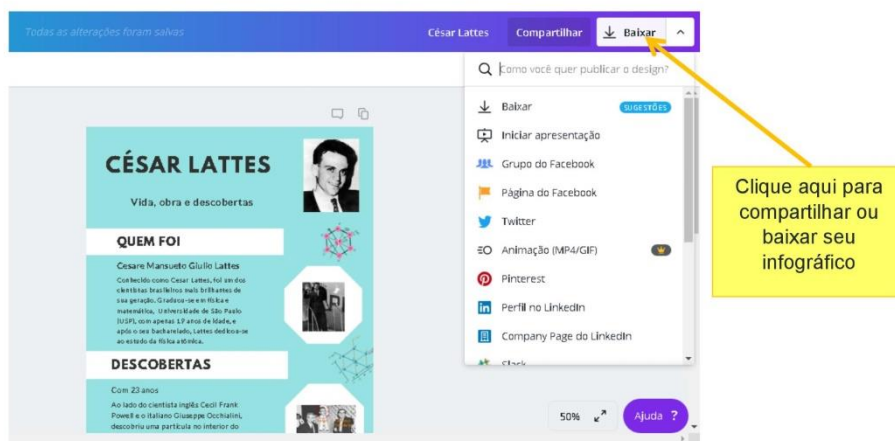
É possível acrescentar caixas de texto clicando no menu lateral **Texto** e após em **Adicionar uma caixa de texto**. A caixa de texto aparecerá na área de trabalho e poderá ser editada ou reposicionada.



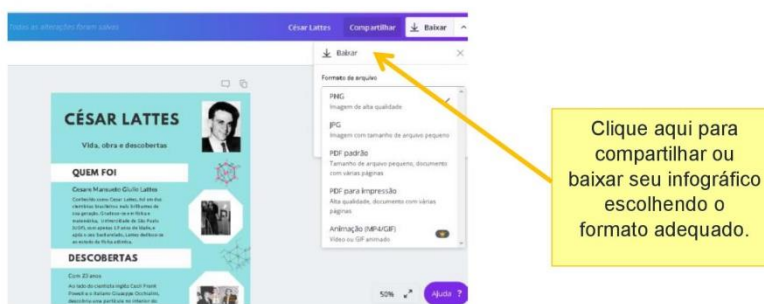




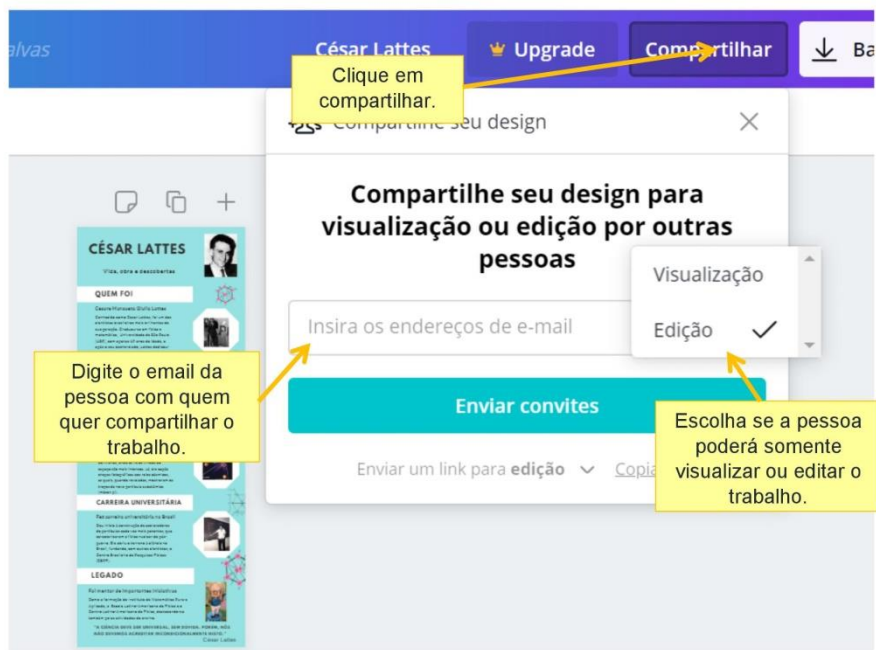
Depois de pronto o infográfico pode ser compartilhado em redes sociais ou mesmo poderá ser baixado como um arquivo para o computador.



