

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Sidney Pinheiro Duarte Santana

**A geração de energia elétrica de corrente contínua (CC) e de corrente alternada
(CA) através de práticas de fácil execução**

Juiz de Fora

2024

Sidney Pinheiro Duarte Santana

A geração de energia elétrica de corrente contínua (CC) e de corrente alternada (CA) através de prática de fácil execução

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Akashi Hernandes

Juiz de Fora

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Duarte Santana, Sidney Pinheiro.

A geração de energia elétrica de corrente contínua (CC) e de corrente alternada (CA) através de práticas de fácil execução / Sidney Pinheiro Duarte Santana. -- 2024.

185 f.

Orientador: Júlio Akashi Hernandes

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2024.

1. geração de energia elétrica. 2. corrente elétrica contínua. 3. corrente elétrica alternada. 4. eletricidade. 5. Vygotsky. I. Hernandes, Júlio Akashi, orient. II. Título.

Sidney Pinheiro Duarte Santana

A geração de energia elétrica de corrente contínua (CC) e de corrente alternada (CA) através de práticas de fácil execução

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Aprovada em 27 de março de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof Dr. Júlio Akashi Hernandez - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof Dr. José Roberto Tagliati

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof Dr. Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho

Universidade Federal de Viçosa

Juiz de Fora, 26/03/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho, Usuário Externo**, em 10/04/2024, às 11:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Julio Akashi Hernandez, Professor(a)**, em 06/05/2024, às 16:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Roberto Tagliati, Professor(a)**, em 15/07/2024, às 15:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-U f (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1764530** e o código CRC **AFF158D5**.

Dedico este trabalho à minha amada esposa Roselí Corrêa Santana Duarte, a nossa linda filha Phyllipa, e a minha filha Evelyn, que me dão força para sempre seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à UFJF, ao IF-Sudeste de MG, à SBF e à Capes por dar a mim e a todos os alunos do MNPEF um curso de qualificação de qualidade.

Agradeço em aplausos ao meu Orientador, Prof. Dr. Júlio Akashi Hernandez pelo excelente profissional do ensino superior que é, trabalhando com extrema dedicação e competência na minha orientação nesse trabalho. Com a mesma grandeza, agradeço também aos professores, que deles tive o prazer de ser aluno, Prof. Dr. José Roberto Tagliati, Prof. Dr. Guilherme de Berredo Peixoto e Prof^a. Dr^a. Giovana Trevisan Nogueira.

Agradeço a todos os membros da banca, bem como a todos os professores do curso.

Quero trazer aqui também os meus agradecimentos aos meus amigos e colegas de mestrado, pela amizade e agradáveis momentos compartilhando o conhecimento científico, em especial ao amigo de longa data e de tantos outros estudos Antônio Carlos do Amaral, ao amigo e colega de trabalho Lídio Marcos Damasceno, ao amigo Guttemberg Martins da Silva.

Agradeço enfim a minha esposa Roseli Corrêa Santana Duarte, a nossa filha Phyllipa e a minha filha Evelyn por estarem comigo na vida, bem como aos meus falecidos familiares: minha mãe, meu pai, minhas avós, meus avôs, minhas tias e minha sogra. Pois vem da minha criação a fome, a ganância, a ambição e a dedicação ao conhecimento científico, buscando e priorizando sempre ele ao longo de toda a minha vida e em verso de “MY WAY”, desprezando o negacionismo e a autoridade cega de razão em todos os sentidos, dessa forma sou muito grato a minha família.

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

“Aquilo que fazemos na vida ecoa na eternidade. E assim será. **Força e Honra!**”

Maximus Decimus Meridius, O Gladiador.

RESUMO

Mediante a crescente demanda global por energia, em especial a elétrica, as pesquisas buscam novas formas de gerá-la, bem como de divulgá-la, explicá-la e ensiná-la. O tema em questão se faz necessário, não somente no meio acadêmico como também no ensino de base. Dessa forma, esse trabalho buscou levar aos alunos do terceiro ano do ensino médio uma quantidade de informações históricas, teóricas, experimentais, sobre o consumo e economia de energia elétrica, a respeito do que vem a ser e como se pode gerar a corrente elétrica contínua (CC) e alternada (CA), fazendo uso de materiais de simples e fácil aquisição. Foram aplicados dois questionários diagnósticos de 10 perguntas para os alunos responderem, um no início e o outro no final dessa proposta, com a intenção de identificar respectivamente o conhecimento prévio e após a aplicação do trabalho, com isso avaliar o resultado evolutivo da turma em relação à temática do trabalho. Os temas foram tratados em 16 encontros, aulas teóricas, tanto presenciais, quanto em vídeos conferências, vídeos no youtube e experimentos práticos presenciais. Na execução dos experimentos, o procedimento foi o seguinte: i) Para gerar corrente contínua em um circuito elétrico fechado, foram utilizadas soluções eletrolíticas com eletrodos elétricos de diferentes materiais metálicos que não se tocavam e estando simultaneamente em contato com essa solução, placas fotoelétricas, gerador CC do disco de Faraday. Em um disco metálico com velocidade angular constante $\omega \neq 0$, superfície atravessada por um fluxo magnético constante $\Phi \neq 0$, temos uma diferença de potencial elétrico entre pontos de distâncias diferentes ao centro; ii) Para gerar corrente alternada em um circuito elétrico fechado, foi construído um mini gerador CA fazendo uso de uma seringa de injeção com fio esmaltado enrolado ao seu redor, formando uma bobina e no interior da seringa foi colocado quatro ímãs de neodímio juntos em movimento oscilatório. Ao fim dos encontros foi tratado, com os alunos, do tema relativo ao consumo e economia de energia elétrica, onde se analisou o consumo de energia elétrica de vários meses da escola e os alunos propuseram formas de economizá-la. É importante também ressaltar que o trabalho foi desenvolvido seguindo os conceitos pedagógicos do socioconstrutivismo de Vygotsky buscando a interação social entre os estudantes, fazendo esses adquirirem o conhecimento e evoluindo por meio da cooperação entre si. Também por Vygotsky foi feito uso do conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) que trata de como estão relacionados o conhecimento e o modo pelo qual ocorre sua construção. Assim foi finalizado o trabalho, contribuindo para despertar novos interesses e vocações.

Palavras-chaves: geração de energia elétrica; corrente elétrica contínua; corrente elétrica alternada; eletricidade; Vygotsky.

ABSTRACT

Due to the growing global demand for energy, especially electricity, research is looking for new ways to generate it, as well as to disseminate, explain and teach it. The topic in question is necessary, not only in academia but also in basic education. Thus, this work sought to provide third-year high school students with a wealth of historical, theoretical and experimental information about the consumption and saving of electrical energy, about what it is and how direct electrical current can be generated. (CC) and alternating (CA), using materials that are simple and easy to acquire. Two diagnostic questionnaires of 10 questions were applied for students to answer, one at the beginning and the other at the end of this proposal, with the intention of respectively identifying prior knowledge and after application of the work, thereby evaluating the evolutionary result of the class in relation to the theme of the work. The topics were addressed in 16 meetings, theoretical classes, face-to-face, video conferences, YouTube videos and practical face-to-face experiments. When carrying out the experiments, the procedure was as follows: i) To generate direct current in a closed electrical circuit, electrolytic solutions were used with electrical terminals made of different metallic materials that did not touch each other and were simultaneously in contact with this solution, photoelectric plates, Faraday disk DC generator (consisting of a metallic disk rotating with constant angular speed, with the surface of the disk crossed by a constant magnetic flux, then appearing an electrical potential difference established at different points, located at different distances in relation to the center disk); ii) To generate alternating current in a closed electrical circuit, a mini AC generator was built using an injection syringe with enamel wire wrapped around it, forming a coil and four neodymium magnets were placed inside the syringe in motion. oscillatory. At the end of the meetings, the topic relating to electricity consumption and saving was discussed with the students, where the school's electricity consumption over several months was analyzed and the students proposed ways to save it. It is also important to highlight that the work was developed following the pedagogical concepts of Vygotsky's socio-constructivism, seeking social interaction between students, making them acquire knowledge and evolving through cooperation among themselves. Vygotsky also used the concept of Zone of Proximal Development (ZPD), which deals with how knowledge is related and the way in which its construction occurs. Thus, the work was completed, helping to awaken new interests and vocations.

Keywords: electricity generation; continuous electrical current; alternating electrical current; electricity; Vygotsky.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Experimentação de eletrização com “âmbar”.....	19
Figura 2 - Imã em formato de ferradura atraindo material metálico.....	20
Figura 3 - Bússola e os polos magnéticos e geográficos da Terra.....	20
Figura 4 - Máquina eletrostática de Otto Von Guerick.....	21
Figura 5 - Garrafa de Leyden.....	22
Figura 6 - Pilha de Volta.....	24
Figura 7 - Faraday e a indução eletromagnética gerando CA.....	25
Figura 8 - Faraday e a indução eletromagnética gerando CC.....	26
Figura 9 - Edson e Tesla.....	27
Figura 10 - Usina de Marmelos em Juiz de Fora MG.....	28
Figura 11 - Eletrização por atrito.....	29
Figura 12 - Série Triboelétrica. Tendência de os materiais cederem e de receberem elétrons.	30
Figura 13 - Corpo indutor e corpo induzido.....	31
Figura 14 - Gráfico $i(A) \times t(s)$ da corrente elétrica contínua.....	33
Figura 15 - Gráfico $i(A) \times t(s)$ da corrente elétrica alternada.....	33
Figura 16 - Circuito elétrico.....	34
Figura 17 - - Gráfica da tensão $U(V)$ pela corrente $i(A)$. Primeira Lei de Ohms.....	34
Figura 18 - Análogo mecânico para a 1ª Lei de Ohm.....	35
Figura 19 - Método de memorização informal da Primeira Lei de Ohm através dos triângulos de unidades.....	35
Figura 20 – a) Variações do valor da resistência partir das variações do comprimento l e da área de secção transversal S de um fio condutor; b), c), d), e) Análogos mecânicos de circuitos elétricos, nos quais, b) com baterias em paralelo, c) com resistores em paralelo; d) com baterias em série e e) com resistores em série.....	37
Figura 21 - Alessandro Volta e sua pilha.....	38
Figura 22 - - Daniell e sua pilha.....	39
Figura 23 - Tabela de potencias de oxidação e redução.....	40
Figura 24 - Experimento de Øersted.....	41
Figura 25 - Lei de Biot-Savart.....	41
Figura 26 - O divergente das linhas do vetor campo magnético B	43
Figura 27 - Lei de Ampère para um fio condutor reto uniforme.....	44
Figura 28 - Regra da Mão Direita para determinar o sentido do vetor campo magnético $B \vec{}$ ao redor de um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica i	46
Figura 29 - Lei de Ampère para uma espira circular com centro em O e raio r	47
Figura 30 - Regra da Mão Direita para um espira condutora.....	48
Figura 31 - Solenoide e suas linhas de campo do vetor campo magnético B_s	50
Figura 32 - Solenoide em vista externa, linhas de campos e corte transversal.....	51
Figura 33 - Fluxo Magnético em uma superfície S	52
Figura 34 - Superfície S plana atravessada por um vetor campo magnético $B \vec{}$ uniforme (constante).....	53
Figura 35 - Indução Eletromagnética e Lei de Faraday-Lenz.....	56
Figura 36 - - Corrente induzida eletromagnética e Força eletromotriz.....	57
Figura 37 - Regra da mão esquerda de Fleming para os vetores F_m , B e v	59
Figura 38 - Regra da Mão Esquerda de Fleming aplicada a um fio condutor de comprimento L	61

Figura 39 - Gerador por Indução de Faraday CC.....	63
Figura 40 - Gerador por Indução de Faraday CC com a velocidade angular ω e o vetor B ..	63
Figura 41 - Gerador de CA.....	64
Figura 42 - Regra da Mão Esquerda de Fleming.	65
Figura 43 - Gerador CA dipolo em seus vários estágios. Espira evoluindo sua rotação com velocidade angular ω no interior de uma região com campo magnético B	67
Figura 44 - Transformador monofásico.	68
Figura 45 - Usina hidrelétrica	71
Figura 46 - Reação de queima de um combustível orgânico.....	71
Figura 47 - Usina termoelétrica.....	72
Figura 48 - – Reação de fissão do uranio (U 235).....	73
Figura 49 - Usina nuclear.....	73
Figura 50 - Usina eólica descrita.....	74
Figura 51 - Unidade eólica onde pode ser visto a turbina(hélice) e o gerador.....	74
Figura 52 - Unidade eólica onde pode ser visto a turbina (hélice) e o gerador.....	75
Figura 53 - Parque eólico onshore.....	75
Figura 54 - Parque eólico offshore.....	76
Figura 55 - Unidades eólicas e a poluição visual	76
Figura 56 - Equipamento de uma usina de maré-motrix no Lago Sihwa na Coreia do Sul. ...	77
Figura 57 - Usina marítima no Ceará.	77
Figura 58 - Junções P-N de um semiconductor	78
Figura 59 - Placa fotovoltaica com suas camadas P-N, gerando corrente elétrica e alimentando uma carga	79
Figura 60 - Estrutura interna de uma placa fotovoltaica.....	79
Figura 61 - Placas solares no teto de uma residência.....	80
Figura 62 - Vygotsky e a ZPD	84
Figura 63 - Multimetro digital.....	92
Figura 64 - Pilha de Daniell com análise.....	97
Figura 65 - Pilha de Célula Eletrolítica Simples.....	98
Figura 66 - Equipamentos utilizados para o experimento de CA.....	103
Figura 67 - Seringa enrolada em fita crepe	103
Figura 68 – Seringa com enrolamento de 600 espiras imobilizado por fita adesiva transparente.	104
Figura 69 – Seringa com enrolamento de 600 espiras e o conjunto composto por 4 ímãs de neodímio.....	105
Figura 70 – Montagem do Gerador de CA.....	105
Figura 71 – Aluno utilizando o Gerador de CA para acender o LED.	106
Figura 72 - Alunos realizando experimento com placa fotovoltaica.....	107
Figura 73 - Mesa com os materiais basicos fornecidos aos alunos para realizarem experimentos.	109
Figura 74 - Alunos realizando experimento com pilha CC.....	109
Figura 75 - Alunos realizando experimento e medições em uma placa fotovoltaica.....	110
Figura 76 - Montagem da bobina para indução de CA.....	110
Figura 77 - Alunos realizando experimento induzindo CA e LED acendendo.....	111
Figura 78 – Respostas consideradas coerentes para pergunta 1.	113
Figura 79 – Respostas à pergunta 1 consideradas confusa, incompleta ou não coerente .	114
Figura 80 – Respostas à questão 2 consideradas coerentes ou quase coerentes	114
Figura 81 – Respostas à questão 3 consideradas coerentes ou próxima do coerente	115

Figura 82 – Respostas à questão 3 consideradas não coerente.....	115
Figura 83 – Respostas à questão 4 consideradas coerentes.....	116
Figura 84 – Resposta à questão 4 considerada não coerente.	116
Figura 85 – Resposta à questão 5 de aluno que só leu em livros do colégio	117
Figura 86 – Resposta à questão 5 de aluno que diz ter lido, mas que não se lembrava.	117
Figura 87 – Respostas à questão 5 dos alunos que disseram não ter lido sobre o assunto.	117
Figura 88 – Respostas à questão 6 de alunos que disseram já terem assistidos vídeos sobre o assunto.....	118
Figura 89 – Resposta à questão 6 de alunos que disseram não terem assistido vídeos sobre o assunto.....	118
Figura 90 – Respostas à questão 7 de alunos que disseram já terem visto experimento...	119
Figura 91 – Respostas à questão 7 de alunos que disseram não terem visto experimentos.	119
Figura 92 – Respostas à questão 8 de alunos que disseram já tiveram aulas sobre o tema.	120
Figura 93 – Respostas à questão 8 de alunos que disseram “não” ou não responderam. .	120
Figura 94 – Respostas à questão 9 de alunos que disseram ter interesse pelo tema.	121
Figura 95 – Resposta à questão 9 de um aluno que disse sim e não quanto em compreender o assunto.....	121
Figura 96 – Respostas à questão 9 de alunos que disseram não ter interesse em compreender o assunto.	121
Figura 97 – Respostas dos alunos que dizem ter compreendido os experimentos de eletricidade (pós-teste - questão 1).....	124
Figura 98 – Respostas dos alunos que dizem não ter compreendido os experimentos de eletricidade (pós-teste - questão 1).....	124
Figura 99 – Resposta de alunos que disseram não ter visto experimentos desse assunto (pós-teste – questão 2).....	125
Figura 100 - Resposta de um aluno que disse já ter visto um experimentos de placa solar (pós-teste – questão 2).....	125
Figura 101 – Respostas dos alunos que disseram que não foi difícil manipular os experimentos (pós-teste – questão 3).....	125
Figura 102 - Respostas dos alunos sobre a definição de eletricidade (pós-teste – questão 4)	126
Figura 103 – Respostas dos alunos à questão 5 do pós-teste.....	126
Figura 104 – Respostas dos alunos sobre o uso da eletricidade no dia a dia (pós-teste – questão 6).....	126
Figura 105 – Respostas dadas à questão 7 do pós-teste.	127
Figura 106 – Respostas dos alunos sobre o interesse proporcionado pelos experimentos (pós-teste – questão 8).....	127
Figura 107 – Respostas dos alunos sobre o interesse em ter mais informações sobre o assunto (pós-teste – questão 9).....	128
Figura 108 – Respostas dos alunos à questão 10 do pós-teste.....	128

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.2 O CONTEXTO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO.....	16
1.3 A ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	17
2. A GERAÇÃO DA ELETRICIDADE A SERVIÇO DA HUMANIDADE AO LONGO DOS SÉCULOS	19
2.1 A ELETRICIDADE ESTÁTICA.....	19
2.1.1 Da Grécia Antiga à Idade Média	19
2.1.2 No Século XVI	21
2.1.3 No Século XVII	21
2.1.4 No Século XVIII.....	22
2.2 A ELETRICIDADE E A GERAÇÃO DA CORRENTE ELÉTRICA.....	23
2.2.1 No Final do Século XVIII. A Corrente Elétrica Contínua e a Pilha	23
2.2.2 Na Primeira Metade do Século XIX. A Eletricidade e o Magnetismo	24
2.2.3 Na Segunda Metade do Século XIX. O Eletromagnetismo, os Geradores de Corrente Contínua e os Geradores de Corrente Alternada	26
2.2.4 O Século XX	28
2.2.5 O Século XXI	28
3. ENERGIA ELÉTRICA. FUNDAMENTAÇÃO	29
3.1 ELETRIZAÇÃO ESTÁTICA POR ATRITO. FUNDAMENTAÇÃO EXPERIMENTAL E TEORIA.....	29
3.1.1 Fundamentação experimental.....	29
3.1.2 A força elétrica.....	30
3.2 GRANDEZAS E LEIS DE OHM, O USO DO MULTÍMETRO E MEDIÇÕES	32
3.2.1 – Grandezas e Leis de Ohm:	32
3.3 PILHA GERANDO CORRENTE ELÉTRICA CONTÍNUA (CC).....	37
3.3.1 – Teoria e definições.....	37
3.3.2 Fluxo magnético, Lei de Ampère e Indução Eletromagnética (Lei de Faraday-Lenz)	40
4. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E FOTOVOLTAICA.....	62
4.1 - GERADOR DE ENERGIA ELÉTRICA POR INDUÇÃO	62
4.1.1 Gerador por Indução de Faraday CC	62
4.1.2 Gerador de CA.....	63
4.1.3 Transformador	68
4.1.4 – Geração de CA e seus vários tipos de usinas	69

4.2 GERAÇÃO DE CC COM PLACA SOLAR FOTOVOLTAICA	78
5 FUNDAMENTOS TEÓRICOS EDUCACIONAIS, POR VYGOTSKY, DA PARTE FÍSICA E EXPERIMENTOS DESSE PRODUTO.....	81
5.1 O SÓCIO-CONSTRUTIVISMO DE VYGOTSKY	81
5.2 A ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL DE VYGOTSKY	81
5.3 INSTRUMENTOS E SIGNOS.....	84
5.4 A UTILIZAÇÃO DOS CONCEITOS DE VYGOTSKY NESSE PRODUTO	85
6. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO PRODUTO.....	88
6.1 APRESENTAÇÃO.....	88
6.2 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO PRODUTO	88
6.2.1 Etapa inicial	88
6.2.2 Questionário diagnóstico inicial.....	88
6.2.3 Encontros online por videoconferências entre o autor e os alunos.....	89
6.2.4 Vídeos no Youtube do autor	107
6.2.5 Atividade experimental prática	109
6.2.6 Questionário diagnóstico final	111
7. DISCUSSÃO SOBRE A APLICAÇÃO DO PRODUTO	113
7.1 NA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO INICIAL	113
7.2 NAS SESSÕES DE AULAS ONLINE	121
7.3 NA SESSÃO DE AULA PRESENCIAL, FINALIZANDO O TRABALHO COM OS EXPERIMENTOS PRÁTICOS.....	122
7.4 NA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO FINAL.....	124
8. CONCLUSÃO	129
REFERÊNCIAS	131
APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL	133

1. INTRODUÇÃO

No mundo atual a geração e a utilização da energia elétrica são de fundamental importância para a sociedade tecnológica, sendo a Física a ciência que impulsionou e impulsiona o desenvolvimento das novas formas de gerar e utilizar a eletricidade. Com o intuito de possibilitar o acesso dos alunos do ensino médio aos experimentos e aplicações prática da geração e utilização da energia elétrica em corrente contínua (CC) e alternada (CA), essa dissertação e a aplicação do seu produto foram desenvolvidas e apresentadas aos alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola da Secretária Estadual de Ensino do Estado do Rio de Janeiro (SEEDUC – RJ).

