



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

RODRIGO GIMENES

CONSTRUÇÃO E USO DE APARATO EXPERIMENTAL
O Eletroscópio de Folhas Na Promoção da Aprendizagem em Física

Alfenas
2024

RODRIGO GIMENES

**CONSTRUÇÃO E USO DE APARATO EXPERIMENTAL
O Eletroscópio de Folhas Na Promoção da Aprendizagem em Física**

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Alfenas, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Célio Wisniewski

Área de concentração: Física na Educação Básica

Alfenas
2024

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

GIMENES, RODRIGO .

CONSTRUÇÃO E USO DE APARATO EXPERIMENTAL : O Eletroscópio
de Folhas Na Promoção da Aprendizagem em Física / RODRIGO GIMENES.
- Alfenas, MG, 2024.

99 f. : il. -

Orientador(a): Prof. Dr. Célio Wisniewski.

Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Alfenas,
Alfenas, MG, 2024.

Bibliografia.

1. Ensino de Física. 2. Aparato Experimental. 3. Eletroscópio de Folhas.
4. Eletrostática. 5. Efeito Fotoelétrico. I. Wisniewski, Prof. Dr. Célio ,
orient. II. Título.

RODRIGO GIMENES

CONSTRUÇÃO E USO DE APARATO EXPERIMENTAL
O Eletroscópio de Folhas Na Promoção da Aprendizagem em Física

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Alfenas , como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física .

Área de concentração: Física na Educação Básica

Prof. Dr. Célio Wisniewski(Orientador) – Unifal MG

Prof. Dr. Luciano Soares Pedroso– Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Dr. Ivo de Jesus Ramos– CEFET-MG

Dedico esta dissertação à minha família e amigos pelo apoio em todos os momentos, principalmente nos de incerteza, muito comuns para quem trilha novos caminhos. Sem vocês nenhuma conquista valeria a pena. Aos meus orientadores por me guiarem no caminho da persistência e a todos aqueles que de alguma forma participaram e contribuíram com essa vitória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me guiado e me protegido por cada caminho que percorri me dando a força e a sabedoria necessária para que eu pudesse chegar até onde eu cheguei. A Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL) pela oportunidade e acolhida.

A cada professor que dedicou tempo, dedicação, conhecimento e paciência, os meus sinceros agradecimentos. Um agradecimento especial ao Prof. Dr. Célio Wisniewski, pela orientação, incentivo, aos ensinamentos e pela oportunidade para realizarmos este trabalho.

Agradeço a Escola Estadual Carmélia Gonçalves Loff , em Ribeirão das Neves, bem como a todos os seus estudantes de 3º ano do ensino médio.

Agradeço a minha família, iniciando pela minha mãe Rosane Terezinha Gimenes e meu pai Severo Gimenes (in memoriam), por todo o apoio incondicional , incentivo e amor que sempre me deram. Aos meus irmãos Henrique G. e Severo G. Junior pelo carinho e companheirismo.

Um agradecimento especial a minha amada esposa Amanda por me ajudar nessa caminhada, pela paciência , amor e carinho. Aos meus colegas de mestrado que conheci na UNIFAL, pelo companheirismo, pela experiência compartilhada e pelo apoio constante.

À Capes gostaria de expressar minha gratidão pela bolsa de estudos concedida, que foi de suma importância para que eu pudesse me dedicar aos estudos e alcançasse meus objetivos acadêmicos.

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

Por fim, quero agradecer a todos que de alguma forma contribuíram para que este trabalho se concretizasse.

RESUMO

O ensino de Física atualmente representa um grande desafio para os educadores, daí a importância de se encontrar ferramentas que possam contribuir para alternativas pedagógicas eficazes. Este trabalho discorre sobre a construção e utilização de um aparato experimental - O Eletroscópio de folhas, como ferramenta pedagógica na aplicação de atividades de sequências didáticas investigativas no ensino de Física. Tendo como metodologia de avaliação de aprendizagem, a construção de mapas conceituais pelos estudantes. As atividades aplicadas neste trabalho tiveram como eixos norteadores os temas - Eletrostática, Ionização do ar e Efeito Fotoelétrico. O referencial teórico deste trabalho abrange as teorias de aprendizagem significativa de Ausubel, juntamente com a utilização de Mapas conceituais desenvolvidos pelo teórico Joseph Novak.

Palavras-chave: Ensino, Física, Aparato Experimental, Eletroscópio de Folhas, Eletrostática, Ionização do Ar, Efeito Fotoelétrico.

ABSTRACT

The teaching of Physics currently poses a significant challenge for educators, hence the importance of discovering tools that can contribute to effective pedagogical alternatives. This labor discusses the construction and utilization of an experimental apparatus - the Leaf Electroscope - as a pedagogical instrument in implementing investigative didactic sequences in Physics education. The methodology used to assess learning involves students constructing conceptual maps. The activities implemented in this study revolved around key themes: Electrostatics, Air Ionization, and the Photoelectric Effect. The theoretical framework of this work encompasses Ausubel's with theories of meaningful learning, alongside the utilization of Concept Maps developed by the theorist Joseph Novak.

Keywords: Teaching, Physics, Experimental Apparatus, Leaf Electroscope, Electrostatics, Air Ionization, Photoelectric Effect.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Um modelo para mapeamento conceitual de acordo com a teoria de Ausubel.	27
FIGURA 2 – Um mapa conceitual para a aprendizagem significativa de Ausubel.	28
FIGURA 3 – Um mapa conceitual para a aprendizagem significativa subordinada.	29
FIGURA 4 – Um mapa conceitual com formas e tipos de aprendizagem significativa.	30
FIGURA 5 – Versorium de Gilbert, como ilustrado em seu livro De Magnete, de 1600.	37
FIGURA 6 – A máquina eletrostática desenvolvida por Guericke (1672).	38
FIGURA 7 – Máquina elétrica de Hauksbee, como ilustrado em seu livro (HAUKS-BEE, 1719).	38
FIGURA 8 – Modelo simplificado do eletroscópio de Du Fay. Observe os fios dobrados ao meio, com suas partes centrais apoiadas sobre a barra (ASSIS, 2010).	39
FIGURA 9 – Eletrômetro de Nollet. Uma lâmpada iluminava os fios e projetava suas sombras sobre uma tela graduada na qual se podia ler o ângulo de abertura dos fios (ASSIS, 2010).	40
FIGURA 10 – Eletroscópio de Canton. Observe as bolinhas de cortiça, nas pontas dos fios (ASSIS, 2010).	40
FIGURA 11 – Eletroscópio com lâminas metálicas (ASSIS, 2010).	41
FIGURA 12 – Dois eletrômetros de Richmann: somente uma das lâminas é móvel (ASSIS, 2010).	41
FIGURA 13 – Eletrômetro de Henley e a medida precisa da abertura da folha móvel (MEDEIROS, 2002).	42
FIGURA 14 – Eletroscópio de folhas de ouro de Bennet (MEDEIROS, 2002). . . .	42
FIGURA 15 – Experimentos de eletrostática. (a) Objetos com carga negativa se repelem. (b) Objetos com carga positiva se repelem. (c) Objetos com carga positiva e objetos com carga negativa se atraem (SEARS; ZEMANSKY, 2016).	45
FIGURA 16 – Série triboelétrica.	46

FIGURA 17 – Estrutura de um átomo. O átomo aqui descrito é lítio (SEARS; ZEMANSKY, 2016).	46
FIGURA 18 – Um átomo neutro possui a mesma quantidade de elétrons e prótons. (b) Um íon positivo possui um déficit de elétrons. (c) Um íon negativo possui um excesso de elétrons. As “cascas” de elétrons são uma representação visual da distribuição real dos elétrons, uma nuvem difusa várias vezes maior que o núcleo (SEARS; ZEMANSKY, 2016).	48
FIGURA 19 – O cobre é um bom condutor de eletricidade; o náilon é um bom isolante. (a) A carga elétrica é transferida da haste de plástico para a esfera metálica através do fio de cobre, carregando a esfera negativamente. A seguir, a esfera metálica é (b) repelida por uma haste de plástico carregada negativamente e (c) atraída por uma haste de vidro carregada positivamente (SEARS; ZEMANSKY, 2016).	50
FIGURA 20 – Carregando uma esfera metálica por indução (SEARS; ZEMANSKY, 2016).	51
FIGURA 21 – As cargas no interior das moléculas de um material isolante podem se deslocar ligeiramente. Consequentemente, um pente com qualquer carga elétrica não nula atrai um isolante neutro. Pela terceira lei de Newton, o isolante neutro atrai o pente com uma força de mesmo módulo (SEARS; ZEMANSKY, 2016).	52
FIGURA 22 – Íon Positivo e Íon negativo	54
FIGURA 23 – Incidência de luz em uma superfície metálica (SEARS; ZEMANSKY, 2016).	55
FIGURA 24 – Uma experiência testando se o efeito fotoelétrico é consistente com o modelo ondulatório da luz (SEARS; ZEMANSKY, 2016).	56
FIGURA 25 – Corrente fotoelétrica i em função do potencial V_{Ac} do anodo em relação ao catodo para uma frequência da luz f constante (SEARS; ZEMANSKY, 2016).	58
FIGURA 26 – Potencial de corte em função da frequência para dois materiais do catodo que possuam uma função trabalho diferente.	61

FIGURA 27 – Frequência da luz incidente.	61
FIGURA 28 – Mapa conceitual Aluna 01.	77
FIGURA 29 – Mapa conceitual Aluna 02.	78
FIGURA 30 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (1A). Aluna 01 antes da intervenção (a). Aluna 01 depois da intervenção (b).	95
FIGURA 31 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (2A). Aluna 02 antes da intervenção (a). Aluna 02 depois da intervenção (b).	96
FIGURA 32 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (3A). Aluna 03 antes da intervenção (a). Aluna 03 depois da intervenção (b).	96
FIGURA 33 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (4A). Aluna 04 antes da intervenção (a). Aluna 04 depois da intervenção (b).	97
FIGURA 34 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (5A). Aluna 05 antes da intervenção (a). Aluna 05 depois da intervenção (b).	97
FIGURA 35 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (1B). Aluno 1 antes da in- tervenção (a). Aluno 1 depois da intervenção (b).	98
FIGURA 36 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (2B). Aluno 2 antes da in- tervenção (a). Aluno 2 depois da intervenção (b).	98
FIGURA 37 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (3B). Aluno 3 antes da in- tervenção (a). Aluno 3 depois da intervenção (b).	99
FIGURA 38 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (4B). Aluno 4 antes da in- tervenção (a). Aluno 4 depois da intervenção (b).	100
FIGURA 39 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (5B). Aluno 5 antes da in- tervenção (a). Aluno 5 depois da intervenção (b).	100
FIGURA 40 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (1C). Aluno 1 antes da in- tervenção (a). Aluno 1 depois da intervenção (b).	101
FIGURA 41 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (2C). Aluno 2 antes da in- tervenção (a). Aluno 2 depois da intervenção (b).	101
FIGURA 42 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (3C). Aluno 3 antes da in- tervenção (a). Aluno 3 depois da intervenção (b).	102
FIGURA 43 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (4C). Aluno 4 antes da in- tervenção (a). Aluno 4 depois da intervenção (b).	103

FIGURA 44 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (5C). Aluno 5 antes da intervenção (a). Aluno 5 depois da intervenção (b).	104
FIGURA 45 – Experimento: Eletroscópio de folhas com carcaça metálica montado (esquerda). Eletroscópio de folhas peças separadas (direita). . .	116
FIGURA 46 – Materiais para construção do aparato experimental - materiais de 1 a 12.	117
FIGURA 47 – Materiais complementares para prática. Materiais de 1 a 4.	118
FIGURA 48 – Ferramentais para construção do aparato experimental. Materiais de 1 a 9.	119
FIGURA 49 – Materiais para construção do aparato experimental. Materiais de 1 e 2.	119
FIGURA 50 – Materiais para construção do aparato experimental.	120
FIGURA 51 – Materiais para construção do aparato experimental.	120
FIGURA 52 – Materiais para construção do aparato experimental.	121
FIGURA 53 – Materiais para construção do aparato experimental.	121
FIGURA 54 – Aparato experimental - Eletroscópio de folhas.	122

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Massas das partículas individuais, com a precisão atualmente conhecida.	47
TABELA 2 – Função Trabalho Φ	60
TABELA 3 – Processos de eletrização como se apresenta no estado de MG.	65
TABELA 4 – Ionização como se apresenta no estado de MG.	66
TABELA 5 – Efeito Fotoelétrico como se apresenta no estado de MG.	66
TABELA 6 – Etapas da Metodologia do trabalho – sequência 1.	68
TABELA 7 – Etapas da Metodologia do trabalho- sequência 2.	68
TABELA 8 – Etapas da Metodologia do trabalho- sequência 3.	69
TABELA 9 – Resultados obtidos questão 01 – Processos de eletrização.	82
TABELA 10 – Resultados obtidos questão 02 – Processos de eletrização.	84
TABELA 11 – Resultados obtidos questão 03 – Processos de eletrização	85
TABELA 12 – Resultados obtidos questão 04 – Processos de eletrização	86
TABELA 13 – Resultados obtidos questão 05 – Processos de eletrização	87
TABELA 14 – Resultados obtidos questão 06 – Processos de eletrização	89
TABELA 15 – Resultados obtidos questão 01 – Ionização do ar.	90
TABELA 16 – Resultados obtidos questão 02 – Ionização do ar.	91
TABELA 17 – Resultados obtidos questão 01 – Efeito Fotoelétrico	92
TABELA 18 – Resultados obtidos questão 02 – Efeito Fotoelétrico.	93
TABELA 19 – Resultados obtidos questão 03 – Efeito Fotoelétrico.	94
TABELA 20 – Resultados obtidos questão 04 – Efeito Fotoelétrico	94

LISTA DE SIGLAS

MC – Mapas Conceituais
SD – Sequência Didática

SUMÁRIO

1	Introdução	20
1.1	Objetivo	21
2	Referencial Teórico	22
2.1	Ensino e Aprendizagem Significativa de Ausubel	22
2.2	Fundamentos metodológicos – Aprendizagem significativas e Mapas Conceituais de Joseph Novak	26
2.3	Fundamentos metodológicos para uma experimentação significativa investigativa	32
3	Tópico da Física	37
3.1	Breve Histórico do Eletroscópio	37
3.1.1	<i>O Eletroscópio de Folhas</i>	37
3.2	Tendências e Perspectivas do Eletroscópio de Folhas no Ensino de Física	43
3.3	Tópicos teóricos da eletricidade – Processos de Eletrização	44
3.3.1	<i>Carga Elétrica</i>	44
3.3.2	<i>Carga elétrica e a estrutura da matéria</i>	46
3.3.3	<i>A carga elétrica é conservada</i>	48
3.3.3.1	Condutores, Isolantes e Cargas Induzidas	49
3.3.3.2	Carga por indução	50
3.3.3.3	Forças elétricas sobre objetos descarregados	51
3.3.3.4	Eletrização por indução	52
3.3.4	<i>Tópicos teóricos da Física – Ionização do ar</i>	52
3.3.5	<i>Tópicos teóricos da Física – Efeito Fotoelétrico</i>	55
3.3.5.1	Frequência e potencial de corte	55
3.3.5.2	Teoria do fóton proposta por Einstein	58
3.3.5.3	Momento linear do fóton	62
4	Metodologia	63

4.1	Metodologia significativa	63
4.1.1	<i>O uso de mapas conceituais como instrumento de avaliação</i>	64
4.2	O uso da SD no Ensino da Física	64
4.3	Experimentação no ensino da Física	65
4.4	Como se apresenta o conteúdo de Física abordados neste trabalho no currículo em Minas Gerais	65
4.4.1	<i>Processos de Eletrização</i>	65
4.4.2	<i>Ionização do ar</i>	66
4.4.3	<i>Efeito Fotoelétrico</i>	66
4.5	INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	66
4.5.1	<i>Público-alvo e localidade da pesquisa</i>	66
4.6	Planejamento Estrutural da Sequência Didática	67
4.6.1	<i>Eixo temático 1 – Física Tópico – Processos de eletrização</i>	67
4.6.1.1	Habilidades	67
4.6.2	<i>Eixo temático 2 – Física Tópico – Ionização do ar</i>	68
4.6.2.1	Habilidades	68
4.6.3	<i>Eixo temático 3 - Física Tópico – Física moderna</i>	68
4.6.3.1	Habilidades	68
4.7	O Eletroscópio de folhas	69
4.7.1	<i>Sequência 1- Investigando os tipos de eletrização</i>	70
4.7.1.1	Aula 1 - Aula expositiva - Compreendendo os Mapas Conceituais e aplicação	70
4.7.1.2	Aula 2 - Construção de Mapa Conceitual pelos estudantes – Eletrostática	70
4.7.1.3	Aula 3 - Aula expositiva - Compreendendo os tipos de eletrização e suas aplicações	70
4.7.1.4	Aula 4 - Construção de aparato experimental - Eletroscópio de Folhas	71
4.7.1.5	Aula 5 - Aplicação do produto em sala com apoio de sequência didática	71
4.7.1.6	Aula 6 - Construção de Mapa Conceitual pelo estudante –Pós - Intervenção	72

4.7.2	<i>Sequência 2 – Investigando a ionização do ar</i>	72
4.7.2.1	Aula 7- Construção de Mapa Conceitual pelos estudantes – Ionização do ar	72
4.7.2.2	Aula 8 - Aula expositiva - Compreendendo a ionização do ar	73
4.7.2.3	Aula 9 - Aplicação do produto em sala com apoio de sequência didática	73
4.7.2.4	Aula 10 - Construção de Mapa Conceitual pelos estudantes – Pós-Intervenção	73
4.7.3	<i>Sequência 3- Investigando o Efeito Fotoelétrico</i>	74
4.7.3.1	Aula 11 - Construção de Mapa Conceitual pelo estudante – Efeito Fotoelétrico	74
4.7.3.2	Aula 12 - Aula expositiva - Compreendendo o efeito fotoelétrico e suas aplicações	74
4.7.3.3	Aula 13 – Atividade investigativa e dialógica – Efeito fotoelétrico	75
4.7.3.4	Aula 14 - Construção de Mapa Conceitual pelos estudantes – Pós-Intervenção	75
5	Resultados e Discussões	76
5.1	Aula Expositiva	76
5.1.1	<i>Compreendendo os mapas conceituais e aplicações</i>	76
5.1.1.1	Aula 01	76
5.1.2	<i>Compreendendo os tipos de eletrização e suas aplicações.</i>	78
5.1.2.1	Aula 3	78
5.1.3	<i>Compreendendo a ionização do ar</i>	79
5.1.3.1	Aula 08	79
5.1.4	<i>Compreendendo o efeito fotoelétrico e suas aplicações</i>	79
5.1.4.1	Aula 12	79
5.2	Construção do Produto - Eletroscópio de Folhas	80
5.2.1	Aula 4	80
5.3	Estudo do Questionário Investigativo	81
5.3.1	<i>Questionário investigativo – Processos de eletrização</i>	81
5.3.1.1	Aula 05	81
5.3.2	<i>Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão um (1)</i>	81

5.3.3	<i>Avaliando o resultado das respostas dos grupos da questão número dois (2)</i>	83
5.3.4	<i>Avaliando o resultado das respostas dos grupos da questão número três (3)</i>	84
5.3.5	<i>Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão quatro (4)</i>	86
5.3.6	<i>Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão cinco (5)</i>	87
5.3.7	<i>Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão seis (6)</i>	88
5.4	Questionário investigativo – Ionização do Ar	89
5.4.1	<i>Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão um (1)</i>	90
5.4.2	<i>Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão dois (2)</i>	91
5.5	Questionário investigativo – Efeito fotoelétrico	92
5.5.1	<i>Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão um (1)</i>	92
5.5.2	<i>Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão dois (2)</i>	93
5.5.3	<i>Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão três (3)</i>	93
5.5.4	<i>Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão quatro (4)</i>	94
5.6	Estudo dos Mapas Conceituais	95
5.6.1	<i>Construção de mapa conceitual – Processos de Eletrização</i>	95
5.6.2	<i>Construção de mapa conceitual – Ionização do ar</i>	98
5.6.3	<i>Construção de mapa conceitual- Efeito Fotoelétrico</i>	101
6	Conclusão	105
	REFERÊNCIAS	107
	A Atividades de investigação: Processos de Eletrização	110

A.1	Questão 01 – Investigando o fenômeno de corpo neutro e Indução eletrostática	110
A.1.1	<i>1º Momento</i>	110
A.1.2	<i>2º Momento</i>	110
A.2	Questão 02 – Investigando a eletrização por atrito e a indução eletrostática	110
A.3	Questão 03 - Investigando a eletrização por contato	111
A.4	Questão 04 - Investigando a eletrização por indução	111
A.5	Questão 05 - Investigando a eletrização por contato e indução eletrostática	111
A.6	Questão 06 – Investigando a eletrização por indução	112
B	Atividades de investigação – Investigando o fenômeno de ionização . . .	113
B.1	Questão 01 – Investigando o fenômeno de ionização do ar	113
B.1.1	<i>1º Momento</i>	113
B.1.2	<i>2º Momento</i>	113
B.2	Questão 02 – Investigando o fenômeno da ionização do ar	113
C	Atividades de investigação – Investigando o Efeito Fotoelétrico	114
C.1	Questão 01 - Atividade Experimental Investigativa	114
C.2	Questão 02 - Atividade Experimental Investigativa	114
C.3	Questão 03 - Atividade Experimental Investigativa	115
C.4	Questão 04 - Atividade Experimental Investigativa	115
D	Atividade Prática – Manual para construção de um eletroscópio de folhas	116
D.1	Aparatos para construção: Eletroscópio de folhas com carcaça metálica	116
D.1.1	<i>Material utilizado para sua construção</i>	116
D.1.2	<i>Materiais para realização da prática</i>	117
D.1.3	<i>Ferramentas para construção</i>	118
D.1.4	<i>Descrição para construção: o aparato metálico</i>	118
D.2	As Garrafas Plásticas	119
D.3	A Lata	120

D.4 “Chapéu” do Experimento	121
D.5 Aparato das folhas	121
D.6 O Eletroscópio	122

1 INTRODUÇÃO

Querer uma metodologia assertiva para o ensino de Física é peça chave para a qualidade do aprender, e é com esse olhar que nos debruçamos para eleger um trabalho que possa conduzir nessa direção. Os estudantes devem reconhecer a Física de maneira significativa aprendendo seus conceitos e fenômenos, saber traduzir o mundo tecnológico em sua natureza e dessa maneira fortalecer às bases da sua construção científica. Hoje, sabemos que existe uma grande dificuldade em se ensinar física em nossas instituições públicas e privadas, muitas vezes os conteúdos são ensinados pelos professores de maneira distante da realidade dos estudantes, eles não conseguem entender os conteúdos explicados porque não fazem sentido para eles, tornando-se apenas depósitos de informação que limitam sua criatividade resultando em uma educação dita bancária por Freire (1987). Outras vezes o professor utiliza metodologias onde a narrativa é centrada unicamente naquele que ensina, sem levar em consideração o contexto histórico e social dos que aprendem (estudantes) modelo criticado por Finkel (1999), desta maneira é pertinente que busquemos uma prática pautada em uma educação autêntica onde, “uma educação autêntica não se faz do educador para o educando ou do educador sobre o educando, mas sim do educador com o educando” (FREIRE, 1987). Outro fator relevante que podemos apresentar como práticas de uma metodológica falha e que pode diminuir o seu potencial de abordagem significativa é a não observância dos conhecimentos prévios do estudante. Pelizzari et al (PELIZZARI et al., 2002) afirmam que a aprendizagem é muito mais significativa quando o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento já existentes, ou seja, dos seus conhecimentos prévios. Muito se tem discutido sobre o uso da experimentação nas aulas de Física e sobre a sua importância na práxis do professor, verifica-se que aqueles que não utilizam as práticas experimentais como ferramentas de trabalho com seus estudantes, seja em sala ou laboratório comete um equívoco didático na aplicação do seu plano de ensino. No Brasil existe uma carência de laboratórios principalmente nas escolas da rede pública para a realização das práticas escolares. Entretanto o professor não pode se limitar pela falta de laboratório ou recursos financeiros da escola, podendo a prática experimental, ser realizada dentro da sala de aula com materiais simples e de baixo custo. Sasseron (2015) reafirma que os espaços de laboratórios, bibliotecas, ou pátio são igualmente espaços para realização de práticas, pois para ela o que torna esses espaços adequados ou não é o objeto de ensino e não o espaço de aplicação. Queremos reafirmar a importância do uso dessa ferramenta no ensino de Física para o estudo de conceitos e fenômenos. Aristóteles há mais de 2300 anos já defendia a experimentação quando afirmava que "quem possua a noção sem a experiência, e conheça o universal ignorando o particular nele contido, enganar-se-á muitas vezes no tratamento"(Aristóteles; BINI, 1979). As práticas educativas são fundamentais no que tange a formação humana, e é por isso que o seu estudo se faz necessário e pertinente. Somos o que aprendemos e

como aprendemos, vivemos em um mundo rodeado por uma realidade que construímos. Se somos o que somos hoje, e temos a realidade que temos hoje, é porque fomos capazes de aprender e ensinar. As inovações tecnológicas nunca avançariam sem a arte criativa dos homens e a evolução das ciências pela genialidade de seus personagens. A formação do sujeito e seu aprendizado devem ser priorizados para que sua cultura possa ser desenvolvida e suas habilidades possam ser aprimoradas. Desta forma as práticas educativas possuem relevância exponencial na sociedade no que tange a formação do sujeito, seja ele educando ou educador. É fundamental e pertinente que reforcemos o estudo da aplicação de ferramentas educacionais nos processos de ensino e de aprendizagem dos educandos, e que ao mesmo tempo possamos dialogar com as práticas mais assertivas na construção de um ensino mais significativo, participativo, colaborativo e inclusivo no ensino da Física para que dessa forma tenhamos pessoas mais conscientes e sabedoras do mundo em que estão inseridas.

1.1 Objetivo

O objetivo proposto é desenvolver um aparato experimental como produto educacional que possa ser utilizado em sala de aula como ferramenta de ensino em sequência didáticas relacionadas aos tópicos: processos de eletrização, ionização do ar e efeito fotoelétrico. Além disso, fornecer ao professor, subsídios que potencializem o seu fazer pedagógico na sala de aula para que possa aprimorar o ensino e promover uma aprendizagem significativa do seu estudante.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ensino e Aprendizagem Significativa de Ausubel

A aprendizagem significativa proposta por Ausubel (2003), se apresenta como uma teoria centrada na aprendizagem com significado. Onde o estudante utiliza-se de conhecimentos já existentes em sua estrutura cognitiva para construir um novo experimento.

“O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos”. (AUSUBEL, 2003, p. 3) 2cm

A esses modelos mentais pré-existentes na estrutura cognitiva do estudante, Ausubel define como conceito absunçor ou simplesmente subsunçor. Essas estruturas caracterizam-se pela condição de interagir significativamente com um conhecimento novo podendo elevar a definição de um conceito prévio simples a uma interpretação mais elaborada de seus saberes.

“A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas ideias. Este aspecto especificamente relevante pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma posição, já significativo”.

(AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978, p. 41)

A aprendizagem conduzida com uma significância para o aprendiz, produz uma ampliação dos constructos cognitivos do estudante. Segundo (MOREIRA, 2017), a ancoragem de informações novas pelos conceitos já existentes no aprendiz modifica o conceito subsunçor. Nesta perspectiva a elaboração de novos conceitos e ideias passam pela construção e reconstrução de significados tendo como suporte e ponto de partida os conceitos prévios. Os processos da significação da aprendizagem não se apresentam de maneira

literal, sofrem modificações para uma acomodação e possível elevação na elaboração de conhecimentos novos. A aprendizagem significativa também não se coloca de maneira arbitrária, sempre tem como inicial a busca de conceitos prévios relevantes para ancorar um conhecimento novo.

[...] uma nova informação ancora-se em subsunções relevantes pré-existentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Ausubel vê o armazenamento de informações na mente humana como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na quais elementos mais específicos de conhecimento são relacionados (e assimilados) a conceitos e proposições mais gerais, mais inclusivos.

(MOREIRA; SALZANO MASINI, 2002, p. 17)

Contudo se as novas informações não possuírem interação com os subsunções existentes na estrutura cognitiva do estudante, esta será armazenada de maneira arbitrária sem relação com aquela já existente. Se caracterizando-se como uma aprendizagem mecânica (AUSUBEL, 2003).

“Contrastando com a aprendizagem significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica (ou automática) como sendo uma aprendizagem de novos conhecimentos com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do estudante sendo a informação armazenada de maneira arbitrária sem relação com conceitos prévios do estudante, pois não existe relação dos conceitos prévios com a nova informação. Ficando distribuído na estrutura cognitiva sem se ligar a conceitos subsunções específicos.”

(MOREIRA, 2021, p. 141)

Uma aprendizagem significativa acontece quando as informações novas se ancoram em conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, e este se desenvolve a partir de sua utilização na compreensão de novos significados (MOREIRA, 2021). A aprendizagem significativa é a aprendizagem com significado, compreensão, capacidade de explicar, descrever e transferir conhecimentos. Segundo Moreira (2017), a aprendizagem significativa é progressiva e resulta da interação de conhecimentos novos e prévios.

A estrutura cognitiva do ser humano na perspectiva de Ausubel é hierárquica e é regida por dois princípios a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, ou integradora. Os conceitos novos aprendidos, podem modificar o ordenamento hierárquico

dos conceitos prévios do aprendiz à medida que novas informações são incorporadas na sua estrutura cognitiva. Ou seja, o processo de integração progressiva dos novos conhecimentos e a reconciliação integrativa, ocorrem simultaneamente e o resultado é uma condição hierárquica que busca sempre o equilíbrio e a organização daquele que aprende.

Entretanto, quando o conhecimento que é recebido não encontra sustentação nos constructos cognitivos do estudante, ou seja, a informação é totalmente nova, é observado a existência de uma aprendizagem mecânica. Para Moreira (2021), a aprendizagem mecânica é:

“A aprendizagem mecânica é aquela na qual o sujeito memoriza novos conhecimentos como se fossem informações que podem não lhe significar nada, mas que podem ser reproduzidas a curto prazo e aplicadas automaticamente”. (MOREIRA, 2021, p. 142)

O uso da aprendizagem mecânica fundamenta informações iniciais por símbolos e signos para elaboração de constructos mais elaborados, possibilitando elevar o grau das estruturas cognitivas do aprendiz. Estabelece uma relação de aprendizado dialógico com aquilo que o estudante sabe com aquilo que quer aprender. Nessa perspectiva corrobora para uma “alfabetização do conhecimento” Com aquisição de aprendizados elementares para uma formação de conceitos superiores mais complexos conduzindo a uma leitura mais significativa dos saberes.

“Uma vez que significados iniciais são estabelecidos por signos ou símbolos de conceitos no processo de formação de conceito, uma nova aprendizagem significativa dará origem a significados adicionais aos signos ou símbolos e permitirá a obtenção de novas relações entre os conceitos anteriormente adquiridos”.

(AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 38)

Para uma leitura mais eficiente e uma aprendizagem mais significativa do estudante, é pertinente que consideremos o uso de organizadores prévios como forma de conectar uma nova aprendizagem com aquilo que já se sabe. Entretanto esses organizadores precisam estar em consonância com o desenvolvimento cognitivo do estudante.

“Para Ausubel, a principal função de um organizador prévio (como curso didático) é servir de ponte entre o que o aluno já sabe e o que deveria saber para que pudesse adquirir de maneira significativa um determinado novo conhecimento”. (MOREIRA, 2017, p. 67)

(AUSUBEL, 2003) sugere o uso de organizadores prévios como uma forma de conectar a nova aprendizagem àquilo que já está familiarizado e assim facilitar a compreensão de conceitos mais avançados. Esses organizadores prévios também ajudam a criar uma base de conhecimento iniciais que se tornam essenciais para uma aprendizagem significativa. Segundo Moreira (2021),

“As condições para que ocorra uma aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja relacionado (ou incorporável) a estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não arbitrária e não literal. Um material com essas características é dito potencialmente significativo”.
(MOREIRA, 2021, p. 142)

Dessa maneira os conhecimentos a serem aprendidos devem se relacionar com a existência de conceitos prévios adequados que consigam dialogar com as novas informações. Quando o estudante não possui as estruturas cognitivas necessários, ou as informações novas se fazem distantes dos subsunçores existentes, as tarefas deixam de ser potencialmente significativas ficando assim a aprendizagem comprometida.

“Se a estrutura cognitiva for clara, estável e bem-organizada, surgem significados precisos e inequívocos e estes têm tendência a reter a força de dissociabilidade ou disponibilidade. Se, por outro lado, a estrutura cognitiva for instável, ambígua, desorganizada ou organizada de modo caótico, tem tendência a inibir a aprendizagem significativa e a retenção.”
(AUSUBEL, 2003, p. 26)

É relevante discorrer que mesmo em uma atividade significativa, dialógica e interessante a compreensão genuína de um conceito pode não ocorrer se tornando esta atividade ineficaz para uma aprendizagem significativa. Para corrigir é sugerido por Ausubel (2003), que seja formulado problemas e questões inovadoras e não familiares.