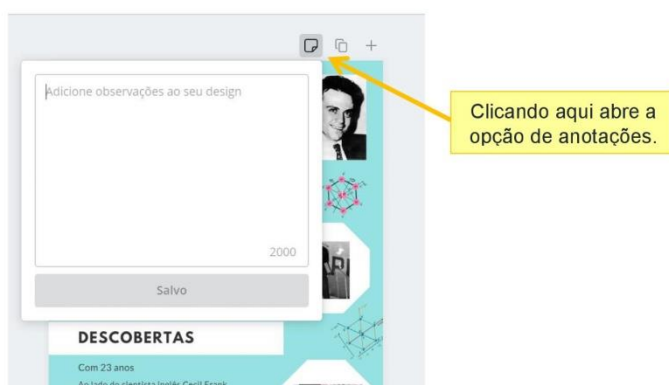
Caso queira baixar o arquivo é só clicar em **Baixar**. Escolha o formato adequado para seu arquivo. Se quiser imprimir deve-se escolher o formato PNG Imagem de alta qualidade ou PDF para impressão. Se for enviar ou postar esse arquivo em algum lugar será melhor uma imagem em tamanho pequeno. Também tem a possibilidade de compartilhar o link ou mesmo inserir o código desse infográfico em um site ou blog.



O Canva também possibilita o trabalho em grupo ou uma participação mais direta do professor durante a construção do infográfico. Podem-se convidar outras pessoas para editar o infográfico junto com você. Abaixo veja como proceder.



Com a opção de editar o professor poderá fazer pequenas correções ou deixar anotações indicando referências ou ajustes que ajudem na melhoria da qualidade do trabalho.



Depois de pronto o infográfico ficou assim:

# CÉSAR LATTES

Vida, obra e descobertas



## QUEM FOI

**Cesare Mansueto Giulio Lattes**  
Conhecido como Cesar Lattes, foi um dos cientistas brasileiros mais brilhantes de sua geração. Graduou-se em física e matemática, Universidade de São Paulo (USP), com apenas 19 anos de idade, e após o seu bacharelado, Lattes dedicou-se ao estudo da física atômica.




## DESCOBERTAS

Com 23 anos  
Ao lado do cientista inglês Cecil Frank Powell e o italiano Giuseppe Occhialini, descobriu uma partícula no interior do núcleo atômico que garante a coesão do átomo: o méson pi.




## MÉSON PI

**Partiu para Chacataya**  
Um dos picos mais altos dos Andes bolivianos, onde os raios vindos do espaço são mais intensos. Lá, ele expôs chapas fotográficas aos raios cósmicos, as quais, quando reveladas, mostraram os traços da nova partícula subatômica (méson pi).




## CARREIRA UNIVERSITÁRIA

**Fez carreira universitária no Brasil**  
Deu início à construção de aceleradores de partículas cada vez mais potentes, que caracterizaram a física nuclear do pós-guerra. Ele abriu o terreno à ciência no Brasil, fundando, com outros cientistas, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF).




## LEGADO

**Foi mentor de importantes iniciativas**  
Como a formação do Instituto de Matemática Pura e Aplicada, a Escola Latino-Americana de Física e o Centro Latino-Americano de Física, destacando-se também pelas atividades de ensino.




**“A CIÊNCIA DEVE SER UNIVERSAL, SEM DÚVIDA. PORÉM, NÓS NÃO DEVEMOS ACREDITAR INCONDICIONALMENTE NISTO.”**  
César Lattes



## Offline

Professor (a), se a sua escola não contar com computadores e internet e não for possível realizar essa atividade utilizando o recurso tecnológico Canva, você pode propor a construção dos infográficos manualmente utilizando um papel craft branco, recortes de figuras, papéis coloridos, figuras impressas, canetinhas e lápis de cor, conforme a proposta abaixo.