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Direcionado a ser aplicado aos alunos do 3º Ano do Ensino Médio, o produto dessa dissertação objetiva especificamente a:

- i) Verificar os conhecimentos dos alunos referentes ao tema, antes da aplicação do produto, utilizando se de um questionário;
- ii) Apresentar o tema de geração e utilização da eletricidade aos alunos de forma teórica no seu contexto histórico e científico;
- iii) Utilizar metodologia de caráter qualitativo através de questionários, um no início e outro no fim do produto, onde possa obter informação sobre o conhecimento dos alunos sobre o tema, através de experimentos práticos presenciais, aulas por vídeos conferências, vídeos aulas, possa e elaborar atividades que dê condições aos alunos de colocarem em prática a teoria, bem como tentar e incentivar a socialização, analisar os instrumentos e signos que os discentes utilizam, fazendo uso dos referenciais teóricos de Vygotsky inclusive com a da sua Zona de Desenvolvimento Proximal;
- iv) Dar aos alunos condições de apresentar e propor suas próprias formas de desenvolver o tema;
- v) Verificar os conhecimentos dos alunos referentes ao tema, posteriormente a aplicação do produto, utilizando se de um questionário;
- vi) Analisar de forma qualitativa os resultados obtidos.

1.2 O CONTEXTO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO

Com o objetivo de levar o tema de geração de energia elétrica para os alunos do 3º ano do ensino médio de forma teórica e prática, através da utilização de materiais de fácil acesso, uma vez que esse assunto de grande importância para os discentes é tão pouco ou nada discutido. Dessa forma, esse trabalho foi desenvolvido e aplicado em uma escola da Rede Estadual do Estado do Rio de Janeiro (SEEDUC –RJ) no Município de Comendador Levy Gasparian RJ.

O Município de Comendador Levy Gasparian RJ, tem aproximadamente 8500 habitantes, se localiza em uma margem do Rio Paraíba, sendo a outra margem pertencente em partes e locais diferentes aos Municípios de Simão Pereira MG e ao Município de Santana do Deserto MG. O Rio Paraíba possui ali uma represa onde existe uma usina hidroelétrica, o que torna o tema desse produto de interesse para a educação local. A turma do 3º ano do ensino médio regular matutino possuía (no ano de 2021) 22 alunos, onde 12 participaram dos trabalhos referentes ao produto, sendo que 10 não participaram por motivos de estarem trabalhando nos horários de contra turno. Nesse horário de contraturno realizaram as aulas por videoconferências, e apesar de ser possível aos alunos assistir a vídeos-aulas e terem acesso ao Professor por meios diversos e dos incentivos do docente esses 10 alunos não manifestaram interesse em participar. A escola por parte da direção apoiou e incentivou a aplicação do produto, porém de forma discreta. Por ser 2021 um ano de muitos problemas causado pela pandemia de COVID-19 e estando a escola sobrecarregada de situações diversas a resolver, não ocorreu uma atenção, por parte da direção, para a aplicação do produto. Em contrapartida o Professor planejou o produto com a intenção de utilizar os referenciais teóricos de Vygotsky promovendo a interação social entres os alunos em aulas presenciais; porém mais uma vez as consequências da pandemia, levando ao distanciamento social, com as aulas ocorrendo por videoconferências não geraram a interação social planejada, apesar dos incentivos e apelos diversos do Professor.

Inicialmente, o produto desse trabalho, foi planejado no início de 2021 para ser desenvolvido e aplicado em 16 aulas presenciais expositivas e práticas, mais uma aula final presencial de experimentos práticos; adicionalmente planejamos a aplicação de dois questionários diagnósticos, um inicial e outro final, para aferir, respectivamente, o conhecimento prévio dos alunos e após a aplicação do produto.

Porém com o afastamento social que ocorreu por consequência da pandemia de COVID-19, as seguintes alterações foram realizadas: o questionário inicial foi aplicado e seguiram-se 16 aulas expositivas e com experimentos demonstrativos realizados pelo Professor por videoconferências e, ao final, uma aula presencial com experimentos práticos (no encerramento do produto) em corrente contínua (CC) e alternada (CA) onde os alunos poderiam verificar na prática todos os conceitos e conhecimentos teóricos adquiridos. O Professor tentou e incentivou a socialização, sem grande êxito nas 16 aulas por vídeos conferências e com êxito na aula experimental de encerramento, buscando sempre caminhos inovadores (de acordo com os referenciais teóricos Vygotsky com a sua Zona de Desenvolvimento Proximal). Por fim foi aplicando um questionário diagnóstico final, a fim de verificar o conhecimento adquiridos pelos alunos após a aplicação do produto.

Foi possível analisar os instrumentos e signos que os alunos fazem uso a respeito do tema, porém sem grandes êxitos no sócio-construtivismo.

1.3 A ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação foi escrita em oito capítulos, sendo:

- i) Capítulo 1, INTRODUÇÃO;
- ii) Capítulo 2, A GERAÇÃO DA ELETRICIDADE A SERVIÇO DA HUMANIDADE AO LONGO DOS SÉCULOS, onde é feita uma apresentação histórica e teórica da geração e aplicação da eletricidade na medida em que os conceitos científicos iam avançando ao longo dos séculos e com isso a humanidade progredindo tecnologicamente;
- iii) Capítulo 3, ENERGIA ELÉTRICA, trata de alguns dos conceitos matemático, físicos, experimentais e tecnológicos que podem ser utilizados para a geração de energia elétrica CC, exceto a indução eletromagnética;
- iv) Capítulo 4, GERAÇÃO DE ENERGIA ELETRICA POR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E FOTOVOLTAICA, aborda alguns dos conceitos matemático, físicos, experimentais e tecnológicos que podem ser utilizados para a geração de energia elétrica CC e CA por indução eletromagnética e fotovoltaica;
- v) Capítulo 5, FUNDAMENTOS TEÓRICOS EDUCACIONAIS, POR VYGOTSKY, DA PARTE FÍSICA E EXPERIMENTOS DESSE

PRODUTO, nesse capítulo é descrito a fundamentação teórica de educação de Vygotsky utilizada neste trabalho, objetivando a aprendizagem, por parte dos alunos, do tema de forma significativa envolvendo a teoria e a prática;

- vi) Capítulo 6, DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO PRODUTO, usando materiais de uso diário e de baixo custo, a fim de facilitar o acesso dos alunos;
- vii) Capítulo 7, DISCUSSÃO SOBRE A APLICAÇÃO DO PRODUTO, temos a aplicação do questionário diagnóstico inicial, os links das aulas online, a aula presencial com experimentos e a aplicação do questionário diagnóstico final.
- viii) Capítulo 8, CONCLUSÃO.

2. A GERAÇÃO DA ELETRICIDADE A SERVIÇO DA HUMANIDADE AO LONGO DOS SÉCULOS

A eletricidade e o magnetismo são conhecidos pelo homem desde a antiguidade, sendo tratados como fluidos em certos períodos (Einstein, A e Infeld, L. A Evolução Da Física). Por séculos a sua natureza e utilização evoluíram muito lentamente, e nos últimos séculos houve muitos avanços nessas áreas de Eletricidade e Magnetismo.

Por (Silva C. C. e Pimentel A. C, 2008): “Dentre todos os fenômenos que ocupavam os físicos, a eletricidade foi o que trouxe mais contribuições fundamentais para o ramo da filosofia natural, que chamamos hoje de física, no Século XVIII. Na metade deste século, o estudo dos fenômenos elétricos era um dos ramos principais da filosofia natural experimental. O estudo intensivo e as demonstrações públicas de descargas elétricas, choques e outros efeitos tornou-se possível graças à invenção e ao aperfeiçoamento de grandes máquinas elétricas”.

Os temas serão descritos de forma cronológica algumas transformações científicas e tecnológicas da eletricidade, sua geração e utilização, de acordo com (Morais, 2014):

2.1 A ELETRICIDADE ESTÁTICA

2.1.1 Da Grécia Antiga à Idade Média

Os primeiros relatos, sobre o fenômeno que viria a ser chamado de eletricidade, procedem da Grécia Antiga e são atribuídos a Tales de Mileto (640-546 a.C.). Provavelmente foi ele o pioneiro na observação e experimentação com “âmbar”. A Figura 01, mostra imagem de um pedaço de âmbar, quando atritado com outro material, como, por exemplo a lã, passava a atrair outros corpos mais leves.

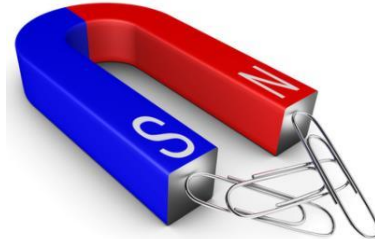
Figura 1 - Experimentação de eletrização com “âmbar”.



Fonte: https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/index.php/AULA_1_-_Eletricidade_B%C3%A1sica_-_T%C3%A9cnico - Acessado em 27/03/2022 e modificado pelo Autor.

Tales também fez estudos sobre a propriedade de certos minerais que de forma natural (ímãs), Figura 02, atrai o ferro. Para ele os dois fenômenos citados eram os mesmos, ou seja, atração resultante da eletrização por atrito e atração por ímãs naturais.

Figura 2 - Ímã em formato de ferradura atraindo material metálico

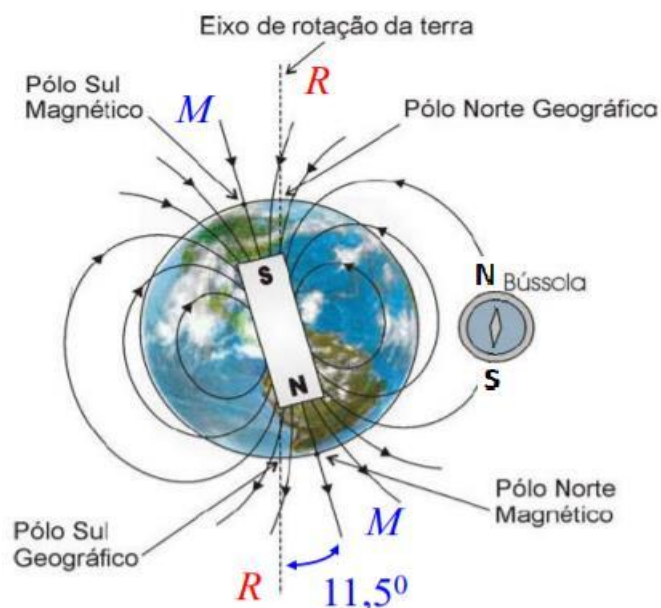


Fonte: <https://www.imaeneodimio.com.br/category/imas/> - Acessado em 06/01/2022

Séculos mais tarde, ainda na Grécia Antiga, Teofrasto (372-288 a.C.), descobriu que se atritassem pedras e minerais diversos, esses, igualmente ao “âmbar”, passariam a atrair corpos mais leves.

Na segunda metade do Século XIII, na Europa, Pierre Pelerin de Maricourt, sem fazer distinção dos fenômenos descritos anteriormente, realizou vários experimentos com certos minerais de forma natural (ímãs) que atraem ferro, fenômeno esse que iria ser, muitos séculos depois, chamado de Magnetismo. Maricourt descreveu que as agulhas das bússolas apontavam para o norte geográfico da Terra, Figura 03, e foi ele quem denominou de polo norte e polo sul os extremos dos ímãs.

Figura 3 - Bússola e os polos magnéticos e geográficos da Terra.



Fonte: <http://hpc.ct.utfpr.edu.br/~rincoski/alunos/Engenharia/Fisicall/Cap12.pdf>. Acessado em 06/01/2022.

2.1.2 No Século XVI

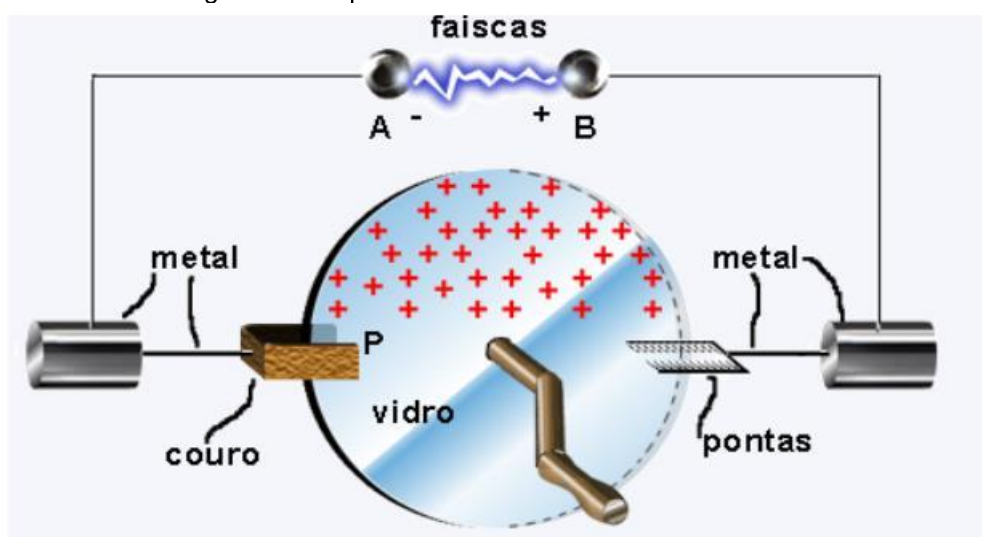
Somente no Século XVI, Gerolamo Cardano (1501-1576), escreve um livro intitulado “*De Subtilitate*”, onde são feitas distinções entre os fenômenos onde corpos atritados atraem corpos mais leves (que viriam a ser chamados posteriormente de eletricidade), do fenômeno onde o ferro é atraído por imã (o magnetismo). Desta forma, foi pela primeira vez proposto que os dois fenômenos não eram os mesmos.

2.1.3 No Século XVII

A partir do Século XVII, O médico britânico William Gilbert (1544-1603), estudou a propriedade de corpos atritados atraírem corpos mais leves e a denominou de “Eletricidade”, tendo publicado em 1600 o trabalho “*De Magnete*”. Ele fez experimentos atritando vários materiais e observou que esses corpos atritados passavam a atrair outros corpos bem leves tal como ocorria com o “âmbar”. O nome “Eletricidade”, atribuído por ele ao fenômeno, se deve ao fato de que a palavra grega “elektron” significa “âmbar”. Gilbert também deu início aos estudos modernos do fenômeno onde o ferro era atraído por imã (o magnetismo) e os tratou de formas distintas.

Otto Von Guerick, em 1660, inventou a máquina eletrostática que gerava cargas elétricas por fricção, Figura 04. Em aproximadamente 170 anos mais tarde, na década de 1830, Van der Graaft construiu, usando os mesmos princípios, o Gerador de Van der Graaft.

Figura 4 - Máquina eletrostática de Otto Von Guerick.



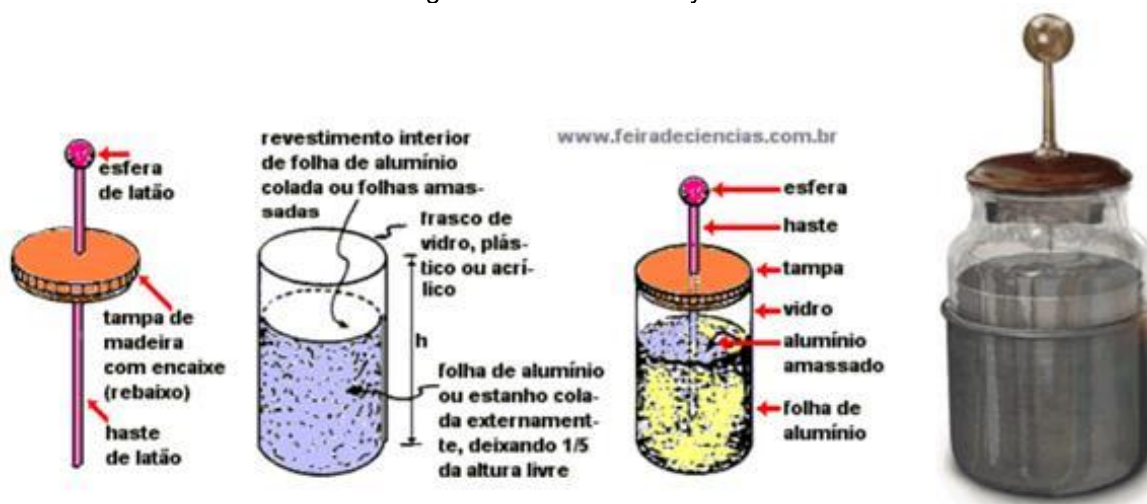
2.1.4 No Século XVIII

No final Século XVII e início do XVIII, Francis Hauksbee (1660-1713) e Stephen Gray (1666-1736) realizaram experimentos atritando um tubo de flint-glass (vidro com composto de chumbo) a um pedaço de lã, então, o tubo após o atrito atraía pedaços de papéis, pelos e outros materiais de pequenas dimensões. Porém não tinham explicação para atração e a repulsão entre corpos eletrizados. Gray, em 1730, diferenciou os materiais condutores dos não-condutores.