“De acordo com Ausubel (2003), a “compreensão genuína de um conceito ou preposição implica a posse de significados, claros, precisos, diferenciados e transferíveis”. Entretanto, ao se testar essa compreensão pedindo que o aluno responda quais são os elementos essenciais na construção de um conceito é possível que o aprendiz responda de maneira mecânica e memorizada. Ainda segundo Ausubel “a melhor maneira de se evitar a simulação da aprendizagem significativa é formular problemas e questões de uma maneira nova e não familiar”.
(MOREIRA, 2021, p. 143)

A construção de um conceito e a compreensão de seus significados, transcende da maneira dialógica com que são aprendidos, uma vez que o indivíduo constrói seus constructos cognitivos se relacionando com o mundo de diferentes maneiras. Ele retira dele suas percepções sensoriais, individuais e culturais. Constrói e modela seus conceitos e significados pela experiência humana. Se apresenta como aquele que pode transformar o seu ambiente pelos conhecimentos adquiridos. Enfim, se aprende de dentro para fora e de fora para dentro construindo signos, símbolos e significados para que mente e corpo possam produzir o entendimento necessário para compreensão do mundo em que vive.

2.2 Fundamentos metodológicos – Aprendizagem significativas e Mapas Conceituais de Joseph Novak

Mapas conceituais são diagramas que organizam conceitos de forma hierárquica e suas relações proposicionais no contexto de um conhecimento. Segundo Moreira (2017), os mapas conceituais não devem ser confundidos com modelos mentais ou quadros de resumos que não estão comprometidos com as relações de conceitos.

Os mapas conceituais foram fundamentados na aprendizagem significativa de Ausubel e criados no início da década de 1970 por Joseph Novak. Esses mapas têm um formato hierárquico, com conceitos mais amplos e gerais no topo, conectados a conceitos mais específicos na base.

Novak enfatiza a importância dos mapas conceituais na promoção da aprendizagem significativa, permitindo que os alunos organizem e relacionem conceitos de maneira a construir um entendimento mais profundo e interconectado do conhecimento. Os mapas conceituais podem ser utilizados na educação para dimensionar a aprendizagem de conceitos e definições. Segundo (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978), o ser humano está inserido em um mundo de conceitos em lugar de objetos, acontecimentos e situações.

Segundo Moreira (2017), em um mapa conceitual, conceitos são representados, em geral por palavras e colocados dentro de “caixas” ou “balões”. Quando há uma relação entre dois conceitos que aparecem em um mapa conceitual, eles são conectados por uma linha sobre a qual coloca-se um conector, uma palavra de enlace, geralmente um verbo, de modo a formar uma proposição que indica a relação existente entre esses conceitos.

Outra característica de um mapa conceitual é que os conceitos são estruturados de modo hierárquico vertical de cima para baixo. Ou seja, o conceito de maior relevância aparece na parte superior do mapa e o conceito de menor relevância aparecem na parte inferior do mapa. Podendo ainda ser organizado com relações cruzadas possuindo uma integração bidimensional com relações mais completas dos conceitos.

"Mapas conceituais devem ser entendidos como diagramas bi-dimensionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos de um corpo de conhecimento e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual desse corpo de conhecimento".

(MOREIRA, 2006, p. 10)

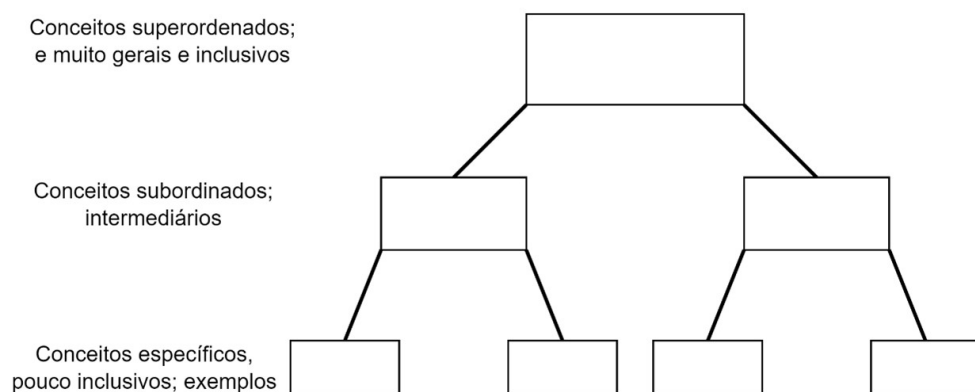
Os Mapas conceituais possuem uma forte relevância e se apresentam como uma ferramenta didática pertinente na verificação da aprendizagem conceitual dos aprendizes à medida que o docente realiza a sua prática.

"Os mapas conceituais podem ser usados para mostrar as relações hierárquicas entre os conceitos que estão sendo ensinados em uma aula, em uma unidade de estudo ou em um curso inteiro. Eles explicitam relações de subordinação e superordenação que possivelmente afetarão a aprendizagem de conceitos. São representações concisas das estruturas conceituais que estão sendo ensinadas e, como tal, provavelmente facilitarão aprendizagem dessas estruturas.

(MOREIRA, 2006, p. 16)

Nos mapas conceituais, se dá prioridade ao ordenamento hierárquico vertical; por esta razão, nem sempre é possível mostrar as relações horizontais desejadas. Assim, o eixo horizontal deve ser interpretado como menos estruturado, enquanto o eixo vertical deve refletir bem o grau de exclusividade dos conceitos (ROWELL, 1978).

Figura 1 – Um modelo para mapeamento conceitual de acordo com a teoria de Ausubel.



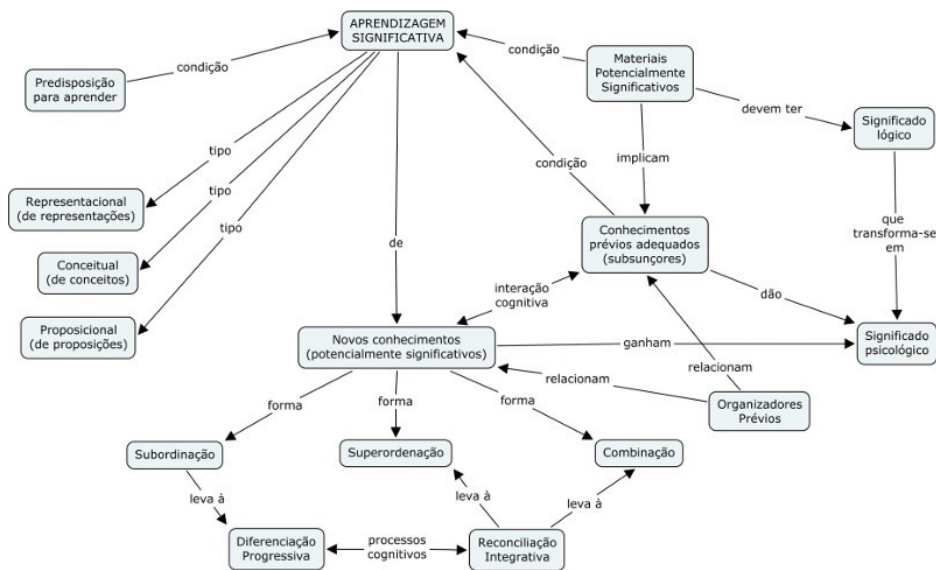
Neste mapa conceitual é abordado apenas um conceito, entretanto é possível construir mapas conceituais bem mais elaborados e abrangentes. A construção do mapa conceitual não dispensa a explicação do professor podem ser utilizados para integrar e reconciliar relações entre conceitos e promover a diferenciação conceitual.

“Os mapas conceituais funcionam para deixar claro para o aluno e professor o pequeno número de ideias-chave nas quais eles devem se concentrar para qualquer tarefa de aprendizagem específica. Um mapa também pode fornecer uma espécie de roteiro virtual que mostra alguns dos caminhos que podemos seguir para conectar significados de concepções. Após a conclusão de uma tarefa de aprendizagem, os mapas conceituais fornecem um resumo esquemático do que foi aprendido”.

(NOVAK; GOWIN, 1984, p. 15)

Segundo Moreira (2021), os mapas conceituais podem ser um importante instrumento de avaliação da aprendizagem, e sua utilização pode ajudar na aprendizagem significativa dos estudantes. Vejamos um mapa conceitual para a aprendizagem significativa proposta por Ausubel.

Figura 2 – Um mapa conceitual para a aprendizagem significativa de Ausubel.

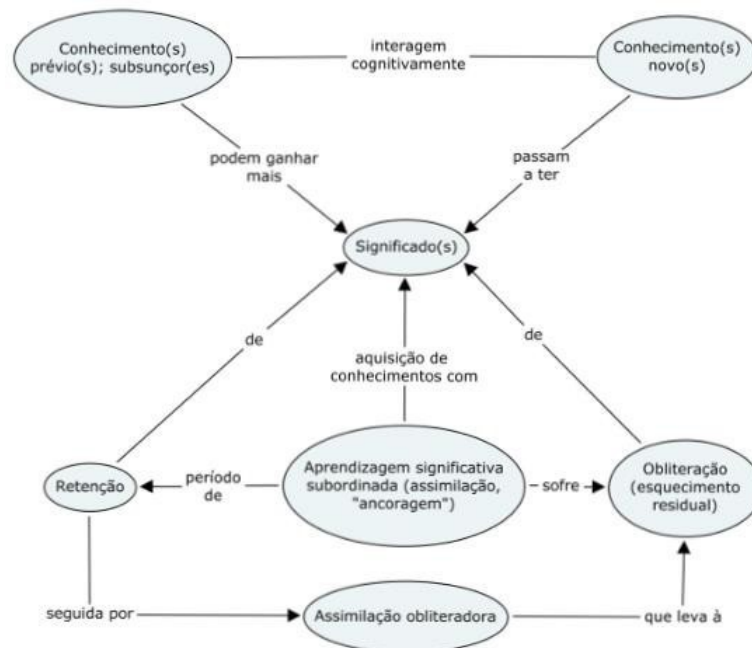


Aprendizagem significativa é o conceito mais importante da teoria de Ausubel. Desta forma, ocupa no mapa uma posição hierarquicamente superior. As condições para que ocorra uma aprendizagem significativa ocorre quando há uma predisposição do estudante para aprender e quando os materiais potencialmente significativos estão disponíveis. Por outro lado, isso pressupõe que tais materiais possuam um significado lógico e que o estudante possua conhecimentos prévios adequados para traduzir o lógico em psicológico. O mapa relaciona ainda os tipos (representacional, conceitual e proposicional) e as formas (subordinada, superordenada e combinatória) de aprendizagem significativa. O que ocorre entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos é uma interação cognitiva. O termo “ancoragem” é metafórico, porque nessa interação o “ancoradouro” também se modifica. Resumidamente, Moreira (2013), descreve que o processo pode ser assim descrito:

- Um novo conhecimento interage com algum conhecimento prévio, especificamente relevante, e o resultado disso é que esse novo conhecimento adquire significado para o aprendiz e o conhecimento prévio adquire novos significados, fica mais elaborado, mais claro, mais diferenciado, mais capaz de funcionar como subsunçor para outros novos conhecimentos;
- Durante um certo período de tempo, a fase de retenção, o novo conhecimento pode ser reproduzido e utilizado com todas suas características, independente do subsunçor que lhe deu significado em um processo de interação cognitiva;
- No entanto, simultaneamente, tem início um processo de obliteração cujo resultado é um esquecimento (residual) daquele que era um novo conhecimento e que foi aprendido significativamente. Isso quer dizer que aprendizagem significativa não é sinônimo de “nunca esquecer” ou “daquilo que não esquecemos”;
- A assimilação obliteradora é a continuidade natural da aprendizagem significativa. Mas essa obliteração não leva a um esquecimento total. Ao contrário, o novo conhecimento acaba “ficando dentro do subsunçor” e a reaprendizagem é possível e relativamente fácil e rápida.

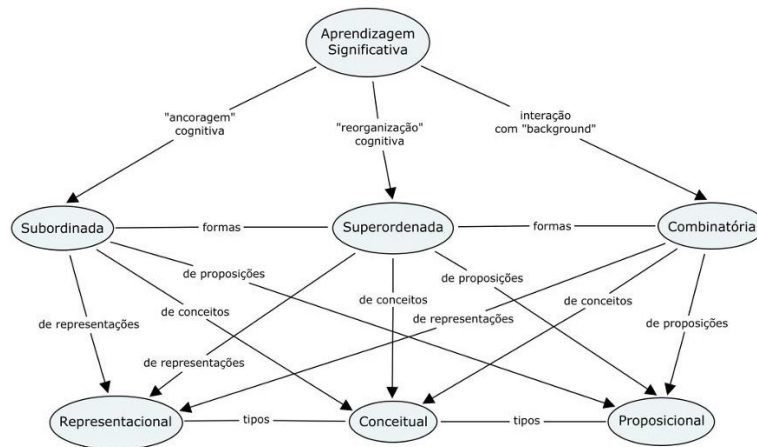
No diagrama abaixo está representado a aprendizagem significativa subordinada, a forma mais simples de aprendizagem significativa.

Figura 3 – Um mapa conceitual para a aprendizagem significativa subordinada.



No mapa, fica evidente que a interação cognitiva entre conhecimentos novos e prévios é fundamental para a aprendizagem significativa. No entanto, é importante

Figura 4 – Um mapa conceitual com formas e tipos de aprendizagem significativa.



ressaltar que a disposição para realizar essa interação também é essencial, apesar de não ser explicitamente representada no mapa. Essa é a forma mais comum de aquisição de novos conhecimentos com significado. Segundo Moreira (2017), em situação formal de ensino, o significado lógico dos materiais educativos é transformado em significado psicológico para o ser que aprende, por “subordinação”, “ancoragem”, a conhecimentos prévios. Ausubel usava também o termo “assimilação”. Temos a seguir um mapa conceitual representando os tipos e formas de aprendizagem significativa.

No diagrama conceitual é possível observar cada forma de aprendizagem significativa (subordinada, superordenada e combinatória) que pode gerar diferentes tipos de aprendizagem significativa (representacional, conceitual e proposicional). São três as formas de aprendizagem significativa: (1) subordinada, (2) superordenada e (3) combinatória. A mais comum, é a subordinada que se ancora em um conhecimento já existente.

“O novo conhecimento se subordina, se “ancora”, em um certo conhecimento já existente na estrutura cognitiva com alguma estabilidade e clareza. Nesse processo o novo conhecimento adquire significado e o prévio fica mais diferenciado, mais estável, mais claro, mais rico em significados. Na verdade, há um gradiente de interação, quer dizer, o novo conhecimento interage com mais de um conhecimento prévio, mas há uma interação mais forte, indispensável, com determinado conhecimento prévio especificamente relevante para dar significado ao novo.”

(MOREIRA, 2017, p. 138)

A superordenada se destaca por apresentar uma reorganização cognitiva em que ocorre uma hierarquização de conceitos ora aprendido, com aqueles já existentes, Moreira (2017), destaca este grau de relevância e discorre sobre a forma de aprendizagem por

superordenação.

“É aquela aprendizagem em que há uma reorganização cognitiva de modo que um conhecimento passa a ser hierarquicamente (a estrutura cognitiva é dinâmica, hierárquica, buscando sempre a organização) superior a outros. Isso normalmente ocorre quando o ser que aprende percebe relações entre conhecimentos aprendidos por subordinação. Pode também ocorrer que um novo conhecimento seja percebido, ou que um novo significado seja captado, já como hierarquicamente superior a outros estabelecendo diferenças, semelhanças, causalidades, graus de diferença, entre conhecimentos aprendidos por subordinação.”

(MOREIRA, 2017, p. 138)

A combinatória, por sua vez, se destaca pela relação de um conjunto de conhecimentos prévios em que o estudante já possui, podendo relacioná-los para construir novos conhecimentos. Ausubel (2003) apresenta de maneira distinta três tipos de aprendizagem significativa: (1) representacional (de representações), (2) conceitual (de conceitos) e (3) proposicional (de proposições). Aprendizagem significativa representacional é o tipo de aprendizagem mais elementar, onde um símbolo arbitrário passa a representar um determinado objeto. Dessa forma, é possível ter uma representação de um objeto, sem necessariamente ter aprendido o conceito sobre ele. Moreira (2017) esclarece que os símbolos arbitrários passam a representar, em significado, objetos ou acontecimentos numa relação unívoca. É aquela em que um símbolo, um signo, um ícone representa um único evento ou objeto. Por exemplo, a palavra mesa significa apenas uma mesa, como aquela de sua casa. A criança não tem ainda o conceito de mesa, apenas e tão somente uma representação desse objeto. Quando se consegue distinguir os diferentes tipos e grupos desse mesmo móvel, o sujeito então passa a construir o conceito de mesa. À medida que se desenvolve, o ser humano vai construindo muitos outros conceitos, cada vez mais complexos, e mais sofisticados. Conceitos são representados por signos, geralmente linguísticos, e apontam regularidades em eventos ou objetos. Uma vez construído um conceito, o sujeito se libera de referentes específicos. Por exemplo, quem tem o conceito de professor não necessita associá-lo a um determinado professor. Essa é a aprendizagem significativa de conceitos, ou conceitual. Segundo Moreira (2017), a aprendizagem significativa proposicional corresponde à significados de ideias expressa por grupos de palavras que representam conceitos, combinadas em proposições ou sentenças. Por exemplo, “mapas conceituais podem facilitar a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa” é uma proposição que envolve os conceitos de aprendizagem significativa, facilitação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, mas seu significado vai além da soma dos significados desses conceitos.

Provavelmente, seria necessária uma aprendizagem proposicional combinatória. Segundo Moreira (2017),

“Uma aprendizagem representacional pode evoluir para conceitual. Uma aprendizagem subordinada pode passar a superordenada. Uma aprendizagem combinatória pode envolver subordinação, superordenação e conceitualização. E assim por diante. A estrutura cognitiva é dinâmica, e busca sempre a organização e isso envolve processos como a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora”.

(MOREIRA, 2017, p. 142)

A aprendizagem significativa e a formação de conceitos são construídas pela construção, significação e ressignificados de signos e palavras daquilo que aprendemos e construímos como sujeitos. Nada acontece sem a interação biunívoca entre os sujeitos. E dessa forma, é construído o conhecimento pelas mais diferentes formas do saber.

2.3 Fundamentos metodológicos para uma experimentação significativa investigativa

O ensino de ciências nas escolas ainda é um desafio, pois não conseguem proporcionar com eficácia uma alfabetização científica significativa. Segundo Munford e Lima (2007), o conteúdo que o professor ensina, ainda se encontra descolado da realidade do aluno. Munford e Lima (2007), descreve como tem sido o ensino de ciências;

“O ensino de ciências tem se realizado por meio de proposições científicas, apresentadas na forma de definições, leis e princípios e tomados como verdades de fato, sem maior problematização e sem que se promova um diálogo mais estreito entre teorias e evidências do mundo real.”

(MUNFORD; LIMA, 2007, p. 2)

As práticas experimentais são consideradas instrumentos pedagógicos de relevância no processo de ensino aprendizagem. Uma vez que rompe com o ensino tradicional promovendo uma maior interatividade na mediação do conhecimento. Segundo Freire (1997), para compreender a teoria é preciso experienciá-la. Assim, as atividades experimentais colaboram para a construção do conhecimento do estudante, despertando o seu interesse e a sua curiosidade para uma aprendizagem mais significativa. Segundo o Plano Nacional curricular de 2006:

“As atividades experimentais devem partir de um problema, de uma questão a ser respondida. Cabe ao professor orientar os alunos na busca de respostas. As questões propostas devem propiciar oportunidade para que os alunos elaborem hipóteses, testem-nas, organizem os resultados obtidos, reflitam sobre o significado de resultados esperados e, sobretudo, o dos inesperados e usem as conclusões para a construção do conceito pretendido”. (PCN, 2006, p. 26)

Nesta perspectiva, e alinhado com o plano nacional da educação (PCN), atividades investigativas e experimentais são importantes recursos pedagógicos para construção do conhecimento.

“As habilidades necessárias para que se desenvolva o espírito investigativo nos alunos não estão associadas a laboratórios modernos, com equipamentos sofisticados. Muitas vezes, experimentos simples, que podem ser realizados em casa, no pátio da escola ou na sala de aula, com materiais do dia a dia, levam a descobertas importantes.” (PCN, 2006, p. 22)

Segundo Bianchini (2011), “O objetivo de se elaborar atividades investigativas é levar o aluno a pensar, debater, justificar, argumentar, aplicar conhecimento a situações novas, fazê-los participar de sua própria aprendizagem e sentir a importância disso”. Segundo Moreira (1983), a investigação produzida pela resolução de situações-problema deve estar direcionada às ações dos estudantes e estes devem interagir com a prática. Azevedo (2004), considera que para uma atividade possa ser investigativa o estudante não pode se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou a observação, precisa também refletir sobre a prática promovendo a sua discussão e reflexão.

Não podemos deixar de reforçar que para uma atividade seja investigativa apenas a manipulação ou observação não é suficiente. Borges (2002) também descreve que somente a manipulação de objetos e artefatos não satisfaz uma atividade por investigação. Segundo Azevedo (2004), é salutar uma interação constante do estudante com a atividade produzindo sempre uma discussão, reflexão ou contestação, fazendo com que ele o estudante seja capaz de pensar e resolver situações-problema novos.

SCARPA Daniela Lopes; SASSERON (2017), considera a investigação sendo:

“Quando falamos em investigação, temos como pressuposto as ações e as atitudes que permitem a resolução prática de um problema

e as ações e atitudes envolvidas no processo de compreensão das ações práticas executadas. Trata-se, portanto, de um movimento cíclico, de considerar o que se faz e de colocar em prática aquilo sobre o que se reflete.” (SCARPA DANIELA LOPES; SASSERON, 2017, p. 9)

Sugere um modelo de ensino pautado na abordagem investigativa, no qual seja apresentado situações-problema, mesmo que não inicialmente evidentes, porém que sejam resolvidos por meio da investigação e pesquisa. Segundo Bachelard (1996), o entendimento do sentido de um situações-problema, emerge um espírito científico; todo conhecimento é resposta a uma pergunta, e por tanto se não houver perguntas, não haverá construção de conhecimentos científicos.

O planejamento de uma investigação deve levar em consideração os materiais oferecidos e/ou solicitados aos alunos, os conhecimentos prévios importantes para que a discussão ocorra, os problemas que nortearão a investigação e é claro , o gerenciamento da aula , que inclui, sobretudo, o incentivo a participação dos alunos nas atividades e iscuções. "

(SASSERON, 2022, p. 43)

A interação entre os partícipes é essencial para o ensino por meio da investigação, uma vez que envolve a troca de ideias e o diálogo entre os estudantes e o professor. O professor tem um importante papel de facilitar o processo de ensino e aprendizagem por investigação, atuando como um guia ativo e participativo. Ele estimula a curiosidade, a criatividade e o pensamento crítico dos estudantes, promovendo um ambiente de descoberta e aprendizagem. Segundo Mortimer e Scott (2002), “o professor trabalha as intenções e o conteúdo do ensino por meio das diferentes intervenções pedagógicas que resultam em diferentes padrões de interação”.

Quando o professor interage com o estudante inúmeras interações estão correndo e a observação de cada fala se torna pertinente dentro da experimentação investigativa. Sasseron e Carvalho (2016) propõe que é importante compreender a interação que ocorre entre professor e aluno à medida que a atividades investigativas proporcionam a enculturação científica. De acordo com Carvalho (2018), as atividades investigativas abrangem objetivos conceituais, epistêmicos e sociais. Carvalho afirma:

“As atividades investigativas e as sequências de ensino investigativo abrangem objetivos de ensino conceituais, epistêmicos e sociais,

além de conteúdos significativos para os estudantes, criando oportunidades para que estes se alfabetizem cientificamente vivenciando diferentes práticas similares às da comunidade científica.”

(CARVALHO, 2018, p. 781)

Carvalho (2018) reforça o que concerne em uma sequência investigativa para uma alfabetização científica, e remete a uma similaridade das práticas vivenciadas da comunidade científica. A interação argumentativa que se realiza em um trabalho investigativo é relevante e se faz necessária na articulação do processo do ensinar, pois a habilidade argumentativa pode formar estudantes mais pensantes e criativos

Assim, para Jimenez-Aleixandre e BUSTAMANTE (2003):

“O raciocínio argumentativo é relevante para o Ensino de Ciências já que um dos fins da investigação científica é a geração e justificativa dos enunciados e ações encaminhadas para a compreensão da natureza, visto que o Ensino de Ciências deveria dar a oportunidade de desenvolver, entre outros, a capacidade de raciocinar e argumentar.”

(JIMENEZ-ALEIXANDRE; BUSTAMANTE, 2003, p. 36)

O estudante aprende e torna mais significativo o seu aprendizado com as práticas investigativas, seja pela observação, questionamento, argumentação, manipulação de objetos, formulação de hipóteses e análise de resultados. O ensino por investigação muito se caracteriza pela proximidade das sequências didáticas de trabalhos que são realizados pelos cientistas. Sasseron e Carvalho (2016) acreditam quando adaptado corretamente a prática investigativa não tem por que incorrer na inviabilidade da construção do conhecimento científico ao ensino de Ciências. É pertinente dizer que os estudantes que forem ensinados por essas metodologias de investigação poderão encontrar maior facilidade de entendimento nas práticas, sejam elas experimentais ou textuais. Munford e Lima (2007) acredita que vivenciando as etapas do ensino por investigação o estudante passa a compreender melhor a ciência dos cientistas.

“...acredita-se que na medida em que o aluno vivencia todos esses aspectos essenciais, ele passa a ter um conhecimento mais apropriado acerca das práticas dos cientistas e dos processos de construção de teorias científicas. A própria aprendizagem dos conceitos científicos também é mais aprofundada e significativa, uma vez que esses conceitos e teorias são introduzidos em meio a elementos essenciais de seu contexto de produção.”

(MUNFORD; LIMA, 2007, p. 103)

Aprender ciência é algo fantástico, pois conduz a uma janela de possibilidades, e interpretações:

“Aprender ciências requer mais do que desafiar as ideias anteriores dos alunos mediante eventos discrepantes. Aprender ciências envolve a introdução das crianças e adolescentes a uma forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo; tornando-se socializado, em maior ou menor grau, nas práticas da comunidade científica, com seus objetivos específicos, suas maneiras de ver o mundo e suas formas de dar suporte às assertivas do conhecimento.”

(DRIVER; ASOKO et al., 1999, p. 36)

O mundo é formado por pessoas, e elas possuem o poder de criar realidades através do conhecimento, se assim quiserem. Portanto, não nos deixemos ser levados a viver em um apagão científico, pois o mundo sempre precisa de mais um protagonista.

3 TÓPICO DA FÍSICA

3.1 Breve Histórico do Eletroscópio

3.1.1 O Eletroscópio de Folhas

O eletroscópio é fruto de inúmeras experiências e estudos, é um aparato experimental que possui como finalidade identificar corpos eletricamente carregados (objeto que possui um excesso ou falta de elétrons, fazendo com que ele adquira uma carga elétrica). Este aparato será aqui descrito tendo como fundamentação de referência os trabalhos de Assis (2010) e Medeiros (2002). O instrumento mais antigo para identificar cargas foi o versorium de Willian Gilbert ilustrado na Figura 5. O versório é um instrumento que normalmente consiste em duas partes: uma parte vertical, que é um suporte e uma parte horizontal que consiste em uma agulha (metal não magnetizada) capaz de girar livremente sobre o eixo do suporte. A agulha horizontal gira livremente, e é muito sensível ao torque.

Figura 5 – Versorium de Gilbert, como ilustrado em seu livro De Magnete, de 1600.



O termo versório vem de uma palavra latina, versorium, que tem o significado de instrumento girador ou aparato girante. O versório em meados do século XVI deixa de ser utilizado e passa a ser substituído pelo eletroscópio. A eletrização ficou por muito tempo baseada com trabalhos em âmbar e a eletrização de folhas secas. Entretanto, no século XVII foi criado um modelo de eletrização de objetos. Neste período, foi construída e utilizada a primeira máquina de eletrificação, cujo criador foi o físico alemão Otto von Guericke, esta máquina consistia em uma esfera sólida de enxofre montada sobre um eixo de ferro que se encaixava em um suporte sobre uma caixa de madeira, assim como mostrado na Figura 6.

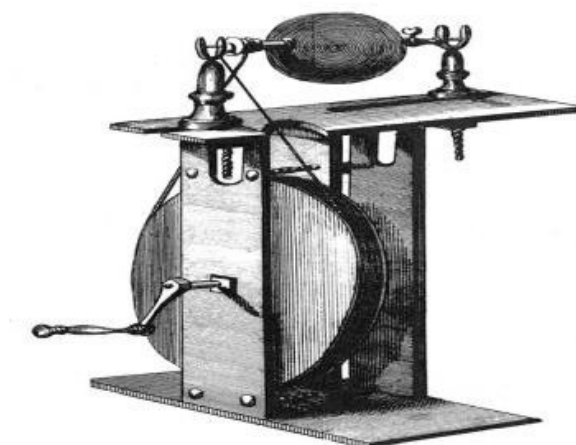
A experimentação de Guericke se condicionava a manter uma penugem flutuando acima de uma esfera de enxofre atritada (eletrizada). A esfera era girada em torno de seu eixo por uma das mãos enquanto a outra se mantinha na esfera. Quando eletrizada, a esfera era retirada do suporte e usada para experimentos diversos, tais como, por exemplo, perseguir uma pena, que era ora atraída, ora repelida pela esfera. Essa primitiva máquina de atrito foi sucessivamente aperfeiçoada durante todo o século XVIII. Um outro precursor do eletroscópio foi o método rudimentar, inventado em 1705 por Francis Hauksbee. O

Figura 6 – A máquina eletrostática desenvolvida por Guericke (1672).



eletroscópio de Hauksbee foi o primeiro instrumento construído propositalmente para produzir a eletrificação de corpos como ilustrado na Figura 7.

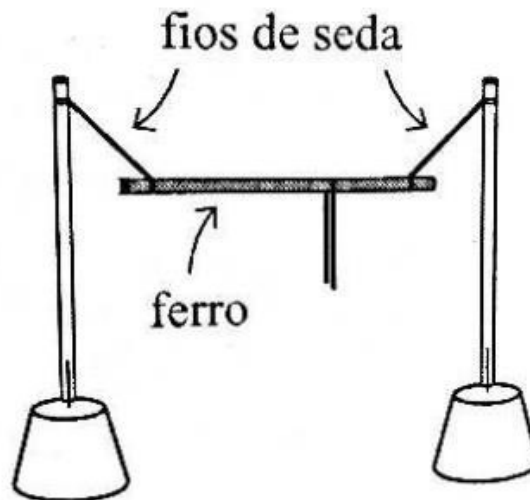
Figura 7 – Máquina elétrica de Hauksbee, como ilustrado em seu livro (HAUKSBEE, 1719).



A manivela era movida manualmente e o globo de vidro girava rapidamente, sendo então atritado colocando-se a mão em contato com ele. Um instrumento como este é chamado de máquina elétrica, máquina eletrostática, gerador triboelétrico, ou de gerador elétrico por atrito. Tal método consistia na utilização de vários pedaços de linha suspensos, lado a lado, na extremidade de uma barra cilíndrica de vidro ou na superfície interior de uma esfera oca, igualmente de vidro, de tal modo que as linhas ficavam penduradas para baixo com suas extremidades afastadas, aproximadamente, uma polegada do vidro. Quando o vidro era eletrificado por atrito, as linhas reordenavam-se passando todas a apontarem radialmente em direção ao mesmo. Os vários experimentos realizados por Hauksbee com as linhas orientadas eletricamente estimularam as discussões sobre os "efflúvios" ou emanações da virtude elétrica. Stephen Gray, já no século XVIII, utilizaram penas de aves para indicar as eletrificações. Elaborando a ideia de Hauksbee, de utilizar várias linhas dependuradas, Stephen Gray utilizou, já na década dos 1740, um único par de linhas de seda ou um par de penas, para avaliar, através da divergência angular entre elas, as intensidades das eletrizações produzidas. O conhecido eletroscópio pendular

de bolinha de sabugueiro tem, portanto, sua origem nas linhas dispostas por Hauksbee em seus tubos e globos de vidro, assim como nas penas e nas linhas dependuradas por Stephen Gray nos seus condutores metálicos. Mantendo uma pena pendurada próximo à extremidade de um tubo metálico, cuja outra extremidade tocava num globo de vidro eletrizado, Gray constatou que a pena era atraída em direção ao tubo e logo após repelida, ao tocar no mesmo (LEON, 1988). O processo de detecção da eletricidade, com a utilização de linhas, utilizado por Gray foi descrito pela primeira vez por Wheeler, um amigo e colaborador nos seus experimentos. Os experimentos de Gray consistiam em tomar um corpo eletrizado e tocá-lo com outros corpos bastante extensos, como barras e fios, observando, com seu eletroscópio rudimentar, em que condições os efeitos elétricos apareciam ao longo de tais corpos extensos. Esses experimentos contribuíram para a descoberta da condução da eletricidade. Pensando na eletricidade como um fluido, Gray observou que ela viajava através de alguns corpos e não de outros. Rejeitou, assim, os velhos conceitos de "elétricos" e "não elétricos", introduzidos por Gilbert, isto é, aqueles corpos, respectivamente, que geravam e aqueles que não geravam eletricidade. Gray passou a adotar, então, uma distinção entre os corpos que conduziam a eletricidade (os antigos não elétricos) e os que a isolavam (os antigos elétricos), denominando-os respectivamente, de condutores e isolantes.