Fonte: <https://infograficosnaeducacao.blogspot.com/2019/05/infografico-em-papel-para-um-projeto.html>

## REFERÊNCIAS

- [1] M. A. MOREIRA. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.
- [2] S. DETERDING, et. al. "From game design elements to gamefulness: defining "gamification"," in *International academic mindrek conference: envisioning future media enviroments*, New York, 2011, pp. 9-15.
- [3] P. CAROLEI e R. TORI. "Gamificação Aumentada: explorando a realidade aumentada em atividades lúdicas de aprendizagem," *Teccogs*, vol. 9, pp. 14-35, 2014, Disponível em:. Acesso em: 02 de Jul 2018.
- [4] M. A. MOREIRA e E. F. S. MASINI. *Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel*, 2nd ed. São Paulo: Centauro, 2006.
- [5] T. TEIXEIRA, *Infografia e Jornalismo: conceitos, análises e perspectivas*. Salvador: EDUFBA, 2010.
- [6] D. A. CALEGARI e A. M. PERFEITO, *Infográfico: possibilidades metodológicas em salas de aula de Ensino Médio*, 1st ed. Londrina: Entretexos, 2013, vol. 13.
- [7] L. BACICH e J. MORAN, *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018.

**ENSINANDO E APRENDENDO FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA  
INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS**

Um Guia Para Professores trabalharem Física Moderna e Contemporânea no  
Ensino Médio.

**Autora: Daniela Fontana Almenara**



**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM  
ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)  
POLO DE JI-PARANÁ/UNIR – PJIPAMNPEF**



**MNPEF**





## APÊNDICE III – QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS



**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM  
ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)  
POLO DE JI-PARANÁ/UNIR – PJPAMNPEF**



### QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

1. Você sabe o que é Física Moderna?

Sim                                       Não

2. Provavelmente você já tenha tomado conhecimento sobre alguns conceitos de Física Moderna. Se o fez assinale abaixo através de que meio.

Aulas de Física

Filmes

Documentários

Sites

Jogos

Outros

3. Assinale abaixo os nomes dos cientistas dos quais você já ouviu falar.

Marie Curie

Nikola Tesla

Albert Einstein

Max Plank, Marie Curie, Nikola Tesla,

Erwin Schrödinger

Stephen Hawking.

4. Caso tenha assinalado algum dos cientistas da questão 3, sabe qual foi a contribuição desse cientista para a Física Moderna?

Sim                                       Não

5. Já ouviu falar da Teoria da Relatividade?

Sim                                       Não

6. Explique de forma sucinta como você pensa que acontece o processo de construção de teoria        como        a        da        Relatividade        por        exemplo.

---



---

---

---

---

7. Tem curiosidade em saber mais sobre equipamentos que utilizamos na vida moderna e como foram construídos?

Sim

Não



## APÊNDICE IV – QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DE RESULTADOS



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM  
ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)  
POLO DE JI-PARANÁ/UNIR – PJPAMNPEF



### QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DE RESULTADOS

1. Conhecer a história dos cientistas através do projeto, bem como suas contribuições mudou sua forma de ver a disciplina de Física? Explique.

---



---



---



---



---



---

2. Classifique os itens abaixo marcando um x segundo o critério: 1 - Péssimo, 2 - Ruim, 3 - Regular, 4 - Bom ou 5 - Ótimo.

ITENS	1	2	3	4	5
Metodologia utilizada					
Grupo do <u>facebook</u>					
Blog					
Atividade <u>gamificada</u>					
Ferramenta <u>Laifi</u>					
Ferramenta <u>Canva</u>					
Interações com a pesquisadora durante a aplicação do projeto					
Interações com os colegas da sala durante os trabalhos em grupo					
Seu envolvimento no projeto					
Aprendizagem dos conteúdos propostos no projeto					

3. Quanto tempo você em média estudou para a disciplina fora da sala de aula?

---

4. A metodologia utilizada no projeto contribuiu para sua organização nos estudos?

---

5. Nas aulas de Física você prefere aulas expositivas ou aulas com uso de tecnologias?

---





## ANEXO I – DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO PLATAFORMA

### 20. APENDICES E ANEXOS

#### ANEXO I

#### DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO

Eu, **DANIELA FONTANA ALMENARA**, portador do RG 536.703 SSP/RO e do CPF 606.901.512-68, residente na Avenida Manaus, 4657, centro, CEP 76940-000, na cidade de Rolim de Moura, professora, estudante do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física na Universidade Federal de Rondônia – Campus de Ji-Paraná, declaro para os devidos fins que me comprometo a anexar os resultados do projeto de pesquisa intitulado **“ENSINANDO E APRENDENDO FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS”** na Plataforma Brasil após sua conclusão.

Por ser expressão da verdade, assino a presente declaração.

Ji-Paraná/RO, 07 de dezembro de 2018.