Charles François de Cisternay Du Fay (1698-1739), em 1735 refez os experimentos de Hauksbee e Gray e propôs que existiam dois tipos de eletricidade, a vítrea e a resinosa, pois descobriu que a eletricidade produzida por fricção podia ser de duas classes diferentes. Isto seria equivalente ao que hoje definimos como positiva e negativa entre um objeto simples feito de vidro e outro de resina (plástico, borracha, etc). Hoje se sabe que os materiais podem ser distribuídos em uma lista denominada série triboelétrica que está representada na Figura 12. Sabe-se também que a posição do material na série triboelétrica influencia sua carga adquirida por atrito. Também explicou a atração e repulsão da seguinte forma: *“Corpos elétricos atraem todos aqueles que não estão eletrizados e os repelem, assim que eles se tornam elétricos, pela proximidade ou pelo contato com o corpo elétrico.”*

Pieter van Musschenbroek, em 1746, Professor da Universidade de Leyden – Holanda, inventou a Garrafa de Leyden, Figura 05, que armazena carga eletrostática, um capacitor primitivo.

Figura 5 - Garrafa de Leyden



Abbé Jean-Antonie Nollet (1700-1770), professor da Universidade de Paris, argumentou existirem dois tipos de eletricidade que seriam como dois tipos diferentes de fluido elétrico.

O americano Benjamin Franklin, em 1752, fazendo uso de uma pipa durante uma tempestade carregou uma Garrafa de Leyden provando que os raios são uma manifestação de eletricidade e dando bases para a construção do para-raios. Com base na teoria da época, que a eletricidade era um fluido (Silva; Pimentel, 2008). Franklin usou os termos “eletricidade positiva” e “eletricidade negativa”, bem como descreveu as propriedades de atração e repulsão entre corpos carregados.

2.2 A ELETRICIDADE E A GERAÇÃO DA CORRENTE ELÉTRICA

2.2.1 No Final do Século XVIII. A Corrente Elétrica Contínua e a Pilha

Luigi Galvani, professor de anatomia da Universidade de Bolonha na Itália, em 1780, verificou que os membros de anfíbios mortos se contraíam quando entravam em contato com um bisturi de metal. Ele explicou esse fenômeno como sendo causado por descarga elétrica, levantando a hipótese de que o metal do bisturi se descarregava eletricamente na musculatura exposta do animal morto.

Alessandro Volta, professor da Universidade de Pávia, na Itália, em 1796, descobriu que quando ocorre uma reação química na qual dois metais diferentes ficam em contato com uma solução ácida e são ligados por um fio metálico, surge uma corrente elétrica. Assim Volta construiu a primeira pilha, Figura 06, utilizando discos de cobre e zinco, separados por um material que continha uma solução ácida. Ele desenvolveu seus estudos a partir da corrente elétrica produzida por certas espécies de peixes e, ao construir a pilha ficou provada que a eletricidade animal era a mesma dos demais fenômenos da Natureza.

Figura 6 - Pilha de Volta.



Fonte: <http://margarida-pereira--cfq.blogspot.com/2015/05/pilha-de-volta.html>. Acessado em 06/01/2022

2.2.2 Na Primeira Metade do Século XIX. A Eletricidade e o Magnetismo

Charles Augustin de Coulomb, em 1801 na França, estabeleceu a relação entre força elétrica, quantidade de carga e distância, o que foi denominado “Lei de Coulomb“, que diz “que a força entre dois polos carregados é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles e diretamente proporcional ao produto de suas magnitudes”.

Hans Christian Oersted descobriu em 1820 na Dinamarca, que ao passar uma corrente elétrica por um condutor, uma bússola situada próxima sofreria desvio em sua agulha. Dessa forma ele encontrou uma relação entre a eletricidade e o magnetismo, isso é, o Eletromagnetismo. Oersted colocou uma bússola, por acaso, perto de um circuito elétrico e observou que a bússola indicava aproximadamente para o norte geográfico, quando esse circuito não estava conduzindo corrente elétrica, porém quando o circuito era ligado e por ele passava uma corrente elétrica a bússola sofria deflexão, Concluiu então que a única condição possível para a direção da bússola mudar seria o surgimento de um magnetismo diferente daquela produzido pela Terra, logo esse magnetismo que surgiu era produzido pelas cargas elétricas em movimento no circuito elétrico. Sendo assim, um fio conduzindo corrente elétrica gera magnetismo.

André Marie Ampère, em 1823 na França, provou que condutores quando ligados a uma pilha e percorridos por corrente elétrica produziam forças de atração ou de repulsão, ou seja, quando as correntes tinham o mesmo sentido, os condutores se

atraíam mutuamente e quando tinham sentidos opostos, os condutores se repeliam. Ele descobriu ser possível obter o magnetismo somente com eletricidade, sem ferro ou ímãs, e para isso usou bobinas inventando o solenoide. Argumentou que uma corrente elétrica pode gerar o mesmo tipo de fenômeno que um ímã. Em 1827 ele modelou matematicamente a força entre elementos de corrente. Seus resultados e experimentos serviram de base ao que Maxwell denominou posteriormente de “Lei de Ampère”.

George Simon Ohm, em 1827 na Alemanha, estabeleceu o que ficou conhecido como a “Lei de Ohm”, que é a relação entre corrente, tensão e resistência em um condutor elétrico, onde temos que a corrente elétrica em um fio condutor é diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada. A razão entre essa tensão pela corrente uma constante, que chamamos de resistência elétrica do condutor elétrico.

Joseph Henry, em 1830 nos Estados Unidos, descobriu a “Indução Eletromagnética”, de forma independente aos trabalhos de Faraday.

Wilhelm Weber e Karl Gauss, em 1833 na Alemanha, construíram um telégrafo eletromagnético, que foi mais tarde aprimorado por Von Siemens e Samuel Morse. Posteriormente, em 1856, Weber e seu assistente Kohlrausch mediram a velocidade de propagação de sinais eletromagnéticos em fios e obtiveram a primeira medida da constante c , o valor da velocidade da luz no vácuo.

Michael Faraday, em 1833 na Inglaterra, encontrou as leis da eletrólise, da capacitância elétrica e fazendo uso da indução eletromagnética gerou corrente alternada (Figura 07), construiu o motor elétrico, o dínamo de Faraday de corrente contínua (Figura 08) e o transformador.

Figura 7 - Faraday e a indução eletromagnética gerando CA.

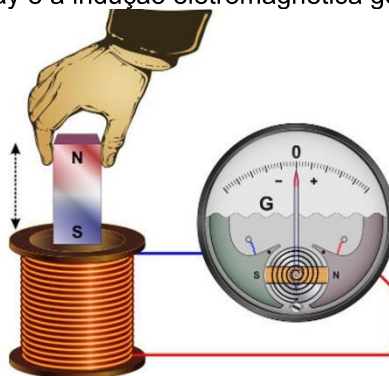
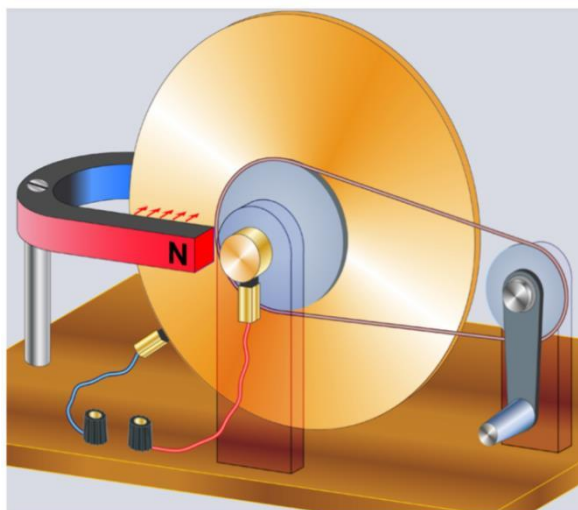


Figura 8 - Faraday e a indução eletromagnética gerando CC.



Fonte: <https://iksol.com.mx/la-historia-de-las-plantas-de-luz/historia-plantas-de-luz-disco-de-faraday-iksol> - Acessado em 06/01/2022

2.2.3 Na Segunda Metade do Século XIX. O Eletromagnetismo, os Geradores de Corrente Contínua e os Geradores de Corrente Alternada

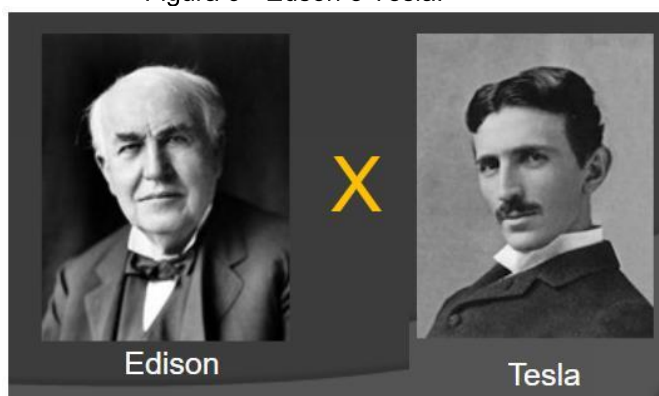
Para Faraday os fenômenos eletromagnéticos seriam explicados dentro de um conceito mecanicista de interação entre os corpos envolvidos no fenômeno. A partir de 1856 Maxwell organiza as leis eletromagnéticas e a relaciona a ótica, leis essas que levam o seu nome e descrevem os fenômenos eletromagnéticos.

Através dessas leis, foi possível anos mais tarde, a outros cientistas construírem a geração e a distribuição de uma rede elétrica abrangente, bem como a utilização de ondas eletromagnéticas para a comunicação.

Com os avanços científico já citados anteriormente, na década de 70 do Século XIX Thomas Edson, nos EUA, desenvolveu geradores de corrente contínua (CC) e sua distribuição, basicamente em Nova York. Um dos problemas estava na limitação dessa distribuição em relação ao gerador, ou seja, para gerar, distribuir e atender a uma ampla demanda seriam necessários muitos geradores espalhados por várias ruas da cidade, ocupando grande espaço urbano. A corrente contínua gerada não alcançava grandes distâncias, e deveria ser gerada e consumida nas imediações. Propondo solucionar esse problema, na década de 80 do Século XIX, Nicola Tesla, um imigrante europeu ex-funcionário de Edson, desenvolve o gerador de corrente alternada (AC, do inglês “*alternating current*”, ou CA, de “corrente alternada”) onde gerando tensão elevada, geradores em usinas, basicamente hidrelétricas, poderiam suprir a demanda em longas distâncias. Assim não seriam necessários muitos geradores e nem seriam colocados ocupando espaço nos centros urbanos.

Assim se estabelece um conflito de interesses entre Edson, com toda uma estrutura de geração e distribuição de corrente elétrica em prática e agindo no mercado e Tesla com a corrente alternada, uma nova tecnologia, na prática mais viável pronta para tirar o mercado de Edson. Esse cenário passou a ser conhecido como “Guerra das Correntes”, protagonizada por Edson e Tesla (Figura 09).

Figura 9 - Edson e Tesla.



Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/1253320/> - Acessado em 28/06/2022

A Guerra das Correntes se caracterizou pela luta comercial e de propaganda. Da parte de Edson, com sua corrente contínua, esse tentava demonstrar ao mercado que a corrente alternada de Tesla era perigosa por estava vinculada à alta tensão. Para isso, exibiu publicamente execuções, por eletrocussão, de animais e de condenados a morte, por corrente alternada. Da parte de Tesla, esse se associou ao empresário Westinghouse, tornando a distribuição de energia elétrica acessível, não somente às empresas como também ao cidadão comum. Já na década de 90 do Século XIX a geração e distribuição de corrente alternada de Tesla era utilizada amplamente nos EUA e outros países, como por exemplo, o Brasil, onde foi construída a primeira usina hidrelétrica da América Latina, no ano de 1889 em Juiz de Fora, MG: a Usina de Marmelos (Figura 10), pelo empresário têxtil Bernardo Mascarenhas.

Figura 10 - Usina de Marmelos em Juiz de Fora MG.



Fonte: <https://ferdinandodesousa.com/2019/05/09/marmelos-a-primeira-usina-hidreletrica-comercial-do-brasil-inaugurada-em-1889/>. Acessado em 28/06/2022

2.2.4 O Século XX

Após a Guerra das Correntes e o predomínio da corrente alternada, no que diz respeito à distribuição da energia elétrica, a sociedade, durante o Século XX, viu sua demanda de energia elétrica cada vez mais crescer e vários tipos de usinas de geração de energia elétrica de corrente alternada foram desenvolvidas, tais como:

- Hidrelétrica;
- Termoelétrica;
- Eólica;
- Solar;
- Geração por maremotriz;
- Nuclear.

2.2.5 O Século XXI

O grande desafio contemporâneo para a geração e distribuição de energia elétrica para a sociedade é atender à crescente demanda com sustentabilidade, ou seja, sem agredir o meio ambiente.

3. ENERGIA ELÉTRICA. FUNDAMENTAÇÃO

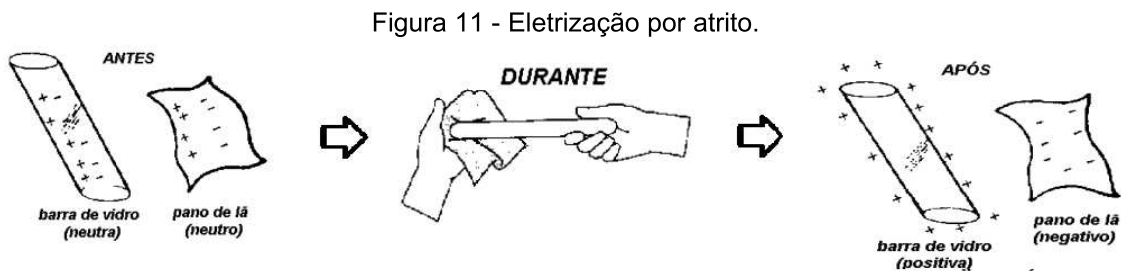
Nesse capítulo será tratado de alguns dos conceitos matemático, físicos, experimentais e tecnológicos que podem ser utilizados para a geração de energia elétrica de corrente contínua CC.

3.1 ELETRIZAÇÃO ESTÁTICA POR ATRITO. FUNDAMENTAÇÃO EXPERIMENTAL E TEORIA

3.1.1 Fundamentação experimental

Todos os materiais são compostos por átomos que possuem prótons e neutros no núcleo e elétrons na eletrosfera. Quando materiais diferentes são atritados um com o outro, um material perderá elétron ficando com excesso de carga elétrica positiva e o outro ganhará elétron ficando com carga elétrica negativa.

Abaixo, na Figura 11, temos as etapas no processo de eletrização por atrito entre uma barra de vidro e um pano de lã.



Fonte: https://fisica.net/eletricidade/Processos_de_Eletrizacao.pdf - Acessado em 29/07/2022

Na figura 12, mostra a tendência dos materiais, citados na parte superior, de perderem elétrons ficando positivos quando atritados com os materiais da parte inferior que ganham elétrons ficando negativos.

Figura 12 - Série Triboelétrica. Tendência de os materiais cederem e de receberem elétrons.



Fonte: <https://italovector.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Eletr%C3%A1tica-Aula-01-Introdu%C3%A7%C3%A3o-e-Processos-de-Eletriza%C3%A7%C3%A3o.pdf> - Acessado em 29/07/2022.

Quando dois corpos carregados com cargas elétricas de sinais diferentes $Q_a > 0$ e $Q_b < 0$ ou $Q_a < 0$ e $Q_b > 0$ e se situam a uma certa distância d , que separando, surgem uma força de atração F entre eles

Se as cargas dos corpos carregados forem de mesmo sinais iguais $Q_a > 0$ e $Q_b > 0$ ou $Q_a < 0$ e $Q_b < 0$ e se situam a uma certa distância d , separando eles, surgem uma força de repulsão F entre esses.

Se um corpo carregado Q_a se situar a uma distância d de um corpo metálico $Q_b = 0$ ocorrerá um fenômeno denominado indução, o corpo neutro (induzido) de carga $Q_b = 0$, que possui mesmo número de prótons e de elétrons, sofrerá uma separação de cargas, isto é, o corpo carregado Q_a (indutor) induz as cargas do corpo neutro $Q_b = 0$ a se separarem, atraindo para perto de si as de cargas contrárias.

3.1.2 A força elétrica

A força elétrica F de interação entre uma carga Q_a e outra carga Q_b , em Newtons (N), é dada em módulo por:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_a Q_b}{d^2},$$

onde temos a ϵ_0 que é a constante de permissividade elétrica do vácuo valendo $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$, estando as duas cargas Q_a e Q_b , em coulomb (C), separadas por uma distância d em metros(m).

Se considerarmos $k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ teremos:

$$F = \frac{k_0 Q_a Q_b}{d^2},$$

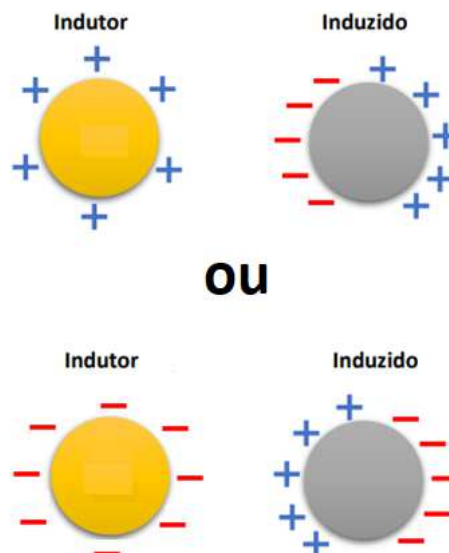
sendo que k_0 a constante dielétrica do vácuo e vale:

$$k_0 = \frac{1}{4\pi(8,85 \times 10^{-12})}$$

$$k_0 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

Na figura 13 está representado um corpo carregado positivamente ou negativamente (indutor) e um corpo neutro (induzido) sofrendo separação de cargas. Pode-se observar ainda que as cargas induzidas negativas ou positivas, respectivamente, do corpo induzido ficam mais próximas do corpo indutor (que só possui carga positiva ou negativa). Isso causa o surgimento de uma força de atração e também uma força de repulsão.

Figura 13 - Corpo indutor e corpo induzido.



Fonte: <https://italovector.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Eletrst%C3%A1tica-Aula-01-Introdu%C3%A7%C3%A3o-e-Processos-de-Eletriza%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acessado em 29/07/2022.

3.2 GRANDEZAS E LEIS DE OHM, O USO DO MULTÍMETRO E MEDIÇÕES

3.2.1 – Grandezas e Leis de Ohm:

3.2.1.1 Carga elétrica:

É a propriedade física, cuja unidade no Sistema Internacional de Unidades (SI) é Coulomb (C), exibida pelos elétrons e pelos prótons, onde a cada elétron é atribuído o valor negativo de $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ e a cada próton é atribuído o valor positivo de $+1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$. Dessa forma, quando um corpo possui o mesmo número de elétrons e de prótons, ele estará neutro e então sua carga elétrica será 0 coulomb ($Q=0 \text{ C}$): se possuir mais elétrons do que prótons então esse corpo possuirá uma carga elétrica negativa ($Q<0$) múltipla de $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ e se possuir mais prótons do que elétrons então possuirá uma carga elétrica positiva ($Q>0$) múltipla de $+1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

3.2.1.2 Corrente elétrica:

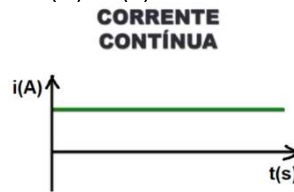
Corrente elétrica é ao movimento, ou fluxo, ordenado das cargas elétricas através de um condutor sujeito a um campo elétrico. A corrente elétrica i , no SI, tem como unidade o Amper (A) e é definida como a razão da quantidade de carga elétrica dQ em Coulomb (C) que atravessa a seção transversal de um condutor pela variação do tempo dt em segundos (s), no qual de acordo com Halliday e Resnick (2013), temos:

$$i = \frac{dQ}{dt}$$

No contexto desse trabalho trataremos somente das correntes elétricas contínua (CC) e alternada senoidal (CA), sendo que existem correntes elétricas alternadas triangulares, quadradas etc., bem como também correntes elétricas retificadas e entre outras:

a) A corrente contínua (CC) ocorre quando o movimento líquido das cargas elétricas se faz num mesmo sentido, mantendo-se constante ao longo do tempo. Esse tipo de corrente é produzido por baterias, pilhas, dínamos, placas solares, fontes alimentadoras e retificadores de corrente. A corrente contínua tem seu gráfico $i(\text{A}) \times t(\text{s})$ dado por uma reta horizontal, como mostra a Figura 14 abaixo,

Figura 14 - Gráfico $i(A)$ x $t(s)$ da corrente elétrica contínua.