Figura 8 – Modelo simplificado do eletroscópio de Du Fay. Observe os fios dobrados ao meio, com suas partes centrais apoiadas sobre a barra (ASSIS, 2010).

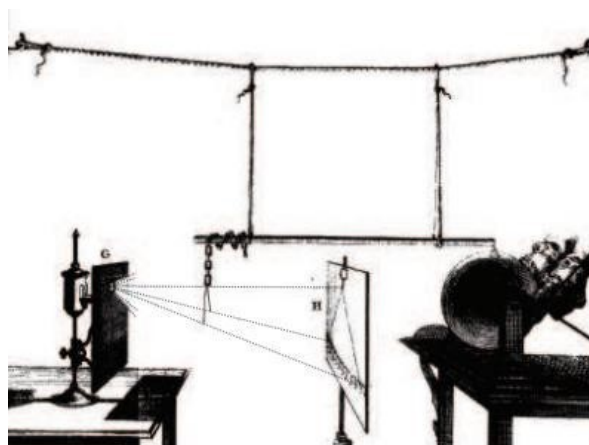


Charles Du Fay descreve pela primeira vez em termos de cargas elétricas a existência de atração e repulsão. Du Fay inicialmente não considerava a repulsão observada como sendo um fenômeno real, tendo mudado de opinião devido às evidências experimentais. Na primeira experiência que descreveu, Du Fay tinha uma barra de ferro suspensa horizontalmente por fios de seda, como mostrado na Figura 8. Estes fios garantiam o isolamento elétrico do conjunto, evitando que ele se descarregasse para a Terra. Du Fay

colocou sobre a barra fios de comprimentos idênticos, mas de diversos tipos: linho, algodão, seda e lã. Cada fio era dobrado ao meio, com suas partes centrais apoiadas sobre a barra. Ao eletrizar a barra, ele observou que elas se afastavam mais se os fios fossem de linho, depois os de algodão, em seguida os de seda. Os fios de lã eram os que menos se afastavam entre si. Du Fay atribuiu este comportamento a uma capacidade maior do linho de acumular a matéria elétrica, comparado com as outras substâncias. A Figura 8 representa um modelo simplificado do eletroscópio criado por Du Fay.

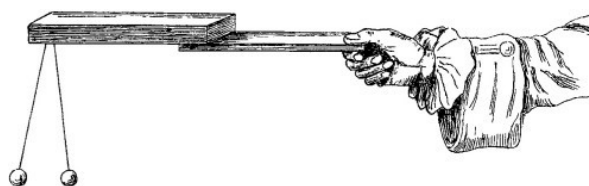
Du Fay também usou seu eletroscópio, entre outras coisas, para descobrir quais materiais seriam os melhores isolantes. Em 1747, Jean-Antoine Nollet apresentou um aperfeiçoamento do eletroscópio de Du Fay, assim como mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Eletrômetro de Nollet. Uma lâmpada iluminava os fios e projetava suas sombras sobre uma tela graduada na qual se podia ler o ângulo de abertura dos fios (ASSIS, 2010).



Para evitar perdas de eletricidade nas extremidades dos fios do eletroscópio, foram colocadas presas pequenas bolas leves feitas de sabugueiro ou cortiça. Um dos responsáveis pela mudança do eletroscópio foi o cientista John Canton em 1718 - 1772. Podemos verificar na Figura 10 como era o eletroscópio proposto por Canton.

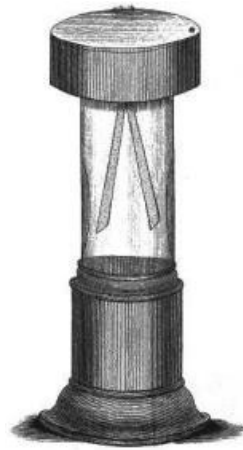
Figura 10 – Eletroscópio de Canton. Observe as bolinhas de cortiça, nas pontas dos fios (ASSIS, 2010).



Mais tarde, os fios de linho foram substituídos por palhas rígidas e folhas de metal. Eles eram mais duráveis e permitiam uma determinação mais precisa do ângulo de abertura. Abraham Benne e Alessandro Volta foram cientistas importantes que con-

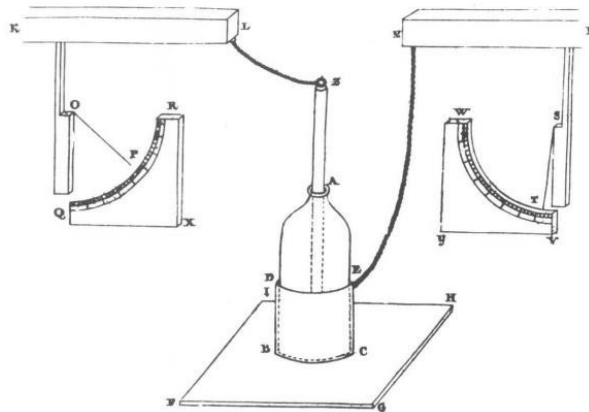
tribuíram para esses desenvolvimentos. O eletmetro de Bennet, com seus dois pedaços de folha de ouro, é representado na Figura 11.

Figura 11 – Eletroscópio com lâminas metálicas (ASSIS, 2010).



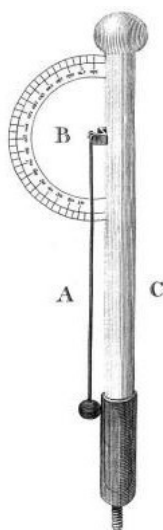
Georg Wilhelm Richmann criou um eletroscópio entre 1744 e 1753 no qual um dos canudos é fixado em relação ao solo e apenas um único canudo ou tira se afasta da vertical quando o eletroscópio é eletrizado, como ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Dois eletrômetros de Richmann: somente uma das lâminas é móvel (ASSIS, 2010).



Esse tipo de eletrômetro foi desenvolvido posteriormente por William Henley em 1770, como mostrado na Figura 13, onde possui uma haste móvel leve A, com uma bola de cortiça na ponta, feita para girar no centro B. Quando o eletrômetro é carregado, há uma repulsão entre a haste móvel A e o suporte fixo C. O ângulo de abertura pode ser lido no transferidor conectado ao instrumento. O instrumento permitiu associar ao valor da força mecânica de repulsão do pêndulo, formado pelo fio de suspensão e pela bola de madeira, um valor numérico dado pelo ângulo de desvio da vertical apresentado pelo fio do pêndulo ou por um estilete de madeira.

Figura 13 – Eletrômetro de Henley e a medida precisa da abertura da folha móvel (MEDEIROS, 2002).



No final do século XVIII, os eletroscópios já eram utilizados nas experiências de indução. Por exemplo, diversos tipos de eletroscópios e eletrômetros, dentre os quais o criado pelo reverendo Abraham Bennet, um aperfeiçoamento do aparelho de Tiberius Cavallo, se tornariam os mais conhecidos. Apresentamos na Figura 14 uma fotografia do eletroscópio de Bennet. Abraham Bennet publicou na *Philosophical Transactions*, da Royal Society de Londres, em 1787, duas invenções de grande importância. Uma delas era o eletroscópio de folhas de ouro, que seria aperfeiçoado, logo em seguida, por William Hasledine Pepys, tornando-se o mais preciso detector de eletricidade disponível à época.

Figura 14 – Eletroscópio de folhas de ouro de Bennet (MEDEIROS, 2002).



Esse instrumento, bem mais sensível que o seu antecessor de linhas, daria um enorme impulso nas pesquisas sobre a eletricidade. Ao final do século XVIII, vários outros eletroscópios e eletrômetros estavam igualmente em uso ou em desenvolvimento. O mais importante de todos os instrumentos de medida da eletricidade, surgidos ao final do século XVIII, foi a balança de torção, apresentada em 1784 por Charles Augustin Coulomb. A utilização da balança de torção se constitui como ferramenta primordial para os estudos da eletricidade e finaliza desta maneira um período de centralidade com trabalhos relativos ao eletroscópio.

3.2 Tendências e Perspectivas do Eletroscópio de Folhas no Ensino de Física

O eletroscópio é um aparato experimental utilizado para verificar a presença de cargas elétricas. Tem sua origem no século XVI, com o versorium de William Gilbert. Entretanto, foi o físico Charles Augustin de Coulomb, no final do século XVIII, que o aprimorou e utilizou em seus estudos da eletricidade. Desde então o eletroscópio tem sido utilizado em laboratórios de física e em experimentos didáticos para demonstrar os fenômenos da eletricidade. Com o tempo e o avanço tecnológico o eletroscópio passou por processo de modificações e aprimoramentos. Estudos mais atuais, norteiam muitas aplicações e uso do eletroscópio em nossa sociedade. Para Medeiros (2002), trabalhos direcionados para a área do ensino se utiliza de um conjunto de metodologias que favorecem o eletroscópio como um instrumento de aprendizagem nas escolas e laboratórios. Santos (2016), destaca a importância do uso do eletroscópio de folhas como instrumento didático e descreve algumas alternativas de ensino junto da eletrostática. Projeta um aparato experimental constituído de quatro eletroscópios idênticos exceto pelas larguras das folhas, onde as únicas grandezas que variam é a largura da folha e a abertura entre elas. Sampaio et al. (2017), também sugere a construção de um eletroscópio, entretanto, se utiliza de componentes eletrônicos como transistores com efeito de campo que possibilita a identificação das cargas elétricas em positivas e negativas. Pedroso et al. (2021), já aborda a construção de um eletroscópio eletrônico para identificação de cargas elétricas. Todavia, este trabalho se destaca pela elaboração e construção de um aparato experimental de baixo custo, contribuindo para uma melhor capacidade de difusão e acesso deste tipo de instrumento por alunos e professores de escolas públicas e privadas. Bastos (2021), remete à construção e utilização do eletroscópio como um instrumento de detecção de radiação ionizante com foco no ensino da Física Nuclear. Este sugere a construção de um instrumento de baixo custo, o eletroscópio, acoplado a uma câmara ionizante que possibilite medir a radioatividade de camisinhas de lampião contendo tório. O experimento apresenta fácil construção e inúmeras contribuições para o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes. Gomes et al. (2022), tem seus trabalhos voltados para construção e funcionalidade operacional do aparato eletroscópio de folhas caseiro para uso laboratorial, destacando influências ambientais que conduzem para uma melhor utilização e funcionamento. Também, é trazido os trabalhos de Abreu et al. (2024), onde se destaca a construção de materiais audiovisuais se utilizando do aparato experimental eletroscópio de folhas como um instrumento didático e divertido. Trazendo um trabalho de produção de um material audiovisual que auxilie o professor no ensino de ciências, além de objetivar a divulgação científica, com escopo na experimentação de baixo custo. Enfim, o eletroscópio de folhas é um aparelho científico que apesar de ser antigo, apresenta grande importância na atualidade. Se destaca no escopo acadêmico, pela sua capacidade de demonstração e experimentação, contribuindo desta forma, para

a formação e aprimoramento de estudantes em diversas áreas do conhecimento.

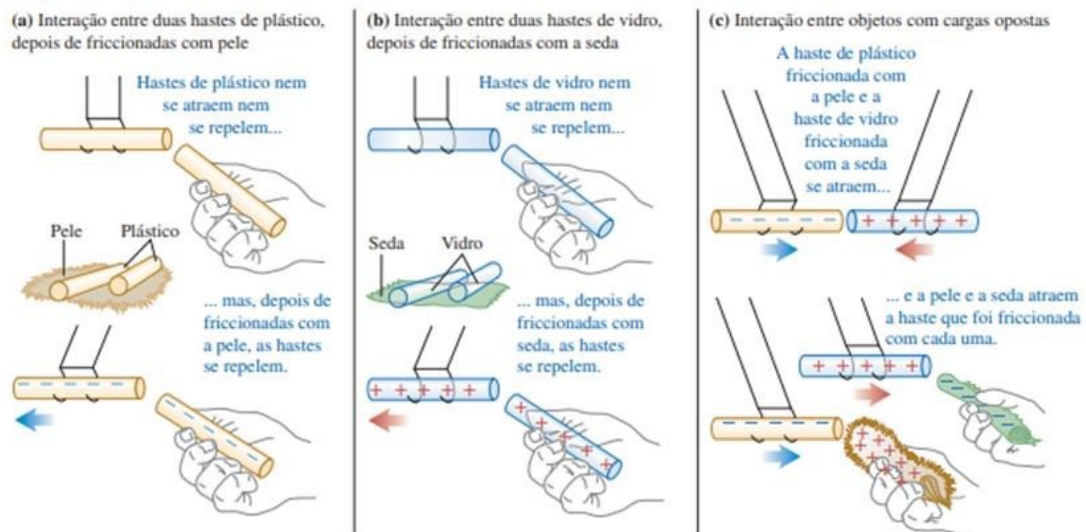
3.3 Tópicos teóricos da eletricidade – Processos de Eletrização

3.3.1 Carga Elétrica

A eletrostática é uma área da física que estuda os fenômenos relacionados á cargas elétrica e processos de eletrização os trabalhos serão abordados tendo como referência os trabalhos de Sears e Zemansky (2016). Na Grécia antiga, em torno de 600 a.C., descobriu-se que, após friccionar lã em um pedaço de âmbar, este passava a atrair outros objetos. Hoje dizemos que o âmbar adquiriu uma carga elétrica líquida, ou se tornou carregado. O termo “elétrico” tem origem na palavra grega *elektron*, que significa âmbar. Ao arrastar os sapatos por um tapete de náilon, você se torna eletricamente carregado e pode carregar um pente, passando-o pelo cabelo seco. Hastes de plástico e peles (de animais ou artificiais) são especialmente boas para demonstrar as características eletrostáticas, interações entre cargas elétricas que estão em repouso (ou praticamente em repouso). Depois de carregar ambas as hastes de plástico na (Figura 15a) friccionando-as com a pele, vemos que as hastes se repelem. Quando friccionamos hastes de vidro com um pedaço de seda, as hastes de vidro também se tornam carregadas e se repelem (Figura 15b). Porém, uma haste de plástico carregada atrai uma haste de vidro carregada; além disso, a haste de plástico e a pele se atraem, e a haste de vidro e a seda se atraem (Figura 15c). Esses experimentos e muitos outros semelhantes mostraram que existem exatamente dois tipos de carga elétrica: o tipo de carga elétrica acumulada na haste de plástico friccionada com a pele e o tipo acumulado na haste de vidro friccionada com a seda. Benjamin Franklin (1706-1790) sugeriu chamar de carga positiva e negativa, respectivamente, esses dois tipos de carga, e esses nomes ainda são utilizados. A haste de plástico e a seda possuem cargas negativas; a haste de vidro e a pele possuem cargas positivas. Duas cargas positivas ou duas cargas negativas se repelem. Uma carga positiva e uma carga negativa se atraem.

A atração e repulsão entre dois objetos carregados às vezes é resumida como “cargas semelhantes se repelem e cargas opostas se atraem”. Contudo, “cargas semelhantes” não significa que as duas cargas são idênticas, apenas que ambas as cargas possuem o mesmo sinal algébrico (ambas positivas ou ambas as negativas. “Cargas opostas” significa que os dois objetos possuem uma carga elétrica, e que essas cargas possuem sinais algébricos opostos (uma positiva e outra negativa). No processo de eletrização por atrito acontece principalmente quando dois ou mais corpos isolantes são esfregados um contra o outro. O processo de atritar os corpos fornece energia aos elétrons desses materiais. Os elétrons dos materiais isolantes geralmente encontram-se fortemente atraídos pelos núcleos de seus próprios átomos, por isso, precisam de uma energia extra para saltar de

Figura 15 – Experimentos de eletrostática. (a) Objetos com carga negativa se repelem. (b) Objetos com carga positiva se repelem. (c) Objetos com carga positiva e objetos com carga negativa se atraem (SEARS; ZEMANSKY, 2016).



um corpo para outro. Durante a eletrização por atrito, um dos corpos perde elétrons e o outro ganha elétrons. Dessa forma, ao final do processo, os dois corpos estarão com cargas de módulo igual, mas de sinais opostos. Nem todos os corpos vão se eletrizar quando atritados, para sabermos quais são os pares de materiais que, quando atritados, tornam-se eletrizados, é preciso conhecer sua afinidade elétrica, uma vez que existem materiais que tendem a ganhar elétrons, mas também existem aqueles que “preferem” perdê-los. Essa afinidade é descrita de forma empírica por uma tabela conhecida como série triboelétrica*. A série triboelétrica separa diferentes materiais de acordo com sua tendência de ganhar ou perder elétrons. Na tabela a seguir, por exemplo, os primeiros materiais, na parte mais alta dela, são aqueles que tendem a adquirir cargas positivas quando atritados, ou seja, tendem a perder elétrons. Os últimos materiais, por sua vez, são aqueles que tendem a absorver elétrons e, portanto, a apresentar cargas negativas após terem sido atritados, como mostrado na Figura 16.

A eletrização por contato consiste em fazer com que dois corpos condutores entrem em contato, na condição de que pelo menos um deles esteja previamente carregado. Esse tipo de eletrização acontece com maior frequência entre materiais condutores, uma vez que neles os elétrons encontram-se livres e, portanto, dotados de grande mobilidade. Dessa maneira, não é necessária qualquer energia adicional para fazê-los saltarem de um corpo para outro.

* **Série triboelétrica:** A série triboelétrica foi criada para classificar os materiais que se eletrizam por atrito, quanto à facilidade de trocarem cargas elétricas. Série triboelétrica é, portanto, o termo utilizado para designar uma listagem de materiais em ordem crescente quanto à possibilidade de perder elétrons (LUZ; ALVARES, 1999)

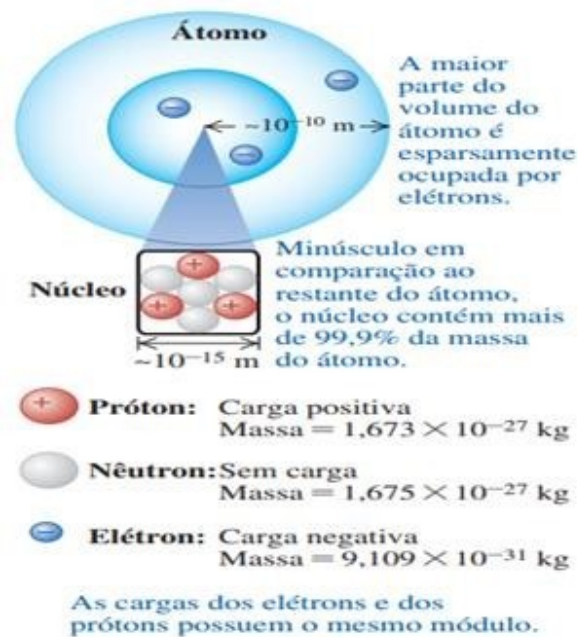
Figura 16 – Série triboelétrica.



3.3.2 Carga elétrica e a estrutura da matéria

Ao ser carregada pela fricção com pele animal ou seda, como na Figura 15. Prótons e o nêutrons são constituídos por partículas, denominadas quarks, que possuem cargas elétricas correspondentes a $\pm 1/3$ e $\pm 2/3$ da carga do elétron.

Figura 17 – Estrutura de um átomo. O átomo aqui descrito é lítio (SEARS; ZEMANSKY, 2016).



Quarks isolados nunca foram observados, e há razões teóricas para acreditar que, em princípio, seria impossível observar um quark isolado. Os prótons e nêutrons no interior de um átomo constituem um centro pequeno e muito denso, chamado núcleo, com

Tabela 1 – Massas das partículas individuais, com a precisão atualmente conhecida.

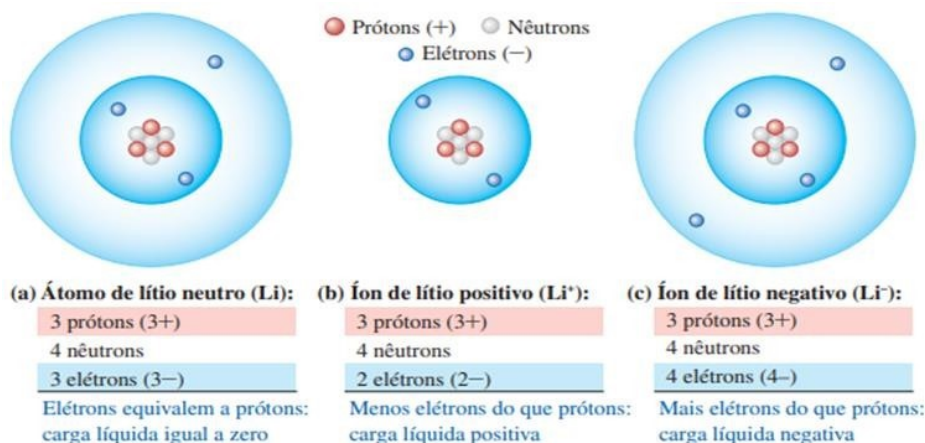
Partícula	Massa (Kg)
elétron	$9,10938291(40) \times 10^{-31}$
próton	$1,672621777(74) \times 10^{-27}$
nêutron	$1,674927351(74) \times 10^{-27}$

dimensões da ordem de 10^{-15} m. Ao redor do núcleo estão os elétrons, estendendo-se a distâncias da ordem de 10-10 m do núcleo. Se um átomo tivesse o tamanho de um campo de futebol, seu núcleo teria o tamanho de uma bola de futebol. Os elétrons negativamente carregados são mantidos no interior do átomo por forças elétricas de atração exercidas sobre eles, pelo núcleo positivamente carregado. (Os prótons e nêutrons são mantidos no interior dos núcleos atômicos estáveis em virtude de uma interação de atração, chamada força nuclear, que supera a repulsão elétrica entre os prótons. A força nuclear possui curto alcance, e seus efeitos não se estendem para muito além do núcleo). As massas das partículas individuais, com a precisão atualmente conhecida, são dadas na Tabela 1,

Os números entre parênteses indicam a incerteza nos dois últimos dígitos. Note que as massas do próton e do nêutron são praticamente iguais e cerca de 2.000 vezes maiores que a massa do elétron. Mais de 99,9% da massa de qualquer átomo está concentrada em seu núcleo. O módulo da carga elétrica negativa do elétron é exatamente igual (dentro do erro experimental) ao da carga elétrica positiva do próton. Em um átomo neutro, o número de elétrons é igual ao número de prótons existentes no núcleo do átomo, e a carga elétrica total (a soma algébrica de todas as cargas) é exatamente igual a zero (Figura 18a). Denomina-se número atômico de um elemento o número de elétrons ou de prótons existentes em um átomo neutro desse elemento. Quando um ou mais elétrons são removidos desse átomo neutro, obtém-se um íon positivo (Figura 18b). Um íon negativo é obtido quando um átomo ganha um ou mais elétrons (Figura 18c). Esse processo no qual o átomo ganha ou perde elétrons denomina-se ionização. Quando o número total de prótons em um corpo macroscópico é igual ao número total de elétrons, a carga total é igual a zero e dizemos que o corpo como um todo é eletricamente neutro. Para fazermos um corpo ficar com excesso de cargas negativas, devemos adicionar cargas negativas ao corpo, podendo ser pela ocorrência de processos de eletrização (atrito, contato ou indução) ou então remover cargas positivas desse corpo, através da perda de prótons, que são partículas carregadas positivamente presentes no núcleo do átomo. No entanto, essa é uma abordagem menos comum, pois a perda de prótons pode alterar a identidade do átomo, transformando-o em um átomo diferente. De modo análogo, para fazermos um corpo ficar com excesso de cargas positivas, devemos adicionar cargas positivas ao corpo neutro ou remover cargas negativas desse corpo. Na maior parte dos casos, elétrons com cargas negativas (e extremamente móveis) são adicionados ou removidos e, geralmente,

“um corpo carregado positivamente” é aquele que perdeu certa quantidade de elétrons. Quando falamos da carga elétrica de um corpo, sempre nos referimos à sua carga líquida. A carga líquida é uma fração muito pequena (em geral da ordem de 10^{-12}) da carga total positiva ou negativa existente no corpo neutro.

Figura 18 – Um átomo neutro possui a mesma quantidade de elétrons e prótons. (b) Um íon positivo possui um déficit de elétrons. (c) Um íon negativo possui um excesso de elétrons. As “cascas” de elétrons são uma representação visual da distribuição real dos elétrons, uma nuvem difusa várias vezes maior que o núcleo (SEARS; ZEMANSKY, 2016).



3.3.3 A carga elétrica é conservada

Na discussão precedente, há dois princípios muito importantes envolvidos. O primeiro é o da conservação da quantidade da carga elétrica. “A soma algébrica de todas as cargas elétricas existentes em um sistema isolado permanece constante.” Quando atritamos uma haste de plástico a um pedaço de pele, ambos inicialmente neutros, a haste adquire carga elétrica negativa (uma vez que ela retira elétrons da pele) e a pele devido a perda de elétrons adquire carga elétrica positiva com o mesmo módulo (uma vez que ela cede a mesma quantidade de elétrons fornecidos para a haste). Portanto, a carga elétrica total do sistema constituído pelos dois corpos permanece constante. Em qualquer processo no qual um corpo é eletrizado, a carga elétrica não é criada nem destruída, mas meramente transferida de um corpo a outro. Acredita-se que a lei da conservação da quantidade da carga elétrica seja uma lei de conservação universal. Até o ano de 2023 nunca tinham sido observadas evidências experimentais que violassem esse princípio. Até em interações envolvendo energias elevadas, durante as quais ocorrem criação e destruição de partículas, como a criação de um par elétron-pósitron, a carga elétrica total do sistema isolado permanece constante. O segundo princípio importante é, “O módulo da carga do elétron ou do próton é uma unidade natural de carga elétrica.” Qualquer quantidade de carga elétrica observada é sempre um múltiplo inteiro dessa unidade básica. Dizemos que a carga

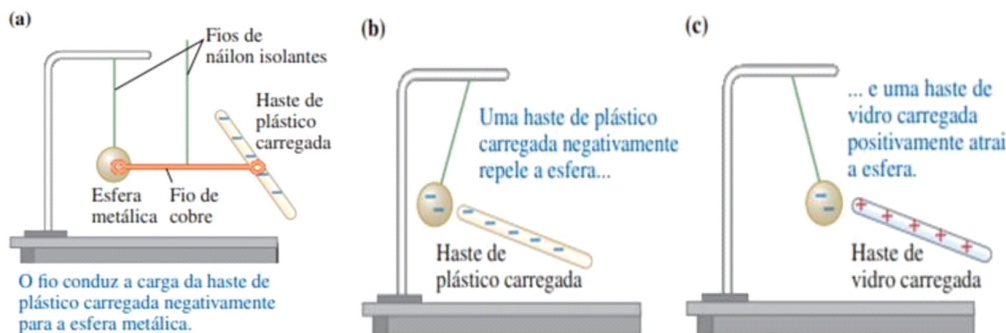
elétrica é quantizada, e até o presente momento nenhuma carga elétrica pode ser dividida em uma quantidade menor que a carga de um elétron ou de um próton. (As cargas elétricas do quark, $\pm 1/3$ e $\pm 2/3$ da carga do elétron, provavelmente não podem ser observadas como cargas isoladas.) Portanto, a carga elétrica de qualquer corpo macroscópico é sempre igual a zero ou a um múltiplo inteiro (positivo ou negativo) da carga elétrica do elétron. A compreensão da natureza elétrica da matéria esclarece muitos aspectos do mundo físico. As ligações químicas que mantêm os átomos unidos para formar moléculas devem-se às interações elétricas entre os átomos. Elas abrangem as fortes ligações iônicas que mantêm os átomos de sódio e de cloro unidos para produzir o sal de cozinha, e as ligações relativamente fracas entre os fios de DNA que registram o código genético de seu corpo. A força normal exercida sobre você pelo solo provém das forças elétricas entre as partículas carregadas nos átomos de seus sapatos e nos átomos do solo. A força de tensão em um fio esticado e a força adesiva da cola também se devem às interações elétricas dos átomos.

3.3.3.1 Condutores, Isolantes e Cargas Induzidas

Alguns materiais possibilitam a migração da carga elétrica de uma região do material para outra, enquanto outros dificultam o movimento das cargas elétricas. Por exemplo, a Figura 19a, um fio de cobre suspenso por um fio de náilon. Suponha que uma das extremidades do fio seja tocada por uma haste de plástico e que a outra extremidade esteja presa a uma esfera metálica inicialmente descarregada; a seguir, a haste carregada e o fio de cobre são removidos. Quando você aproxima outro corpo carregado da esfera (Figura 19a-b), ela é atraída ou repelida, mostrando que se tornou eletricamente carregada. A carga elétrica foi transferida da haste de plástico para a esfera através do fio de cobre. Chamamos o fio de cobre de condutor de eletricidade. Caso você repetisse essa experiência substituindo o fio de cobre por um fio de náilon ou uma tira de borracha, verificaria que nenhuma carga seria transferida da haste de plástico para a esfera. Esse tipo de material denomina-se isolante. Um condutor permite que ocorra o movimento de cargas elétricas com facilidade através dele, enquanto um isolante não. (Os fios de sustentação em náilon mostrados na Figura 19 são isolantes, o que impede que a carga deixe a bola metálica e o fio de cobre.) Como exemplo de um bom isolante, citamos um tapete de fibras em um dia seco. Quando você arrasta os pés no tapete, o atrito de seus sapatos com as fibras gera cargas elétricas que permanecem em seu corpo, pois elas não podem escoar através das fibras isolantes. Quando, a seguir, você toca um objeto condutor como uma maçaneta metálica, ocorre uma rápida transferência de carga elétrica, o que provoca um choque. Uma forma de evitar isso é enrolar algumas fibras do tapete em núcleos condutores, de modo que qualquer carga transferida em você seja transferida ao tapete, sem lhe causar qualquer dano. Outra solução é cobrir as fibras do tapete com uma camada antiestática que dificulta a transferência de elétrons entre seus sapatos e o tapete; isso impede, logo de

início, que qualquer carga seja gerada em você. A maioria dos metais é composta de bons condutores, enquanto muitos materiais não metálicos são isolantes. No interior de um metal sólido como o cobre, um ou mais elétrons externos de cada átomo se desprendem e podem se mover livremente através do material, do mesmo modo que as moléculas de um gás podem se mover livremente através dos espaços entre os grãos em um balde de areia. Os elétrons restantes permanecem ligados aos núcleos carregados positivamente, os quais, por sua vez, permanecem relativamente fixos no interior do material. Em um isolante não existe praticamente nenhum elétron livre, e a carga elétrica não pode ser transferida através do material. Denomina-se semiconductor um material que possui propriedades intermediárias entre as de um bom condutor e as de um bom isolante.

Figura 19 – O cobre é um bom condutor de eletricidade; o náilon é um bom isolante. (a) A carga elétrica é transferida da haste de plástico para a esfera metálica através do fio de cobre, carregando a esfera negativamente. A seguir, a esfera metálica é (b) repelida por uma haste de plástico carregada negativamente e (c) atraída por uma haste de vidro carregada positivamente (SEARS; ZEMANSKY, 2016).

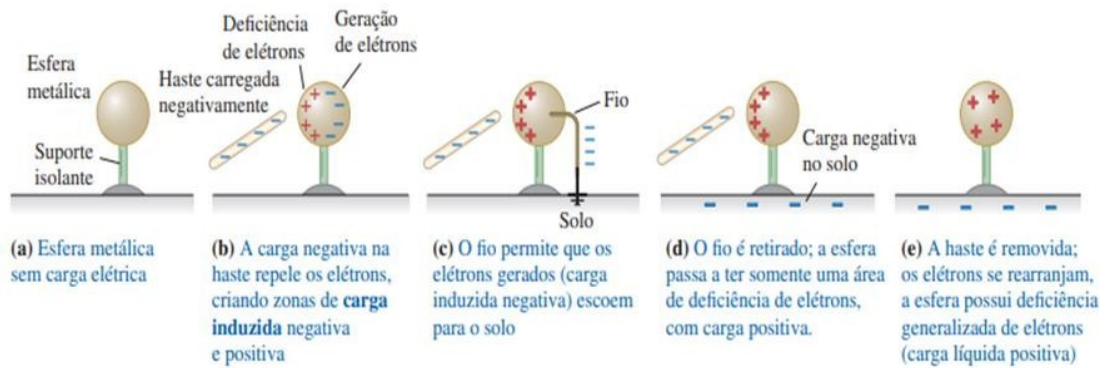


3.3.3.2 Carga por indução

Podemos carregar uma esfera metálica usando um fio de cobre e uma haste de plástico eletricamente carregada, como mostra a Figura 19a. Nesse processo, alguns elétrons em excesso existentes na haste de plástico são transferidos para a esfera, reduzindo a carga elétrica negativa da haste. Existe outra técnica, na qual a haste de plástico pode se eletrizar com uma carga com sinal oposto em outro corpo, sem que haja dissipação de sua própria carga. Neste caso, dizemos que o corpo foi carregado por indução. A (Figura 20). Ao aproximar da esfera uma haste carregada negativamente, sem que a haste toque na esfera (Figura 20b), os elétrons livres na esfera metálica são repelidos pelo excesso de elétrons na haste e deslocados para a direita da esfera, afastando-se da haste. Esses elétrons não escapam da esfera porque o suporte e o ar ambiente são isolantes.