  
Daniela Fontana Almenara



**ANEXO II – DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO PARTICIPANTE**

18

## ANEXO II

**DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO**

Eu, **DANIELA FONTANA ALMENARA**, portador do RG 536.793 SSP/RO e do CPF 606.901.512-68, residente na Avenida Manaus, 4657, centro, CEP 76940-000, na cidade de Rolim de Moura, professora, estudante do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física na Universidade Federal de Rondônia – Campus de Ji-Paraná, declaro para os devidos fins que me comprometo a dar o devido retorno dos resultados do projeto de pesquisa intitulado **“ENSINANDO E APRENDENDO FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS”** aos participantes da pesquisa, na forma de uma página do facebook e um blog onde outros professores e alunos poderão ter acesso a todo material produzido auxiliando-os a aplicar o mesmo projeto ou mesmo aproveitar parte desse material para produzir outros materiais mais elaborados ou de acordo com suas necessidades.

Por ser expressão da verdade, assino a presente declaração.

Ji-Paraná/RO, 07 de dezembro de 2018.

  
Daniela Fontana Almenara



**ANEXO III – DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA**

19

**ANEXO III****DECLARAÇÃO**

Eu, **GILDO BENEDITO RAMOS DA ROCHA**, portador do RG 11.786.054 SSP/SP e do CPF 060.447.398-21, residente na Avenida Parnaíba, número 4898, bairro Cidade Alta, CEP 76940-000, na cidade de Rolim de Moura, professor, ocupante do cargo de diretor na instituição E.E.E.F.M.Cel. Aluizio Pinheiro Ferreira, declaro para os devidos fins que minha instituição dispõe e pode disponibilizar a seguinte infraestrutura para execução do projeto de pesquisa intitulado **“ENSINANDO E APRENDENDO FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS”**, sob responsabilidade da pesquisadora **DANIELA FONTANA ALMENARA**:

- Sala de aula com quadro branco
- Biblioteca
- Laboratório de Ciências
- Laboratório de Informática Educativa com 14 computadores conectados à internet
- Sala de multimeios com capacidade para 40 pessoas
- Notebook
- Projetor Multimídia
- Caixa de som
- Microfones
- Impressora laser
- Impressora multifuncional colorida.
- Máquina fotográfica digital

Por ser expressão da verdade, assino a presente declaração.

Rolim de Moura/RO, 07 de DEZEMBRO de 2018.

  
\_\_\_\_\_  
Gildo Benedito Ramos da Rocha



## ANEXO IV – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO/RESPONSÁVEL



**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM  
ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)  
POLO DE JI-PARANÁ/UNIR – PJPAMNPEF**



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO / RESPONSÁVEL

O(A) menor \_\_\_\_\_  
sob sua responsabilidade está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) da pesquisa de mestrado “ENSINANDO E APRENDENDO FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS”. Ressalta-se que o(a) mesmo(a) foi escolhido(a) por pertencer ao público alvo desta pesquisa (estudantes em escola pública, na modalidade ensino médio regular, a qual pertencem a parte E.E.E.F.M. Cel. Aluizio Pinheiro Ferreira) e também por manifestarem interesse em colaborar e fazer parte deste projeto. Lembrando que a direção da escola em questão, onde o projeto será desenvolvido, está de comum acordo em fornecer o espaço escolar para a execução do mesmo. Caso o(a) senhor(a) concorde na participação do(a) menor, ele(a) será convidado(a) inicialmente a responder um questionário de caracterização. Em seguida, ele(a) será convidado(a) a dar prosseguimento aos demais procedimentos da pesquisa. Para maiores informações, é preferível que o senhor(a) leia atentamente os termos abaixo:

1. Objetivo geral da pesquisa: Ampliar o conhecimento sobre Física Moderna e Contemporânea, possibilitando condições favoráveis à pesquisa e estudo, através do processo de construção, aplicação e análise de sequências didáticas com inserção de Tecnologias da Informação e Comunicação.