Fonte: <http://eletronica90.blogspot.com/2014/08/corrente-continua-e-corrente-alternada.html> - Acessado em 29/09/2022.

b) A corrente alternada (CA) ocorre quando o movimento das cargas elétricas varia seu sentido no decorrer do tempo. A corrente alternada tem seu gráfico $i(A)$ x $t(s)$ dado por uma senoidal, como mostra a Figura 15 abaixo.

Figura 15 - Gráfico $i(A)$ x $t(s)$ da corrente elétrica alternada.



Fonte: <http://eletronica90.blogspot.com/2014/08/corrente-continua-e-corrente-alternada.html> - Acessado em 29/09/2022.

Para que surja uma corrente elétrica CC e CA entre dois pontos A e B de um condutor se faz necessário existir uma diferença de potencial elétrico entre A e B, que definiremos a seguir.

3.2.1.3 Diferença de potencial elétrico

Também chamada de DDP, tensão ou voltagem. É a diferença de potencial elétrico U existente entre os pontos A e B, sendo sua unidade de medida no SI dada por Volts (V). É definida como sendo o trabalho necessário a fim de executar o deslocamento de uma carga Q de um ponto A para o ponto B em um condutor.

3.2.1.4 Resistência elétrica e Leis de Ohm

Resistência elétrica é definida como sendo a propriedade física de um material de se opor à passagem da corrente elétrica, quando nele é aplicada uma diferença de potencial elétrico. Sua unidade de medida no SI

é dada por Ohms (Ω).

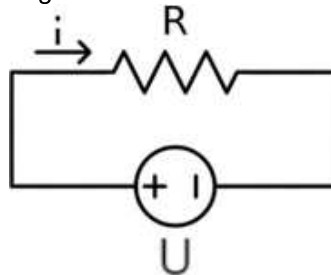
Quantitativamente resistência elétrica é dada através da Primeira e da Segunda Lei de Ohms:

a) Primeira Lei de Ohms diz que a resistência elétrica de um conduto, formando um circuito elétrico, é a razão da diferença de potencial elétrico aplicado nos seus extremos pela corrente elétrica que o percorre. De acordo com Halliday e Resnick, (2013), temos:

$$R = \frac{U}{i}$$

Na figura 16 temos um circuito elétrico e podemos visualizar as grandezas i , U e R :

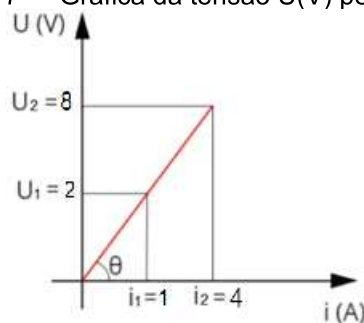
Figura 16 - Circuito elétrico



Fonte: <https://www.grupoescolar.com/pesquisa/lei-de-ohm.html> - Acessado em 29/09/2022.

Referente a um condutor genérico, temos que, sendo aplicada a ele uma tensão $U_1(V)$ este será percorrido por uma corrente elétrica $i_1(A)$, se for aplicada uma tensão $U_2(V)$ então será percorrido por uma corrente elétrica $i_2(A)$. Temos abaixo, na Figura 17, o gráfico da tensão $U(V)$ no eixo das ordenadas e a corrente elétrica $i(A)$ no eixo das abcissas. Obtém-se uma função linear $U(i) = Ri$, que é a Primeira Lei de Ohms, onde temos a resistência $R(\Omega)$ como uma constante. R também se expressa como o coeficiente linear ($\tan\theta$) dessa função linear (reta que passa pela origem). Nesta mesma Figura 17, por exemplo, $i_1(A) = 1A$ relacionado a $U_1(V) = 2V$ e $i_2(A) = 4A$ relacionado a $U_2(V) = 8V$, teremos uma resistência de 2Ω :

Figura 17 - - Gráfica da tensão $U(V)$ pela corrente $i(A)$. Primeira Lei de Ohms.



$$R = \tan\theta = \frac{U_1}{i_1} = \frac{U_2}{i_2} = \frac{U}{i}$$

$$R = \tan\theta = \frac{U_1}{i_1} = \frac{2V}{1A} = 2 \Omega$$

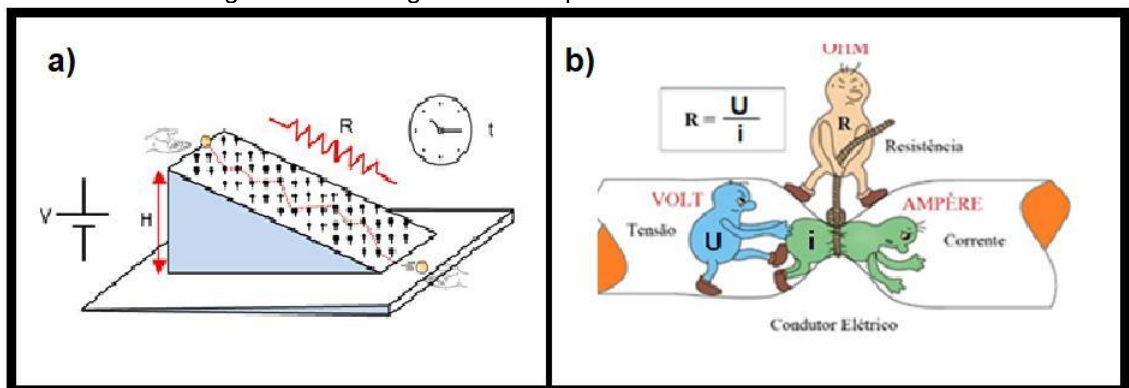
$$R = \tan\theta = \frac{U_2}{i_2} = \frac{8V}{4A} = 2 \Omega$$

$$R = \frac{U}{i} = 2 \Omega$$

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-lei-ohm.htm> - Acessado em 05/10/2022.

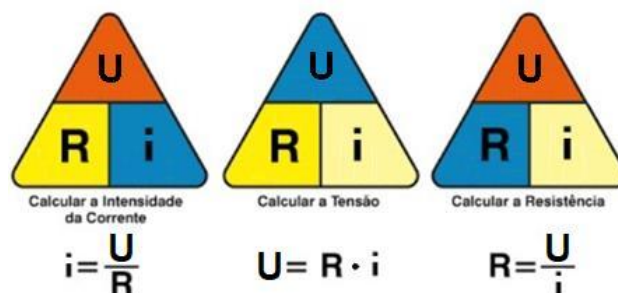
Temos na Figura 18a um análogo mecânico para a 1ª Lei de Ohm, no qual temos um plano inclinado com pregos encravados em analogia a uma rede cristalina (resistência que átomos impõem a movimentação dos elétrons), a altura H do plano é análogo a diferença de potencial V , e o inverso do tempo de queda ($1/t$) equivale à corrente elétrica i . Como um método de memorização informal temos abaixo a Figura 18b associando a Primeira Lei de Ohm com ações humanas e a Figura 19 que representa a Primeira Lei de Ohm através de triângulos de unidades. Essas analogias são usadas informalmente no ensino, suas aplicações e validades devem ser observadas com cautela, pois as grandezas físicas envolvidas não possuem unidades de força e a corrente elétrica não é um escoamento de fluido, como sugere a Figura 18, quanto a Figura 19 se trata apenas de formas visuais de memorização, sem um conteúdo físico definido e explicado.

Figura 18 - Análogo mecânico para a 1ª Lei de Ohm.



Fonte: CARVALHO, A.T.G; SILVA, L.V.F; NEVES, A.J.M; CARVALHO, R.S. Análogos para resistência e resistividade elétrica. XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2019. Figura 18b - Método de memorização informal da Primeira Lei de Ohm com ações humanas. Fonte: <https://vestibulares.estrategia.com/porta/materias/fisica/leis-de-ohm/> - Acessado em 05/10/2022.

Figura 19 - Método de memorização informal da Primeira Lei de Ohm através dos triângulos de unidades.



Fonte: <https://www.grupoescolar.com/pesquisa/lei-de-ohm.html> - Acessado em 29/09/2022.

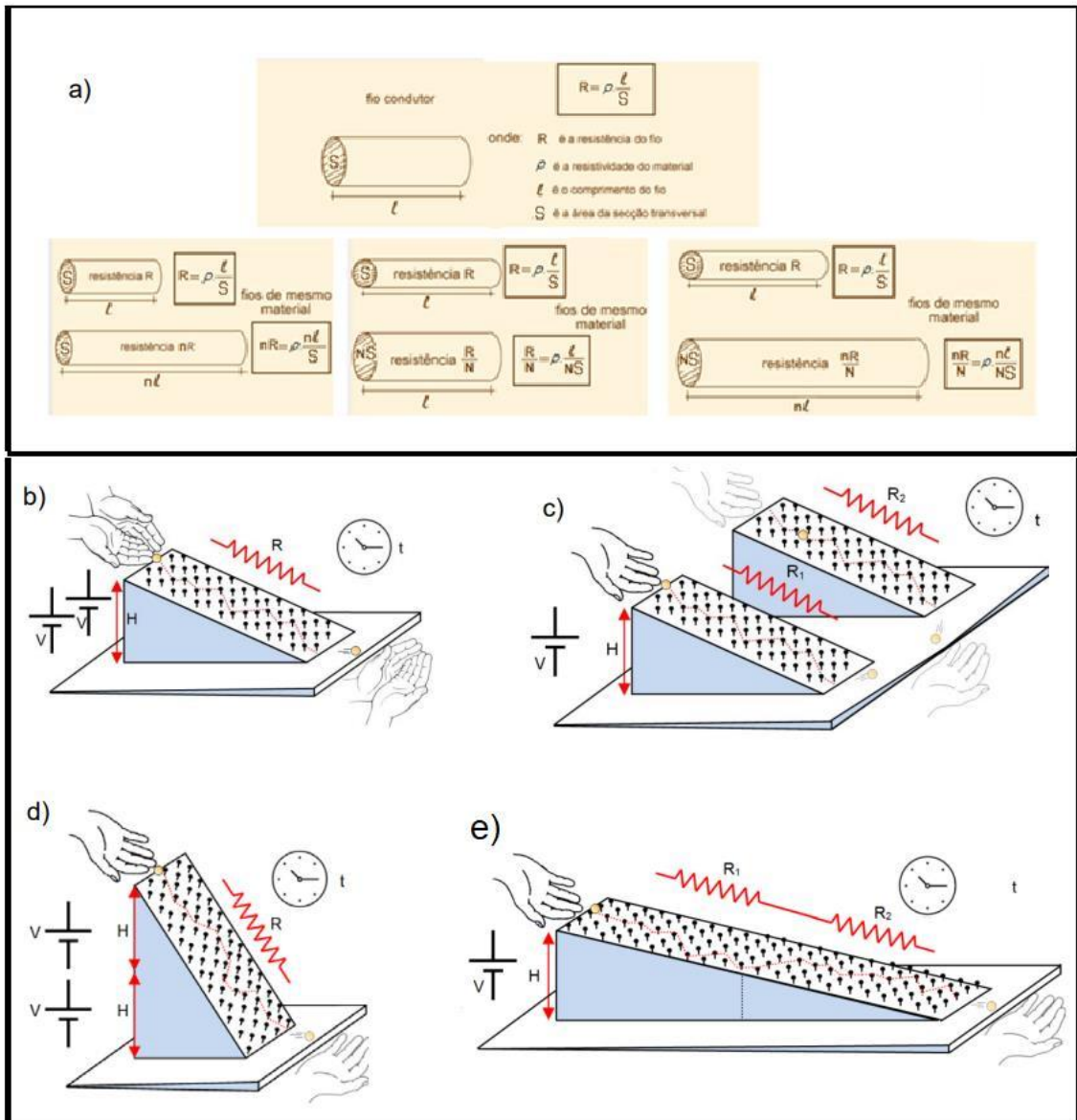
b) Segunda Lei de Ohms relaciona a resistência elétrica de um condutor com as propriedades físicas e químicas desse que é denominada de resistividade $\rho(\Omega\text{m})$, e suas características geométricas, ou seja, seu comprimento $\ell(\text{m})$ e sua área $S(\text{m}^2)$. Essa lei diz que a resistência elétrica depende das propriedades do material do qual o condutor é constituído $\rho(\Omega\text{m})$, sendo diretamente proporcional ao comprimento $\ell(\text{m})$ e inversamente proporcional à área de seção transversal $S(\text{m}^2)$. Assim sendo temos a fórmula, de acordo com Halliday e Resnick (2013), temos:

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

Na Figura 20a a seguir, podem-se observar as variações do valor da resistência partir de um fio conduto de comprimento ℓ e área de secção transversal S e comparado esse com outros fios de mesmo material, porém, com comprimento $n\ell$ ou/e com área de secção transversal NS . Dessa forma observa-se que o valor da resistência é diretamente proporcional o comprimento e inversamente proporcional a área de secção transversal.

Na Figuras 20b, 20c, 20d e 20e temos os análogos mecânicos representando circuitos elétricos, respectivamente, b) com baterias em paralelo, c) com resistores em paralelo; d) com baterias em série e e) com resistores em série.

Figura 20 – a) Variações do valor da resistência partir das variações do comprimento ℓ e da área de secção transversal S de um fio condutor; b), c), d), e) Análogos mecânicos de circuitos elétricos, nos quais, b) com baterias em paralelo, c) com resistores em paralelo; d) com baterias em série e e) com resistores em série



Fontes: a) <http://brasipedia.blogspot.com/2008/10/segunda-lei-de-ohm.html> - Acessado em 10/10/2022. b), c), d) e): CARVALHO, A.T.G; SILVA, L.V.F; NEVES, A.J.M; CARVALHO, R.S. Análogos para resistência e resistividade elétrica. XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2019.

3.3 PILHA GERANDO CORRENTE ELÉTRICA CONTÍNUA (CC)

3.3.1 – Teoria e definições

Alessandro Volta, em 1800, realizou um experimento no qual intercalou discos de dois tipos de metais diferentes e um disco de papelão úmido em solução salina, repetindo o padrão em forma de pilha. A pilha tinha em seus externos metais

diferentes. Quando os diferentes metais localizados nos extremos são ligados, por meio de um condutor elétrico, se estabelece a passagem de uma corrente elétrica contínua. Dessa forma foi construída assim a primeira pilha. Abaixo na Figura 21, temos Alessandro Volta e sua pilha.

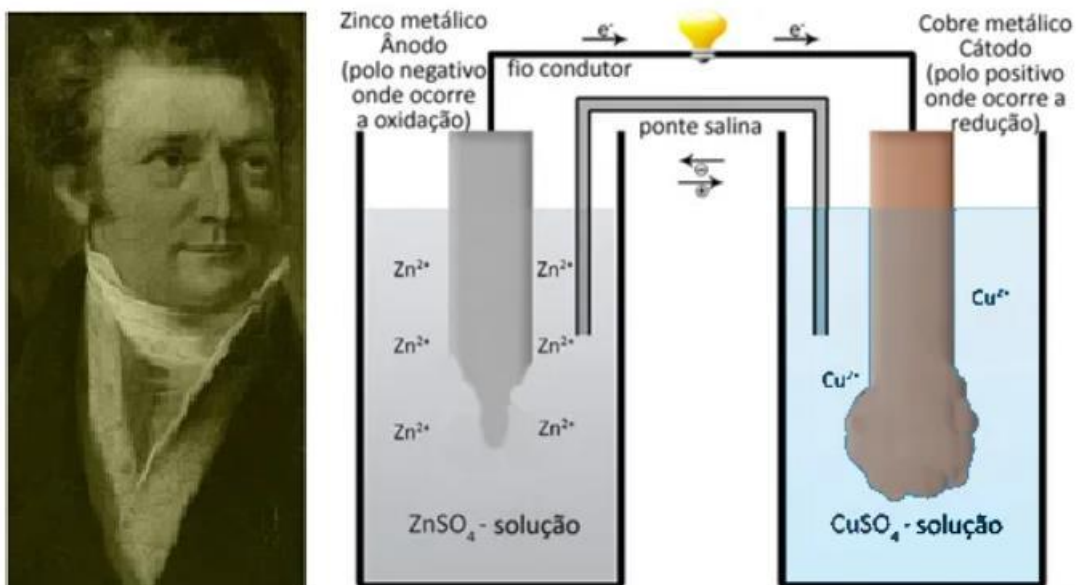
Figura 21 - Alessandro Volta e sua pilha.



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/pilha-alessandro-volta.htm> - Acessado em 15/08/2022.

Em 1836 o inglês John Frederick Daniell aperfeiçoou a pilha, fazendo uso de um fio de Zinco (Zn) colocado em uma solução de $ZnSO_4$ e de um fio de Cobre (Cu) colocado em uma solução de $CuSO_4$, ambas estando na concentração de 1 mol/l, sendo que as duas soluções são ligadas através de uma ponte salina feita de chumaço de algodão ou sendo uma parede de porcelana que permite a passagem constante de forma controlada dos íons fechando o circuito na parte interna da pilha. Quando os fios de zinco e de cobre são ligados, por um condutor elétrico, surge uma corrente elétrica contínua. Abaixo na Figura 22 temos Daniell e sua pilha:

Figura 22 - - Daniell e sua pilha.



Fonte: <https://www.preparaenem.com/quimica/pilha-daniell.htm> - Acessado em 15/08/2022.

Aos ligar as placas dos diferentes metais por meio de um condutor elétrico o circuito se fecha e através da reação de oxirredução que ocorre entre metal diferentes íons temos a transformação da energia química em energia elétrica, na qual os elétrons passam da placa do metal mais reativo (ânodo, polo negativo) que sofre oxidação, para a do menos reativo (cátodo, polo positivo) que sofre redução, gerando corrente elétrica contínua que tem seu sentido convencional estabelecido do polo positivo para o negativo. Na Figura 22 acima, temos a placa de Zn sendo o ânodo e a de Cu sendo o cátodo, pois o Zn é mais reativo que Cu, pode ser observado também que o ânodo sofre corrosão diminuindo a massa da placa de Zn e com isso concentração de íons Zn^{2+} aumenta na solução de $ZnSO_4$, enquanto o cátodo sofre deposição de Cu aumentando a massa de sua placa e conseqüentemente diminuindo a concentração de íons Cu^{2+} na solução de $CuSO_4$.

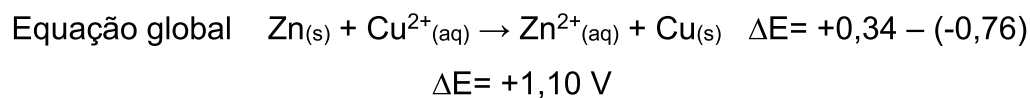
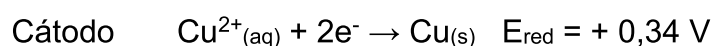
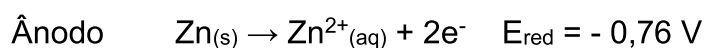
A reatividade do Zn e Cu e de outros metais pode ser observada na tabela de potencias de oxidação e redução na figura 23 que se segue:

Figura 23 - Tabela de potências de oxidação e redução.