Portanto, há um excesso de elétrons no lado direito da esfera, e uma deficiência de elétrons (ou seja, uma carga elétrica líquida positiva) no lado esquerdo. Dizemos

Figura 20 – Carregando uma esfera metálica por indução (SEARS; ZEMANSKY, 2016).



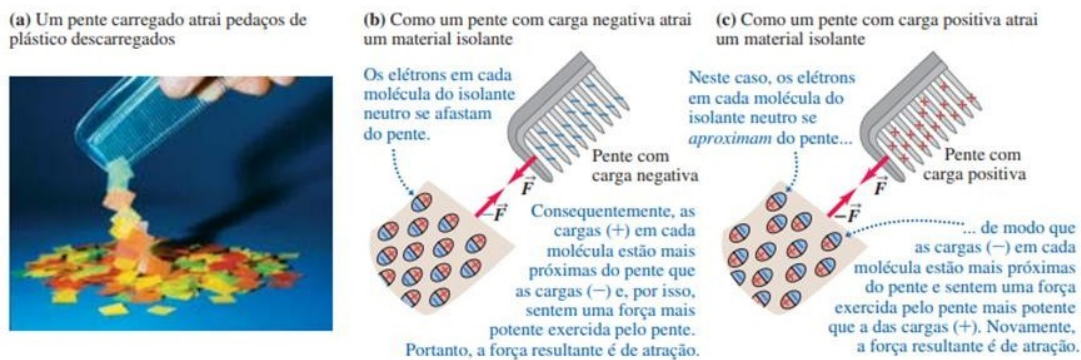
que em cada lado da esfera surgiu uma carga induzida. Nem todos os elétrons livres se deslocam para o lado direito da superfície da esfera. À medida que começam a surgir cargas induzidas, elas exercem forças orientadas para a esquerda sobre os outros elétrons livres. Estes são repelidos pelos elétrons existentes no lado direito e atraídos pelas cargas positivas induzidas do lado esquerdo. O sistema atinge um estado de equilíbrio no qual a força sobre um elétron orientada para a direita, produzida pela haste, é exatamente igual à força sobre o mesmo elétron orientada para a esquerda, produzida pelas cargas induzidas. Quando removemos a haste carregada, os elétrons livres retornam para o lado esquerdo da esfera e a condição de neutralidade original é restaurada. O que ocorrerá se, mantendo a haste de plástico próxima da esfera, você encostar a extremidade de um fio condutor sobre o lado direito da esfera, mantendo a outra extremidade do fio em contato com a superfície terrestre (Figura 20c)? A Terra é condutora e, por ser extremamente grande, pode funcionar como uma fonte praticamente inesgotável de elétrons. Algumas cargas negativas escoam através do fio para a superfície terrestre. Suponha agora que você desconecte o fio (Figura 20d) e depois remova a haste carregada (Figura 20d); restará uma carga líquida positiva na esfera. A carga negativa da haste não foi alterada no processo. A Terra adquiriu uma carga negativa de módulo igual à carga positiva induzida que permaneceu na esfera.

3.3.3.3 Forças elétricas sobre objetos descarregados

Finalmente, notamos que um corpo carregado pode exercer força até mesmo sobre objetos que não estão carregados. Se você friccionar um balão com um tapete e em seguida segurá-lo contra o teto, ele ficará grudado no teto, embora este não possua nenhuma carga elétrica líquida. Depois de fazer um pente adquirir carga passando-o pelo seu cabelo, o pente pode atrair pedacinhos de papel ou de plástico descarregados (Figura 21a). Como isso é possível? Essa interação é produzida pelo fenômeno da indução de cargas. Mesmo em um isolante, as cargas elétricas podem se deslocar ligeiramente

quando há uma carga por perto. Isso é indicado na Figura 21b; o pente de plástico, carregado negativamente, produz um ligeiro deslocamento das cargas das moléculas no interior do isolante neutro, um efeito chamado de polarização. As cargas positivas e negativas do material possuem o mesmo módulo, porém as cargas positivas estão mais próximas do pente que as cargas negativas, sofrendo uma força de atração maior que a força de repulsão sobre as cargas negativas.

Figura 21 – As cargas no interior das moléculas de um material isolante podem se deslocar ligeiramente. Conseqüentemente, um pente com qualquer carga elétrica não nula atrai um isolante neutro. Pela terceira lei de Newton, o isolante neutro atrai o pente com uma força de mesmo módulo (SEARS; ZEMANSKY, 2016).



3.3.3.4 Eletrização por indução

Portanto, a força resultante é de atração. Observe que o isolante neutro também pode ser atraído por um pente carregado positivamente (Figura 21c). Nesse caso, as cargas no isolante sofrem um deslocamento em sentido contrário ao do caso anterior; as cargas negativas no isolante estão mais próximas do pente e sofrem uma força de atração maior que a força de repulsão sofrida pelas cargas positivas no isolante. Portanto, qualquer que seja o sinal da carga elétrica de um objeto carregado, ele sempre exerce uma força de atração sobre um isolante neutro.

3.3.4 Tópicos teóricos da Física – Ionização do ar

Quando um átomo isolado, em seu estado fundamental, absorve energia, o elétron pode se transferir de um nível energético quantizado para outro. Isto pode ser feito através da medida da energia de ionização, que é a energia necessária para remover um elétron de um átomo ou íon no estado gasoso e em seu estado eletrônico fundamental se a energia fornecida for suficiente, o elétron pode ser completamente removido do átomo, originando um íon positivo. O elétron mais facilmente removível é aquele menos firmemente preso ao

núcleo, e o de mais alta energia. De acordo com Russell (2010), a ionização é o processo de formação de um íon positivo pela remoção de um elétron. A energia de ionização é a mínima energia necessária para remover um elétron de um átomo isolado, no seu estado fundamental. Uma vez que um átomo isolado está livre da influência de átomos vizinhos, o termo implica um átomo no estado gasoso. Então, a energia de ionização é a energia necessária para provocar o processo mostrado na Equação 3.1.

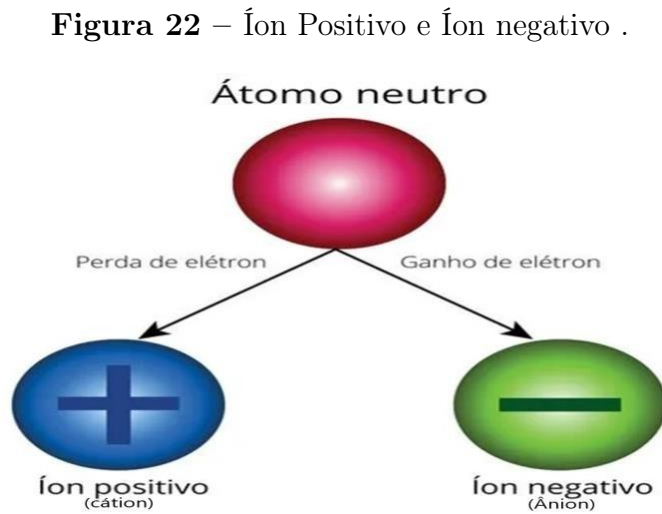


Como mais de um elétron pode ser removido do átomo, a energia requerida para causar o processo anterior é, mais precisamente, a primeira energia de ionização. A segunda energia de ionização é a energia necessária para remover um segundo elétron é mostrada na Equação 3.2.



As energias de ionização são comumente expressas em elétron-volts (Um elétron-volt é a energia necessária para elevar o potencial de um elétron em um volt. As energias de ionização são geralmente chamadas potenciais de ionização. Quando um palito de fósforo é aceso, ocorre uma reação química que produz luz e calor. O fósforo é composto por uma mistura de substâncias químicas, incluindo potássio, cloro, fosforo e enxofre. Quando um fósforo aceso é aproximado de um eletroscópio carregado, o calor gerado pela combustão do fósforo pode ionizar o ar ao redor do eletroscópio. A ionização do ar pode levar à formação de íons positivos e negativos, que podem se mover em direção às cargas opostas no eletroscópio. Isso pode levar a descarga da carga elétrica no eletroscópio, neutralizando-o. Entretanto, a ionização também se relaciona com o cotidiano de nossas vidas. Diariamente, respiramos cerca de 26 mil vezes, totalizando uma absorção de 10 mil litros ou 15 Kg de ar. Mesmo assim, o ser humano não dá a devida atenção à qualidade do ar que respira. Poucos sabem que existe um tipo de “poluição” silenciosa no ar. Chamada poluição elétrica, ela acontece quando há alta concentração de íons positivos no ar. Este processo de desequilíbrio elétrico tem origens que podem ser naturais ou artificiais. Quando atinge níveis extremos pode causar dores de cabeça, sonolência, mal-estar e irritabilidade. Por isso, locais que concentram íons negativos tendem a serem mais saudáveis. Atualmente, existem dispositivos eletrônicos que ionizam negativamente os átomos do ar. Íons negativos são considerados as “vitaminas do ar”. Eles representam benefícios diretos para a saúde dos seres vivos, agindo principalmente na sua vitalidade. A ionização do ar é o processo de adicionar carga elétrica aos átomos ou moléculas presentes

no ar, tornando-as íons positivos ou negativos, como indicado na Figura 22.

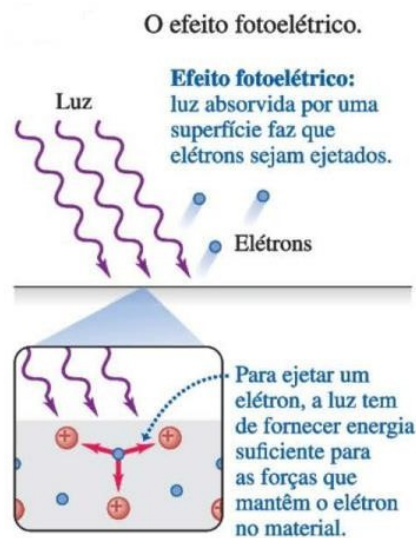


O ar pode ser ionizado de várias maneiras, incluindo a radiação cósmica: partículas energéticas provenientes do espaço interagem com o ar, desprendendo elétrons e criando íons. Descargas elétricas: Raios durante tempestades ou descargas artificiais, como as geradas por aparelhos ionizadores, também podem ionizar o ar. Processos químicos, alguns compostos químicos presentes no ar também podem ionizá-lo durante reações químicas. Existem fatores naturais que também podem ionizar o ar como os íons negativos que são produzidos naturalmente através da fotossíntese das plantas, bem como as tempestades, raios cósmicos e raios ultravioletas do sol. A chama de uma vela ou de uma lareira, o impacto da água em movimento (chuva, chuveiro, mar, fonte de água), o atrito do ar nas plantas pontudas. A ionização do ar pode ocorrer de várias maneiras, incluindo a ionização por chama. Quando uma vela é acesa, a chama aquece o ar ao seu redor, fazendo com que as moléculas de ar se movam rapidamente e colidam umas com as outras. Essas colisões podem remover elétrons das moléculas de ar, criando íons positivos e elétrons livres. A chama da vela também emite luz, que é uma forma de radiação eletromagnética. A radiação eletromagnética pode ionizar o ar diretamente, removendo elétrons das moléculas de ar e criando íons positivos e elétrons livres. Observe que depois de uma tempestade, no pé de uma cachoeira, na beira do mar ou dentro de uma floresta respiramos melhor. Isto ocorre devido ao grande volume de íons negativos presentes no ar. Mas a mãe natureza nem sempre age de forma linear. Existem fenômenos que diminuem a presença dos íons negativos e geram um excesso dos positivos, como o nevoeiro, o tempo antes da tempestade, ventos quentes e ar seco. A presença humana também interfere no equilíbrio iônico. Os itens que diminuem a concentração de íons negativos são: fumaça industrial e dos carros, carpete, tecidos sintéticos, poluição, ar confinado e equipamentos eletrônicos como televisão, micro-ondas, ar-condicionado, aquecedor, computador etc.

3.3.5 Tópicos teóricos da Física – Efeito Fotoelétrico

Os tópicos que serão abordados, terão como fundamentação os trabalhos de Sears e Zemansky (2016). Um fenômeno que nos ajuda a esclarecer a natureza da luz é o efeito fotoelétrico, no qual um material emite elétrons de sua superfície quando iluminado. Para se desprender da superfície, um elétron tem de absorver energia suficiente da luz para superar a atração dos íons positivos do material. Essas forças de atração constituem uma barreira de energia potencial; a luz fornece o "chute" que permite o desprendimento do elétron. Logo, quando iluminamos a superfície de um metal com um raio luminoso, de comprimento de onda suficientemente pequeno, a luz faz com que elétrons sejam emitidos pelo metal, como demonstrado na Figura 23. O fenômeno, que recebe o nome de efeito fotoelétrico, possui muitas aplicações. Câmeras digitais e óculos de visão noturna o utilizam para converter energia luminosa em um sinal elétrico que é reconstituído em uma imagem. Einstein usou a ideia do fóton para explicar esse efeito.

Figura 23 – Incidência de luz em uma superfície metálica (SEARS; ZEMANSKY, 2016).

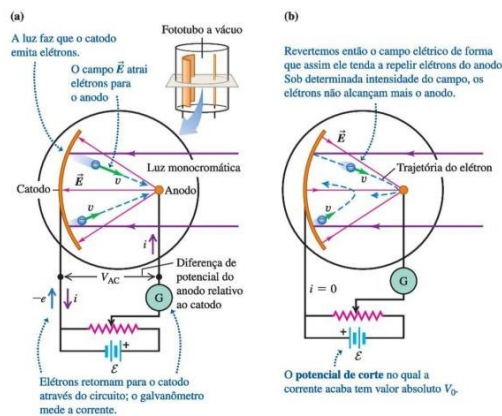


3.3.5.1 Frequência e potencial de corte

Os trabalhos de Maxwell foram muito importantes na área da Física, é ele quem formula o modelo ondulatório da luz duas décadas antes do efeito fotoelétrico ser observado. Assim de acordo com o eletromagnetismo de Maxwell se aplicássemos luz vermelha num metal e notássemos que os elétrons não estavam sendo liberados, bastaria usar um feixe de luz vermelha mais intenso para arrancá-los. Todavia isso não funcionava. Entretanto se passássemos a usar luz violeta, os elétrons poderiam ser liberados, mesmo que a intensidade fosse baixa. Essa dependência da energia de um feixe de luz com sua frequência não aparece na teoria da onda eletromagnética de Maxwell. Albert Einstein

então no seu artigo publicado em março de 1905, explica o efeito fotoelétrico e relaciona a necessidade de uma dependência da energia da luz com sua frequência. Somando isso à conclusão de Planck de hf (ideia de um quantum de luz), Einstein lançou a hipótese de que a luz monocromática de frequência f é direcionada a determinado metal. Se, individualmente, os fótons possuírem energia $E = h.f$ maior que a função trabalho do metal, ao colidirem contra os elétrons poderão fornecer a energia necessária para arrancá-los. Os elétrons liberados adquirem uma energia cinética. De acordo com Yong e R.A Fredman (SEARS; ZEMANSKY, 2016), uma hipótese é que um elétron só consegue absorver um fóton de cada vez, num processo instantâneo. De acordo com a Figura 24 esta mostra uma versão moderna de uma das experiências que exploraram estas questões.

Figura 24 – Uma experiência testando se o efeito fotoelétrico é consistente com o modelo ondulatório da luz (SEARS; ZEMANSKY, 2016).



Dois eletrodos condutores encontram-se no interior de um tubo de vidro com vácuo no seu interior, são conectados por uma bateria e o catodo é iluminado. Dependendo da diferença de potencial V_{AC} entre os dois catodos, os elétrons emitidos pelo catodo iluminado (chamados de fotoelétrons) podem atravessar o anodo, produzindo uma corrente fotoelétrica no circuito externo (o tubo é submetido a uma pressão residual de $0,01 Pa$ ou menor para minimizar as colisões dos elétrons com as moléculas gasosas). O catodo iluminado emite fotoelétrons com várias energias cinéticas. Se o campo elétrico aponta para o catodo, como na Figura 24a, todos os elétrons são acelerados em direção ao anodo e contribuem para a corrente fotoelétrica. No entanto, ao reverter o campo e ajustar sua intensidade, como vemos na Figura 24b, podemos evitar que elétrons com energia menor alcancem o anodo. De fato, podemos determinar a energia cinética máxima $K_{máx}$ dos elétrons emitidos fazendo o potencial do anodo relativo ao catodo, V_{AC} , negativo o suficiente para que a corrente pare. Isso ocorrerá quando $V_{AC} = -V_0$, onde V_0 é chamada de potencial de corte. Na medida que um elétron se move do catodo para o anodo, o potencial diminui por V_0 e o trabalho negativo $-eV_0$ é exercido sobre o elétron (carregado

negativamente). O elétron com mais energia deixa o catodo com energia cinética e possui energia cinética zero no anodo. Usando o teorema trabalho-energia, obtemos os resultados mostrados nas equações 3.3 e 3.4.

$$W_{total} = -eV_0 = 0 - K_{max} \quad (3.3)$$

$$K_{max} = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = eV_0 \quad (3.4)$$

Portanto, medindo o potencial de corte V_0 , podemos determinar a energia cinética máxima com a qual os elétrons deixam o catodo (estamos desprezando qualquer efeito provocado pela eventual diferença nos materiais do catodo e do anodo). Nessa experiência, como é que a corrente fotoelétrica depende da tensão através dos eletrodos e da frequência e intensidade da luz? Com base na visão de Maxwell a respeito da luz como uma onda eletromagnética, podemos prever o seguinte:

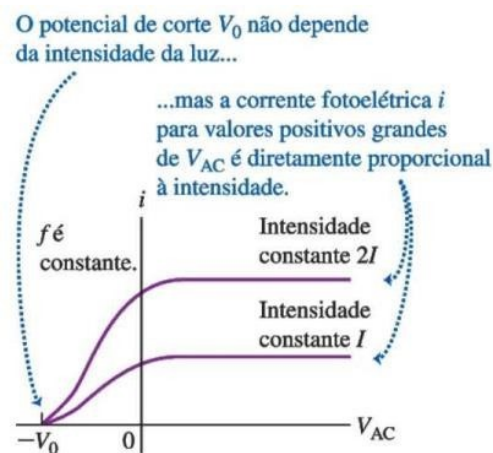
Modelo ondulatório - previsão 1: A intensidade de uma onda eletromagnética depende de sua amplitude, mas não de sua frequência. Assim, o efeito fotoelétrico deve ocorrer para luz de qualquer frequência e a magnitude da corrente fotoelétrica não deve depender da frequência da luz.

Modelo ondulatório - previsão 2: é preciso uma certa quantidade de energia mínima, chamada de função trabalho, para que um único elétron salte de uma superfície em particular. Se a luz que incide sobre a superfície é muito fraca, algum tempo pode decorrer antes de a energia total absorvida pela superfície ser igual à função trabalho. Dessa forma, para uma iluminação fraca, esperamos um atraso de tempo entre o momento em que a luz é ligada e quando os fotoelétrons aparecem.

Modelo ondulatório - previsão 3: como a energia que incidiu sobre a superfície do catodo depende da intensidade da iluminação, esperamos que o potencial de corte aumente com o aumento da intensidade da luz. Uma vez que a intensidade não depende da frequência, esperamos que o potencial de corte não dependa da frequência da luz. O resultado experimental mostra-se muito diferente dessas previsões. A seguir, são apresentados os resultados obtidos entre os anos de 1877 e 1905: Resultado experimental 1: a corrente fotoelétrica depende da frequência da luz. Para um determinado material, a luz monocromática com uma frequência abaixo da frequência de corte mínima não produz nenhuma corrente fotoelétrica, independentemente de sua intensidade. Para a maioria dos metais, a frequência de corte é a ultravioleta (que corresponde a um comprimento de onda λ entre 200 e 300 nm), mas para outros materiais, como óxido de potássio e óxido de césio, ela está no espectro visível (entre 380 e 750 nm). Resultado experimental 2: não existe um intervalo de tempo

mensurável entre o instante em que a luz é ligada e aquele em que o catodo emite fotoelétrons (supondo que a frequência da luz supere a frequência de corte). Essa é uma verdade, independentemente do quanto a luz é fraca. Resultado experimental 3: o potencial de corte não depende da intensidade, mas da frequência. A Figura 25 mostra um gráfico da corrente fotoelétrica em função da diferença de potencial V_{AC} para a luz com uma determinada frequência e em duas intensidades diferentes.

Figura 25 – Corrente fotoelétrica i em função do potencial V_{AC} do anodo em relação ao catodo para uma frequência da luz f constante (SEARS; ZEMANSKY, 2016).



A diferença de potencial $-V_0$ invertida, necessária para reduzir a corrente a zero, é a mesma para ambas as intensidades. O único efeito do aumento da intensidade é o aumento do número de elétrons por segundo e, conseqüentemente, a corrente fotoelétrica i (as curvas se estabilizam quando V_{AC} é suficientemente grande e positiva, pois nesse ponto todos os elétrons emitidos são coletados pelo anodo). Se a intensidade da luz permanece constante, mas a frequência aumenta, o potencial de corte também aumenta. Em outras palavras, quanto maior a frequência da luz, maior é a energia dos fotoelétrons liberados. Esses resultados contradizem diretamente a descrição da luz feita por Maxwell, como uma onda eletromagnética. Uma solução para esse dilema foi fornecida por Albert Einstein em 1905. Sua proposta consistia em nada menos que uma nova teoria para a natureza da luz.

3.3.5.2 Teoria do fóton proposta por Einstein

Einstein propôs um postulado radical de que um feixe de luz era constituído por pequenos pacotes de energia, chamados fótons ou quanta. Esse postulado foi uma extensão de uma ideia desenvolvida cinco anos antes por Max Planck para explicar as propriedades da radiação de corpo negro. Na teoria de Einstein, a energia E de um fóton

é igual a uma constante vezes a frequência. De acordo com a relação $f = c/\lambda$ para ondas eletromagnéticas no vácuo, temos

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (3.5)$$

onde h é uma constante universal, chamada de *constante de Planck*. O valor numérico dessa constante, com a precisão conhecida hoje, é $6.62606957(29) \times 10^{-31} \text{ Js}$.

Importante, Fótons não são “partículas” no sentido usual é comum, porém impreciso, visualizar fótons como se fossem bolas de bilhar em miniatura. Bolas de bilhar possuem uma massa de repouso e viajam em uma velocidade mais lenta que a velocidade da luz e, enquanto fótons viajam na velocidade da luz e possuem zero massa de repouso. Além do mais, os fótons possuem características de onda (frequência e comprimento) que são facilmente observáveis. O conceito de fóton é muito estranho, e a verdadeira natureza dos fótons é difícil de visualizar de um jeito simples. Na teoria de Einstein, um único fóton chegando em uma superfície é absorvido por um único elétron. Essa transferência de energia é um processo de tudo ou nada, contrastando com a transferência contínua de energia que existe na teoria da onda da luz; o elétron absorve toda a energia do fóton ou absolutamente nenhuma. O elétron pode se desprender da superfície somente se a energia que ele adquirir for maior que a função trabalho Φ . Dessa forma, os fotoelétrons serão emitidos somente se ou $hf > \Phi$ ou $f > \Phi/h$.

Portanto, o postulado de Einstein explica por que o efeito fotoelétrico ocorre apenas para frequências superiores a um limite mínimo de frequência. Esse postulado também é consistente com a observação de que maior intensidade provoca maior corrente fotoelétrica. Maior intensidade em uma frequência específica significa maior número de fótons absorvidos por segundo e, portanto, maior número de elétrons emitidos por segundo e uma maior corrente fotoelétrica. O postulado de Einstein também explica por que não existe intervalo algum entre a iluminação e a emissão de fotoelétrons.

Assim que fótons com energia suficiente atingem a superfície, elétrons podem absorvê-los e ser liberados. Finalmente, o postulado de Einstein explica por que o potencial de corte para uma determinada superfície depende apenas da frequência da luz. Lembre-se de que é a energia mínima necessária para remover um elétron de uma superfície. Einstein aplicou a conservação da energia para descobrir que a energia cinética máxima para um elétron emitido é a energia hf obtida de um fóton menos a função trabalho Φ :

Tabela 2 – Função Trabalho Φ .

Elemento	Função Trabalho Φ (eV)
Alumínio	4,3
Carbono	5,0
Cobre	4,7
Ouro	5,1
Níquel	5,1
Silício	4,8
Prata	4,3
Sódio	2,7

$$K_{max} = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = hf - \Phi \quad (3.6)$$

Substituindo $K_{max} = eV_0$ da Equação 3.4, encontramos:

$$eV_0 = hf - \Phi \quad (3.7)$$

A Equação 3.7 mostra que o potencial de corte V_0 aumenta com o aumento da frequência f . A intensidade não aparece na Equação 3.7, então V_0 é independente da intensidade. Para uma confirmação da Equação 3.7, podemos medir o potencial de corte V_0 para cada um dos muitos valores da frequência, para um dado material do catodo. Com um gráfico de V_0 como uma função de f , observamos que o resultado é uma linha reta, e podemos determinar tanto a função trabalho quanto o valor da grandeza h/e . Depois que a carga do elétron $-e$ foi medida por Robert Millikan em 1909, a constante de Planck h também foi determinada a partir dessas medidas. As funções trabalho e as energias dos elétrons geralmente são expressas em elétrons-volt (eV), unidade já definida. Com quatro algarismos significativos, temos $1eV = 1.602 \times 10^{-19}J$. Para esse nível de precisão, a constante de Planck é $6.62606957(29) \times 10^{-31}Js = 4.136 \times 10^{-15}eVs$.

A Tabela 2 lista as funções trabalho para alguns elementos. Esses valores são aproximados porque são muito sensíveis às impurezas da superfície.

Quanto maior for a força de trabalho, maior será a frequência mínima necessária para a emissão de fotoelétrons, como mostrado na Figura 26.

Quanto maior for a força de trabalho, maior será a frequência mínima necessária para a emissão de fotoelétrons. Quando a frequência da luz é menor que a frequência de corte f_0 , não são ejetados elétrons, por mais intensa que seja a luz, como mostrado na Figura 27.

Figura 26 – Potencial de corte em função da frequência para dois materiais do catodo que possuem uma função trabalho diferente.

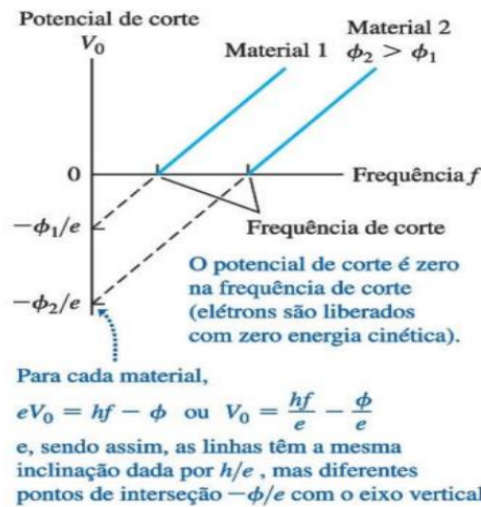


Figura 27 – Frequência da luz incidente.



A existência de uma frequência de corte é explicada naturalmente quando pensamos na luz em termos de fótons. Os elétrons são mantidos na superfície do alvo por forças elétricas (se essas forças não existissem, os elétrons cairiam do alvo por causa da força gravitacional). Para escapar do alvo, um elétron necessita de uma energia mínima, Φ , que depende do material de que é feito o alvo e recebe o nome de função trabalho. Se a energia hf cedida por um fóton a um elétron é maior que a função trabalho do material (ou seja, se $hf > \Phi$), o elétron pode escapar do alvo; se a energia cedida é menor que a função trabalho (ou seja, se $hf < \Phi$), o elétron não pode escapar. A teoria do fóton também explica outros fenômenos nos quais a luz é absorvida. Um bronzeamento solar é causado quando a energia da luz solar dispara uma reação química nas células da pele que leva ao aumento da produção do pigmento melanina. Essa reação pode ocorrer somente se uma molécula específica na célula absorve uma certa quantidade mínima de energia. Um

fóton com comprimento de onda curto ultravioleta possui energia suficiente para disparar essa reação, mas uma luz visível com comprimento de onda maior não consegue. Sendo assim, a luz ultravioleta causa o bronzeado, mas a luz visível, não.

3.3.5.3 Momento linear do fóton

O conceito de fóton se aplica a todas as regiões do espectro eletromagnético, inclusive as ondas de rádio, os raios X e assim por diante. Um fóton de qualquer frequência f e comprimento de onda λ possui uma energia E . Além disso, de acordo com a teoria especial da relatividade, toda partícula que possui energia também deve possuir momento linear. Os fótons têm massa de repouso igual a zero e um fóton com energia E possui momento linear com módulo p obtido da relação $E = pc$, logo, o módulo p do momento linear do fóton é

$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad (3.8)$$

A direção e o sentido do momento linear do fóton são simplesmente a direção e o sentido da propagação da onda eletromagnética.

4 METODOLOGIA

4.1 Metodologia significativa

Será proposto aos estudantes a construção de um aparato experimental - o eletroscópio de folhas que será utilizado na aplicação de três sequências didáticas dialógicas e investigativas que versarão sobre os tópicos eletrostática, ionização do ar e o efeito fotoelétrico. Também serão investigados a aprendizagem significativa na aplicação destas atividades e a utilização do aparato experimental por intermédio de análise dos mapas conceituais construídos pelos estudantes. Como proposta inicial da atividade, será realizada uma apresentação em aula expositiva dos conceitos e a construção de mapas conceituais. Como exercício de reforço será executado pelos estudantes uma atividade de fixação que o norteará na construção de futuros outros mapas conceituais. Segundo Moreira (2017), os mapas conceituais são importantes instrumentos de verificação da aprendizagem. O estudante realizará sempre no início e no final de cada sequência didática a construção de um mapa conceitual. Como objetivo inicial, da construção do primeiro mapa de cada sequência, será observado a verificação dos conceitos prévios dos estudantes sobre cada conteúdo. Pois, Segundo Moreira (2017), o conhecimento prévio deve ser sempre considerado, pois se trata de uma variável que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conceitos. Já no mapa construído ao final de cada atividade será observado e analisado uma possível construção de novos conhecimentos partindo dos conceitos prévios, uma vez que estes conceitos funcionam como um "âncora cognitivo" (AUSUBEL, 2003). Tendo Identificado os conceitos prévios dos estudantes, o professor então, realizará em cada uma das sequências uma aula expositiva dialógica tendo como tema norteador o conteúdo proposto dentro de cada atividade. Depois de realizado a aula explicativa do conteúdo proposto o professor deverá propor a construção do aparato experimental eletroscópio de folhas como ferramenta de observação e investigação de conceitos fenomenológicos. De acordo com (FREITAS; FURTADO, 2005), a Física é uma ciência construída pela experimentação.

A experimentação é fundamental no ensino de ciências, uma vez que ao realizarem a prática, promovem a reflexão e promovem a discussão sobre a sua própria atividade. Os estudantes deverão realizar a atividade de construção do aparato experimental em grupo de cinco estudantes. A participação em grupo promove a discussão e o compartilhamento de novos conhecimentos (MOREIRA, 2017). Assim que realizada a construção e o teste do aparato experimental pelos estudantes, este será utilizado como ferramenta pedagógica na construção do conhecimento. Em cada uma das sequências será proposta uma atividade com perguntas que serão respondidas com o auxílio do aparato experimental. Desenvolvendo no estudante um espírito investigativo e questionador. For-

mulando hipóteses e testando resultados. É importante que os estudantes “reflitam sobre o significado de resultados esperados e, sobretudo, o dos inesperados e usem as conclusões para a construção do conceito pretendido” (PCN, 2006). Desta maneira espera-se que o estudante consiga uma aprendizagem significativa e um desenvolvimento cognitivo favorável, contribuindo para uma formação mais ampla e que contribua para a formação dos saberes.

4.1.1 O uso de mapas conceituais como instrumento de avaliação

Segundo Moreira (2013), os mapas conceituais são diagramas bidimensionais que mostram relações hierárquicas entre conceitos de uma disciplina. Podendo ser utilizados como instrumentos de avaliação da aprendizagem significativa. Avaliação não no sentido de atribuir uma nota ou testar conhecimento, mas sim no sentido de identificar informações sobre o tipo de estrutura que o estudante entende para um dado conjunto de conceitos. Nesta perspectiva, a avaliação dos Mapas conceituais se fundamenta nas partes estruturantes verificando aquilo que o estudante já sabe em termos conceituais de um determinado conhecimento. De acordo com Moreira (2013), os Mapas Conceituais podem ser avaliados qualitativamente, possibilitando a verificação da maneira como o estudante estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona e integra os conceitos da Física. Os mapas conceituais não apenas identificam os conceitos prévios dos estudantes, mas também avaliam as mudanças cognitivas no processo de ensino aprendizagem.