2. Caso o(a) Senhor(a) autorize a participação do menor nessa pesquisa, ele responderá aos questionários e entrevistas, participará das aulas realizadas em sala, bem como em contra turno (se necessárias), participará de oficinas de utilização de tecnologias educacionais, acessará o grupo fechado que será criado no facebook para as turmas, bem como a página no facebook e blog criados para comunicação com os estudantes e divulgação do material produzido. O(A) senhor(a) autoriza a publicação de fotos e vídeos coletados durante a execução do projeto no blog e na página do facebook que serão criadas para essa finalidade, bem como o material produzido em conjunto, a fim de disponibilizar a outros professores e alunos esse material. Com relação aos demais procedimentos mencionados acima, serão previamente agendados a data, horário e local. Tais procedimentos serão realizados na E.E.E.F.M. Cel. Aluizio Pinheiro com o conhecimento e a autorização do diretor da escola, com data e horário definidos previamente. Embora seja importante para a pesquisa que o(a) menor responda a todas as questões, não é obrigatório responder a todas as perguntas e participar de todas as atividades. A pessoa que realizará a entrevista, aplicará os questionários e os demais procedimentos é a pesquisadora DANIELA FONTANA ALMENARA, mestranda do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Rondônia – Campus de Ji-Paraná.

3. Caso o senhor(a) autorize a participação do(a) menor neste projeto de pesquisa: O senhor(a) e também o(a) participante terão o direito quando julgarem necessário, de exigirem esclarecimentos em quaisquer aspectos que desejarem em relação a esta pesquisa.





**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM  
ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)  
POLO DE JI-PARANÁ/UNIR – PJIPAMNPEF**



O(A) participante terá todas as informações que quiserem sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. O(A) senhor(a) como responsável pelo(a) menor poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação dele(a) a qualquer momento. Mesmo que o(a) senhor(a) queira deixá-lo(a) participar agora, o(a) senhor(a) poderá voltar atrás e parar a participação a qualquer momento. A participação dele(a) é voluntária e o fato em não o(a) deixar participar não vai trazer qualquer penalidade ou mudança na forma em que ele(a) será atendido(a). Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. O nome ou o material que indique a participação do(a) menor não será liberado sem a permissão do(a) senhor(a). O(A) menor não será identificado(a) em nenhuma publicação. Para participar desta pesquisa, o(a) menor sob sua responsabilidade e o(a) senhor(a) não irão ter nenhum custo e nem receberão qualquer vantagem financeira. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), será impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pela pesquisadora responsável DANIELA FONTANA ALMENARA e a outra será fornecida ao(a) senhor(a). Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com a pesquisadora responsável DANIELA FONTANA ALMENARA por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos. A pesquisadora DANIELA FONTANA ALMENARA tratará a identidade do(a) participante com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

4. Benefícios e riscos: A realização deste estudo poderá trazer como benefício uma produção teórica e empírica sobre o ensino de física, ampliar os conhecimentos dos estudantes à cerca de Física Moderna e Contemporânea através da pesquisa e produção de materiais autorais, conhecer e aprender a utilizar as Tecnologias da Informação e Comunicação como facilitadoras da construção do conhecimento. O risco que porventura os(as) estudante poderá ter é o de se sentir constrangido(a) com a realização da entrevista, ao responder os questionários e entrevistas. O risco que porventura o(a) participante poderá ter, é o de se sentir constrangido(a) ao responder os questionários e entrevistas (lembrando que o mesmo não é obrigado a responder se não quiser fazê-lo), e também desconforto, constrangimento ou alterações de comportamento durante gravações de áudio e vídeo (lembrando que ele não é obrigado a participar se não se sentir à vontade). A pesquisadora DANIELA FONTANA ALMENARA se compromete a manter ampla e completa discrição, além do total anonimato dos voluntários (sujeitos participantes) da pesquisa como medida para amenizar esses riscos. Assim, a pesquisadora irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo ao utilizar os dados coletados na pesquisa para produção de uma dissertação de mestrado, bem como para a produção de um produto educacional e publicação de artigos técnicos e científicos resultantes da pesquisa.

5. Esse projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Rondônia, que está localizado no Campus José Ribeiro Filho na Rodovia BR 364, Km 9,5, Bairro Zona Rural, CEP 76801-059, Porto Velho/RO, Telefone (69)2182-2100, email: cep@unir.br.

Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, entrar em contato com a pesquisadora DANIELA FONTANA ALMENARA pelo email [danielalmenara@gmail.com](mailto:danielalmenara@gmail.com).



**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM  
ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)  
POLO DE JI-PARANÁ/UNIR – PJIPAMNPEF**



Após estes esclarecimentos, solicito o seu consentimento livre, de modo que permita a participação do(a) menor nesta pesquisa.