Potenciais de oxidação (E°_{ox}), em volt		Potenciais de redução (E°_{red}), em volt
+ 3,04	$Li^+ + 1e \rightleftharpoons Li^{\circ}$	-3,04
+ 2,87	$Ca^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ca^{\circ}$	-2,87
+ 2,71	$Na^+ + 1e \rightleftharpoons Na^{\circ}$	-2,71
+ 2,36	$Mg^{2+} + 2e \rightleftharpoons Mg^{\circ}$	-2,36
+ 1,66	$Al^{3+} + 3e \rightleftharpoons Al^{\circ}$	-1,66
+ 0,76	$Zn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Zn^{\circ}$	-0,76
+ 0,44	$Fe^{2+} + 2e \rightleftharpoons Fe^{\circ}$	-0,44
+ 0,28	$Co^{2+} + 2e \rightleftharpoons Co^{\circ}$	-0,28
+ 0,25	$Ni^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ni^{\circ}$	-0,25
+ 0,14	$Sn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Sn^{\circ}$	-0,14
+ 0,13	$Pb^{2+} + 2e \rightleftharpoons Pb^{\circ}$	-0,13
0,00	$2H^+ + 2e \rightleftharpoons H_2$	0,00
-0,34	$Cu^{2+} + 2e \rightleftharpoons Cu^{\circ}$	+0,34
-0,80	$Ag^+ + e \rightleftharpoons Ag^{\circ}$	+0,80
-0,85	$Hg^{2+} + 2e \rightleftharpoons Hg^{\circ}$	+0,85
-1,07	$Br_2 + 2e \rightleftharpoons 2Br^-$	+1,07
-1,36	$Cl_2 + 2e \rightleftharpoons 2Cl^-$	+1,36
-1,50	$Au^{3+} + 3e \rightleftharpoons Au^{\circ}$	+1,50
-2,87	$F_2 + 2e \rightleftharpoons 2F^-$	+2,87

Fonte: <http://educacao.globo.com/quimica/assunto/eletroquimica/pilhas.html>. - Acessado em 15/08/2022.

Para o caso da pilha aqui já citada, de ânodo Zn e cátodo Cu, teremos a equação global dada por:

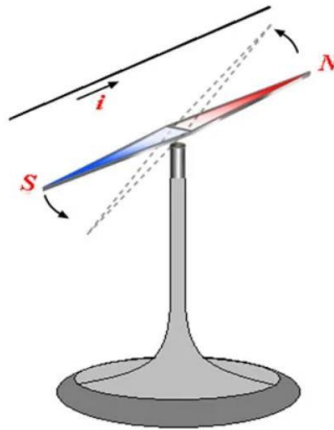


3.3.2 Fluxo magnético, Lei de Ampère e Indução Eletromagnética (Lei de Faraday-Lenz)

3.3.2.1 O experimento de Öersted

O experimento de Öersted (1820) detectou o desvio da agulha de uma bússola quando próximo de um fio condutor conduzindo corrente elétrica i . A Figura 24 abaixo mostra esse experimento:

Figura 24 - Experimento de Öersted.



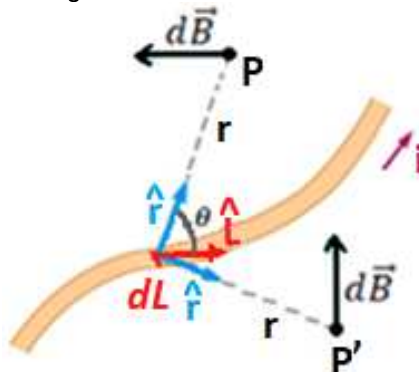
Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/experimento-oersted.htm> - Acessado em 01/02/2023.

3.3.2.2 – Lei de Biot-Savart

É de aplicação geral em todos os casos, sendo aplicável preferencialmente para os casos em que não possui simetria no fio (com geometria não simétrica), pois quando existe simetria (fios retos, espiras e solenoides) se utiliza a Lei de Ampere que é consequência da Lei de Biot-Savart e será discutida na subseção 3.3.2.3 desse texto.

Estabelece que surge um campo magnético $d\vec{B}$, de módulo $dB = |d\vec{B}|$, em um ponto P distante de módulo r (associado a um vetor unitário \hat{r} e a um vetor $\vec{r} = r \cdot \hat{r}$) de um comprimento elementar de módulo dl (associado a um vetor unitário \hat{L} e a um vetor $d\vec{L} = dL \cdot \hat{L}$) de um fio condutor qualquer percorrido por uma corrente i , considerando $d\vec{B} \perp \hat{r}$ e a \hat{L} , sendo θ o ângulo entre os vetores unitários \hat{r} e a \hat{L} , como mostra a Figura 25.

Figura 25 - Lei de Biot-Savart



Fonte: Serway & Jewett, Principles of Physics, 4th Edition, Thomson, 2006

Considerando o vácuo, como sendo, o meio no qual o fio está localizado, temos a equação, de acordo com Halliday e Resnick (2013):

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{d\vec{L} \times \vec{r}}{r^2}$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{dL \sin \theta}{r^2}$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} i \int_{L_0}^{L_1} \frac{\sin \theta}{r^2} dL$$

Sendo que μ_0 é a permeabilidade magnética do meio (Tm/A). Para meio sendo o vácuo como meio, μ_0 sendo uma constante dada por $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A} = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ Tm/A}$, onde L_0 e L_1 são os limites de integração referentes ao comprimento L do fio.

3.3.2.3 – Lei de Ampère

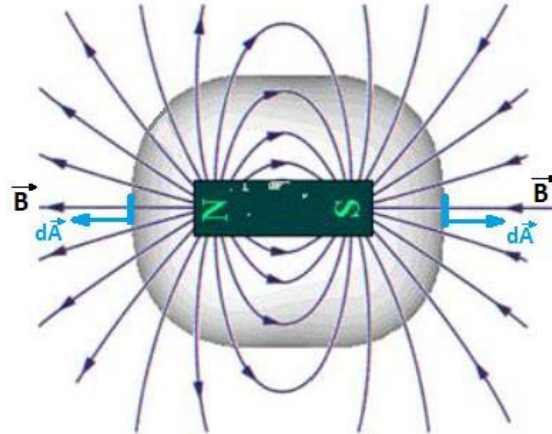
É uma consequência da Lei de Biot-Savart (subseção 3.3.2.2 desse texto), sendo aplicável somente em casos particulares onde existe simetria no fio (com geometria simétrica), tais como fios retos, espiras e solenoides.

A Lei de Ampère não pode ser modelada matematicamente pelo fluxo das linhas do vetor campo magnético \vec{B} por uma superfície fechada de área A contendo o dipolo magnético norte (N) e sul (S) no seu interior, pois o resultado daria zero uma vez que esses polos magnéticos são inseparáveis. Assim se tivermos uma superfície fechada de área A e um dipolo magnético norte e sul no seu interior, o divergente das linhas do vetor campo magnético \vec{B} nessa região fechada será zero, $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$, Lei de Gauss para o Magnetismo que é uma das Equações de Maxwell, é igual a formulação matemática onde a integral fechada do produto interno de \vec{B} e de um vetor normal a uma área infinitesimalmente pequena $d\vec{A}$ será igual a zero, como segue a abaixo:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = \oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

O divergente das linhas do vetor campo magnético \vec{B} . Como mostra a Figura 26.

Figura 26 - O divergente das linhas do vetor campo magnético \vec{B}



Fonte: <https://donaatraente.wordpress.com/enquadramento-teorico/campo-eletromagnetico/leis-de-maxwell/> - Acessado em 22/07/2023.

Para modelar matematicamente a Lei de Ampère usa-se a integral de linha do produto vetorial de um vetor campo magnético \vec{B} tangente a uma curva fechada ℓ em cada ponto pelo vetor tangencial do elemento infinitesimal $d\vec{\ell}$ em cada ponto da curva ℓ , sendo que ℓ e $d\vec{\ell}$ tem por unidade de medida o metro e envolve um fio condutor no qual passa uma corrente elétrica i , se expressa por:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 i$$

Assim sendo temos acima a Lei de Ampère que estabelece que no espaço ao redor de todo fio percorrido por uma corrente elétrica i (com geometria simétrica), surge um vetor campo magnético \vec{B} .

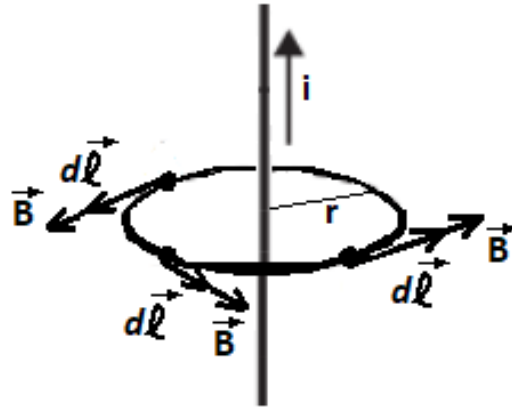
Dessa podemos citar os casos mais relevantes para essa lei, que são quando temos um fio condutor reto uniforme, quando temos em forma de uma ou mais espiras e bem como no solenoide. Casos esses que serão descritos a seguir nas próximas subseções 3.3.2.3.1, 3.3.2.3.2, 3.3.2.3.3 e 3.3.2.3.4 respectivamente.

3.3.2.3.1 Lei de Ampère para um fio condutor reto uniforme

Para um fio condutor reto percorrido por uma corrente elétrica i em cada ao redor do fio a uma distância radial r (formando uma curva ℓ), teremos um vetor tangencial campo magnético \vec{B} , onde seu módulo é $B = |\vec{B}|$, sendo que a curva fechada ℓ de comprimento em metros ao redor no fio é uma circunferência de raio r

em metros onde $\ell = 2\pi r$. Para cada ponto da curva fechada ℓ temos um vetor tangencial do elemento infinitesimal $d\vec{\ell}$ no mesmo sentido que \vec{B} , dessa forma o ângulo entre \vec{B} e $d\vec{\ell}$ é de 0° . Abaixo temos Figura 27 e a modelagem matemática que representa essa situação:

Figura 27 - Lei de Ampère para um fio condutor reto uniforme.



Fonte: <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele09.htm> - Acessado em 21/07/2023 e adaptado pelo Autor

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 i$$

$$B \ell \cos 0^\circ = \mu_0 i$$

$$B \ell (1) = \mu_0 i$$

$$B \ell = \mu_0 i$$

$$B (2\pi r) = \mu_0 i$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi r}$$

Temos então, acima, a fórmula da **Lei de Ampère** para calcular B a uma distância r de um fio condutor reto uniforme de comprimento ℓ .¹

¹ A fórmula acima apresentada também pode ser encontrada através de resoluções da integração da Lei de Biot-Savart, vista aqui na subseção 3.3.2.2, dedução essa que aqui não será desenvolvida por ser de grande extensão, sendo de menos esforço matemático o método que foi utilizado acima, dessa forma para a dedução através integração da Lei de Biot-Savart ficam aqui referidos e indicados os textos: Reitz, J.R.; Milford, F.J.; R.W. Fundamentos da Teoria Eletromagnética. São Paulo: Editora Campus, 1982.

Nesse tipo de fio o sentido do vetor campo magnético \vec{B} , em cada ponto a uma distância radial r ao redor do fio condutor, é determinado pela Regra da Mão Direita, como mostram as Figura 28 a) b) c) d) e que é executada do seguinte modo:

i) Determina-se o sentido da corrente elétrica que convencionalmente se faz do extremo do fio ligado ao polo positivo para o extremo ligado ao negativo;

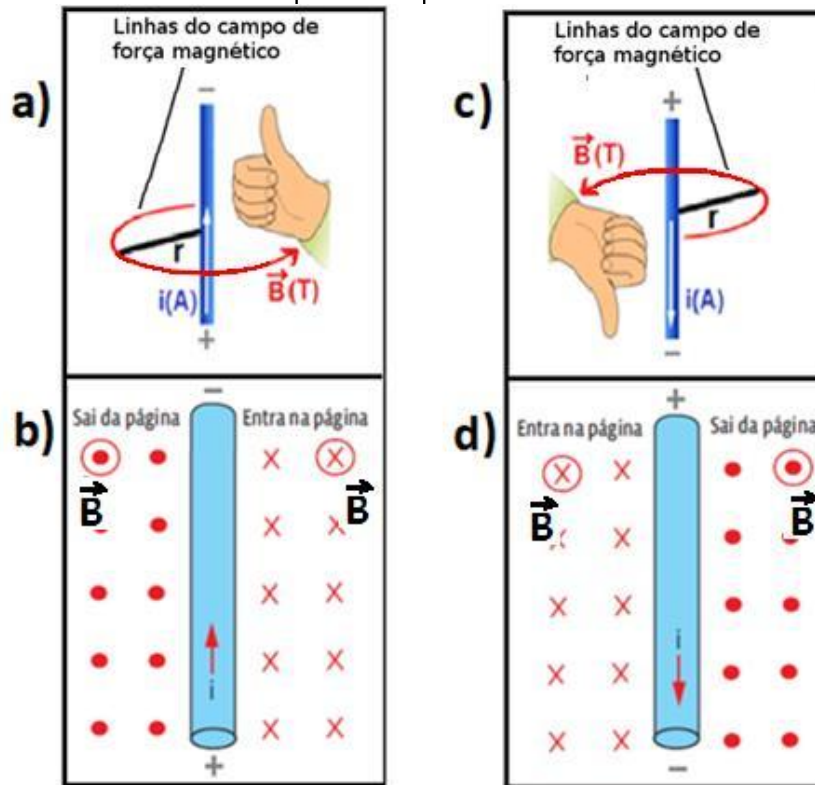
ii) Coloca-se esse fio na direção vertical, com o polo negativo na posição verticalmente superior e o positivo na inferior (Figura 28 a)) ou ao contrário (Figura 28 c)), com a mão direita, segura-se o fio lhe envolvendo com mão direita, com o polegar indicando o sentido da corrente elétrica i sentido esse que convencionalmente se dá do polo positivo para o negativo;

iii) Realiza-se um movimento de torção, com a mão direita, no sentido anti-horário no caso descrito na Figura 28 a) e no sentido horário para o descrito na Figura 28 c);

iv) O sentido das linhas de campo do vetor campo magnético \vec{B} é dado pelas indicativas dos outros dedos.

Observe que as linhas de campo do vetor campo magnético \vec{B} que rodeiam o fio, saem e entram perpendicularmente dos planos no qual o fio pertence, sendo que saem do lado esquerda do fio e entram a direita quando o sentido da corrente elétrica i no fio se dá na direção vertical de baixo para cima (Figura 28 b)), de forma contrária, as linhas de \vec{B} entram na esquerda e saem na direita quando o sentido de i se faz ao contrário (Figura 28 d)).

Figura 28 - Regra da Mão Direita para determinar o sentido do vetor campo magnético \vec{B} ao redor de um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica i .



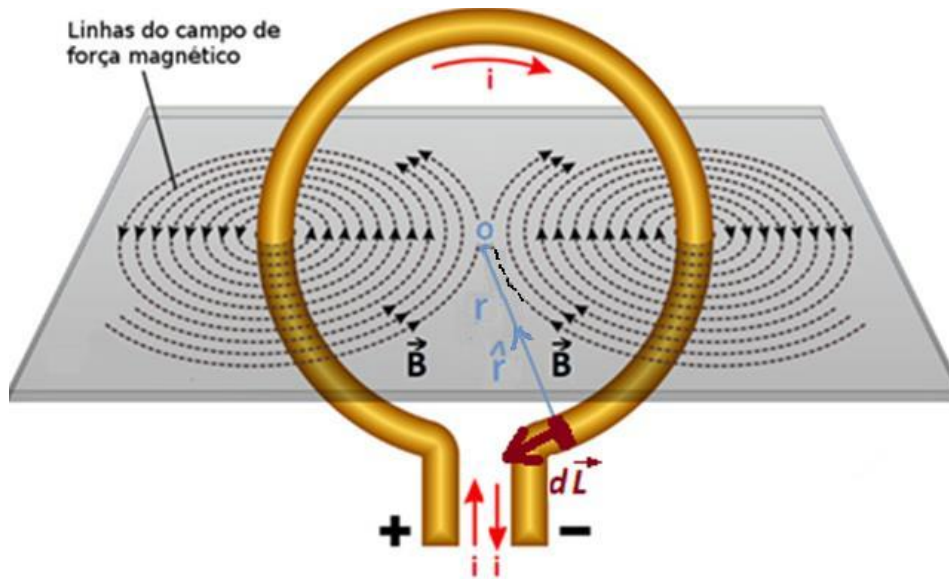
Fonte: <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele09.htm> - Acessado em 21/07/2023 e adaptado pelo Autor

3.3.2.3.2 – Lei de Ampère para um fio condutor em forma de uma espira.

Define-se por espira um fio condutor na forma de anel.

Seja uma espira circular com centro em O e raio r , sendo percorrida por uma corrente elétrica i . Nessas condições surge um vetor indução campo magnético \vec{B} em torno do condutor, saindo e entrando perpendicularmente ao plano da espira, como mostra a Figura 29 abaixo.

Figura 29 - Lei de Ampère para uma espira circular com centro em O e raio r.



Fonte: <https://www.infoescola.com/fisica/espiras/> - Acessado em 21/07/2023 e adaptado pelo Autor

O vetor indução campo magnético \vec{B} em Tesla (T) gerado por uma espira de raio r percorrida por uma corrente elétrica i em Amper (A), tem seu módulo $B = |\vec{B}|$, podemos observar na Figura 29 acima que $d\vec{L} \perp \hat{r}$ em toda a extensão da espira, assim então $|d\vec{L} \times \hat{r}| = dL (1) \text{sen} \left(\frac{\pi}{2} \right) = dL$, para a formação da espira o fio reto sofreu uma curvatura em um ângulo de $\theta = 2\pi$ Rad e sendo $dL = r d\theta$, logo fazendo uso da Lei de Briot – Savart, temos matematicamente que:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot i}{4\pi} \cdot \frac{d\vec{L} \times \hat{r}}{r^2} \Rightarrow dB = \frac{\mu_0 \cdot i}{4\pi} \cdot \frac{dL \text{sen} \left(\frac{\pi}{2} \right)}{r^2} \Rightarrow dB = \frac{\mu_0 \cdot i}{4\pi} \frac{dL}{r^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{4\pi r^2} \int_{\theta_0}^{\theta_1} r d\theta = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot r}{4\pi r^2} \int_{\theta_0=0}^{\theta_1=2\pi} d\theta = \frac{\mu_0 \cdot i}{4\pi r} \int_0^{2\pi} d\theta$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{4\pi r} [\theta]_0^{2\pi} = \frac{\mu_0 \cdot i}{4\pi r} (2\pi - 0) = \frac{\mu_0 \cdot i}{4\pi r} (2\pi)$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 r}$$

Temos então, acima, a fórmula da **Lei de Ampère** para calcular o módulo de B no centro de um fio condutor na forma de uma espira de raio r .