4.2 O uso da SD no Ensino da Física

A Sequência Didática é uma metodologia de ensino que surgiu a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e que tem firmado presença em diversas áreas do ensino regular. Atualmente, as sequências didáticas estão vinculadas ao estudo de todos os conteúdos dos diversos componentes curriculares da escola básica (MACHADO; CRISTOVÃO, 2006). Uma sequência didática deve promover estratégias de planejamento de atividades, onde suas etapas devem ser bem construídas e bem articuladas com início, meio e fim. O intuito da sequência didática no ensino é conduzir o estudante a uma aprendizagem significativa que valorize os conhecimentos prévios e promova a investigação científica. Segundo (ZABALA, 1998) sequências didáticas é 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. Em uma sequência didática deve ser considerado inúmeras variáveis conduzindo o estudante para um aprender científico. Segundo Azevedo (2004), a ação do estudante não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, ele deverá conter caracte-

rísticas de um trabalho científico: o aluno deverá refletir, discutir, explicar, relatar; o que dará ao seu trabalho características de uma investigação científica. Enfim, a palavra “sequência” significa “ação de seguir”, podemos dizer então que sequências didáticas são “etapas continuadas” ou “conjuntos de atividades”, de um tema, que tem objetivo ensinar um conteúdo etapa por etapa.

4.3 Experimentação no ensino da Física

O uso da experimentação é um instrumento de relevância como ferramenta didática para o ensino da física. A prática de sua aplicação nos últimos anos vem se tornando um crescente instrumento pedagógico, uma vez que permite aos estudantes um envolvimento ativo no processo de ensino e aprendizagem. A experimentação permite que o estudante desenvolva habilidades práticas e técnicas de maneira que contribui na sua formação científica e investigativa. A experimentação também contribui na capacidade de formular questões, planejar e executar experimentos, avaliar resultados e tirar conclusões. Enfim a experimentação é essencial para uma educação de qualidade uma vez que estimula o desenvolvimento de habilidades práticas e cognitivas do estudante além de desperta um interesse pela ciência e pela prática.

4.4 Como se apresenta o conteúdo de Física abordados neste trabalho no currículo em Minas Gerais

4.4.1 Processos de Eletrização

Tabela 3 – Processos de eletrização como se apresenta no estado de MG.

PLANO DE CURSO				
ÁREA DE CONHECIMENTO:	Ciências da Natureza		Ano de Escolaridade	Ano Letivo
COMPONENTE CURRICULAR:	Física		3º Ano - Ensino Médio	2023
1º BIMESTRE:				
EIXO TEMÁTICO	TÓPICO	HABILIDADE	OBJETOS DO CONHECIMENTO/ CONTEÚDOS RELACIONADOS	ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS
Para o primeiro bimestre do 3º ano são necessários conhecimentos sobre Cinemática Vetorial, Força à distância e Força de contato. Estes conceitos foram tratados no 1º ano e sugerimos a retomada de tais habilidades caso o professor julgue necessário em sua abordagem, dependendo de sua avaliação junto aos estudantes.				
Eletricidade e Magnetismo	Processos de Eletrização.	Compreender os fenômenos eletrostáticos e suas aplicações Compreender as diferenças entre condutores e isolantes. Compreender o conceito de carga elétrica e sua unidade de medida no SI. Compreender como os isolantes podem ser carregados por atrito. Compreender como os metais podem ser carregados por indução. Compreender o processo de polarização nos isolantes. Compreender as aplicações da eletrização no cotidiano.	- Processos de eletrização de um corpo.	Usando materiais práticos como papel picado, canudinhos de refrigerante, bolinhas de papel alumínio entre outros materiais simples, pode-se demonstrar os processos de eletrização por atrito, indução e polarização e ainda levar a turma a construir um eletroscópio de folhas como projeto de mão na massa. Assim é possível compreender todos os fenômenos eletrostáticos em um único evento.

Tabela 4 – Ionização como se apresenta no estado de MG.

PLANO DE CURSO				
ÁREA DE CONHECIMENTO:	Ciências da Natureza	Ano de Escolaridade	Ano Letivo	
COMPONENTE CURRICULAR:	Física - Química	3º Ano - Ensino Médio	2023	
1º BIMESTRE:				
EIXO TEMÁTICO	TÓPICO	HABILIDADE	OBJETOS DO CONHECIMENTO/ CONTEÚDOS RELACIONADOS	ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS
Modelos Energia	Representações para átomos. Energia: movimento de elétrons.	Representar as partículas do átomo: prótons, elétrons e nêutrons. Entender a carga elétrica das espécies químicas elementares e os íons que podem formar. Reconhecer processos de oxidação e redução. Classificar os processos químicos como oxidação ou redução de acordo com a variação de carga elétrica das espécies. Relacionar a formação de íons à relação entre o número de prótons e elétrons. Relacionar o movimento de elétrons e de íons com a condução de corrente elétrica.	. Reação Química de Oxirredução.	Uma possibilidade começar a abordagem de eletroquímica seria por uma problematização que envolva reação de oxirredução. Poderíamos citar como exemplo os metais de sacrifício utilizados na construção naval, com a finalidade de proteção dos cascos das embarcações, de igual modo situações que envolvam a proteção de uma superfície contra a corrosão também podem ser utilizadas. Neste momento sugerimos o uso de abordagens que fomentem o protagonismo estudantil e permitam uma mediação pedagógica por parte do professor. indicamos por exemplo a abordagem CTSA e o uso das TIDCS.

4.4.2 Ionização do ar

4.4.3 Efeito Fotoelétrico

Tabela 5 – Efeito Fotoelétrico como se apresenta no estado de MG.

PLANO DE CURSO				
ÁREA DE CONHECIMENTO:	Ciências da Natureza	Ano de Escolaridade	Ano Letivo	
COMPONENTE CURRICULAR:	Física	3º Ano - Ensino Médio	2023	
4º BIMESTRE:				
EIXO TEMÁTICO	TÓPICO	HABILIDADE	OBJETOS DO CONHECIMENTO/ CONTEÚDOS RELACIONADOS	ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS
Física Moderna	Efeito fotoelétrico.	Compreender o efeito fotoelétrico e suas aplicações. Conhecer os conceitos de fóton e de quantum. Saber calcular a energia de um quantum. Saber que a luz possui natureza dual: onda ou partícula Compreender o efeito fotoelétrico e a função trabalho dos metais. Compreender o funcionamento de uma célula fotoelétrica. Saber resolver problemas envolvendo o efeito fotoelétrico.	.O efeito Fotoelétrico	Ao abordar a Física Moderna sugere-se iniciar com a justificativa de que apesar de inúmeros sucessos, haviam diversos fenômenos que a Física Clássica não conseguiu descrever de modo adequado, tais como a estabilidade dos átomos e o elétron não colidir com o núcleo. mFazia-se necessário um olhar para situações onde haviam corpos cujas velocidades estavam próximas à velocidade da luz, e fenômenos que demonstravam a existência de partículas atômicas e subatômicas.

4.5 INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

4.5.1 Público-alvo e localidade da pesquisa

Teremos como público-alvo alunos do 3º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Carmélia Gonçalves Loffi, Localizada no bairro Marie Helena no município de Ribeirão das Neves – Minas Gerais. É uma escola que atende tanto o ensino médio quanto o ensino fundamental.

4.6 Planejamento Estrutural da Sequência Didática

O planejamento da sequência didática para a construção e uso do aparato experimental no ensino de Física, será abordada em três atividades que contemplarão os conteúdos:

- 1 Processos de Eletrização;
- 2 Ionização do ar;
- 3 O Efeito Fotoelétrico.

Será realizado o uso de aparato experimental em uma sequência de atividades como recurso didático. Tendo como Área de conhecimento – Ciências da natureza e suas tecnologias. Componente curricular – Física. Ano de escolaridade – 3º ano E.M. Os conteúdos foram divididos em 3 eixos de referência.

4.6.1 Eixo temático 1 – Física Tópico – Processos de eletrização

4.6.1.1 Habilidades

- Compreender o conceito de carga elétrica e sua unidade de medida no SI
- Compreender os fenômenos eletrostáticos e suas aplicações.
- Compreender as diferenças entre condutores e isolantes.
- Compreender como os isolantes podem ser carregados por atrito
- Compreender como os isolantes podem ser carregados por contato
- Compreender como os metais podem ser carregados por indução.
- Compreender o processo de polarização nos isolantes.
- Compreender as aplicações da eletrização no cotidiano

Será desenvolvido em 6 aulas.

Tabela 6 – Etapas da Metodologia do trabalho – sequência 1.

Sequência	Conteúdo
Aula 1	Aula expositiva - Compreendendo os Mapas Conceituais e aplicação.
Aula 2	Construção de Mapa Conceitual pelos estudantes – Eletrostática
Aula 3	Aula expositiva - Compreendendo os tipos de eletrização e suas aplicações.
Aula 4	Construção do aparato experimental (Produto) – Eletroscópio de folhas.
Aula 5	Aplicação do produto em sala com apoio de sequência didática.
Aula 6	Construção de Mapa Conceitual pelo estudante – Pós-intervenção

4.6.2 Eixo temático 2 – Física Tópico – Ionização do ar

4.6.2.1 Habilidades

- Compreender o processo de ionização do ar;
- Compreender a relação da ionização do ar com corpos eletrificados;
- Interpretar fenômenos e formular hipóteses; e
- Relacionar o fenômeno com o seu cotidiano – Descargas elétricas, radiação ionizante ou reações químicas.

Será desenvolvido em 4 aulas

Tabela 7 – Etapas da Metodologia do trabalho- sequência 2.

Sequência	Conteúdo
Aula 7	Construção de Mapa Conceitual pelos estudantes – Ionização do ar
Aula 8	Aula expositiva - Compreendendo a ionização do ar.
Aula 9	Aplicação do produto em sala com apoio de sequência didática.
Aula 10	Construção de Mapa Conceitual pelos estudantes – Pós-Intervenção

4.6.3 Eixo temático 3 - Física Tópico – Física moderna

4.6.3.1 Habilidades

- Compreender o efeito fotoelétrico e suas aplicações.
- Conhecer os conceitos de fóton e de quantum.
- Calcular a energia de um quantum.
- Compreender que a luz possui natureza dual: onda ou partícula.
- Compreender o efeito fotoelétrico e a função trabalho dos metais.

- Compreender o funcionamento de uma célula fotoelétrica.
- Resolver problemas envolvendo o efeito fotoelétrico.
- Trabalho em grupo.
- Desenvolver a habilidade de manuseio e construção de experimentos.

Será desenvolvido em 4 aulas.

Tabela 8 – Etapas da Metodologia do trabalho- sequência 3.

Sequência	Conteúdo
Aula 11	Construção de Mapa Mental pelo estudante – Efeito Fotoelétrico
Aula 12	Aula expositiva - Compreendendo o efeito fotoelétrico e suas aplicações.
Aula 13	Aplicação do produto em sala com apoio de sequência didática.
Aula 14	Construção de Mapa Conceitual pelos estudantes – Pós-Intervenção

4.7 O Eletroscópio de folhas

O eletroscópio é um aparato experimental de aparência muito simples, que se apresenta frequentemente nos livros didáticos. Entretanto, possui um grande potencial na discussão de conceitos. A riqueza da complexidade conceitual presente num simples eletroscópio foi destacada por Engelmann (1983), ao enfatizar a potencialidade do uso desse aparato na discussão das ideias dos estudantes a respeito da própria natureza da observação, considerando o relacionamento entre o conhecimento científico e as aplicações práticas. Basicamente o princípio do eletroscópio de folhas pode ser explicado a partir do conceito de indução eletrostática. Este aparato será construído a partir de uma lâmina de prata conectadas a um eletrodo superior, de um círculo metálica de aço zincado, através de uma haste condutora. Será constituído de um invólucro de metal com uma janela de observação, o invólucro impede que a lâmina seja influenciada diretamente pelo indutor. O emprego de um invólucro metálico, com uma janela de observação é recomendado por Abbott (1963) e Sengberg (1975). O professor dentro da sua prática e experiência poderá explorar ainda mais as potencialidades do aparato conduzindo para uma aula mais criativa, diversificada e experimental.

4.7.1 Sequência 1- Investigando os tipos de eletrização

4.7.1.1 Aula 1 - Aula expositiva - Compreendendo os Mapas Conceituais e aplicação

O professor nesta primeira aula, deverá apresentar aos seus alunos uma aula expositiva e dialógica com o Tema – Definição e Construção de Mapas Conceituais. É sugerido que o professor utilize uma apresentação em PowerPoint (veja aqui) com uso de projetor de multimídia. Depois de realizado a apresentação e respondido todas as dúvidas, o professor deverá aplicar aos alunos uma atividade de reforço. Essa atividade deverá ser realizada individualmente pelo estudante em folha A4 entregue pelo professor. A proposta é de que cada estudante nesta folha construa um mapa conceitual utilizando os conceitos aprendidos e como ponto de partida deverá se utilizar da pergunta focal “como funciona um telefone celular?”. Partindo da pergunta focal os estudantes se utilizarão como conceito principal a palavra-chave “Telefone celular”. Por fim, o professor recolherá as atividades realizadas pelo estudante.

4.7.1.2 Aula 2 - Construção de Mapa Conceitual pelos estudantes – Eletrostática

O professor nesta aula deverá orientar seus alunos como atividade, que construam individualmente em uma folha A4 disponibilizada pelo professor um novo mapa conceitual. O aluno deverá se utilizar como pergunta focal “O que é a eletrostática?” tendo como conceito principal a palavra-chave “Eletrostática”. É importante que o professor ao orientar a atividade recorde de maneira bem sucinta os conceitos e definições aprendidos em aula anterior sobre como construir um mapa conceitual. Ao final da atividade o professor deverá recolher as folhas.

4.7.1.3 Aula 3 - Aula expositiva - Compreendendo os tipos de eletrização e suas aplicações

Nesta aula será proposto que o professor apresente uma aula expositiva que busque dar significados dos conceitos de conteúdo a ser trabalhado no tema Eletrostática com apresentação de um PowerPoint (veja aqui) com uso de retroprojetor. É importante que o professor trabalhe nesta aula um aprendizado dialógico que busque uma interatividade com o seu estudante. Que considere os seus conhecimentos prévios para que funcionem como um “âncora cognitivo” na busca de ajudar a dar significados aos conhecimentos. Neste processo de aprendizagem é essencial que o estudante questione e

formule perguntas, pois perguntar está ligado ao ato de existir, de ser, de estudar, e de investigar. No intuito de organizar e planejar melhor a aula seguinte ao final o professor deverá formar grupos de (cinco) 5 estudantes que serão responsáveis em construir o aparato experimental. Dessa maneira o professor conseguirá dimensionar os materiais a serem disponibilizados.

4.7.1.4 Aula 4 - Construção de aparato experimental - Eletroscópio de Folhas

Nesta aula será realizada a construção do aparato experimental eletroscópio de folhas. Será disponibilizado aos estudantes pelo professor um manual de construção (ver Apêndice D) juntamente com os materiais e ferramentas. É fundamental que o professor antes de executar a prática conheça todas as etapas de sua construção e que monte um eletroscópio de folhas para si, que servirá posteriormente de exemplo para seus alunos. O professor deverá organizar os estudantes em grupo de (cinco) 5 alunos que juntos irão construir o aparato experimental. Esta atividade será realizada no laboratório de ciências da escola, caso a escola não possua laboratório poderá ser utilizada a própria sala de aula. Como relatado na inicial os materiais e ferramentas podem ser disponibilizados pelo professor e ou pela escola. É fundamental que o professor disponibilize as latas de metal já cortadas, juntamente com os círculos e placas metálicas bem como os materiais e ferramentas necessárias para a construção do experimento. Com esta ação será maximizado o tempo de construção, além de minimizar possíveis acidentes. Os grupos devem ser orientados pelo professor sempre que necessário. Ao final, é proposto que os estudantes façam um teste de verificação de funcionalidade, eletrizando por atrito um canudo de plástico com papel e aproximando do eletroscópio. É relevante que o professor antes de aplicar esta atividade certifique-se que os canudos que serão utilizados na prática se eletrizarão negativamente. Para esta certificação recomendamos o uso do coulomboscópio, um equipamento de baixo custo desenvolvido para esta finalidade. O artigo a ser consultado é Pinto e Pedroso (2021).

4.7.1.5 Aula 5 - Aplicação do produto em sala com apoio de sequência didática

Nesta atividade será proposto que os alunos investiguem os processos de eletrização por atrito, contato e indução. Será utilizado como ferramenta didática o aparato experimental eletroscópio de folhas, juntamente com a aplicação de um questionário investigativo proposto pelo professor que deverá ser respondido pelos alunos em grupo. O professor deve acompanhar a realização de cada atividade com os estudantes, orientando os grupos nas dúvidas que surgirem. Ao final da prática o professor deverá solicitar que

cada grupo escolha um representante para apresentar suas observações e respostas. O professor então deverá avaliar as respostas dos estudantes intervindo sempre que necessário promovendo uma interação discursiva e dialógica. O objetivo desta atividade precisa estar bem claro para o professor de modo que ele faça perguntas, proponha problemas e questione comentários e informações trazidas pelos estudantes tendo como intuito o trabalho investigativo e dialógico.

4.7.1.6 Aula 6 - Construção de Mapa Conceitual pelo estudante –Pós - Intervenção

A aula terá como norteador o processo de aprendizagem e avaliação dos conhecimentos prévios e dos que foram aprendidos pelos estudantes. Assim, no início da aula o professor deverá inicialmente entregar para cada estudante uma folha A4 em branco e solicitar que ele construa um mapa conceitual utilizando se como pergunta focal “O que é a eletrostática?” novamente como conceito principal a palavra-chave “Eletrostática”. Desta maneira o professor poderá avaliar aquilo que foi aprendido ou não com a atividade. Os mapas conceituais podem ajudar na aprendizagem significativa, construindo conhecimentos e relacionando conceitos. Assim que os estudantes terminarem a construção dos mapas conceituais o professor deverá pedir que cada estudante apresente sucintamente o seu mapa para a turma com possibilidade de modificá-lo após a apresentação. É esperado que o aluno devolva ao professor os significados e conceitos que aprendeu. Ao final o professor deverá recolher a atividade para registro ou avaliação.

4.7.2 Sequência 2 – Investigando a ionização do ar

4.7.2.1 Aula 7- Construção de Mapa Conceitual pelos estudantes – Ionização do ar

Partindo do que já foi aprendido em aulas anteriores, o professor deverá entregar para cada aluno uma folha A4 em branco e solicitar que construam um mapa conceitual tendo como pergunta focal “O que é a ionização?” conceito principal a palavra-chave - Ionização. O professor deverá instigar os seus alunos para que eles registrem no mapa tudo aquilo que eles conhecem sobre o tema escolhido. É importante que o professor ao orientar a atividade recorde de maneira bem sucinta os conceitos e definições aprendidos em aula anterior sobre como construir um mapa conceitual. Ao final da atividade o professor deverá recolher as folhas.

4.7.2.2 Aula 8 - Aula expositiva - Compreendendo a ionização do ar

Nesta aula o professor irá fazer uma apresentação sobre o tema – Ionização do ar, em PowerPoint (veja aqui) de forma expositiva e dialógica. Buscando apresentar os conteúdos e conceitos de forma significativa buscando sempre a interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio do estudante. É relevante que o professor interaja com o seu estudante, negociando significados e formulando conceitos utilizando estratégias didáticas que estimulem a participação do aluno.

4.7.2.3 Aula 9 - Aplicação do produto em sala com apoio de sequência didática

Aqui será abordado a aplicação do aparato experimental eletroscópio de folhas como ferramenta didática em uma sequência de atividade investigativa em que o estudante a partir das observações práticas consiga construir hipóteses e formular conceitos. O professor deverá dividir a sala em grupos de até (cinco) 5 estudantes e disponibilizar o material impresso questionário investigativo (ver Apêndice A) a cada grupo, para que assim, formulem respostas a partir daquilo que já foi aprendido e das observações realizadas pela prática. O aparato experimental eletroscópio de folhas será utilizado como ferramenta didática na construção de conhecimentos e investigação de fenômenos. Dessa maneira o professor deverá acompanhar a realização de cada atividade com os estudantes, orientando os grupos nas dúvidas que surgirem. Ao final da prática o professor deverá solicitar que cada grupo escolha um representante para apresentar suas observações e respostas. O professor então deverá avaliar as respostas dos estudantes. Caso as respostas não sejam satisfatórias por estarem erradas ou incompletas o professor deverá corrigir ou complementar. Ao final o professor poderá solicitar as atividades para arquivo e avaliação.

4.7.2.4 Aula 10 - Construção de Mapa Conceitual pelos estudantes – Pós-Intervenção

A aula terá como norteador o processo de aprendizagem e avaliação dos conhecimentos novos que foram aprendidos pelos estudantes tendo como ponto de partida os conhecimentos prévios. Assim, no início da aula o professor deverá inicialmente entregar para cada estudante uma folha A4 em branco e solicitar que ele construa um mapa conceitual (já aprendido em aula anterior) utilizando novamente como pergunta focal “O que é a ionização” conceito principal a palavra-chave – Ionização. Desta maneira o professor poderá avaliar aquilo que foi aprendido ou não pela atividade. Os mapas conceituais podem ajudar na aprendizagem significativa, construindo conhecimentos e relacionando

conceitos. Assim que os estudantes terminarem a construção dos mapas conceituais o professor deverá pedir que cada estudante apresente sucintamente o seu mapa para a turma com possibilidade de modificá-lo após a apresentação. É esperado que o aluno devolva ao professor os significados e conceitos que aprendeu. Ao final o professor deverá recolher a atividade para registro ou avaliação

4.7.3 Sequência 3- Investigando o Efeito Fotoelétrico

4.7.3.1 Aula 11 - Construção de Mapa Conceitual pelo estudante – Efeito Fotoelétrico

Partindo das relações do que já foi aprendido em aulas anteriores, o professor deverá entregar para cada aluno uma folha A4 em branco e solicitar que construam um mapa conceitual tendo como pergunta focal “O que é o efeito fotoelétrico?” conceito principal as palavras-chave – Efeito fotoelétrico. O professor deverá instigar os seus alunos para que eles registrem no mapa tudo aquilo que eles conhecem sobre o tema escolhido. É importante que o professor ao orientar a atividade recorde de maneira bem sucinta os conceitos e definições aprendidos em aula anterior sobre como construir um mapa conceitual. Ao final da atividade o professor deverá recolher as folhas.

4.7.3.2 Aula 12 - Aula expositiva - Compreendendo o efeito fotoelétrico e suas aplicações

Nesta aula deverá ser apresentado pelo professor uma apresentação em Power-Point (veja aqui) com o tema Efeito fotoelétrico. É pertinente que professor interaja com o seu aluno, negociando significados e formulando conceitos utilizando estratégias didáticas que estimulem a participação do aluno. O professor deve dar início a explicação do efeito fotoelétrico com a apresentação de seus personagens mais relevantes, bem como suas definições e conceitos. É pertinente que a aula seja realizada de maneira dialógica, e que seja utilizado pelo professor os conceitos prévios do estudante como incremento do processo ensino aprendizagem no estudo da quântica em especial do efeito fotoelétrico. Enfim, o professor deve procurar incrementos didáticos e situações que dão sentido dos conhecimentos ao aluno, valorizando situações que correspondam ao seu mundo, seu entono, sua idade e sua cultura.

4.7.3.3 Aula 13 – Atividade investigativa e dialógica – Efeito fotoelétrico

Com os conteúdos já trabalhados e com o experimento já construído em aulas anteriores, neste momento será proposto ao estudante uma atividade de investigação utilizando a experimentação. É nesse momento que o estudante realiza as atividades práticas observando fenômenos e sugerindo hipóteses e resultados daquilo que é observado. Primeiramente o professor deverá nesta aula explicar aos seus alunos que será realizado uma atividade investigativa utilizando o experimento – Eletroscópio de folhas. O professor deverá dividir a turma em grupos de (cinco) 5 estudantes que fará uso do aparato experimental eletroscópio de folhas. Também o professor deverá entregar para cada grupo um questionário investigativo referente ao tema – Efeito fotoelétrico (em anexo) que deverá ser respondido pelos alunos do grupo. O professor deve acompanhar a realização de cada atividade com os estudantes, orientando os grupos nas dúvidas que surgirem. Ao final da prática o professor deverá solicitar que cada grupo escolha um representante para apresentar suas observações e respostas. O professor então deverá avaliar as respostas dos estudantes. Caso as respostas não sejam satisfatórias por estarem erradas ou incompletas o professor deverá corrigir ou complementar.

4.7.3.4 Aula 14 - Construção de Mapa Conceitual pelos estudantes – Pós-Intervenção

A aula avaliará o processo de aprendizagem e avaliação dos conhecimentos novos que foram aprendidos pelos estudantes tendo como ponto de partida os conhecimentos prévios. Assim, no início da aula o professor deverá inicialmente entregar para cada estudante uma folha A4 em branco e solicitar que ele construa um mapa conceitual (já aprendido em aula anterior) utilizando novamente como pergunta focal “O que é o efeito fotoelétrico?” conceito principal as palavras-chave – Efeito Fotoelétrico. Desta maneira o professor poderá avaliar aquilo que foi aprendido ou não com a atividade. Os mapas conceituais podem ajudar na aprendizagem significativa, construindo conhecimentos e relacionando conceitos. Ao terminarem os mapas o professor deverá pedir que cada aluno apresente sucintamente o seu mapa conceitual para a turma com possibilidade de modificá-lo após a apresentação. É esperado que o aluno devolva ao professor os significados e conceitos que aprendeu. Ao final o professor deverá recolher a atividade para registro ou avaliação

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O produto deste trabalho consiste no uso de mapas conceituais, sequencias didáticas, aulas teóricas e construção de experimentos como estratégias pedagógicas para o ensino da Física. A aplicação se deu conforme as Tabelas 6, 7 e 8.

5.1 Aula Expositiva

5.1.1 *Compreendendo os mapas conceituais e aplicações*

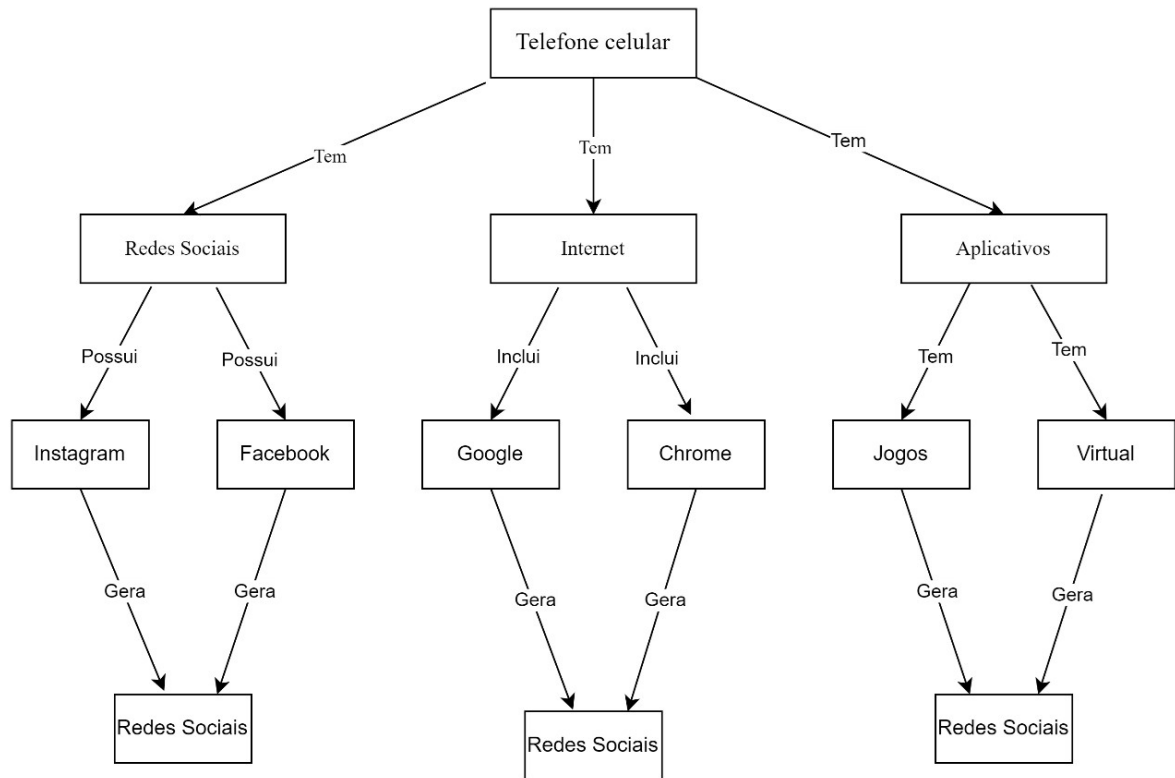
5.1.1.1 Aula 01

Uma apresentação em PowerPoint (veja aqui) foi realizada em sala onde teve a participação de 22 estudantes, ensinando-os como construir um mapa conceitual. Foi abordado as estruturas de conceito, proposição, hierarquização, ramificação e Ligação cruzada (NOVAK, 1998). O objetivo foi fornecer as ferramentas necessárias para que os estudantes aprendessem a construir um mapa conceitual que pudesse representar os seus conceitos prévios, ou seja, aquilo que ele já sabe sobre um determinado tema ou assunto. Na atividade em sala, cada estudante foi desafiado a criar o seu próprio mapa conceitual se utilizando da pergunta focal “Como funciona um telefone celular”. Cada estudante teve a oportunidade de organizar seus conceitos de forma lógica e visual, a utilização do conceito principal com as palavras-chave “Telefone celular” foi considerada pelos estudantes como conceito geral e encontra-se no topo do mapa. Com a realização da atividade, foi observado que todos os estudantes presentes na aula conseguiram realizar a tarefa, entretanto nem todos tiveram o mesmo interesse na elaboração do mapa. O que de certa forma é considerado normal uma vez que cada sujeito se identifica de maneira diferente com a atividade. Os mapas conceituais produzidos pelos estudantes serão utilizados como ferramentas de avaliação da aprendizagem. Segundo Moreira (2013), os mapas conceituais não apenas identificam os conceitos prévios dos estudantes, mas também avaliam as mudanças cognitivas no processo de ensino aprendizagem. Desta maneira, os mapas conceituais construídos pelos estudantes serão avaliados seguindo os trabalhos de Moreira (2013), onde a ideia principal é a de verificar o que o estudante sabe em termos conceituais. De como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina e integra conceitos de uma determinada unidade de estudo, tópico ou disciplina.

A Figura 28 mostra um mapa produzido pela Aluna-01. Os nomes dos alunos se encontram abreviados para que se mantenha o anonimato dos estudantes.

É possível observar no mapa conceitual produzido pela estudante que o conceito

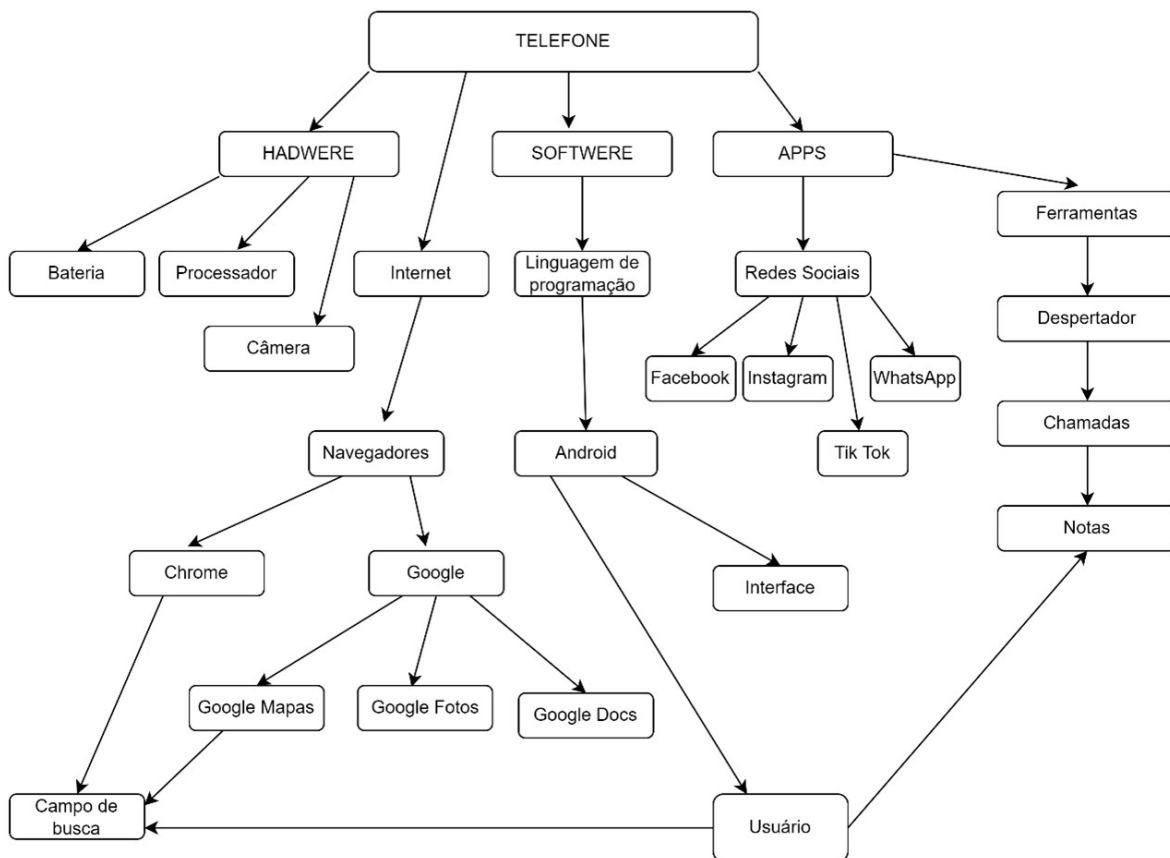
Figura 28 – Mapa conceitual Aluna 01.



principal se encontra no topo “Telefone celular” e partindo deste ele se ramifica verticalmente em conceitos subordinados “redes sociais”, “Internet”, Aplicativos. Outros conceitos que também fazem subordinação observado são: “Instagram”, “facebook”, “google”, “Chrome”, “jogos” e “virtual”. As ramificações hierarquizadas também são encontradas no mapa e contribuem para que se conheça os conceitos que o estudante possui de conhecimento sobre o assunto. Também são verificadas a existência das proposições (relações de significado entre dois conceitos) que organizam as ideias e fortalecem as estruturas cognitivas de conceitos. A estudante produziu um mapa conceitual com uma estrutura bem-organizada e apresentando um bom conhecimento sobre o tema.