Eu \_\_\_\_\_ responsável pelo(a) menor \_\_\_\_\_ declaro que concordo em deixá-lo(a) participar da pesquisa intitulada “ENSINANDO E APRENDENDO FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS” e que me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer a todas as minhas dúvidas.

Rolim de Moura, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

---

Assinatura do(a) responsável pelo(a) menor

---

Daniela Fontana Almenara  
Pesquisadora responsável



## ANEXO V – TERMO DE ASSENTIMENTO ESCLARECIDO



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM  
ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)  
POLO DE JI-PARANÁ/UNIR – PJPAMNPEF



### TERMO DE ASSENTIMENTO ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “ENSINANDO E APRENDEDO FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS”. Neste estudo pretendemos propor três sequências didáticas com conteúdo de Física Moderna e Contemporânea e ampliar os conhecimentos dos estudantes à cerca de Física Moderna e Contemporânea através da pesquisa e produção de materiais autorais, conhecendo e utilizando as Tecnologias da Informação e Comunicação como facilitadoras da construção do conhecimento.

O motivo que nos leva a estudar esse assunto é a necessidade de aproximar os estudantes à disciplina de Física por meio do conhecimento da biografia e descobertas de grandes cientistas, bem como saber os benefícios que a Física Moderna trouxe conhecendo e compreendendo o funcionamento de alguns equipamentos. Pensamos que isso pode estimular um aprendizado mais aprofundado da física pelos alunos no ensino médio e despertar o espírito científico, além de valorizar o papel do professor, como orientador e mediador entre os estudantes e o conhecimento.

Para este estudo adotaremos o(s) seguinte(s) procedimento(s):

1. Apresentação do projeto aos estudantes.
2. Aplicação de um questionário de caracterização e levantamento de conhecimentos prévios.
3. Aplicação da primeira sequência didática que consiste em uma estratégia gamificada utilizando QR Codes para oferecer uma visão geral da Física Moderna e Contemporânea.
4. Aplicação da segunda sequência didática, iniciando pela conscientização dos estudantes à cerca da história e legado deixado pelos grandes cientistas, seguida de uma capacitação para utilização da ferramenta Laifi e construção de uma linha do tempo de cada cientista pesquisado.
5. Aplicação de um questionário para coletar as impressões dos estudantes a respeito do projeto.
6. O contato e comunicação com os estudantes serão feitos nas aulas e também por meio do grupo fechado no facebook criado para esse fim.
7. Para finalizar a pesquisadora fará um relatório associando os aspectos desse aprendizado comparado ao método de aula tradicional.
8. Todo material produzido será disponibilizado por meio da página do facebook e do blog, criados para esse fim.

Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Este estudo apresenta risco mínimo, isto é, o mesmo risco existente em atividades rotineiras como conversar, ler etc. Apesar disso, você tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do seu responsável. Este termo de



**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM  
ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)  
POLO DE JI-PARANÁ/UNIR – PJIPAMNPEF**



consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com a pesquisadora responsável DANIELA FONTANA ALMENARA por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos. A pesquisadora DANIELA FONTANA ALMENARA tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Eu \_\_\_\_\_ declaro que fui informado(a) sobre todos os procedimentos da pesquisa de mestrado intitulada “ENSINANDO E APRENDENDO FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS” que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto, e que será garantido o sigilo quanto ao meu nome e aos meus dados pessoais. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Eu compreendo que neste estudo serão aplicados questionários, sendo que fui informado(a) que posso me retirar do estudo a qualquer momento. Declaro também que me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer a todas as minhas dúvidas e tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar da pesquisa.

Rolim de Moura, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) menor

\_\_\_\_\_  
Daniela Fontana Almenara  
Pesquisadora responsável

## TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Eu, **DANIELA FONTANA ALMENARA**, abaixo-assinada, aluna regularmente matriculada no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo Ji-Paraná/UNIR, portadora de RA: 20181000180, inscrita no CPF sob número 606.901.512-68, RG: 536.793 SSP/RO, venho por meio deste autorizar a disponibilização pelo Polo do Departamento de Física de Ji-Paraná do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (PJIPAMNPEF) da minha dissertação em meios eletrônicos ou que venham a ser criados.

Ji-Paraná, 01 de março de 2020.



**Daniela Fontana Almenara**