Para definir as características do vetor indução campo magnético \vec{B} no centro e nas laterais da espira deve se usa a regra da mão direita que se processa assim:

i) Determina se o sentido da corrente elétrica que convencionalmente se faz do extremo do fio ligado ao polo positivo para o extremo ligado ao negativo;

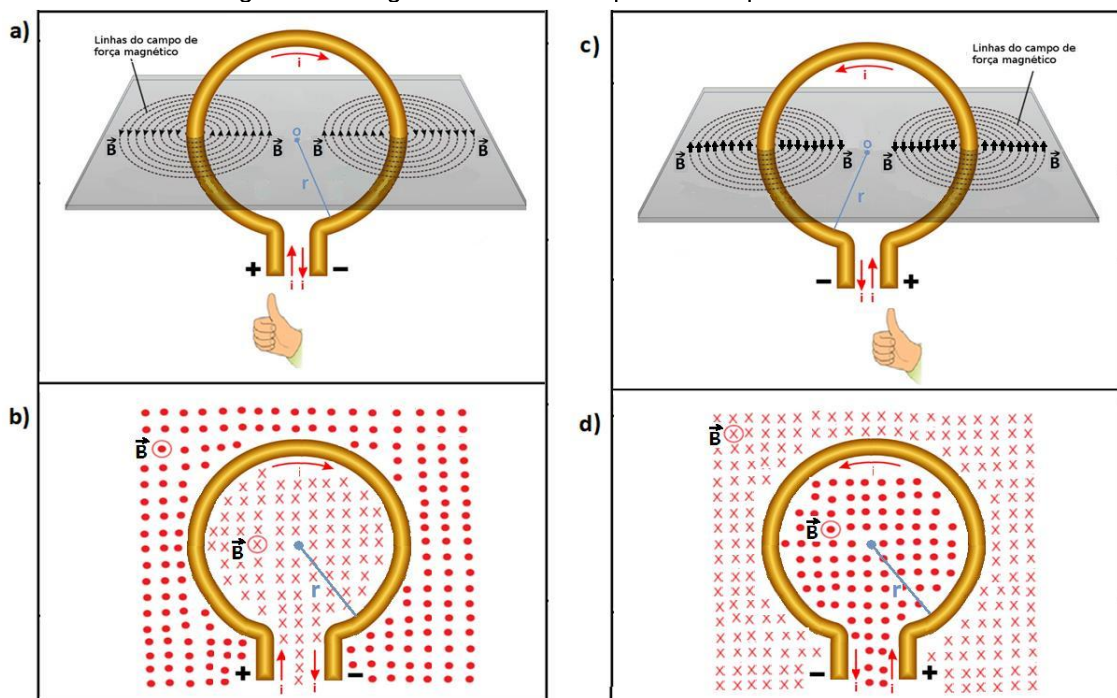
ii) Posiciona se a espira com o polo negativo no lado esquerdo e o positivo no lado direito (Figura 30 a)) ou ao contrário (Figura 30 c)), com a mão direita, segura se o fio lhe envolvendo com mão direita, com o polegar indicando o sentido da corrente elétrica i , sentido esse que convencionalmente se dá do polo positivo para o negativo;

iii) Realiza se um movimento de torção, com a mão direita, no sentido anti-horário no caso descrito nas Figuras 30 a) e 30 c);

iv) O sentido das linhas de campo do vetor campo magnético \vec{B} (em T, Tesla) é dado pelas indicativas dos outros dedos.

As linhas de campo do vetor campo magnético \vec{B} que rodeiam o fio da espira, saem e entram perpendicularmente do plano no qual a espira pertence, sendo que saem da região exterior e entram na região interior da espira quando o polo negativo está a esquerda e o positivo a direita (Figura 30 b)), de forma contrária, as linhas de \vec{B} entram da região exterior e saem da região interior quando o polo negativo está a direita e o positivo a esquerda (Figura 30 d)).

Figura 30 - Regra da Mão Direita para um espira condutora.



3.3.2.3.3 Lei de Ampère para um fio condutor em forma de n_t espiras.

Sejam n_t espiras circulares com centro em O e raio r , sobrepostas e desconsiderando a espessura formada pela sobreposição das mesmas, todas interligadas e sendo todas percorridas no mesmo sentido por uma corrente elétrica i em Amper (A), corrente essa que entra na primeira espira por polo positivo e sai na última por um polo negativo. Nessas condições surge um vetor indução campo magnético \vec{B} em Tesla (T) em torno dos condutores sobrepostos, saindo e entrando perpendicularmente ao plano das espiras.

O vetor indução campo magnético resultante \vec{B}_R em Tesla (T) gerado por todas as espiras de raio r percorridas por uma corrente elétrica i em Amper (A), tem seu módulo $B_R = |\vec{B}_R|$, onde dado \vec{B}_R será a soma de todos os vetores campo magnético \vec{B} das n_t espiras, sendo B dado na subseção anterior **3.3.2.3.2**. Assim, temos que:

$$B_R = n_t B$$

$$B_R = n_t \frac{\mu_0 \cdot i}{2 r}$$

Temos então, acima, a fórmula da Lei de Ampère para calcular B_R de um fio condutor na forma de n_t espiras de raio r , desconsiderando a espessura formada pela sobreposição das espiras.

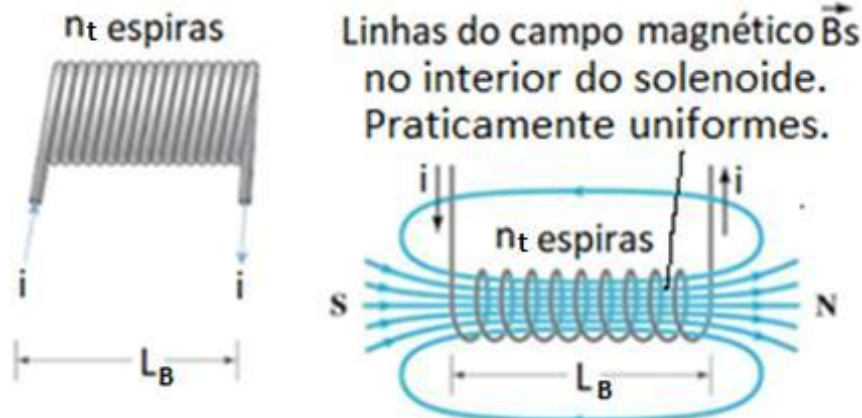
3.3.2.3.4 Lei de Ampère para um fio condutor em forma de solenoide

Um solenoide ou bobina é uma sobreposição de n_t espiras, como já vista na subseção anterior 3.3.2.3.3, tendo uma espessura de comprimento L_B (em metros) formada pela sobreposição de todas as espiras.

Abaixo na Figura 31 temos um solenoide, com n_t espiras, com suas linhas de campo do vetor campo magnético \vec{B}_s no interior que são praticamente uniformes, podemos ver também que na primeira espira a esquerda se localiza a entrada da corrente elétrica i , por convenção as linhas de campo do vetor indução campo magnético resultante \vec{B}_s entra perpendicularmente pela face externa dessa primeira espira, sendo essa a face externa dessa espira o polo sul (S) do solenoide e vice-

versa a face externa da última espira situada no outro lado do solenoide a corrente sairá e será o polo norte (N) que sai perpendicularmente a essa face:

Figura 31 - Solenoide e suas linhas de campo do vetor campo magnético \vec{B}_s .



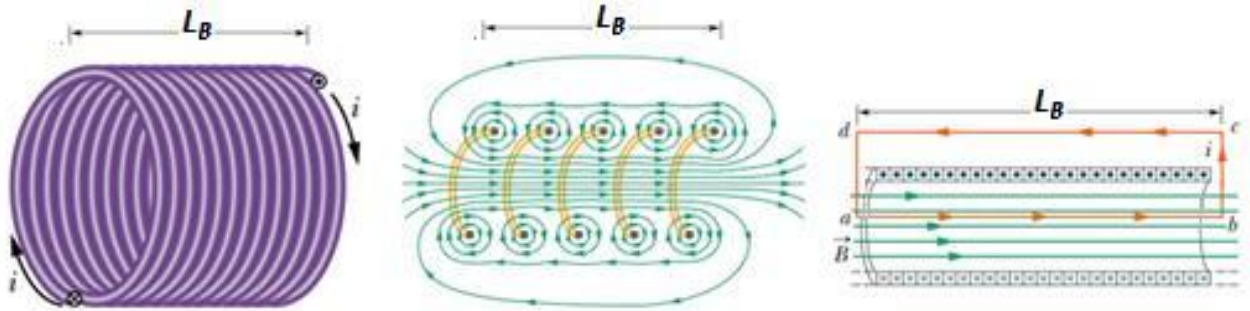
Fonte: <https://www.infoescola.com/fisica/espiras/> - Acessado em 21/07/2023 e adaptado pelo Autor

O vetor indução campo magnético resultante \vec{B}_s no seu interior do solenoide é a soma dos campos de todas as n espiras que o compõem, sendo praticamente uniforme com unidade em Tesla (T), gerado pelas n_t espiras de raio r cada uma percorrida pela corrente elétrica i , cuja sobreposição dessas tem um comprimento L_B em metros. Assim sendo, no interior do solenoide, vetor indução campo magnético resultante \vec{B}_s estará vinculada a passagem da corrente i pelas suas espiras n_t vezes, pois são n_t espiras, então podemos considerar que a geração de \vec{B}_s se deve a uma corrente total interior i_{in} , tal que:

$$i_{in} = n_t \cdot i$$

Temos na Figura 32 a esquerda temos a vista externa do solenoide com a corrente i entrando e saindo e a sua extensão de L_B . Na Figura 32 central, temos as linhas de campo do vetor indução campo magnético resultante \vec{B}_s e a sua extensão de L_B . Na Figura 32 a direita temos um corte transversal simétrico no solenoide demarcado pelo retângulo $abcd$, que possibilita a aplicação da **Lei de Ampere**, onde pode se observado o seu interior com as linhas de campo do vetor indução campo magnético resultante \vec{B}_s uniforme e as n_t contribuições de i dada por cada n_t espiras que compõem a bobina (i_{in}).

Figura 32 - Solenoide em vista externa, linhas de campos e corte transversal.



Fonte: http://fma.if.usp.br/~mlima/teaching/4320292_2012/Cap7.pdf - Acessado em 21/07/2023

Pela simetria acima representada pela Figura 32 a direita, demarcado pelo retângulo abcd, vamos encontrar o vetor indução campo magnético uniforme resultante \vec{B}_s no seu interior do solenoide fazendo uso da Lei de Ampère.

$$\oint \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B = \mu_0 i_{in}$$

Resolvendo a integral de linha fechada acima temos:

$$\oint \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B = \int_a^b \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B + \int_b^c \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B + \int_c^d \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B + \int_d^a \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B$$

Para primeira integral temos $\int_a^b \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B \neq 0$ (não é nula), pois os vetores \vec{B}_s e $d\vec{L}_B$ são paralelos e $\vec{B}_s \neq 0$ e uniforme), sendo assim $\int_a^b \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B = B_s \cdot L_B \cdot \cos 0 = B_s \cdot L_B \cdot (1) = B_s \cdot L_B$.

Temos que a segunda integral será $\int_b^c \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B = 0$, pois para \vec{bc} temos que os vetores $\vec{B}_s \perp d\vec{L}_B$, assim sendo o produto escalar $\vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B = 0$

A terceira integral também será $\int_c^d \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B = 0$, pois apesar dos vetores \vec{B}_s e $d\vec{L}_B$ serem paralelos temos que \vec{cd} está no exterior da bobina, logo $\vec{B}_s = 0$.

Para a quarta integral mais uma vez temos $\int_d^a \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B = 0$, pois para \vec{da} temos que os vetores $\vec{B}_s \perp d\vec{L}_B$, assim sendo o produto escalar $\vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B = 0$.

$$\oint \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B = \int_a^b \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B + 0 + 0 + 0 = \mu_0 i_{in}$$

$$\int_a^b \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B + 0 + 0 + 0 = \mu_0 i_{in}$$

$$\int_a^b \vec{B}_s \cdot d\vec{L}_B = \mu_0 i_{in}$$

$$B_S \cdot L_B = \mu_0 i_{in}$$

Como $i_{in} = n_t \cdot i$, então temos:

$$B_S \cdot L_B = \mu_0 \cdot n_t \cdot i$$

$$B_S = \frac{\mu_0 \cdot n_t \cdot i}{L_B}$$

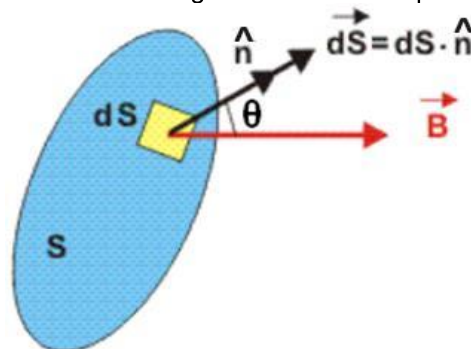
Temos então, acima, a fórmula da Lei de Ampère para calcular B_S uniforme interno de um solenoide com n_t espiras e de espessura L_B .

3.3.2.4 – Fluxo Magnético

O fluxo magnético Φ , cuja unidade é Wb (Weber ou T m²), é uma grandeza escalar que define o número de linhas de campo magnético que atravessam uma determinada superfície (área em m²).

Considere a Figura 33, onde podemos observar uma superfície qualquer de superfície (área) S , tendo por unidade o m², sendo dS um elemento da superfície dessa área, elemento esse que é atravessado por um vetor campo magnético \vec{B} , cuja unidade é dada por T (Tesla), que por sua vez forma um ângulo θ com $d\vec{S}$ que é o vetor normal ao elemento de superfície dS , sendo que $d\vec{S}$ tem \hat{n} por vetor unitário. Dessa forma temos que $d\vec{S} = |d\vec{S}| \cdot \hat{n} = dS \cdot \hat{n}$, sendo $dS = |d\vec{S}|$ e também temos que $B = |d\vec{B}|$

Figura 33 - Fluxo Magnético em uma superfície S.



Fonte: <https://www.alfaconnection.pro.br/fisica/eletromagnetismo/inducaoeletromagnetica/conceitos-basicos/> - Acessado em 01/02/2023.

Sendo assim temos um elemento de fluxo magnético Φ , associado a esse elemento de área definido por:

$$d\Phi = \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$d\Phi = |\vec{B}| |d\vec{S}| \cos \theta$$

$$d\Phi = B dS \cos \theta$$

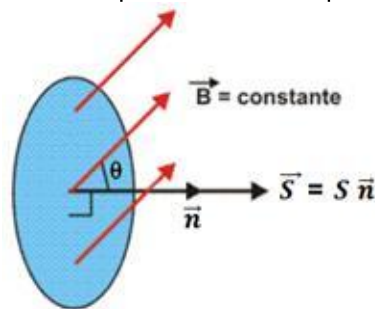
Conseqüentemente para toda a superfície de área S , fazendo uso de integração de superfície, teremos um fluxo magnético total dado por:

$$\Phi = \iint B dS \cos \theta$$

$$\Phi = \iint \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

Na Figura 34 temos um caso particular onde a superfície S é plana e está situada numa região onde o vetor campo magnético \vec{B} é uniforme (constante).

Figura 34 - Superfície S plana atravessada por um vetor campo magnético \vec{B} uniforme (constante).



Fonte: <https://www.alfaconnection.pro.br/fisica/eletromagnetismo/inducaoeletromagnetica/conceitos-basicos/> - Acessado em 01/02/2023.

Uma vez que a superfície é plana, então todos os vetores $d\vec{S}$ dos elementos de área dS são paralelos, perpendiculares à superfície e possuem o mesmo módulo, sendo que a soma (integração) de todos os elementos de superfície $dS = |d\vec{S}|$ resulta na superfície total $S = |\vec{S}|$.

Como o vetor campo magnético \vec{B} é uniforme (constante), conseqüentemente com módulo $B = |\vec{B}|$ constante, para todos os elementos de área (planos) dS da superfície S teremos um vetor campo magnético \vec{B} iguais que farão sempre o mesmo ângulo θ com cada $d\vec{S}$. Sendo assim para esse caso particular temos:

$$\Phi = \iint \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$\Phi = \iint B \cdot dS \cdot \cos \theta$$

$$\Phi = B \cdot \cos\theta \iint dS$$

$$\Phi = (B \cdot \cos\theta) S$$

$$\Phi = B \cdot S \cos\theta$$

3.3.2.5 – Indução Eletromagnética (Lei de Faraday-Lenz)

Por Faraday temos que uma diferença de potencial ou tensão induzida (força eletromotriz) \mathcal{E} , com unidade em Volts (V), é produzida em um circuito elétrico fechado quando esse está submetido a uma variação de fluxo magnético no decorrer do tempo.

Por Lenz, temos que nesse circuito surgirá na espira uma tensão induzida \mathcal{E} (força – eletromotriz em Volts) e conseqüentemente uma corrente elétrica induzida com sentido oposto ao da variação do fluxo magnético.

Dessa forma temos a seguinte equação:

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Assim temos $d\Phi$ que é a variação do fluxo magnético dada em Wb (Weber ou T m²), dt é a variação de tempo em segundos (s) e \mathcal{E} é a tensão induzida ou força – eletromotriz em Volts (V).

Logo uma tensão induzida, uma corrente elétrica induzida e, portanto, um campo elétrico induzido pode ser criado por um fluxo magnético variável no tempo.

Na Figura 35 com seus quadros a), b), c) e d), temos um imã, o mesmo em cada quadro, onde podemos observar os polos norte (N) e o polo sul (S), que por convenção tem as linhas do vetor campo magnético indutor $\vec{B}_{indutor}$ (do imã) sempre saindo do polo norte (N) e sempre entrando no polo sul (S). Em cada quadro pode se observar que o imã está se movimentando perpendicularmente na direção do centro de um espira e com isso criando variação do fluxo magnético em relação a área delimitada pela espira, cada quadro representa uma determinada situação diferente na qual o movimento se processa, situações essas que serão descritas a seguir:

- I. Na Figura 35 a) há um observador em frente ao experimento, assistindo. Temos o imã onde o polo norte (N), com suas linhas do $\vec{B}_{indutor}$ saindo dele, virado para uma espira e se aproxima dela perpendicularmente na direção do seu centro, sendo assim o fluxo $\vec{B}_{indutor}$ está aumentando em relação a

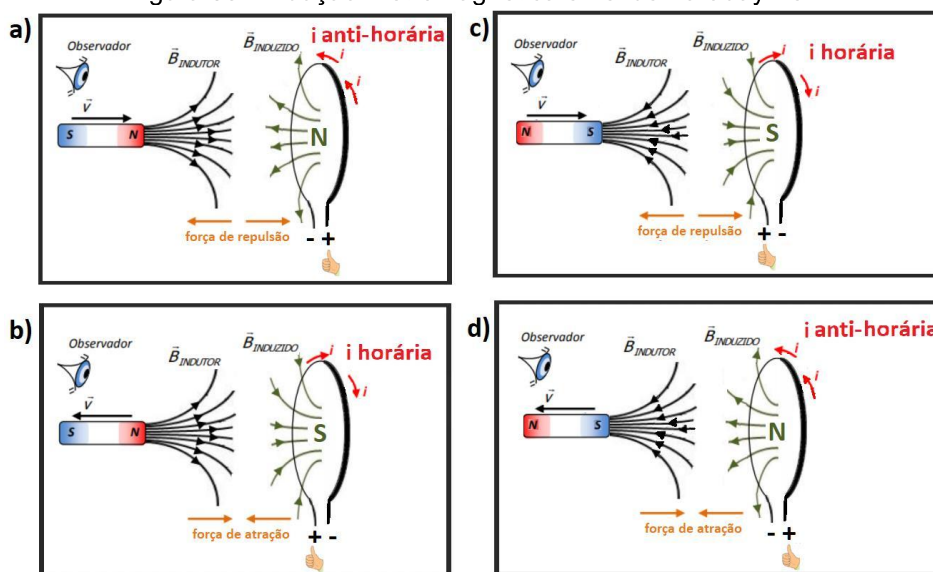
área da face da espira. Pela Lei de Lenz, surge na espira uma tensão induzida \mathcal{E} (força – eletromotriz em Volts) e conseqüentemente uma corrente elétrica induzida com sentido oposto ao da variação do fluxo magnético, o que pela Regra da Mão Direita aplica na ponta a direita da espira (polo elétrico positivo), teremos uma corrente elétrica induzida i no sentido anti-horário que produzirá um fluxo de vetor campo magnético induzido $\vec{B}_{induzido}$ saindo da face da espira virada para o ímã que está se aproximando, com isso essa face se caracterizará como um polo norte induzido da espira repelindo o polo norte indutor do ímã que se aproxima;