Como mostrado na Figura 29, a estudante usa em seu mapa conceitual uma estrutura organizada e hierarquizada favorecendo a construção e integração dos conceitos. Parte do conceito principal “Telefone” para conceitos subordinados específico que se apresenta de forma vertical e ramificada. Também é possível verificar no mapa ligação cruzada entre os conceitos “Navegadores” e Usuário - WhatsApp e Stoy.

Figura 29 – Mapa conceitual Aluna 02.



5.1.2 Compreendendo os tipos de eletrização e suas aplicações.

5.1.2.1 Aula 3

Uma apresentação em PowerPoint (veja aqui) foi feita aos estudantes, abordando os principais conceitos da eletrostática. Os estudantes puderam se apropriar dos conteúdos da Física e tiveram a oportunidade de aprender conceitos novos. Durante esta aula, foi observado que a maioria dos estudantes se mantiveram atentos e interessados. O professor às vezes foi interrompido por falas paralelas. Entretanto, não houve nenhum prejuízo da aula mantendo-se, o ritmo normal das atividades. O professor fez o uso de quadro em diversas vezes, para ilustrar e orientar referente aos conteúdos relacionados da Física. Se tratando de uma aula em formato digital, foi observado que alguns estudantes pediam para copiar o slide em apresentação, indicando uma característica comum de uso do quadro branco e pincel. Os estudantes foram participativos e o professor discorreu os conteúdos de maneira dialógica sempre que possível atribuindo exemplos práticos e remetendo ao discurso do aluno enquanto sujeito pensante e em formação. Os estudantes participaram trazendo exemplos do seu cotidiano quanto aos processos de eletrização e contribuindo com curiosidades como porque ao vestirmos uma blusa de frio a blusa às vezes fica “estalando”?

É comum os estudantes trazerem dúvidas do seu dia a dia, e o professor deve aproveitar esses ganchos de curiosidade para trazer os estudantes a se interessarem pelo conteúdo da Física.

5.1.3 *Compreendendo a ionização do ar*

5.1.3.1 Aula 08

Nesta aula foi realizada uma apresentação em Powerpoint (veja aqui), onde o professor conduziu de maneira dialógica e interativa com participação dos estudantes. Os estudantes fizeram perguntas e questionamentos em relação aos benefícios da ionização do ar, bem como seus malefícios. O professor também destacou como se define ionização bem como deu exemplos práticos buscando exemplos do seu cotidiano. Também explicou como a chama de um fósforo pode ionizar o ar e de como ela interfere na natureza elétrica da matéria. A maioria dos estudantes mantiveram-se atentos e interessados. Também é relevante destacar que a aula foi conduzida observando os conceitos prévios dos estudantes destacando exemplos do seu dia a dia para explicar os conteúdos da ionização do ar.

5.1.4 *Compreendendo o efeito fotoelétrico e suas aplicações*

5.1.4.1 Aula 12

Nesta aula, o professor realizou uma apresentação de slides (veja aqui) do conteúdo Efeito Fotoelétrico. Foi observado uma interação dialógica entre o professor e os estudantes. Os estudantes se mostraram bastante interessados sobre o tema (Física Quântica -Efeito fotoelétrico), entretanto foi possível identificar uma grande dificuldade de compreensão por parte dos estudantes no entendimento das equações e definições de conceitos. Os estudantes acharam a matéria bastante complicada e de difícil entendimento. O professor identificando as dificuldades dos estudantes, usou como estratégia uma metodologia que conseguisse trazer os conteúdos para mais próximo do estudante. Desta forma o professor fez uso de analogias com os conceitos que o estudante já sabe (subsunçores), para tentar explicar os conceitos que o estudante ainda não compreendeu. Um dos conceitos de difícil entendimento pelos estudantes foi o de “Quantização de energia”, Segundo Max Planck (1900) a energia é quantizada, ou seja, não pode haver qualquer quantidade de energia, mas somente múltiplos de um valor mínimo fundamental. O professor buscou introduzir uma analogia que descrevesse o conceito. Se utilizou com os seus estudantes a seguinte analogia :Imagine que a energia é como se fosse uma escada, onde cada degrau representa um valor específico de energia. Quando um objeto ganha ou

perde energia ele só pode fazer isso em quantidades específicas, exatamente como se fosse subir ou descer os degraus de uma escada, pulando de um em um. Isso é o que chamamos de quantização da energia, ou seja, a energia só pode existir em valores discretos e não contínuos. Foi então utilizado outra analogia para explicar os conceitos de “Valores discretos” e “valores contínuos”. O professor então reforça o conceito e diz que os “valores discretos” são valores pontuais ou específicos geralmente inteiros que podem ser contados individualmente, enquanto valores contínuos são valores que podem assumir qualquer valor dentro de um intervalo específico e não podem ser contados individualmente. Por exemplo, o número de alunos de uma sala de aula é um valor discreto, pois só pode ser um número inteiro, enquanto a temperatura do ar é um valor contínuo, pois pode assumir qualquer valor dentro de um intervalo específico. Depois de introduzido as analogias, o professor retoma os conceitos de quantização de energia, explicando novamente e dessa vez a maioria dos estudantes compreenderam o conteúdo. O professor sempre que possível deve se utilizar de metodologias que possam contribuir para a aprendizagem do estudante. Ao final da aula o professor conversou com os estudantes dizendo que para a próxima aula seria realizada uma atividade experimental, onde eles teriam que resolver um questionário investigativo. Os estudantes gostaram da ideia, e se sentindo animados, comentando de como seria legal a aula com a utilização da experimentação.

5.2 Construção do Produto - Eletroscópio de Folhas

5.2.1 Aula 4

O professor para esta atividade se dirigiu para a sala de aula, e orientou seus alunos que neste dia a aula seria realizada no laboratório de ciências da escola, uma vez que o planejamento da aula é construir o aparato experimental (O Eletroscópio de Folhas). Desta maneira, os estudantes se deslocaram para o laboratório de ciências como orientado pelo professor. Chegando lá, se depararam com as ferramenta e materiais já dispostos em bancada para execução da tarefa. O professor também disponibilizou um exemplar já construído para contribuir na execução da atividade. Os estudantes foram orientados pelo professor a se dividirem em grupo de até cinco (5) integrantes. A sala então foi dividida em cinco (5) grupos. Os grupos então foram orientados pelo professor de como seria a construção do aparato experimental e de onde os estudantes deveriam seguir as orientações. Foi então entregue aos grupos um manual de construção (ver Apêndice D) impresso, discriminando a sua montagem. Os materiais foram expostos em bancada e cada grupo iria se utilizando dos materiais que fossem necessários. Foi observado durante a atividade uma participação efetiva de todos os estudantes. O entusiasmo da turma em realizar a atividade de construção do aparato experimental se elevava a cada momento

em que as fases da construção eram executadas. A alegria da turma foi contagiante. O trabalho em equipe foi fortemente observado, juntamente com o cuidado que cada grupo tinha na construção de cada peça do eletroscópio de folhas. Foi observado também que um (1) dos grupos encontrou dificuldade em cortar a folha de prata, tendo o professor que intervir e ajudar na tarefa. Ao final o eletroscópio foi testado pelos grupos e todos estavam funcionando corretamente. De maneira geral a prática foi muito proveitosa e animadora. Os grupos durante as tarefas se apresentaram motivados e bem participativos. Uma observação importante é que até mesmo aqueles estudantes que de alguma maneira não gostam da disciplina de Física se mostraram participativos e falantes. Dessa maneira é pertinente o professor de física faça o uso de práticas experimentais com os seus estudantes uma vez que pode despertar naquele que aprende o interesse, a motivação e a vontade de trabalhar em grupo.

5.3 Estudo do Questionário Investigativo

5.3.1 Questionário investigativo – Processos de eletrização

5.3.1.1 Aula 05

Nesta aula, foi pedido para que os estudantes formassem grupos de até cinco (5) integrantes. Assim formaram-se seis (6) grupos. Foi então distribuído um questionário investigativo (disponível em anexo) com passos a serem seguidos e perguntas a serem respondidas. As perguntas foram respondidas pelos estudantes utilizando o aparato experimental construído (Eletroscópio de folhas). As atividades propostas foram idealizadas pensando em desenvolver no estudante a habilidade de observação, o pensamento crítico, a formulação de hipóteses, o trabalho coletivo e o espírito investigativo. Partindo desta proposta, o questionário consta de seis (6) questões discursivas onde os estudantes, precisavam seguir um procedimento prático fazendo uso do aparato experimental (o eletroscópio de folhas), para que através da observação, possam levantar hipóteses, formular ideias e chegar em resultados.

Participaram da atividade seis (grupos) de estudantes chegando nos resultados mostrados na Tabela 9.

5.3.2 Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão um (1)

A respostas da questão (ver Apêndice A.1) um estratificadas por grupos de alunos, são mostradas na Tabela 9.

Tabela 9 – Resultados obtidos questão 01 – Processos de eletrização.

Grupo	Resposta
01	“No primeiro momento o canudo estava desativado sendo assim, não aconteceu nada. No segundo momento “ativamos” o canudo e o alumínio começa a mexer.”
02	“Nada ocorre, pois nossas mãos atuaram como neutralizadores em contato com o condutor, observando as cargas excessivas o tornando neutro (igual número de elétrons e prótons)”
03	“1° momento nada acontece por conta de o canudo estar neutro. 2° momento o experimento acontece porque o canudo está carregado negativamente. ”
04	“No primeiro momento não funcionou, pois, canudo estava neutro. No segundo momento funcionou porque após esfregar o canudo ele adquiriu carga elétrica.”
05	“O que foi observado no 2° momento quando esfrego o canudo no papel é que sofre uma troca de elétrons, positivo fica no círculo metálico e o negativo vai para baixo fazendo o papel se repelem.”
06	“No primeiro momento o bastão estava neutro, logo o eletroscópio não reagiu. Já no segundo momento o bastão estava negativo, então o eletroscópio se levantou.”

O grupo 1- É possível identificar que o grupo ao responder à questão consegue descrever o resultado observado. Entretanto se utiliza de conceitos equivocados. No primeiro momento é utilizado o conceito “desativado” para designar que o canudo estava ou ficou neutro. Já no segundo momento o grupo descreve corretamente aquilo que era esperado na observação, entretanto mais uma vez de forma equivocadamente o conceito “ativamos” é designado erroneamente para descrever que o canudo ficou eletrizado.

O grupo 2 - Os estudantes deste grupo responderam corretamente o primeiro momento da questão, todavia se utiliza do conceito “neutralizadores” para designar que as cargas poderiam ser neutralizadas em contato com as mãos caso o canudo estivesse eletrizado. entretanto, de maneira equivocada sugere que seja usada a mesma resposta para o segundo momento.

O Grupo 3 – É observado na resposta que o grupo compreendeu corretamente o procedimento que foi realizado. Explicou de maneira assertiva porque o canudo ao se aproximar do eletroscópio de folhas não interfere para o afastamento das folhas de prata. Afirmando que o canudo estava neutro. Conseguiu também explicar corretamente o segundo momento da observação, ao dizer que o canudo ficou carregado negativamente ao ser atritado com o papel toalha.

O grupo 4 – O grupo conseguiu responder à questão de maneira assertiva, tendo

suas respostas observações baseadas na observação da prática experimental. Conseguiram explicar as observações de maneira científica utilizando -se de conceitos de carga elétrica e corpo neutro.

O grupo 5 – O grupo não respondeu o que acontece no primeiro momento da observação. já na resposta dada para o segundo momento o grupo refere-se à doação de cargas por trocas de elétrons. Relata corretamente o fenômeno observado na experimentação para o segundo momento quando aproximado o canudo carregado do eletroscópio de folhas.

O grupo 6- O grupo respondeu corretamente o observado nos dois momentos, reforçando que a experimentação é um instrumento de forte relevância para a observação de fenômenos científicos. Podemos avaliar que conforme as respostas fornecidas pelos grupos, que todos eles tiveram êxito em suas observações. Todos os grupos fizeram questionamentos pertinentes que puderam construir para formação de novos conceitos. A troca de conhecimentos entre os integrantes do grupo através do diálogo entre seus pares, também possibilitou uma troca de conhecimentos resultando em uma evolução cognitiva entre os partícipes desta atividade.

5.3.3 Avaliando o resultado das respostas dos grupos da questão número dois (2)

A respostas da questão (ver Apêndice A.2) dois estratificadas por grupos de alunos, são mostradas na Tabela 10.

O grupo 1 – Responde à questão de forma errônea e confusa, confunde os conceitos. O grupo não consegue articular os conceitos aprendidos na observação.

O grupo 2 – O grupo responde corretamente. Atribui conceitos corretos e assertivos para explicar o fenômeno. Define o fenômeno observado corretamente como Indução eletrostática. Explica corretamente a observação do fenômeno.

Grupo 3 – O grupo respondeu corretamente a explicação do fenômeno observado, entretanto não explicou todos os fatos observáveis na experimentação. Ficando a questão parcialmente respondida.

O grupo 4 – O grupo respondeu corretamente à questão, entretanto não explicou com detalhes como o fenômeno ocorre na experimentação. ficando a questão parcialmente respondida.

O grupo 5- O grupo não conseguiu explicar corretamente o fenômeno observado.

Tabela 10 – Resultados obtidos questão 02 – Processos de eletrização.

Grupo	Resposta
01	“É necessário o contato direto para assim ocasionar o “atrito”
02	O Fenômeno é a indução eletrostática. Quando aproximamos o objeto indutor ao eletroscópio as cargas negativas dele descem e quando afastamos, elas sobem novamente. O eletroscópio se entra em estado neutro (igual número de prótons e elétrons) antes da interferência do indutor e depois.”
03	“Por não haver contato o eletroscópio de folhas não é carregado.”
04	“Aconteceu a indução eletrostática, pois o eletroscópio não está carregado”
05	“Pós carregar o canudo com carga negativa, sofrem um fenômeno chamado indução eletrostática.”
06	“Ocorre o mesmo fenômeno da indução eletrostática, onde o canudo carregado negativamente é aproximado e faz com que os elétrons sejam afastados, fazendo com que a folha de prata levante temporariamente.”

Entretanto parece que os estudantes estão no caminho certo, só que acabam mudando de rota no meio da atividade.

O grupo 6 – O grupo consegue responder adequadamente a questão, atribui conceitos corretos e discorre sobre as observações da experimentação de maneira assertiva.

Ao avaliar as respostas dos grupos, podemos dizer que todos os estudantes tiveram um aprendizado de conceitos novos e uma evolução cognitiva. As respostas em sua maioria estão corretas ou parcialmente corretas. É pertinente salientar que apesar do grupo (5) não ter respondido adequadamente à questão é possível identificar a utilização de conceitos novos na busca da elaboração de sua resposta.

5.3.4 *Avaliando o resultado das respostas dos grupos da questão número três (3)*

A respostas da questão (ver Apêndice A.3) três estratificadas por grupos de alunos, são mostradas na Tabela 11.

O grupo 01 – O grupo não conseguiu explicar cientificamente aquilo que foi observado, apenas relata o contato do dedo com o eletroscópio de folhas que é observado um escoamento de elétrons, neutralizando o eletroscópio de folhas e provocando o fechamento das folhas de prata.

O grupo 2 – Os estudantes desse grupo responderam corretamente a questão,

Tabela 11 – Resultados obtidos questão 03 – Processos de eletrização .

Grupo	Resposta
01	“O fenômeno é desligado quando tem contato direto com o dedo”
02	“As cargas no canudo passaram para o eletroscópio, ocorrendo um excesso de cargas negativas, fazendo com que as folhas se abram e assim permaneçam. Ao entrarmos em contato (dedo) com o eletroscópio deixamos neutro, pois a carga que se encontrava nele irão para nosso corpo.”
03	“O eletroscópio de folhas foi descarregado.”
04	“Quando colocamos o dedo no eletroscópio ele fica neutro, pois os elétrons vêm para o nosso corpo.”
05	“Após esfregar o canudo no papel o canudo ficou carregado de carga negativa e com o toque no círculo metálico a parte de baixo fica com carga negativa e fazendo se repelem.”
06	“Ocorre o mesmo fenômeno da questão 2, mais como houve contato a folha de prata se mantem de pé.”

explicando o fenômeno e registrando as ocorrências da observação.

O grupo 3- O grupo não discorre sobre os fatos observáveis na experimentação nem relata os fenômenos que causaram a neutralidade do eletroscópio. Afirma apenas que ocorreu a neutralidade do eletroscópio ao final da experimentação.

O grupo 4 – A resposta dos estudantes encontra-se incompleta. O grupo descreve de maneira incompleta os fenômenos observáveis durante a prática experimental, nem explica as ocorrências até chegar em sua resposta final.

Grupo 5- A resposta encontra-se correta, entretanto faltou relatar que a folha de prata se repele, provocando uma abertura devido a cargas de mesmo sinal.

Grupo 6 – O grupo se confunde com a questão de número (2), que descreve o fenômeno de indução eletrostática. Diferentemente desta questão em que deve ser provocado o contato entre o canudo e o eletroscópio. O grupo relata corretamente o que foi observado após o contato ficando a questão parcialmente correta. Conforme foi respondido grupos podemos avaliar que apesar de ter ocorrido algumas dificuldades na elaboração das respostas, é observável que os estudantes apresentaram uma evolução de conceitos e observações.

5.3.5 Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão quatro (4)

A respostas da questão quatro (ver Apêndice A.4) estratificadas por grupos de alunos, são mostradas na Tabela 12.

Tabela 12 – Resultados obtidos questão 04 – Processos de eletrização .

Grupo	Resposta
01	“O contato direto com o dedo descarrega a indução”
02	“Quando aproximamos o canudo carregado, e colocamos o dedo e logo o retiramos, ocorre um excesso de cargas positivas já que absorvemos as cargas negativas, deixando as folhas abertas.”
03	“O eletroscópio de folhas carregou positivamente.”
04	“O eletroscópio foi carregado positivamente fazendo a folha de prata ficar aberta.”
05	“Após encostar o dedo no eletroscópio o papel de prata vai diminuindo fica baixo (descarregado).”
06	“Ocorre que o eletroscópio fica carregado positivamente e se mantem de pé.”

O grupo 1- O grupo confunde conceitos e descreve erroneamente aquilo que é observado. Os estudantes ao realizar a prática e observar o fenômeno, não descreve corretamente os passos que estão acontecendo durante a realização do experimento. Os estudantes não explicam o fenômeno de indução eletrostática e confundem o fato em que o eletroscópio se eletriza positivamente como sendo um fenômeno de neutralidade de cargas no eletroscópio, uma vez que foi observado a folha de prata se fechando. Os estudantes não conseguiram interpretar os fenômenos observados corretamente. Todavia é possível perceber que conceitos novos estão sendo construídos e a experimentação contribui para um aprendizado mais significativo.

O grupo 2- O grupo responde de maneira correta o fenômeno observado, explicando os passos que foram sendo realizados. Entretanto não relataram que ocorreu uma fuga de elétrons ao encostar o dedo com o eletroscópio, e que por isso o eletroscópio ficou eletrizado positivamente.

O grupo 3- Os estudantes responderam à questão corretamente, porém de maneira incompleta, não detalharam os fenômenos observados.

O grupo 4- O grupo respondeu corretamente à questão, entretanto de maneira parcial. Não foram detalhados os fenômenos observados.

O grupo 5- Os estudantes ao responder à questão, descreve de maneira equivo-

cada e confunde o processo de eletrização do eletroscópio pela neutralidade. Assim como no grupo um (1) o fato de observar a folha se fechando ao tocar o dedo no eletroscópio remete a neutralidade dele. Entretanto os estudantes não consideraram o canudo eletrizado negativamente que se encontrava próximo do eletroscópio provocando indução de cargas.

O grupo 6- O grupo responde corretamente a questão, entretanto não detalha o fenômeno observado como pedido na questão. É possível identificar através das respostas dos questionários respondidos pelos grupos que todos encontraram dificuldades em descrever os fenômenos observados com detalhamento de procedimentos e conceitos. Entretanto foi possível verificar também que a prática experimental ajuda na construção de hipóteses.

5.3.6 *Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão cinco (5)*

A respostas da questão cinco (ver Apêndice A.5) estratificadas por grupos de alunos, são mostradas na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultados obtidos questão 05 – Processos de eletrização .

Grupo	Resposta
01	“O contato não será direto, sendo assim a carga é menor”
02	“Ao aproximarmos o canudo na chapa superior, a carregamos negativamente, induzindo assim estrutura abaixo dela que está neutra, fazendo com que a carga negativa desça para a folha de prata. A indução nesse caso é feita pela chapa metálica superior. Sobre a chapa abaixo dela.”
03	“Metálico superior está carregado negativamente ele pega os elétrons e induz ele para baixo.”
04	“Acontece um fenômeno de indução eletrostática o eletroscópio está neutro, mas o círculo metálico superior está carregado negativamente.”
05	“Após encostar carrega negativamente o de cima após coloca o dedo neutraliza ocorrendo a indução eletrostática.”
06	“Ocorre o mesmo que na questão 3 com o, porém de que a uma placa a mais por cima da outra, a que faz com que a fita se mantenha de pé por indução.”

O grupo 1- O grupo descreve o que é observado de maneira bem simples. Desta forma não consegue discriminar o que está acontecendo na experimentação.

grupo 2- O grupo consegue descrever tudo o que é observado através de conceitos, entretanto esqueceu de dizer que ao aproximar o canudo eletrizado negativamente do anel metálico superior foi provocado o contato.

O grupo 3- Respondeu corretamente, o que foi observado, entretanto e que ficou faltando informações na elaboração da explicação. Por exemplo: faltou dizer como o metal superior se eletrizou. Faltou explicar os elétrons de quem foram para baixo. Desta maneira é possível identificar a dificuldade que os estudantes têm em elaborar explicações escritas sobre um determinado tema.

O grupo 4- Respondeu corretamente, entretanto assim como nos outros grupos faltou o detalhamento dos observáveis.

O grupo 5- O grupo relata que o metal superior ficou eletrizado negativamente por contato, entretanto usa o conceito de indução eletrostática de maneira desarticulada com a frase.

O grupo 6- O grupo responde utilizando -se de uma referência anterior, e descarta parte da escrita da observação na questão. A resposta do grupo encontra-se adequada, porém incompleta (sem detalhamento dos observáveis)

A maioria dos grupos conseguiram com a experimentação responder e explicar parcialmente à questão. É observado que os estudantes possuem uma grande dificuldade em escrever a descrição dos fenômenos. Usam frases desarticuladas e algumas vezes sem sentido.

5.3.7 Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão seis (6)

A respostas da questão seis (ver Apêndice A.6) estratificadas por grupos de alunos, são mostradas na Tabela 14.

O grupo 1- O grupo não explicou com detalhamento aquilo que era observado com a experimentação, apenas buscou relatar parte de um fenômeno observado durante o experimento, que não foi contextualizado pelo grupo.

O grupo 2- A questão foi respondida parcialmente correta pelo grupo, algumas interpretações foram colocadas de maneira errada. Vejamos; ao dizer que “fazendo com que a chapa de baixo desça com sua carga positiva”, o grupo se confunde ao dizer que são os prótons (carga positiva) que se movem, onde o correto seria os elétrons. Eles os elétrons e que serão atraídos e dessa forma produzirá uma região mais positiva nas folhas ocasionando a sua abertura.

O grupo 3- Os estudantes conseguiram descrever corretamente o que está provocando a abertura das folhas. Entretanto faltou clareza e detalhamento dos fenômenos observados.

Tabela 14 – Resultados obtidos questão 06 – Processos de eletrização .

Grupo	Resposta
01	“O contato com o dedo desativa o fenômeno”
02	Nesse caso a carga da chapa superior se torna positiva com interferência humana agindo como um fio terra ao absorver a carga negativa. Fazendo com que a chapa de baixo desça com sua carga positiva, ocorrendo excesso de cargas. Fenômeno observado na questão 4.”
03	“O de cima vai ficar carregado positivamente e induz os elétrons para cima.”
04	“A folha de prata sofre pela indução e fica positiva.”
05	“Agora iremos carregar o círculo metálico positivamente fazendo os elétrons subirem e deixarem a parte de baixo positivamente e fazendo eles se abrirem.”
06	“Ocorre o mesmo que na questão anterior, mas a placa de cima fica positiva fazendo com que a folha fique positiva também.”

O grupo 4- A resposta está incompleta, os estudantes acertam na explicação, entretanto não relatam com clareza o que está ocorrendo para que o que está sendo observado aconteça.

O grupo 5- Explicou de maneira bem sucinta e sem muito detalhamento dos fenômenos. Entretanto o que foi deixado pelo grupo como resposta não está errada, mas sim sem detalhamento.

O grupo 6- O grupo acerta em dizer que a placa circular superior fica positiva, entretanto não explica como isso ocorreu falta clareza nas respostas.

Podemos dizer que a construção de conceitos novos e o uso da prática experimental contribuiu para o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes, entretanto temos que reforçar a importância da escrita no processo. Foram encontradas em todas as respostas deficiência na forma de escrita com falta de clareza do assunto abordado, o que prejudicou a resposta dos grupos.

5.4 Questionário investigativo – Ionização do Ar

Aula 09: 7 grupos.

5.4.1 *Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão um (1)*

A respostas da questão um (ver Apêndice B.1) estratificadas por grupos de alunos, são mostradas na Tabela 15.

Tabela 15 – Resultados obtidos questão 01 – Ionização do ar.

Grupo	Resposta
01	“A chama não provocou nenhum efeito através dela acesa.”
02	“O papel o canudo e o fogo desativam.”
03	“Que íons negativos movimentam através do canudo a placa de alumínio.”
04	“1- O canudo carregado e a folha ficaram levantada.” 2- a chama descarregou o canudo e deitou a folha neutralizando.”
05	“A chama neutralizou o canudo.”
06	“Após acender o fósforo e aproximar a folha desce.”
07	“A chama descarregou o canudo, impedindo o eletroscópio de se mover.”

O grupo 1- O grupo não conseguiu descrever adequadamente as suas ideias com aquilo que estava sendo observado. A resposta do grupo é confusa e sem clareza. Entretanto é possível identificar que o grupo conseguiu observar os resultados esperados, que o canudo ao ser submetido a chama do palito de fosforo se tornava neutro.

O grupo 2- É possível identificar que os estudantes compreenderam o fenômeno, entretanto não conseguiram traduzir em palavras aquilo que estava sendo observado por eles.

O grupo 3- O grupo responde de forma equivocada, confundindo conceitos e sua escrita é sem clareza. O grupo não conseguiu compreender o que estava sendo observado.

O grupo 4- O grupo escreve corretamente que o canudo ficou eletrizado e ao ser aproximado do eletroscópio de folhas, as folhas se abrem. Faltou ser mencionado pelo grupo que o canudo ao ser afastado as folhas se fecham. O grupo descreve corretamente ao dizer que a chama neutraliza as cargas do canudo, entretanto se equivoca em dizer que neutraliza as folhas, uma vez que elas já se encontravam-se neutras.

O grupo 5- O grupo responde corretamente à pergunta, entretanto falta detalhamento do procedimento experimental observável.

O grupo 6- O grupo responde de maneira equivocada a questão, a resposta do grupo não está correta. Pois para essa resposta estar certa o eletroscópio deveria estar eletrizado o que não acontece nesta parte da experimentação.

O grupo 7- A resposta do grupo está correta, o grupo descreve corretamente que a chama descarregou (neutralizou) o canudo ao aproximar a chama. E a não abertura das folhas foi observada porque o canudo encontrava-se neutro.

Três (3) grupos conseguiram explicar parcialmente o que estava sendo pedido na questão. Entretanto faltou clareza e detalhamento das observações. Um (1) grupo explicou de maneira errada os conceitos observáveis. Entretanto todos os grupos desenvolveram as habilidades de investigação, observação, diálogo e prática.

5.4.2 *Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão dois (2)*

A respostas da questão dois (ver Apêndice B.2) estratificadas por grupos de alunos, são mostradas na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultados obtidos questão 02 – Ionização do ar.

Grupo	Resposta
01	“A chama descarregou a parte carregada do eletroscópio.”
02	“O fogo descarrega.”
03	“Observei que após ser neutralizado com a chama o canudo neutralizou os íons.”
04	“O canudo carregou o eletroscópio, mas com a chama íons positivos neutralizam o eletroscópio.”
05	“A chama neutralizou o eletroscópio de folhas (Íons positivos).”
06	“Com o contato o papel se mante levantado e após aproximar o fosforo a folha desce.”
07	“Ocorre a mesma coisa, o fogo descarrega o eletroscópio.”

O grupo 1- O grupo responde corretamente o fundamento da questão. Entretanto não descreve com clareza o porquê esse fenômeno ocorre, também não menciona qual a influência dos íons no processo da neutralização do eletroscópio de folhas.

O grupo 2- A resposta do grupo está incompleta. Os estudantes apenas escreveram que a chama foi a responsável por neutralizar o eletroscópio de folhas, entretanto não menciona como isso ocorreu.

O grupo 3- O grupo responde corretamente em dizer que a aproximação da chama sobre o eletroscópio foi a responsável por neutralizá-lo, entretanto menciona de maneira desarticulada e sem clareza a influência dos íons no processo.

O grupo 4- O grupo acertou na sua resposta, relatando com mais clareza os fatos observáveis

O grupo 5- O grupo conseguiu descrever acertadamente os fenômenos observáveis acertando na sua resposta, entretanto não foi tão explicativo na descrição dos fenômenos.

O grupo 6- O grupo acerta na explicação do fenômeno observado, entretanto não explica com clareza como tudo acontece. Outro equívoco é a palavra “papel” onde o grupo parece querer dizer folha metálica.

O grupo 7- O grupo descreve sobre a neutralidade do eletroscópio ao aproximar um palito de fósforo aceso do eletroscópio de folhas, entretanto não menciona a influência dos íons e não descreve com clareza os processos observáveis.

Todos os grupos conseguiram desenvolver respostas pertinentes ao que foi observado durante a prática experimental, entretanto nem todos os grupos discriminaram com clareza todos os fenômenos observáveis.

5.5 Questionário investigativo – Efeito fotoelétrico

Aula 13: 3 grupos.

5.5.1 *Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão um (1)*

A respostas da questão um (ver Apêndice C.1) estratificadas por grupos de alunos, são mostradas na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultados obtidos questão 01 – Efeito Fotoelétrico

Grupo	Resposta
01	“Não ocorreu mudança. A energia é insuficiente para retirar de elétrons”
02	“Nada, a lâmpada não possui energia suficiente para arrancar os elétrons.”
03	“Foi provado que a luz UV negra possui mais energia .”

O grupo 1- O grupo relata de maneira correta, dizendo que não ocorreu nenhuma mudança ao aproximar a luz da lâmpada branca círculo metálico(chapéu). Relata ainda de forma assertiva a influência da energia no processo.

O grupo 2- O grupo observou que a luz da lâmpada branca não conseguiu modificar as condições iniciais do eletroscópio que foi eletrizado. O grupo relacionou que foi a quantidade de energia a responsável pela não modificação das condições iniciais, uma vez que esta não possuía a quantidade suficiente necessária para efetuar as mudanças.

O grupo 3- O grupo não conseguiu explicar o fenômeno observado. Entretanto

Tabela 18 – Resultados obtidos questão 02 – Efeito Fotoelétrico.

Grupo	Resposta
01	“Não aconteceu nada. O eletroscópio está carregado positivamente não tem elétrons soltos”
02	“Mesmo ao usar a lâmpada, a folha de prata não desceu. Provavelmente porque o eletroscópio estava carregado positivamente.
03	“Por mais que a lâmpada seja aproximada não ocorreu efeito.”

faz uma consideração importante dizendo que a luz emitida por uma lâmpada de UV (ultravioleta) possui mais energia do que a produzida por uma lâmpada de luz branca.

Dois(2) grupos conseguiram responder adequadamente a questão e um(1) grupo não conseguiu responder adequadamente. Foi possível identificar que os estudantes relacionaram adequadamente a interpretação do fenômeno observável.

5.5.2 *Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão dois (2)*

A respostas da questão dois (ver Apêndice C.2) estratificadas por grupos de alunos, são mostradas na Tabela 18.

O grupo 1- Os estudantes escreveram que nenhum resultado na experimentação foi observado, e que o eletroscópio está carregado positivamente, entretanto não mencionaram a influência da energia no processo.

O grupo 2- Os estudantes não conseguiram associar a energia da luz branca.

O grupo 3- O grupo descreve que nenhuma alteração foi observada no experimento, ou seja, o eletroscópio permaneceu como se encontrava na inicial após ser eletrizado positivamente.

Os estudantes encontraram muita dificuldade em associar e explicar por que a luz branca de uma lâmpada fluorescente não provoca nenhuma alteração no eletroscópio esteja ele eletrizado positivamente ou negativamente.

5.5.3 *Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão três (3)*

A respostas da questão três (ver Apêndice C.3) estratificadas por grupos de alunos, são mostradas na Tabela 19.

Tabela 19 – Resultados obtidos questão 03 – Efeito Fotoelétrico.

Grupo	Resposta
01	“A folha desceu. Elétrons foram arrancados”
02	“A lâmpada UV arranca elétrons do eletroscópio .”
03	“Se está carregada positivamente a folha não desce.”

O grupo 1- O grupo consegue associar o fechamento das folhas com a retirada de elétrons. Entretanto não mencionou a influência da energia em sua explicação do fenômeno.

O grupo 2- O grupo relaciona assertivamente que as folhas estão se fechando devido a incidência de luz na placa de metal provocando a retirada de elétrons

O grupo 3- Os estudantes erroneamente acreditam que o eletroscópio foi eletrizado positivamente, a sua interpretação estaria correta caso o eletroscópio estivesse carregado positivamente. Mas o eletroscópio da questão é eletrizado negativamente. Os estudantes realizaram a experimentação e observaram as folhas se fechar, entretanto a explicação que relaciona a energia no processo não foi mencionada por nenhum grupo.

5.5.4 Avaliando os resultados das respostas dos grupos da questão quatro (4)

A respostas da questão quatro (ver Apêndice C.4) estratificadas por grupos de alunos, são mostradas na Tabela 20.

Tabela 20 – Resultados obtidos questão 04 – Efeito Fotoelétrico

Grupo	Resposta
01	“Não aconteceu nada.”
02	“Nada ocorreu”
03	“Se estiver positivo a folha ainda continua de pé.”

O grupo 1- Os estudantes apenas descreveram aquilo que foi observado, não fizeram nenhuma relação pertinente com os conceitos da física moderna e ou o efeito fotoelétrico. O grupo 2- O grupo descreveu apenas o que foi observado, não explicou as possíveis causas que pudessem ter influenciado ou não no eletroscópio de folhas. O grupo 3- Os estudantes respondem corretamente, “Se estiver positivo a folha ainda continua de pé.”, entretanto não discorre nenhuma explicação conceitual.

Os estudantes conseguiram descrever o resultado observáveis na experimentação, entretanto tiveram muita dificuldade em descrever em linguagem escrita os fenômenos que

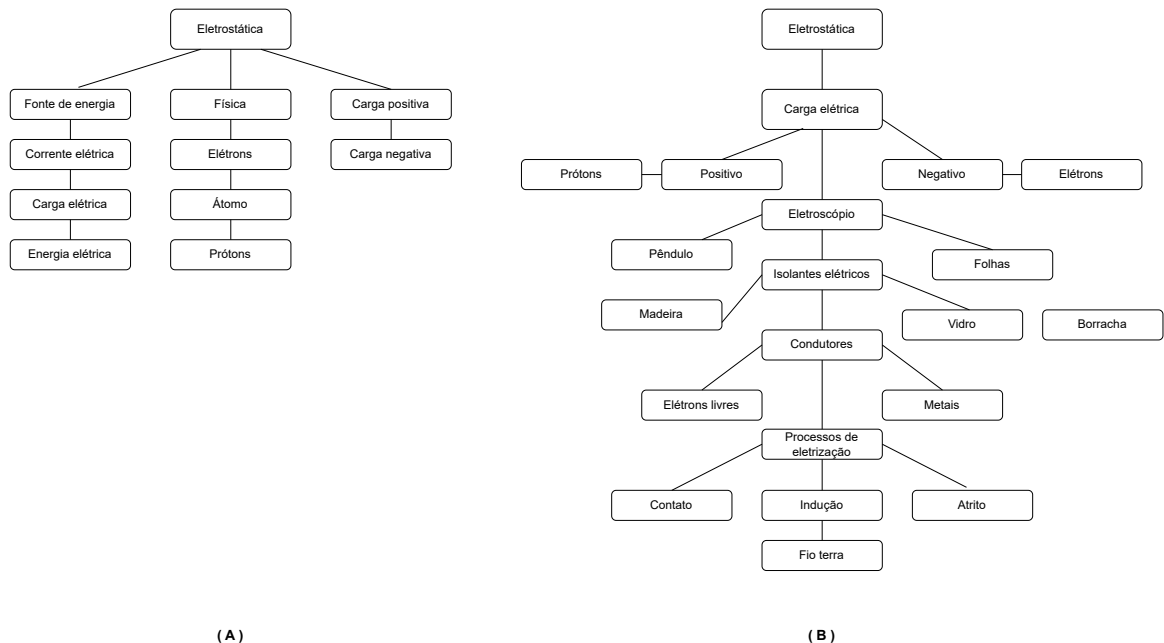
estavam acontecendo durante a utilização do experimento.

5.6 Estudo dos Mapas Conceituais

5.6.1 Construção de mapa conceitual – Processos de Eletrização

Foram avaliados como objeto amostral os mapas conceituais de cinco (5) estudantes, considerando dois momentos diferentes um antes da aplicação da sequência didática e outro ao final de cada soma das três (3) sequencias. Na Aula 2, foi pedido para que os estudantes produzissem um mapa conceitual tendo como pergunta focal “O que é a eletrostática?” o conceito principal utilizado pelos estudantes teve como palavra-chave “Eletrostática”. O objetivo era avaliar os conceitos prévios que os estudantes detinham sobre o tema eletrostática. Em contrapartida, na aula 6 foi solicitado que os estudantes depois de ter participado da aula expositivas e realizado as práticas elaborassem novamente a atividade da construção do mapa. O objetivo é avaliar se ocorreu alguma mudança na evolução cognitiva de conceitos do estudante.

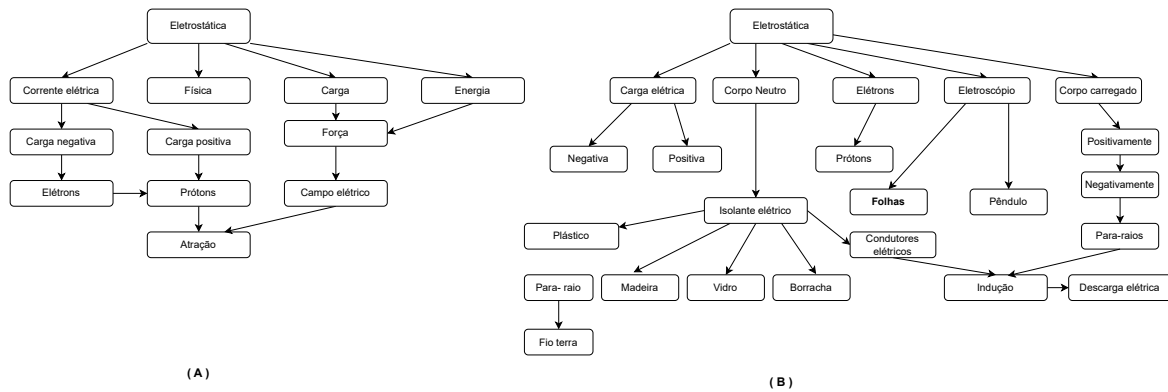
Figura 30 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (1A). Aluna 01 antes da intervenção (a). Aluna 01 depois da intervenção (b).



A Figura 30 mostra que o mapa produzido pelo aluno 1A antes da intervenção é bem menos elaborado em relação ao mapa conceitual feito depois da intervenção. O mapa não apresentou nenhuma ligação cruzada. Já no segundo mapa depois da intervenção é possível identificar uma hierarquização mais elaborada com conceitos mais abrangentes onde sugere uma tendência gradual em direção a hierarquização vertical e uma ramificação

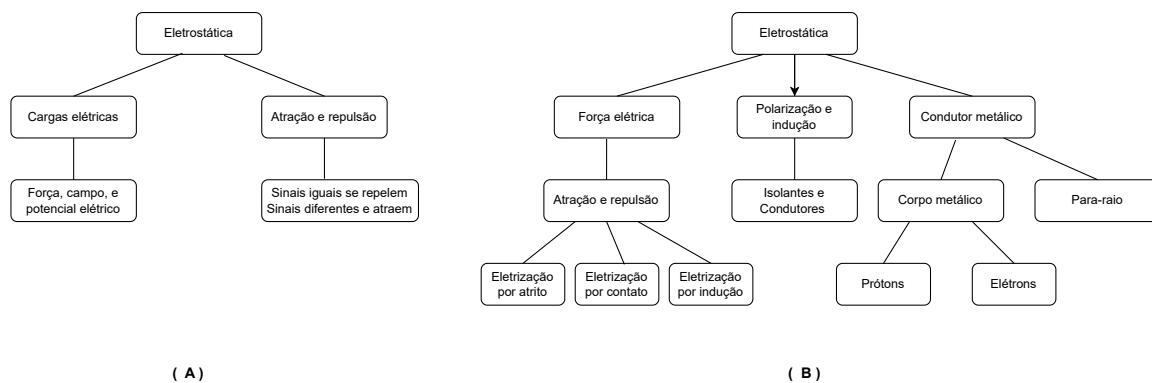
um pouco mais elaborada. Os conceitos mais específicos partiram de um conceito geral utilizado pelo estudante “eletrostática” Essas mudanças na estrutura da construção dos relativos mapas podem significar uma influência dos materiais instrucionais no processo cognitivo do estudante.

Figura 31 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (2A). Aluna 02 antes da intervenção (a). Aluna 02 depois da intervenção (b).



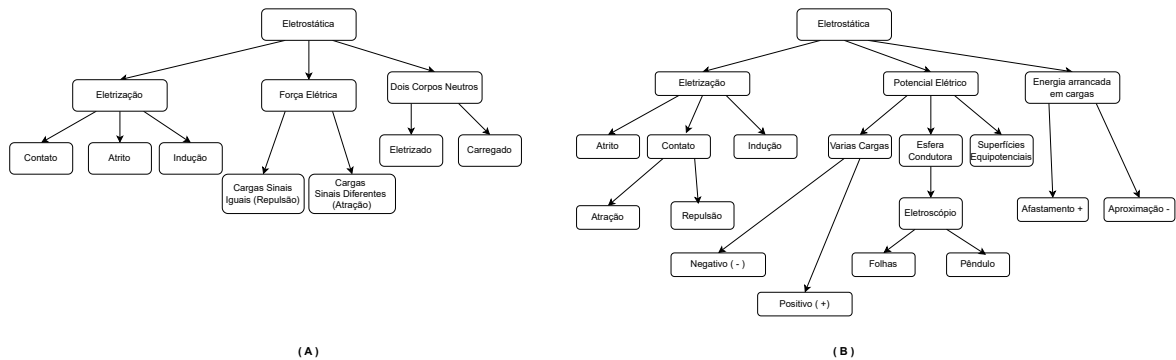
É observado no mapa conceitual da estudante 2A antes da intervenção a presença de hierarquização e ramificações em sua estrutura, assim como mostrado na Figura 31. É observado a utilização do conceito “eletrostática” como o conceito geral e desta parte para conceitos subordinados. Também podemos identificar ligações cruzadas entre conceitos. Depois da intervenção é possível visualizar um maior número de conceitos sendo apresentados na estrutura do seu mapa conceitual, podendo sugerir um aumento da aprendizagem de novos conceitos.

Figura 32 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (3A). Aluna 03 antes da intervenção (a). Aluna 03 depois da intervenção (b).



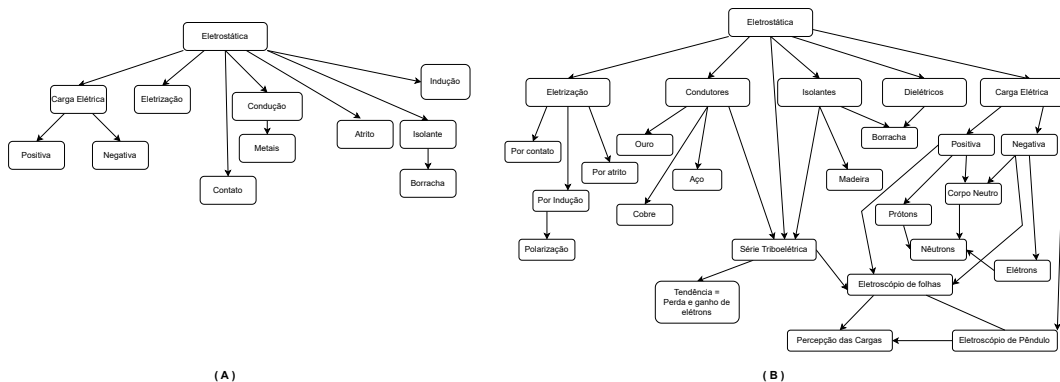
O mapa conceitual ilustrado na Figura 32, feito pelo aluno 3A antes da intervenção se apresenta, hierarquizado, porém sua estrutura é linear , não apresenta ligação cruzada , parte de um conceito geral para conceitos subordinados específicos. No mapa depois da intervenção é possível identificar um maior número de conceitos subordinados, também é possível verificar uma estrutura hierarquizada e mais estruturada .

Figura 33 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (4A). Aluna 04 antes da intervenção (a). Aluna 04 depois da intervenção (b).



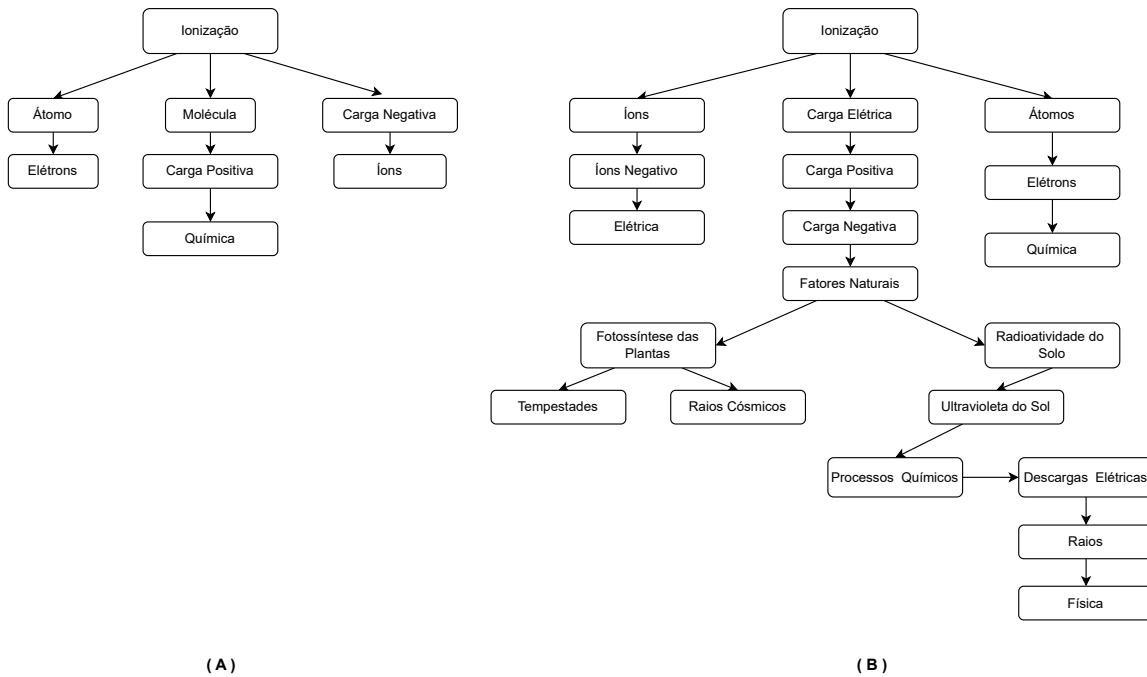
Como mostrado na Figura 33, o mapa produzido pelo estudante 4A antes da intervenção se apresenta com uma estrutura linear, hierarquizada, não apresenta ligação cruzada, os conceitos subordinados partem de um conceito geral “eletrostática” para conceitos subordinados. Depois da intervenção é verificada uma estrutura mais elaborada, apresentada um maior número de conceitos são apresentados de forma hierarquizada e ramificada.

Figura 34 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (5A). Aluna 05 antes da intervenção (a). Aluna 05 depois da intervenção (b).



O mapa apresentado pelo aluno 5A antes da intervenção se apresenta sem ligações cruzadas, com estrutura linear, os conceitos subordinados partem do conceito geral “eletrostática”, como demonstrado na Figura 34. Já no mapa conceitual produzido depois da intervenção é possível identificar uma estrutura mais elaborada com ramificações, hierarquizada e com a presença de ligações cruzadas. Também apresenta um conceito geral dele parte os conceitos subordinados. Os dois mapas são iguais e portanto diferem quanto ao número de conceitos refletindo uma forte influência do material instrucional sobre a estrutura cognitiva do estudante.

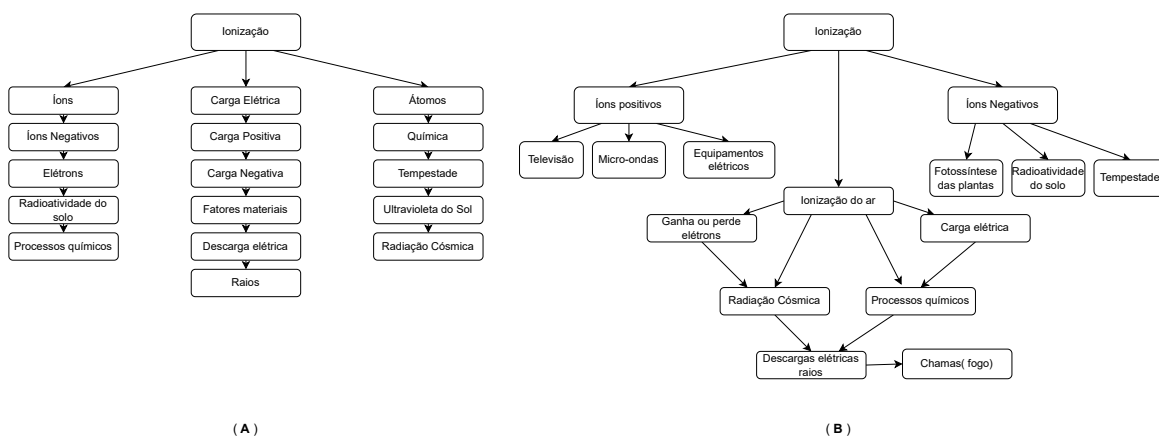
Figura 35 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (1B). Aluno 1 antes da intervenção (a). Aluno 1 depois da intervenção (b).



5.6.2 Construção de mapa conceitual – Ionização do ar

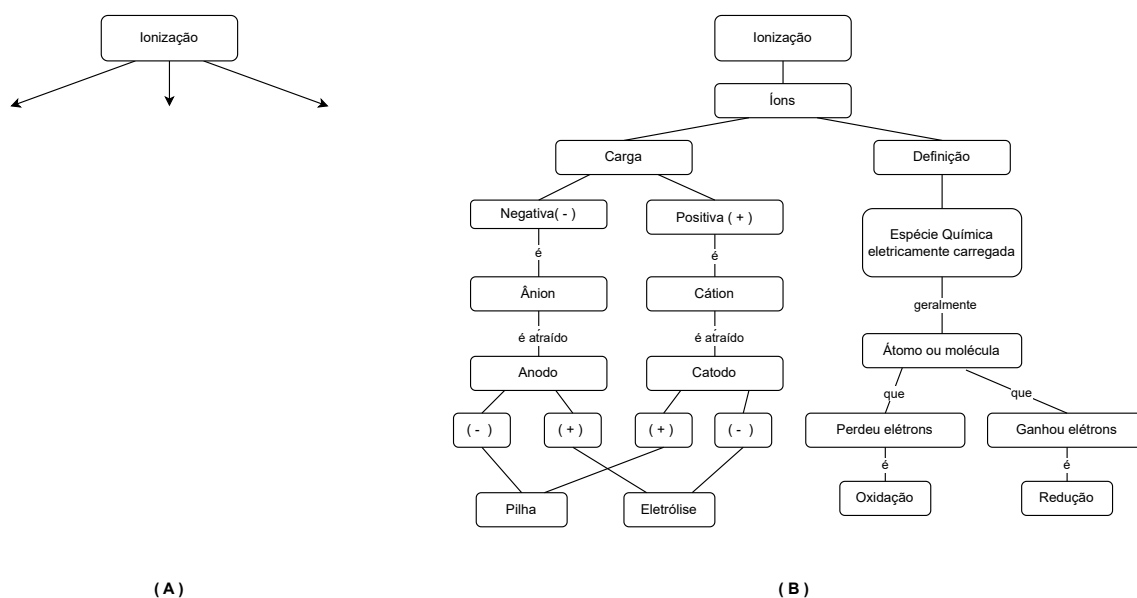
A Figura 35 do mapa elaborado pelo estudante 1B antes da intervenção se mostra com estrutura hierarquizada, não apresenta ligação cruzada e possui poucos conceitos sobre o tema geral. Já no mapa depois da intervenção é identificado um número muito maior de conceitos, hierarquizados e com ramificações. Os aumentos do número de conceitos apresentados no mapa depois da intervenção sugerem um aumento da estrutura do conhecimento dos estudantes.

Figura 36 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (2B). Aluno 2 antes da intervenção (a). Aluno 2 depois da intervenção (b).



O mapa da estudante 2B que é apresentado antes da intervenção sugere que a estudante tem um bom conhecimento sobre os conceitos de química e Física, assim como mostrado na Figura 36. Apresenta como conceito geral “Ionização” e parte para os conceitos subordinados. A estrutura é linear e ramificada. Não apresenta ligação cruzada. Já depois da intervenção é possível identificar que a estudante aumentou o número de conceitos novos bem como é possível identifica ligação cruzadas entre conceitos. É possível dizer que devido ao aumento de conceitos apresentados e a presença de ligações cruzadas na estrutura do mapa conceitual da estudante podemos dizer que pode ter tido uma evolução cognitiva conceitual da estudante.

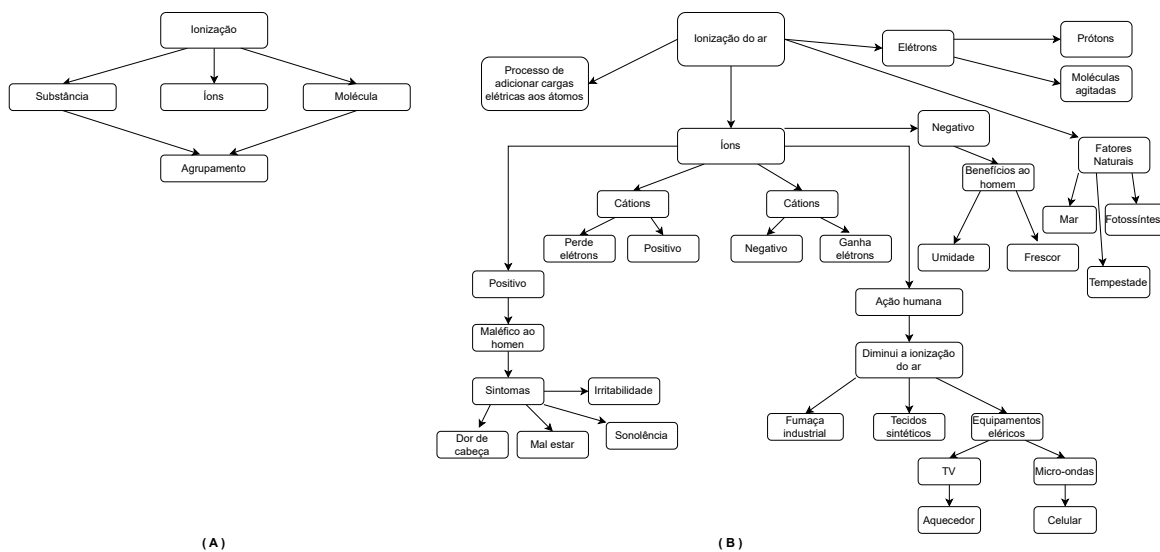
Figura 37 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (3B). Aluno 3 antes da intervenção (a). Aluno 3 depois da intervenção (b).



O estudante 3B não conseguiu desenvolver a construção do mapa conceitual sobre os conhecimentos que foram definidos a partir da pergunta focal, apenas identificou o conceito chave “ Ionização”, assim como descrito na Figura 37. É possível verificar que existiu uma dificuldade do estudante em escrever algo que pudesse ser utilizado como conceito subordinado. Já depois da intervenção o estudante consegue construir o mapa com inúmeros conceitos novos, apresenta uma estrutura hierarquizada e ramificada. É possível afirmar que o estudante apresentou um aprendizado significativo ampliando conceitos em sua estrutura cognitiva. Sugerindo um aprendizado significativo.

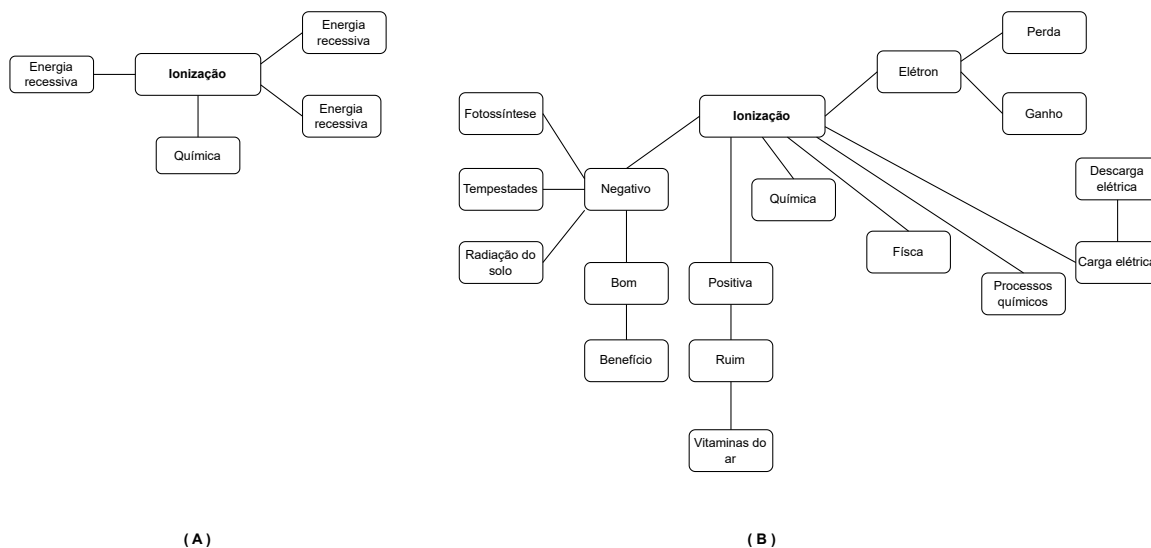
O mapa mostrado na Figura 38, construído pelo estudante 4B sugere uma estrutura linear , hierarquizada, apresenta uma ligação cruzada, o conceito geral é a palavra-chave“ Ionização” . Já no segundo momento depois da intervenção a estrutura qu é apresentada no segundo mapa conceitual é bastante expressivo apresentando, hierarquização, ramificação, um número bem maior de conceitos, também apresenta ligação cruzada entre

Figura 38 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (4B). Aluno 4 antes da intervenção (a). Aluno 4 depois da intervenção (b).



conceitos. Avaliando os dois mapas é possível identificar uma evolução significativa na elaboração de novos conceitos, podendo o estudante apresentar uma evolução conceitual significativa. O mapa conceitual proporciona uma avaliação qualitativa da aprendizagem.

Figura 39 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (5B). Aluno 5 antes da intervenção (a). Aluno 5 depois da intervenção (b).

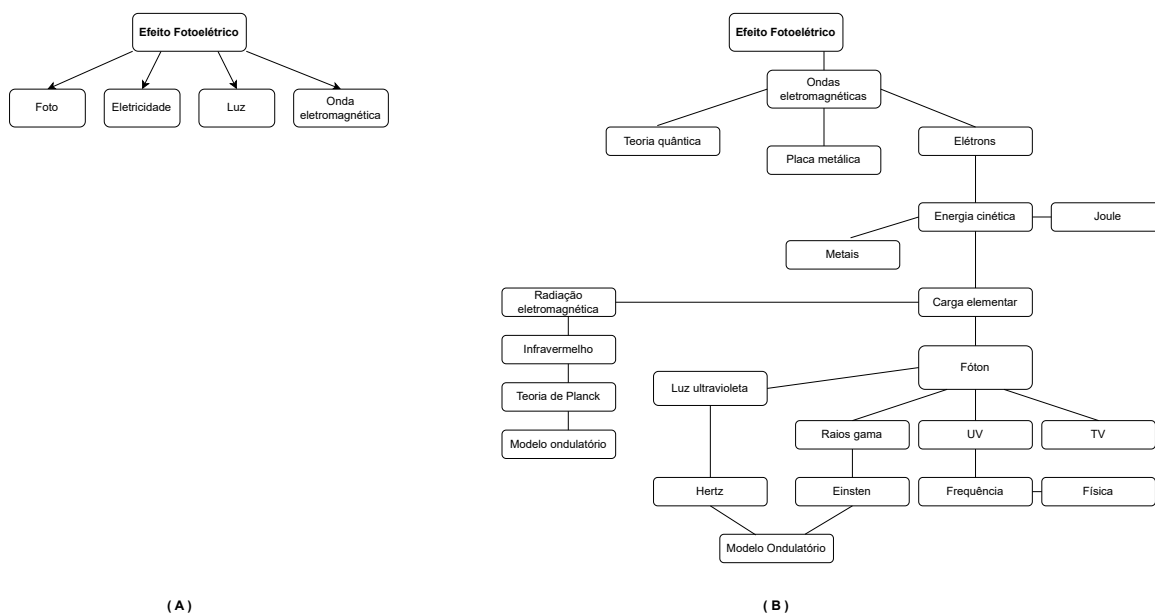


O mapa conceitual da estudante 5B, mostrado na Figura 39, antes da intervenção apresenta uma estrutura linear, com apenas uma ramificação, não apresenta ligações cruzadas, os conceitos são apresentados em um número muito baixo. Depois da intervenção é possível verificar a existência de hierarquização de conceitos, ramificações também são identificadas, bem como um número significativo de novos conceitos. Entretanto

não apresenta ligação cruzada. É possível que o desenvolvimento cognitivo da estudante avançou com os materiais instrucionais desenvolvidos e aplicados.

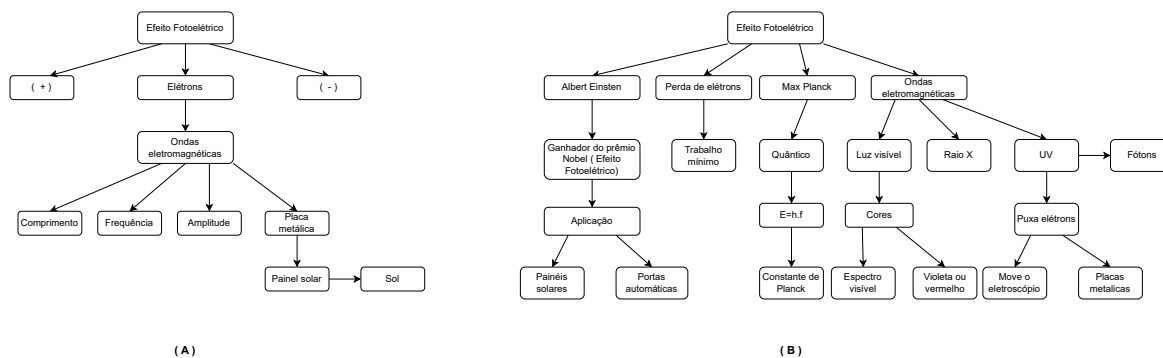
5.6.3 Construção de mapa conceitual- Efeito Fotoelétrico

Figura 40 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (1C). Aluno 1 antes da intervenção (a). Aluno 1 depois da intervenção (b).