- II. Na Figura 35 b) há um observador em frente ao experimento, assistindo. Temos o ímã onde o polo norte (N), com suas linhas do $\vec{B}_{indutor}$ saindo dele, virado para uma espira e se afastando dela perpendicularmente na direção do seu centro, sendo assim o fluxo $\vec{B}_{indutor}$ está diminuindo em relação a área da face da espira. Pela Lei de Lenz, surge na espira uma tensão induzida \mathcal{E} (força – eletromotriz em Volts) e conseqüentemente uma corrente elétrica induzida com sentido oposto ao da variação do fluxo magnético, o que pela Regra da Mão Direita aplica na ponta a esquerda da espira (polo elétrico positivo), teremos uma corrente elétrica induzida i no sentido horário que produzirá um fluxo de vetor campo magnético induzido $\vec{B}_{induzido}$ entrando da face da espira virada para o ímã que se afasta, com isso essa face se caracterizará como um polo sul induzido da espira atraindo o polo norte indutor do ímã que está se distanciando;
- III. Na Figura 35 c) há um observador em frente ao experimento, assistindo. Temos o ímã onde o polo norte (S), com suas linhas do $\vec{B}_{indutor}$ entrando dele, virado para uma espira e se aproxima dela perpendicularmente na direção do seu centro, sendo assim o fluxo $\vec{B}_{indutor}$ está aumentando em relação a área da face da espira. Pela Lei de Lenz, surge na espira uma tensão induzida \mathcal{E} (força – eletromotriz em Volts) e conseqüentemente uma corrente elétrica induzida com sentido oposto ao da variação do fluxo magnético, o que pela Regra da Mão Direita aplica na ponta a esquerda da espira (polo elétrico positivo), teremos uma corrente elétrica induzida i no sentido horário que produzirá um fluxo de vetor campo magnético induzido $\vec{B}_{induzido}$ entrando da face da espira virada para o ímã que se aproxima, com

isso essa face se caracterizará como um polo sul induzido da espira repelindo o polo sul indutor do imã que se aproxima;

- IV. Na Figura 35 d) há um observador em frente ao experimento assistindo. Temos o imã onde o polo norte (S), com suas linhas do $\vec{B}_{indutor}$ entrando dele, virado para uma espira e se afasta dela perpendicularmente na direção do seu centro, sendo assim o fluxo $\vec{B}_{indutor}$ está diminuindo em relação a área da face da espira. Pela Lei **de Lenz**, surge na espira uma tensão induzida \mathcal{E} (força – eletromotriz em Volts) e conseqüentemente uma corrente elétrica induzida com sentido oposto ao da variação do fluxo magnético, o que pela Regra da Mão Direita aplica na ponta a direita da espira (polo elétrico positivo), teremos uma corrente elétrica induzida i no sentido anti-horário que produzirá um fluxo de vetor campo magnético induzido $\vec{B}_{induzido}$ saindo da face da espira virada para o imã que se afasta, com isso essa face se caracterizará como um polo norte induzido da espira atraindo o polo sul indutor do imã que está se distanciando.

Figura 35 - Indução Eletromagnética e Lei de Faraday-Lenz



Fonte: <https://descomplica.com.br/blog/eletromagnetismo-introducao-formulas-e-aplicacoes/> - Acessado em 21/07/2023 e adaptado pelo Autor

A Lei de Faraday-Lenz aplicada a n_t espiras (uma bobina) resulta no surgimento uma tensão induzida total \mathcal{E}_t (força – eletromotriz em Volts) e conseqüentemente uma corrente elétrica induzida i_t com sentido oposto ao da variação do fluxo magnético, sendo que \mathcal{E}_t tem por equação:

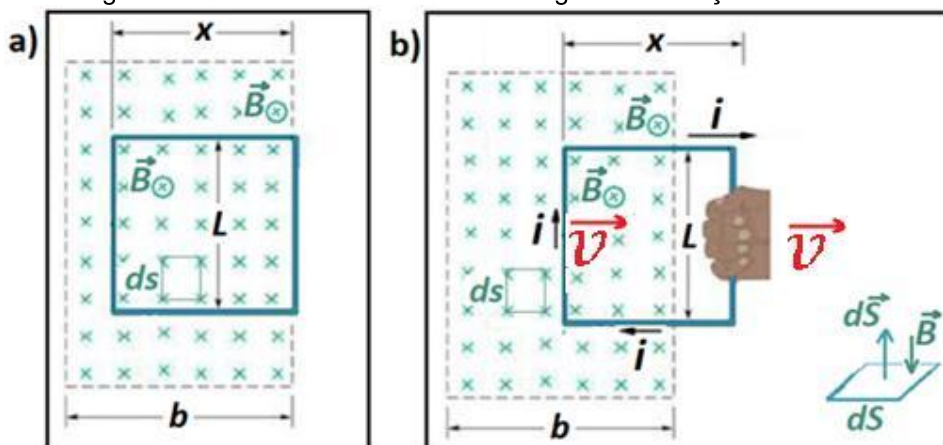
$$\mathcal{E} = - n_t \frac{d\Phi}{dt}$$

3.3.2.6 – Tensão induzida eletromagnética, Força eletromotriz ou FEM num condutor se movendo em um campo magnético \vec{B}

De acordo com a Figura 36 a) temos um condutor retangular que delimita uma área S (em m^2) com comprimento x e largura L , estando no interior de uma região com um campo magnético uniforme \vec{B} entrado perpendicularmente na superfície S , também temos nessa figura uma área infinitesimal de dS (em m^2). Estando esse condutor estático em relação às linhas do campo magnético \vec{B} , teremos um fluxo magnético Φ constante no tempo atravessando a superfície S , logo não ocorrerá indução, sendo assim não surge uma tensão induzida e conseqüentemente o condutor não apresenta uma corrente elétrica percorrendo esse condutor.

Se o condutor retangular for movimentado para a direita por um vetor velocidade \vec{v} em relação as linhas de \vec{B} , como mostra a Figura 36 b), terá uma área menor no interior da região com campo magnético uniforme \vec{B} entrando perpendicularmente nela, pois apesar da largura L permanecer constante, o comprimento que inicialmente era x diminuirá, logo o fluxo magnético estará diminuindo, sendo assim o fluxo magnético está variando no tempo, dessa forma ocorrerá indução, surgindo uma tensão induzida \mathcal{E} e conseqüentemente o condutor apresentará uma corrente elétrica i percorrendo esse condutor. Uma vez que o fluxo magnético está diminuindo e como \vec{B} entrando na superfície, então essa situação equivale a Figura 36 b) onde tínhamos um polo norte de um ímã se afastando da espira e assim surge, por indução, uma corrente no sentido horário percorrendo o condutor.

Figura 36 - - Corrente induzida eletromagnética e Força eletromotriz



Próximo ao vértice inferior direito da Figura 36 b) temos uma representação da área infinitesimal de dS (em m^2) do experimento, como essa está no interior de um campo magnético uniforme \vec{B} que é paralelo e no sentido oposto ao vetor $d\vec{S}$ normal da superfície dS , então temos um ângulo $\theta = \pi \text{ rad}$ entre os vetores \vec{B} e $d\vec{S}$. Assim podemos encontrar a tensão induzida \mathcal{E} através dos cálculos que se seguem:

$$d\Phi = \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$d\Phi = B dS \cos \theta$$

$$d\Phi = B dS \cos \pi$$

$$d\Phi = -B dS$$

Sendo a área $S = L \cdot x$, com L constante e x diminuindo ao longo do tempo ($v = \frac{dx}{dt}$), temos:

$$d\Phi = -B \cdot d(L \cdot x)$$

$$d\Phi = -B \cdot L \cdot dx$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = -B \cdot L \cdot \frac{dx}{dt}$$

$$-\frac{d\Phi}{dt} = B \cdot L \cdot \frac{dx}{dt}$$

$$\mathcal{E} = B \cdot L \cdot v$$

3.3.2.7 Força magnética Indução \vec{F}_m numa carga q e num condutor conduzindo corrente elétrica i se movendo em um campo magnético \vec{B}

3.3.2.7.1 – Força magnética de indução \vec{F}_m numa carga q se movendo em um campo magnético \vec{B}

A força magnética \vec{F}_m (em N) se faz definir por:

- O vetor campo magnético \vec{B} (em T);
- O vetor velocidade \vec{v} (em m/s) do corpo no interior do campo magnético;
- A carga q (em C) do corpo;
- O ângulo θ entre \vec{v} e \vec{B} .

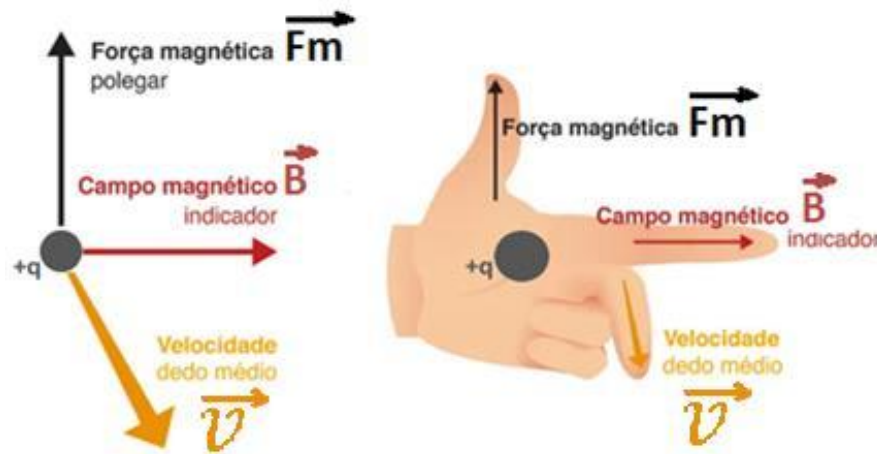
A equação será,

$$\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen } \theta$$

Os vetores \vec{F}_m , \vec{B} e \vec{v} estão distribuídos no espaço obedecendo a Regra da Mão Esquerda de Fleming para cargas positivas $+q$ em movimento, como mostra a Figura 37. Regra da Mão Esquerda de Fleming é uma relação geométrica e vetorial onde temos os vetores \vec{F}_m , \vec{B} e \vec{v} respectivamente associados ao dedo polegar, indicador e médio da mão esquerda, com \vec{B} e \vec{v} formando um ângulo θ entre eles e obtendo \vec{F}_m perpendicular a \vec{B} e \vec{v} . Para uma carga negativa $-q$ utiliza-se a mesma regra da mão esquerda de Fleming, somente no final inverte o sentido do vetor \vec{F}_m encontrado.

Figura 37 - Regra da mão esquerda de Fleming para os vetores \vec{F}_m , \vec{B} e \vec{v}



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/forca-magnetica.htm>. Acessado em 28/07/2023 e adaptado pelo Autor

3.3.2.7.2 – Força magnética de indução \vec{F}_m num condutor conduzindo corrente elétrica i se movendo em um campo magnético \vec{B}

Sendo a corrente elétrica i no interior de um condutor convencionalmente considerada como a movimentação de carga positiva no interior do condutor e estando esse condutor se movimentando no interior de uma região com um campo magnético \vec{B} , então fazendo uso dos vetores \vec{F}_m , \vec{B} e \vec{v} , bem como da corrente elétrica i , temos:

Pela definição de corrente elétrica, temos:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$dq = i dt$$

$$\int_0^q dq = i \int_0^t dt$$

$$q = i \cdot t$$

Sendo a velocidade de módulo v , definida como a razão do espaço percorrido pelo tempo t gasto para percorrer esse espaço e sendo esse espaço o comprimento L do fio no qual a carga percorre em um determinado tempo t , então,

$$v = \frac{L}{t}$$

Uma vez que L faz um ângulo θ com \vec{B} , teremos o módulo F_m da Força Magnética de Indução num condutor conduzindo corrente elétrica i se movendo em um campo magnético \vec{B} dado por,

$$\vec{F}_m = q \vec{v} \times \vec{B}$$

$$F_m = q \cdot v \cdot B \text{ sen } \theta$$

$$F_m = i \cdot t \cdot \left(\frac{L}{t} \right) \cdot B \text{ sen } \theta$$

$$F_m = i \cdot L \cdot B \text{ sen } \theta$$

Na Figura 38 temos a Regra da Mão Esquerda de Fleming aplicada a um fio condutor de comprimento L conduzindo uma corrente elétrica i que por convenção é o movimento de carga positiva (dedo médio), esse fio se movimenta no interior de um campo magnético \vec{B} (dedo indicador) e surgindo nele uma força magnética \vec{F}_m (dedo polegar).

Figura 38 - Regra da Mão Esquerda de Fleming aplicada a um fio condutor de comprimento L .



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/forca-magnetica.htm>. Acessado em 28/07/2023 e adaptado pelo Autor

4. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E FOTOVOLTAICA

4.1 - GERADOR DE ENERGIA ELÉTRICA POR INDUÇÃO

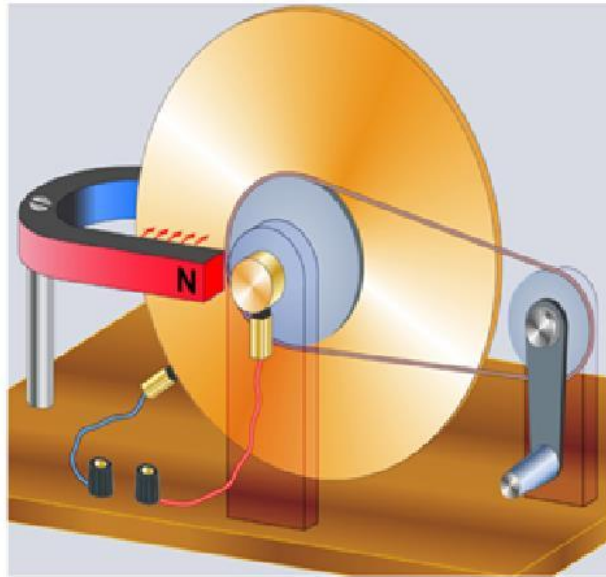
Através da indução magnética podem ser construídos equipamentos tais como Gerador indução de Faraday CC, Gerador de CA, Transformador.

4.1.1 Gerador por Indução de Faraday CC

O gerador por Indução de Faraday CC também recebe as denominações de gerador unipolar, disco de Faraday, é um gerador elétrico que gera tensão \mathcal{E} induzida CC baixa e alta corrente elétrica induzida i .

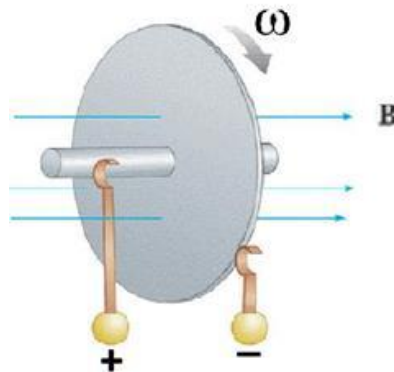
Nas Figuras 39) e 40) temos o Gerador por Indução de Faraday CC que é composto por um disco giratório de material condutor. Com um ímã, que na Figura 39 é utilizado na forma de ferradura, aplica-se um campo magnético \vec{B} perpendicular a superfície do disco, com o giro do disco ocorre uma variação de fluxo magnético $\frac{d\Phi}{dt}$ na superfície do disco e conseqüentemente uma tensão induzida \mathcal{E} surge, sendo que ao girar o disco com velocidade angular ω (rad/s, constante) teremos velocidades lineares \vec{v}_n diferentes em pontos de diferentes raios do disco. Se tivermos, por exemplo, $r_1 < r_2$ então para todos os pontos que estejam nos respectivos raios teremos, respectivamente, as velocidades lineares $v_1 < v_2$, sendo assim diferentes tensão induzidas se formam sendo $\mathcal{E}_1 < \mathcal{E}_2$ para os respectivos raios. Então, dois contatos elétricos deslizantes (escovas) são usados, um no centro e outro na borda do disco a fim de poderem ser os polos elétricos fazendo uso da diferença de potencial elétrico criado e alimentando um circuito com corrente elétrica induzida i que será contínua (CC) se a velocidade angular ω for constante, caso a velocidade angular ω varie então i será variável. É importante observar que as escovas são posicionadas uma no centro (raio mínimo, $r_1 = 0$) e outra na borda (raio máximo, r_2) a fim de criarem e utilizarem a maior diferença de potencial possível no equipamento.

Figura 39 - Gerador por Indução de Faraday CC.



Fonte: <https://iksol.com.mx/la-historia-de-las-plantas-de-luz/historia-plantas-de-luz-disco-de-faraday-iksol> - Acessado em 28/07/2023

Figura 40 - Gerador por Indução de Faraday CC com a velocidade angular ω e o vetor \vec{B} .



Fonte: <https://docplayer.com.br/82926703-Lista-de-exercicios-4.html>. - Acessado em 28/07/2023

4.1.2 Gerador de CA

O gerador de CA é um aparelho que transforma a energia mecânica em energia elétrica através da indução eletromagnética.

Na Figura 41 e com a contribuição da Figura 42 temos um modelo simplificado de gerador de CA onde temos:

i) Na Figura 41 temos, os polos magnéticos norte e sul de diferentes ímãs são colocados um em frente ao outro, não se tocando e, por conseguinte existindo um espaço entre eles, esses polos geram nesse espaço um campo magnético uniforme \vec{B} , nesse espaço coloca-se uma espira posicionada paralelamente com as linhas de campo magnético \vec{B} ;

ii) A espira é de forma retangular onde temos os vértices a e d próximos ao polo norte sendo respectivamente na parte mais baixa e mais alta da Figura 41. Já os vértices b e c estão próximo ao polo sul sendo respectivamente na parte mais baixa e oculta na parte mais alta da Figura 41;

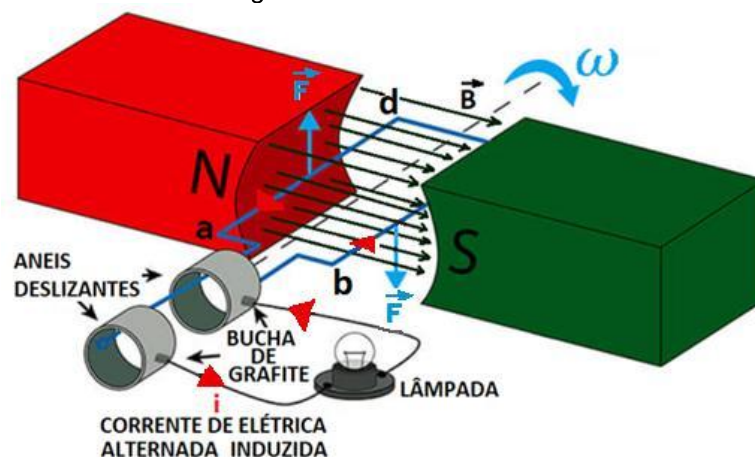
iii) Por meio de anéis giratórios e buchas de grafite as pontas da espira estão conectadas a uma lâmpada, dessa forma fechando o circuito, como podemos observar na Figura 41;

iv) Por um torque externa, a espira é posta a girar no sentido horário com velocidade angular ω , dessa forma o lado da espira \overline{da} , próximo ao polo norte, irá subir enquanto o lado, enquanto o lado \overline{bc} da espira, próximo ao polo sul irá descer, isso está representado na Figura 41;

v) Na Figura 42 temos a regra da mão esquerda de Fleming, onde conhecemos o sentido da força externa \vec{F} aplicada (sentido dado pelo dedo polegar) e também conhecemos o campo magnético \vec{B} (sentido dado pelo dedo indicador). O ângulo θ formado por \vec{B} e \vec{F} é variável ao longo da rotação, sendo perpendicular na Figura 41. Então surgirá uma carga elétrica em movimento no interior do fio condutor, definindo uma corrente elétrica i que terá o sentido dado pelo dedo médio;

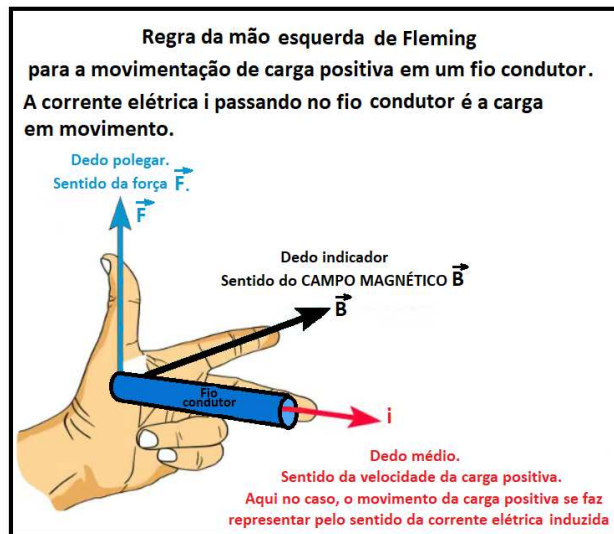
vi) O sentido da corrente elétrica i no circuito da Figura 41, que é anti-horário, se faz definido pela regra da mão esquerda de Fleming descrito na Figura 45 tanto para a metade da espira subindo que contém o lado \overline{da} bem como para a outra metade da espira descendo que contém o lado \overline{bc} .