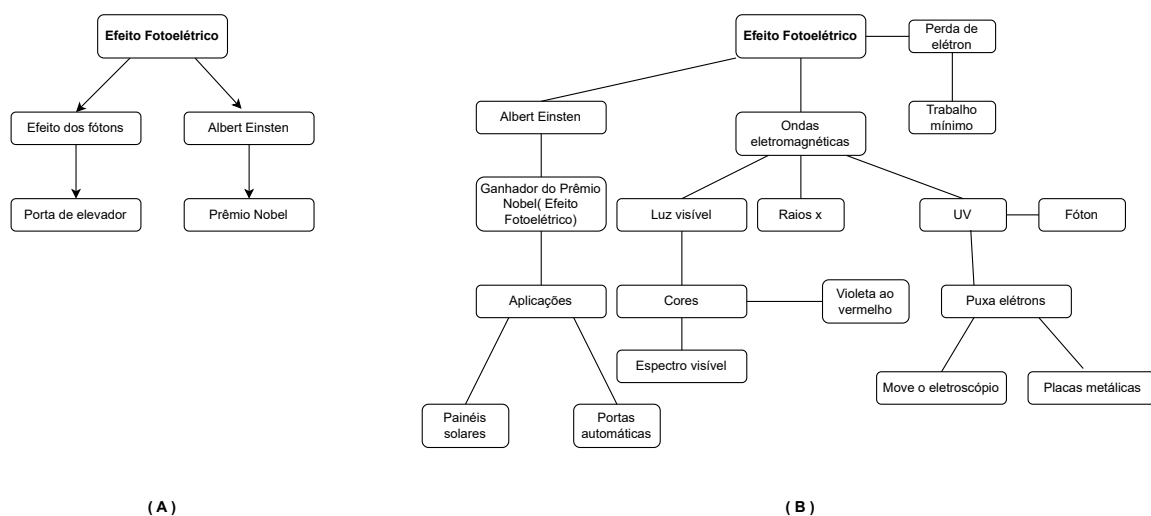
A Figura 40 mostra que o mapa construído pelo estudante 1C antes da intervenção apresenta estrutura linear, hierarquizada, não apresenta ligação cruzada, apresenta conceito geral como palavra-chave Efeito fotoelétrico e apresentam conceitos secundários. Já no segundo mapa conceitual é possível observar a presença de estrutura hierarquizada, ramificada, apresenta ligação cruzada. Presença de novos conceitos na nova estrutura do mapa. É possível dizer que pode ter havido desenvolvimento cognitivo mediante ao elevado número de novos conceitos presentes na estrutura do mapa.

Figura 41 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (2C). Aluno 2 antes da intervenção (a). Aluno 2 depois da intervenção (b).



A Figura 41 mostra que o mapa construído pelo estudante 2C antes da intervenção , apresenta estrutura linear vertical, não apresenta ligação cruzada, possui ramificação simples, possui como conceito geral a palavra-chave “fotoelétrica” . Já o mapa construído pelo estudante depois da intervenção apresenta ratificação, hierarquização , ligação cruzada , conceito geral com as palavras-chave “ Efeito fotoelétrico”. Apresenta um número superior de conceitos em relação ao mapa antes da intervenção. O número de conceitos novos sugere que o estudante apresenta um desenvolvimento cognitivo em Desenvolvimento. Decorrente principalmente dos materiais instrucionais utilizados pelo professor.

Figura 42 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (3C). Aluno 3 antes da intervenção (a). Aluno 3 depois da intervenção (b).

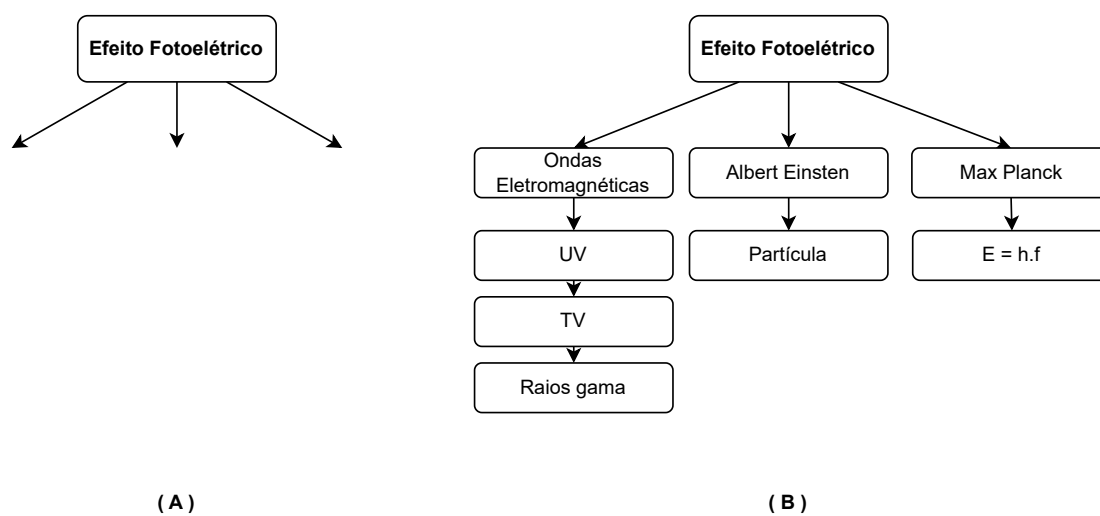


A Figura 42 mostra que o mapa construído pelo estudante 3C apresenta estrutura linear , hierarquizada, ramificada com um número muito pequeno de conceitos sendo representado , utiliza como conceito geral a palavra-chave “ Efeito fotoelétrico”. Já depois da intervenção é possível identificar uma estrutura bem mais elaborada, ramificada, hierarquizada, com conceitos subordinados. e com um número de conceitos bem mais numerosos.

O mapa da estudante 4C (mostrado na Figura 43) antes da intervenção não foi construído, a estudante não apresenta conceitos básicos para poder formular o mapa. Logo depois da intervenção o estudante apresenta uma estrutura hierarquizada , apresentando como conceito geral o “ Efeito Fotoelétrico “.É verificado também que o número de conceitos sobre o tema aumentou. Influenciado possivelmente pelo material instrucional aplicado, não apresenta ligação cruzada.

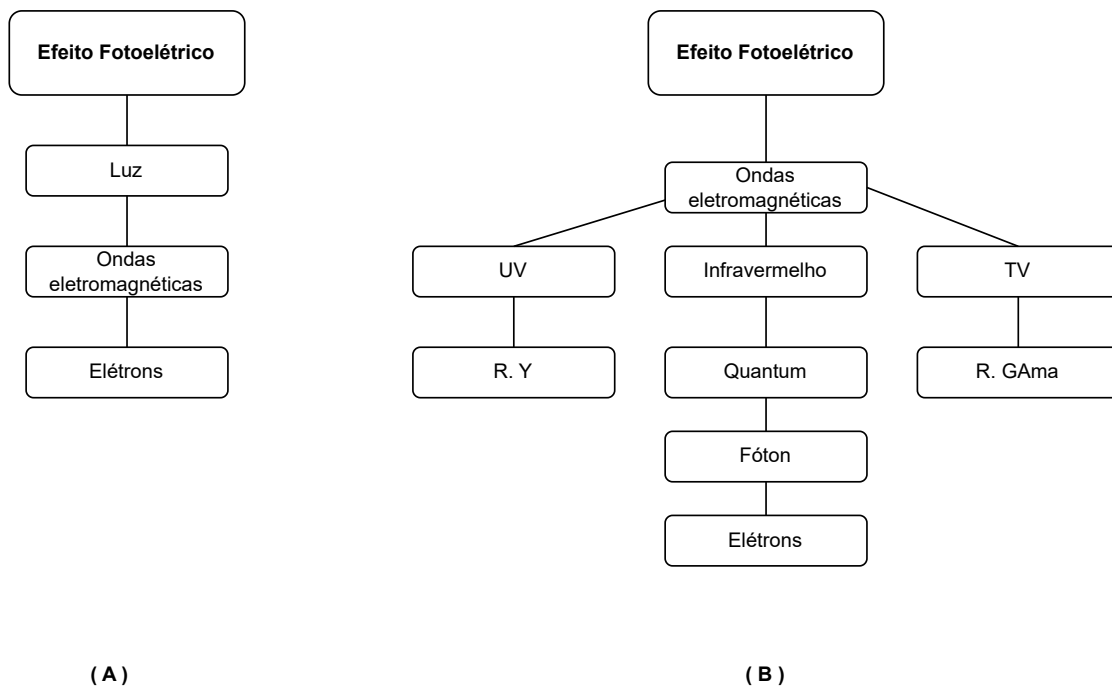
A estudante 5C antes da intervenção apresenta um mapa com estrutura linear e sem muitos conceitos distribuídos, como mostrado na Figura 44. Não apresenta ligação cruzada. Já no mapa construído pelo estudante depois da intervenção, apresenta estrutura

Figura 43 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (4C). Aluno 4 antes da intervenção (a). Aluno 4 depois da intervenção (b).



hierarquizada, ramificada. Apresenta conceito geral e conceitos subordinados. Não apresenta ligação cruzada. O estudante apresenta novos conceitos podendo ser sugerido que esteja ocorrendo uma evolução cognitiva decorrente do material instrucional aplicado. Os mapas conceituais não apenas identificam conceitos prévios dos estudantes, mas também avaliam as mudanças cognitivas do estudante (MOREIRA, 2013).

Figura 44 – Mapa Conceitual produzido pelo aluno (5C). Aluno 5 antes da intervenção (a). Aluno 5 depois da intervenção (b).



6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta o resultado de uma pesquisa de ensino, onde foram realizados a aplicação de um produto educacional contendo procedimentos metodológicos com a utilização de experimento didático o “eletroscópio de folhas”. Foram realizados diversos procedimentos metodológicos, tais como aulas expositivas, construção de aparato experimental, aplicação de questionário investigativo e construção de Mapas Conceituais como instrumento de avaliação. Como resultado as aulas expositivas se fizeram um importante instrumento de ensino. Foi possível observar que durante as aulas os estudantes despertaram a curiosidade, o interesse e a vontade em aprender. O diálogo que se oportunizou entre os seus pares contribuiu positivamente no fazer pedagógico, bem como a sua participação ativa em questionar assuntos pertinentes que foram apresentados dentro dos conteúdos da Física. Também foi observado que os estudantes durante as aulas expositiva se utilizaram de conhecimentos já vividos por eles, ou seja, conhecimentos já existentes na sua estrutura cognitiva para elaborar conceitos novos. Promovendo dessa maneira uma aprendizagem mais significativa. Já durante a construção do experimento “Eletroscópio de Folhas”, os estudantes se mostraram participativos e colaborativos. A experimentação contribuiu para trazer os conceitos teóricos dos livros para uma vivência mais concreta e significativa. Os estudantes puderam questionar, observar e investigar despertando a vontade em aprender e a curiosidade em fazer ciência. A experiência do fazer em grupo promoveu a interação entre os estudantes, ajudando a desenvolver a cooperação, o respeito, a comunicação, bem como, a tomada de decisão e o trabalho em equipe. As atividades em questionário investigativo propostas como procedimentos metodológicos de aprendizagem, trouxeram uma contribuição importante. Foi observado que a maioria dos estudantes realizaram os procedimentos das atividades corretamente e responderam de forma assertiva, reforçando a atividade realizada como uma ferramenta propositiva no processo de ensino e aprendizagem, entretanto, por se tratar de alunos concluintes do ensino médio, verificou-se que os estudantes enfrentam dificuldades na elaboração de respostas argumentativas, demonstrando lacunas em aspectos como coesão, coerência e vocabulário em seus textos. Já a utilização dos mapas conceituais como instrumento de avaliação, se mostrou favorável, uma vez que contribuiu significativamente na observância de uma evolução cognitiva na construção de conceitos pelos estudantes. Desta maneira conclui-se que os materiais instrucionais propostos nesta pesquisa aos estudantes, contribuíram significativamente no processo de ensino e aprendizagem, promovendo o desenvolvimento cognitivo e estimulando a capacidade de pensar de maneira crítica, analítica e criativa.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, A. O. L. P. Londres: Heinemann educational books ltd. *1963*, 1963. 69
- ABREU, R. M. de et al. Vivências na produção de material audiovisual para o ensino remoto: Um relato de experiência do pibid no subprojeto de ciências. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista-ENCITEC*, v. 14, n. 1, p. 279–290, 2024. 43
- Aristóteles; BINI, E. *Ética a Nicômaco*. [S.l.: s.n.], 1979. 20
- ASSIS, A. K. T. *Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade*. Montreal: Apeiron, 2010. 8, 37, 39, 40, 41
- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. [S.l.]: Plátano-Edições Técnicas, 2003. 22, 23, 25, 31, 63
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Educational psychology: A cognitive view*. [S.l.]: CNIB, [197-], 1978. 22, 26
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 24
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Ed.). *Ensino de Ciências – Unindo a pesquisa e a prática*. 1. ed. São Paulo: Thomson, 2004. cap. 1. 33, 64
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 34
- BASTOS, R. O. Practical measurements in radioactivity with the electroscope and the tracker software. *Physics Education*, IOP Publishing, v. 55, n. 5, p. 055007, 2021. 43
- BIANCHINI, T. B. O. *O ensino por investigação abrindo espaços para a argumentação de alunose professores do ensino médio*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista, 2011. 33
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. v. 19, n. 3, p. 291–313, 2002. 33
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. v. 1, n. 1, p. 765–794, 2018. 34, 35
- DRIVER, R.; ASOKO, H. et al. Construindo conhecimento científico na sala de aula. v. 1, n. 9, p. 31–40, 1999. 36
- ENGELMANN, M. An electroscope with a point. *Science Teacher.*, v. 50, n. 3, p. 30–32, 1983. 69
- FINKEL, D. L. *Teaching with your mouth shut*. Westport, CT: Boynton/Cook, 1999. 20
- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. [S.l.: s.n.], 1987. 20

- FREIRE, P. *Pedagogia da Autonomia*. [S.l.]: Paz e Terra, 1997. 32
- FREITAS, L. V.; FURTADO, W. Abordagem experimental no ensino da física—o início de um laboratório para o cepae. In: *CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG-CONPEEX*. [S.l.: s.n.], 2005. v. 2. 63
- GOMES, S. R. et al. Eletroscópio de folhas: confecção, funcionalidade e aplicabilidade no ensino intercultural de física em são gabriel da cachoeira, estado do amazonas. *Igapó*, v. 12, n. 2, 2022. 43
- HAUKSBEE, F. *Physico-mechanical Experiments on Various Subjects*. [S.l.]: R. Brugis, 1719. 8, 38
- JIMENEZ-ALEIXANDRE; BUSTAMANTE. Discurso de aula y argumentación en la classe de ciencias: Cuestiones teóricas y metodológicas. v. 21, n. 3, p. 259–370, 2003. 35
- LEON, G. D. *The story of electricity*. Mineola, NY: Dover Publications, 1988. (Dover Children’s Science Books). 39
- LUZ, A. da; ALVARES, B. *Física: volume único*. São Paulo: Scipione, 1999. 45
- MACHADO, A. R.; CRISTOVÃO, V. L. L. A construção de modelos didáticos de gêneros: aportes e questionamentos para o ensino de gêneros. *Linguagem em (Dis) curso*, v. 6, n. 3, p. 547–573, 2006. 64
- MEDEIROS, A. *The historical origins of the electroscope*. [S.l.]: Revista Brasileira de Ensino de, 2002. 8, 37, 42, 43
- MOREIRA, M. A. *Uma abordagem cognitivista ao ensino de física*. [S.l.]: Editora da Universidade, 1983. 33
- MOREIRA, M. A. *Mapas Conceituais e Diagramas V*. [S.l.: s.n.], 2006. 27
- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa em mapas conceituais*. Porto Alegre: [s.n.], 2013. 28, 64, 76, 103
- MOREIRA, M. A. *Ensino a aprendizagem significativa*. [S.l.: s.n.], 2017. 22, 23, 24, 26, 30, 31, 32, 63
- MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. Rio de Janeiro: LTC, 2021. 23, 24, 25, 28
- MOREIRA, M. A.; SALZANO MASINI, E. F. *Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel*. [S.l.]: Centauro, 2002. 23
- MORTIMER; SCOTT. Atividades discursivas nas salas de aulas de ciências: Uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. v. 7, n. 3, p. 283 – 306, 2002. 34
- MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. d. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? v. 9, p. 89–111, 2007. 32, 35
- NOVAK, J.; GOWIN, D. *Learning How to Learn*. Cambridge University Press, 1984. ISBN 9780521319263. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=8jkBcSDQPXcC>>. 28

- NOVAK, J. D. *Learning, creating, and using Knowledge: concept maps as facilitative tools for schools and corporations*. [S.l.]: Lawrence Erlbaum Assoc, 1998. 76
- PCN. Pcn - parâmetros curriculares nacionais: Ensino médio. MEC, p. 1–58, 2006. 33, 64
- PEDROSO et al. Construção e validação de um coulomboscópio de baixo custo. In: _____. *Ciências exatas e da terra: exploração e qualificação de diferentes tecnologias*. 4. ed. Ponta Grossa: Atena: Francisco Odécio Sales, 2021. v. 4, cap. CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM COULOMBOSCÓPIO DE BAIXO CUSTO, p. 64–76. 43
- PELIZZARI, A. et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. *revista PEC*, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37–42, 2002. 20
- PINTO, J. A.; PEDROSO, L. S. Construindo alternativas adequadas à realidade educacional brasileira In: _____. [S.l.: s.n.], 2021. cap. Práticas experimentais para o ensino de ciência. 71
- ROWELL, R. *Concept Mapping: Evaluation of Children's Science Concepts Following Audio-tutorial Instruction*. [S.l.]: Cornell University, 1978. 27
- RUSSELL, J. B. *Química Geral - Volume 1*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010. 53
- SAMPAIO et al. Aparato experimental para o ensino de tópicos da eletrostática: o eletroscópio com transistor de efeito de campo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 1, p. 298–309, 2017. 43
- SANTOS, á. A. S. *O eletroscópio de folhas de alumínio como instrumento de ensino dos conceitos da eletrostática*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016. 43
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, SciELO Brasil, v. 17, p. 49–67, 2015. 20
- SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: _____. [S.l.]: Cengage Learning, 2022. 34
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Alfabetização científica: Uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2016. 34, 35
- SCARPA DANIELA LOPES; SASSERON, L. H. S. M. B. O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais. v. 23, n. 1, p. 7–27, 2017. 33, 34
- SEARS; ZEMANSKY. *Física III - Eletromagnetismo*. São Paulo: Pearson, 2016. 8, 9, 44, 45, 46, 48, 50, 51, 52, 55, 56, 58
- SENGBERG, G. E. São paulo: Livraria nobel. 1975, 1975. 69
- ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998. 64

A ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO: PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

Siga os paços a seguir:

A.1 Questão 01 – Investigando o fenômeno de corpo neutro e Indução eletrostática

A.1.1 1^o Momento

1. Pegue um canudo e segure com as duas mãos fechadas cobrindo todo o canudo por alguns segundos.
2. Aproxime o canudo do círculo metálico de eletroscópio.

A.1.2 2^o Momento

1. Esfregue o canudo no papel.
2. Aproxime o canudo novamente do círculo metálico do eletroscópio sem encostar.

Descreva o que foi observado no primeiro momento e o que foi observado no segundo momento. Compare os dois momentos e formule possíveis causas das diferenças observadas

A.2 Questão 02 – Investigando a eletrização por atrito e a indução eletrostática

Siga os paços a seguir:

1. Esfregue o canudo no papel.
2. Aproxime e afaste o canudo do eletroscópio de folhas sem provocar o contato.

Depois de ter realizado a prática descreva o que foi observado busque formular possíveis explicações para o fenômeno.

A.3 Questão 03 - Investigando a eletrização por contato

Siga os paços a seguir:

1. Esfregue o canudo no papel.
2. Aproxime o canudo do eletroscópio de folhas e provoque o contato.
3. Encoste o dedo no chapéu de metal do eletroscópio de folhas.

Depois de ter realizado a prática descreva o que foi observado formulando possíveis explicações sobre os fenômenos.

A.4 Questão 04 - Investigando a eletrização por indução

Siga os paços a seguir:

1. Esfregue o canudo no papel.
2. Aproxime o canudo do eletroscópio de folhas sem provocar o contato.
3. Encoste seu dedo no eletroscópio e logo em seguida afaste-o ainda com o canudo próximo.
4. Afaste o canudo.
5. Encoste o dedo no eletroscópio (Descarregar- tornar neutro).

Depois de ter realizado a prática descreva o que foi observado formulando possíveis explicações sobre o fenômeno observado.

A.5 Questão 05 - Investigando a eletrização por contato e indução eletrostática

Siga os paços a seguir:

1. Esfregue o canudo no papel
2. Encoste o canudo no círculo metálico superior
3. Encoste o dedo no eletroscópio (Descarregar- tornar neutro)

Depois de ter realizado a prática descreva o que foi observado formulando possíveis explicações sobre o fenômeno observado.

A.6 Questão 06 – Investigando a eletrização por indução

Siga os passos a seguir:

1. Esfregue o canudo no papel
2. Aproxime o canudo do círculo metálico superior sem provocar o contato.
3. Encoste seu dedo no círculo metálico superior e logo em seguida afaste-o ainda com o canudo próximo
4. Afaste o canudo.
5. Encoste o dedo no eletroscópio (Descarregar- tornar neutro)

Depois de ter realizado a prática descreva o que foi observado formulando possíveis explicações sobre o fenômeno observado.

B ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO INVESTIGANDO O FENÔMENO DE IONIZAÇÃO

B.1 Questão 01 – Investigando o fenômeno de ionização do ar

Siga os passos a seguir:

B.1.1 1º Momento

1. Esfregue o canudo no papel
2. Aproxime e afaste o canudo do eletroscópio de folhas.

B.1.2 2º Momento

1. Agora Acenda um fosforo e mova a chama para perto de todas as partes do canudo que foi esfregado
2. Repita o procedimento (2) aproximando o canudo novamente perto do eletroscópio

Depois de ter realizado a prática descreva o que foi observado formulando possíveis explicações sobre o fenômeno observado.

B.2 Questão 02 – Investigando o fenômeno da ionização do ar

Siga os passos a seguir:

1. Esfregue o canudo no papel
2. Aproxime o canudo do eletroscópio de folhas e provoque o contato
3. Acenda um fósforo e aproxime do eletroscópio de folhas.

Depois de ter realizado a prática descreva o que foi observado formulando possíveis explicações sobre o fenômeno observado.

C ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO INVESTIGANDO O EFEITO FOTOELÉTRICO

C.1 Questão 01 - Atividade Experimental Investigativa

Siga os passos a seguir

1. Esfregue o canudo no papel
2. Aproxime o canudo do eletroscópio de folhas e provoque o contato com o círculo metálico.
3. Aproxime a lâmpada fluorescente branca do círculo metálico do eletroscópio de folhas deixando próximo por alguns segundos.

Descreva o que foi observado formulando possíveis explicações.

C.2 Questão 02 - Atividade Experimental Investigativa

Siga os passos a seguir

1. Esfregue o canudo de plástico no papel
2. Aproxime o canudo de plástico do eletroscópio de folhas sem provocar o contato.
3. Encoste seu dedo no eletroscópio e logo em seguida afaste-o ainda com o canudo próximo.
4. Afaste o canudo.
5. Aproxime a lâmpada fluorescente do círculo metálico do eletroscópio de folhas e deixe próximo por alguns segundos.

Depois de ter realizado a prática descreva o que foi observado formulando possíveis explicações sobre o fenômeno.

C.3 Questão 03 - Atividade Experimental Investigativa

Siga os paços a seguir

1. Esfregue o canudo no papel
2. Aproxime o canudo do eletroscópio de folhas e provoque o contato.
3. Aproxime agora a lâmpada de Luz negra UV do círculo metálico do eletroscópio de folhas e deixe próximo por alguns segundos.

Depois de ter realizado a prática descreva o que foi observado formulando possíveis explicações.

C.4 Questão 04 - Atividade Experimental Investigativa

Siga os paços a seguir

1. Esfregue o canudo no papel.
2. Aproxime o canudo do eletroscópio de folhas sem provocar o contato.
3. Encoste seu dedo no eletroscópio e logo em seguida afaste-o ainda com o canudo próximo.
4. Afaste o canudo.
5. Aproxime a lâmpada de Luz negra UV do círculo metálico do eletroscópio de folhas.

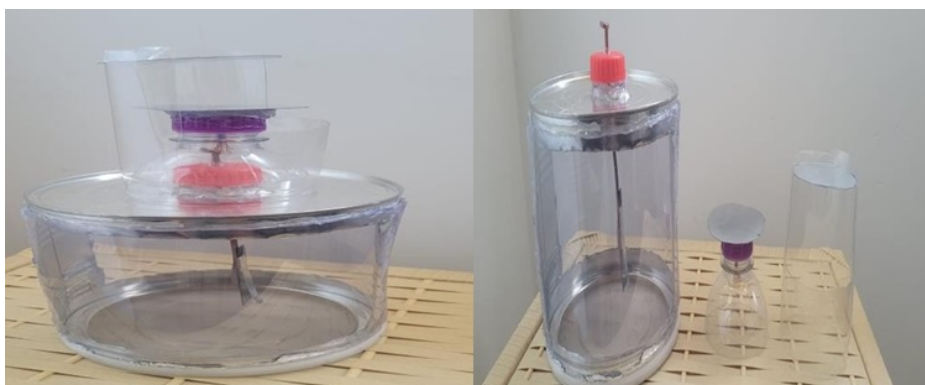
Depois de ter realizado a prática descreva o que foi observado formulando possíveis explicações sobre o fenômeno observado.

D ATIVIDADE PRÁTICA MANUAL PARA CONSTRUÇÃO DE UM ELE- TROSCÓPIO DE FOLHAS

O eletroscópio de folhas, é um aparelho usado para verificar se os objetos estão eletrizados. Ele é constituído de uma esfera metálica, uma haste condutora e uma folha metálica leve. A folha fica dentro de uma lata metálica com janelas cobertas por acetato transparente para se evitar perturbações causadas, por exemplo, pelo vento.

D.1 Aparatos para construção: Eletroscópio de folhas com carcaça metálica

Figura 45 – Experimento: Eletroscópio de folhas com carcaça metálica montado (esquerda). Eletroscópio de folhas peças separadas (direita).



D.1.1 Material utilizado para sua construção

1. Uma lata de alumínio (Diâmetro 12,5 cm e altura 12,5 cm)
2. Duas garrafas de água mineral pequena (500 ml)
3. Uma folha metalizada de prata
4. Folha de chapa galvanizada (15cm x 15 cm)
5. Papel alumínio (30cm por 30 cm)
6. Fio sólido de cobre (10 cm)
7. Fio de cobre (10 cm)
8. Bastão de cola quente (2 bastões)

9. Canudo (Marca: STRAWPLAST) e papel toalha.
10. Folha de acetato (tamanho A4)
11. Fitas Isolante
12. Folha de papel ofício A4

Figura 46 – Materiais para construção do aparato experimental - materiais de 1 a 12.



D.1.2 Materiais para realização da prática

1. Lâmpada Fluorescente
2. Lâmpada Fluorescente Luz negra UV Efeito Neon. de 20 w 127 v. (Ourolux)
3. Luminária
4. Extensão

Figura 47 – Materiais complementares para prática. Materiais de 1 a 4.

1. Lâmpada fluorescente



2. Lâmpada de luz negra UV 20 W



3. Luminária



4. Extensão



D.1.3 Ferramentas para construção

1. Tesoura
2. Alicates
3. Estilete
4. Pistola de cola quente
5. Ferro de solda
6. Tesoura de chapa
7. Faca
8. Esponja de aço
9. Luva de proteção

D.1.4 Descrição para construção: o aparato metálico

Com a chapa galvanizada de alumínio corte 2 (dois) círculos de 3cm de raio, ainda na chapa corte 1 (uma) plaquinha retangular de 0,5 cm x 5,0 cm. (Usar luvas de

Figura 48 – Ferramentais para construção do aparato experimental. Materiais de 1 a 9.



proteção)

Figura 49 – Materiais para construção do aparato experimental. Materiais de 1 e 2.



D.2 As Garrafas Plásticas

Pegue uma das garrafas e corte bem rente ao bico separando a parte superior da inferior da garrafa de maneira que fique uma borda inferior para ser encaixada no furo central circular da lata como mostrada na Figura 50(2). Posteriormente com a segunda garrafa faça um corte separando sua parte superior da inferior de maneira que sobre 6cm do bico para baixo como mostrada na Figura 50(3). Com a parte que sobrou da garrafa será feito um aparato experimental para suporte do círculo de metal, com uma tesoura

corde o que sobrou da garrafa como na Figura 50(4), e com muito cuidado use o estilete para fazer um corte horizontal na garrafa para encaixar o círculo de metal.

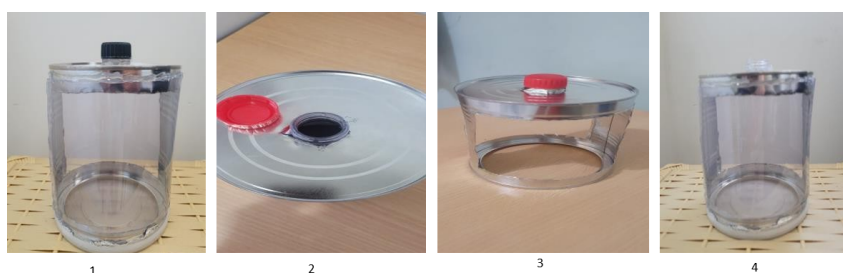
Figura 50 – Materiais para construção do aparato experimental.



D.3 A Lata

Inicialmente deverá ser feito um orifício circular no fundo da lata com o uso de (faca e alicate de corte) de maneira que seja possível adaptar (encaixar) o bico da tampa da garrafa de plástico neste orifício como mostrado na Figura 51(2) e Figura 51(3). O bico deve ser colado com cola quente de maneira que a tampa seja removível. Posteriormente precisamos fazer duas aberturas de 14cm x 8cm nas laterais da lata para visualização do experimento, (utilizamos para o corte a faca e o alicate). como mostrada na Figura 51(3). As janelas de observação foram fechadas com folha transparente de acetato cortadas na medida das aberturas e coladas com cola quente como mostra a Figura 51(4). Na tampa da lata deve ser vedada com papel alumínio (encaixada na tampa).

Figura 51 – Materiais para construção do aparato experimental.



D.4 “Chapéu” do Experimento

O “chapéu” do experimento deve ser construído de maneira que os fios permaneçam em contato com a placa circular de alumínio e com o fio de cobre como mostrado na Figura 52(1) e Figura 52(1)(4). Primeiramente será cortado um pedaço de fio de cobre de 5 cm e retirado a parte isolante das suas duas extremidades. Será feito um furo no centro da tampa da garrafa (ferro de solda) de maneira que o fio possa atingir o outro lado. O fio exposto na placa circular deve ser preso com fita isolante e depois colado com cola quente.

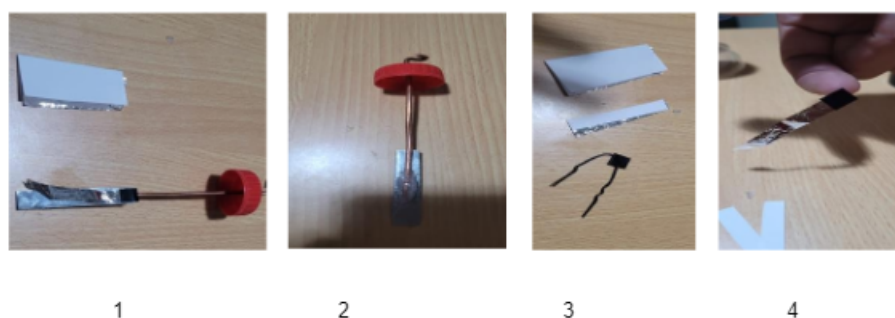
Figura 52 – Materiais para construção do aparato experimental.



D.5 Aparato das folhas

Para construção deste aparato deverá ser feito um furo no centro da tampa com (ferro quente) para encaixe do fio de cobre (11 cm) como mostra a Figura 53(2), foi feita uma dobradura na ponta do fio para um melhor contato. A chapa galvanizada de alumínio deve ser colada com cola quente na haste de cobre sempre observando o contato entre os materiais.

Figura 53 – Materiais para construção do aparato experimental.



Posteriormente para colocação da folha de prata é imprescindível que seja uti-

lizado uma técnica de corte pois a folha de prata é muito sensível e de despedaça com facilidade. Primeiramente iremos envolver a folha de prata em papel A4 de maneira que forme um sanduiche (dobrando ao meio) como mostra a Figura 53(1). Posteriormente cortemos com a tesoura o pedaço do tamanho que queremos como mostrado na Figura 53(3). Para colar a folha de prata na haste de metal iremos utilizar um pedaço de fita isolante como mostrado na Figura 53(4). E por fim colar na haste de metal como mostrado na Figura 53(1).

D.6 O Eletroscópio

O resultado final é apresentado na Figura 54, onde se pode observar a representação do eletroscópio. A imagem ilustra claramente os componentes principais do dispositivo. Além disso, destaca-se o funcionamento do eletroscópio sob diferentes condições experimentais. A precisão dos detalhes na figura facilita a compreensão do mecanismo de detecção de cargas elétricas. Dessa forma, a Figura 54 serve como um recurso visual fundamental para o entendimento do experimento.

Figura 54 – Aparato experimental - Eletroscópio de folhas.