Figura 41 - Gerador de CA.



Fonte: <https://blog.tecnogera.com.br/blog/entenda-como-e-o-principio-de-funcionamento-de-um-gerador-de-corrente-alternada> - Acessado em 28/07/2023 e adaptado pelo Autor

Figura 42 - Regra da Mão Esquerda de Fleming.



Fonte: O Autor

Na Figura 43 temos um gerador CA dipolo, que faz com que a espira evoluindo sua rotação com velocidade angular ω no sentido horário no interior de uma região, onde se situa o campo magnético \vec{B} criado pelos polos de dois ímãs diferentes, posicionados verticalmente, onde temos o norte de um ímã em baixo e sul do outro acima, um voltado para o outro, não se tocando e com uma região entre eles onde esta girando a espira, dessa forma o \vec{B} está orientado verticalmente de baixo para cima em todas as posições da espira mostradas em A), B), C), D) e A'). Em todas essas evoluções de posição ocupada pela espira ocorre indução eletromagnética que gera tensão induzida alternada e que de acordo com a regra da mão esquerda de Fleming determina um sentido para a corrente elétrica alternada induzida i que percorre a espira. Analisando as posições citadas temos:

- I. Em A) a espira se encontra posicionada com a face paralela aos polos norte e sul dos ímãs, sendo assim está posicionada com a face perpendicular ao campo magnético \vec{B} , estando com o lado \overline{da} a esquerda e o lado \overline{bc} a direita. Assim sendo o ângulo θ entre \vec{B} e \vec{F} aplicada por ação externa é zero, o que nos leva ao $\sin \theta = \sin 0 = 0$ e dessa forma temos a tensão induzida zero e corrente induzida zero;
- II. Em B) a espira se encontra posicionada com a face perpendicular aos polos norte e sul dos ímãs, sendo assim está posicionada com a face paralela ao campo magnético \vec{B} , estando com o lado \overline{da} em cima na posição mais próxima do ímã de polo sul e o lado \overline{bc} em baixo na posição

mais próxima do ímã de polo norte. Assim sendo os vetores \vec{B} e \vec{F} aplicada por ação externa são perpendiculares, o que nos leva ao $\sin \theta = \sin \frac{\pi}{2} = 1$ e dessa forma temos uma tensão CA induzida $\varepsilon = U$ positiva e em módulo máximo, da mesma forma temos uma corrente elétrica induzida i também positiva e em módulo máximo;

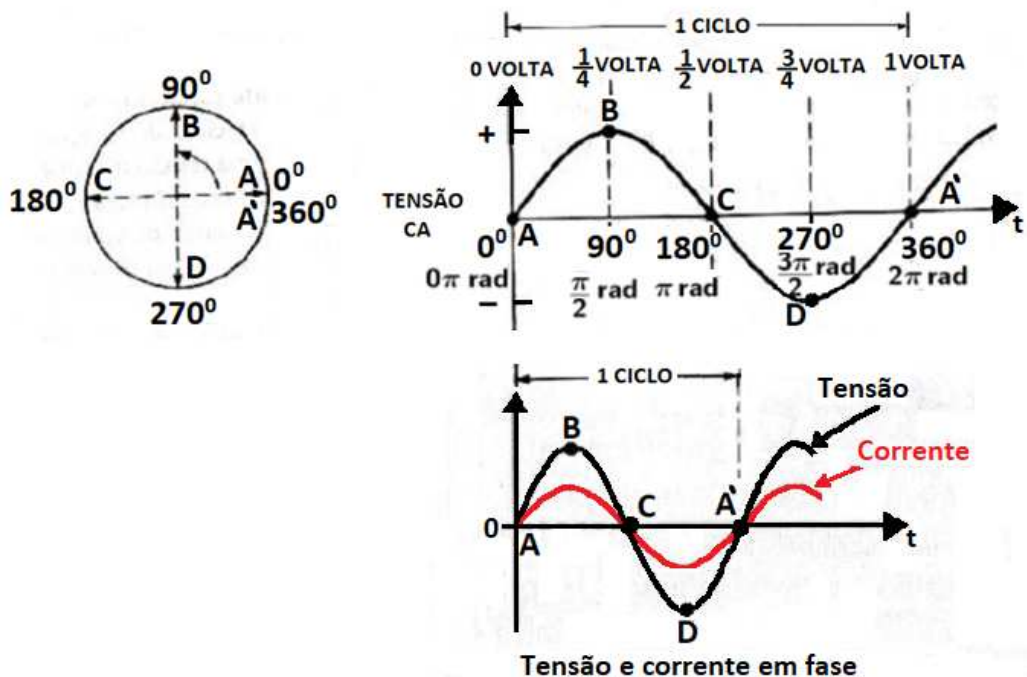
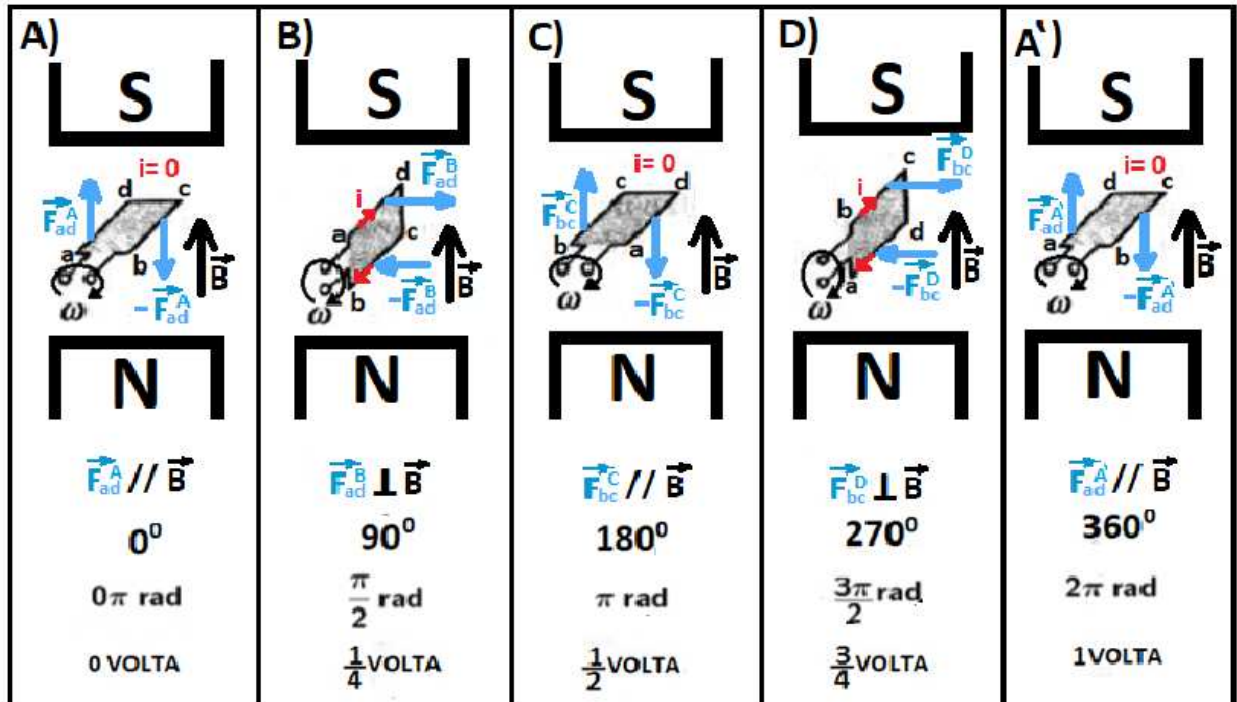
- III. Em C) a espira se encontra posicionada com a face paralela aos polos norte e sul dos ímãs, sendo assim está posicionada com a face perpendicular ao campo magnético \vec{B} , estando com o lado \overline{bc} a esquerda e o lado \overline{da} a direita. Assim sendo o ângulo θ entre \vec{B} e \vec{F} aplicada por ação externa é zero, o que nos leva ao $\sin \theta = \sin \pi = 0$ e dessa forma temos a tensão induzida zero e corrente induzida zero;
- IV. Em D) a espira se encontra posicionada com a face perpendicular aos polos norte e sul dos ímãs, sendo assim está posicionada com a face paralela ao campo magnético \vec{B} , estando com o lado \overline{bc} em cima na posição mais próxima do ímã de polo sul e o lado \overline{da} em baixo na posição mais próxima do ímã de polo norte. Assim sendo os vetores \vec{B} e \vec{F} aplicada por ação externa são perpendiculares, o que nos leva ao $\sin \theta = \sin \frac{3\pi}{2} = -1$ e dessa forma temos uma tensão CA induzida $\varepsilon = U$ negativa e em módulo máximo, da mesma forma temos uma corrente elétrica induzida i também negativa e em módulo máximo;
- V. Em A') a espira se encontra posicionada com a face paralela aos polos norte e sul dos ímãs, sendo assim está posicionada com a face perpendicular ao campo magnético \vec{B} , estando com o lado \overline{da} a esquerda e o lado \overline{bc} a direita. Assim sendo o ângulo θ entre \vec{B} e \vec{F} aplicada por ação externa é zero, o que nos leva ao $\sin \theta = \sin 2\pi = 0$ e dessa forma temos a tensão induzida zero e corrente induzida zero;
- VI. Dessa forma temos o senoide da tensão CA induzida $\varepsilon(t) = U(t)$ e o senoide da corrente elétrica induzida $i(t)$, supondo que o circuito esteja ligado a uma carga somente de resistores, então os senoides de $U(t)$ e de $i(t)$ estarão em fase;
- VII. As equações dos senoides de $U(t)$ e $i(t)$ são:

$$\varepsilon(t) = U(t) = U_{m\acute{a}x} \text{sen}(\omega t + \theta_0) \quad \text{e} \quad i(t) = i_{m\acute{a}x} \text{sen}(\omega t + \theta_0),$$

onde θ_0 é o ângulo de fase inicial.

A Figura 43 temos um gerador CA dipolo em seus vários estágios, já descritos acima.

Figura 43 - Gerador CA dipolo em seus vários estágios. Espira evoluindo sua rotação com velocidade angular ω no interior de uma região com campo magnético \vec{B} .

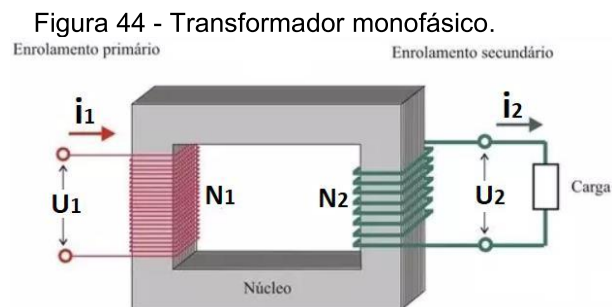


4.1.3 Transformador

Inventado por Faraday em 1831, o transformador é um dispositivo elétrico que, através da indução eletromagnética, tem por finalidade o abaixamento ou a elevação da tensão elétrica alternada.

No transformado a variação do fluxo magnético no tempo $\frac{d\phi}{dt}$ e consequentemente a indução eletromagnética não ocorre por variação ou por movimentação da área na qual o campo magnético \vec{B} é aplicado, como nos casos anteriormente descritos na Seção 4.1.2.

Como mostra a Figura 44, no transformador a indução eletromagnética ocorre exclusivamente por aplicação de uma tensão alternada e de uma corrente elétrica alternada i_1 na bobina primária que está enrolada com N_1 espiras em um de núcleo de ferro, que na Figura 44 está representado à esquerda a tensão alternada U_1 no primário do transformador. Uma vez que essa corrente alternada i_1 passa pela bobina primária teremos a geração de um fluxo magnético variando no tempo $\frac{d\phi}{dt}$ aplicado pelo primário sobre o núcleo de ferro, de tal forma que existe um vetor campo magnético variável \vec{B}_V ao longo de toda a extensão do núcleo de ferro. Do lado direito, seguindo a Figura 44, temos o enrolamento ou bobina secundária com N_2 espiras enroladas no núcleo de ferro. A partir do campo magnético variável \vec{B}_V o lado direito, onde se encontram as N_2 espiras enroladas formando a bobina secundária aparece uma corrente induzida alternada i_2 e uma tensão U_2 .



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/transformador-monofasico-o-que-e-e-para-que-serve/> - Acessado em 28/07/2023

A descrição dada acima para um transformador é básica e descreve um **transformador monofásico ideal**, que é a base para outros tipos de transformadores mais complexos, tais como, transformador monofásico comum, transformador trifásico delta e estrela etc. No transformador monofásico ideal as perdas resistivas nos

enrolamentos e no núcleo de ferro são desprezadas e ele é composto basicamente pelas três partes já definida anteriormente:

- i) Enrolamento ou bobina primária;
- ii) Núcleo de ferro;
- iii) Enrolamento ou bobina secundária.

As equações que relacionam os números de N_1 espiras no primário e de N_2 espiras no secundário com as respectivas correntes alternadas i_1 de entrada e i_2 de saída, bem com as também respectivas tensões alternadas U_1 de entrada e U_2 de saída, são dadas por:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{U_1}{U_2}$$

Assim, considerando que:

- I. Se $N_1 < N_2$ o então $U_1 < U_2$ e transformador aumentará a tensão na saída em relação à entrada, e o contrário para a corrente, $i_1 > i_2$;
- II. Se $N_1 > N_2$ o então $U_1 > U_2$ e transformador diminuirá a tensão na saída em relação à entrada, e o contrário para a corrente, $i_1 < i_2$.

4.1.4 – Geração de CA e seus vários tipos de usinas

A geração de energia elétrica CA, de forma comercial para a sociedade, se faz através de usinas elétricas, que são instalações industriais. Essas usinas fazem uso de geradores, que por meio da indução eletromagnética, segundo a Lei de Faraday-Lenz (Capítulo 3, seção 3.3 e sub seção 3.3.2.5), transforma a energia mecânica originária de alguma fonte de força motriz externa em energia elétrica.

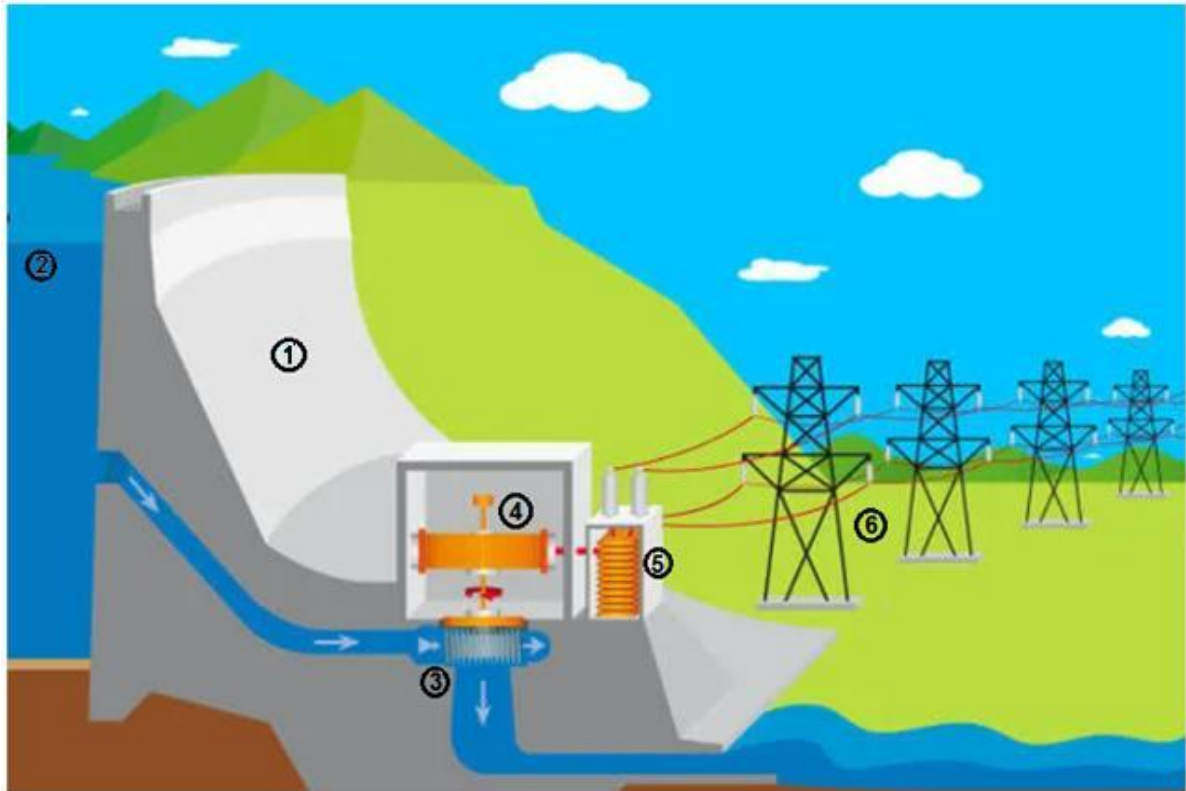
Essas usinas de CA podem ser do tipo hidrelétrico, termoelétrico, eólico, nuclear e outras. Existido ainda as usinas solares que geram CC e que será discutido em outra seção. A seguir será discutida a geração CA em alguns tipos usinas.

4.1.4.1 – Usinas hidrelétricas

Através do represamento de um volume de água, proveniente de rios, essa adquire grande energia potencial gravitacional. Por meio das aberturas das comportas a água adquire energia cinética com a queda e passa através das turbinas dos geradores produzindo energia elétrica de corrente alternada. Como mostra Figura 45, uma usina hidrelétrica é composta por:

1. Barragem: É a estrutura que tem por objetivo de reter o fluxo de água de um de um rio, sendo uma barreira artificialmente construída;
2. Reservatório: É o espaço físico que comporta o volume de água na qual a barragem retém;
3. Turbina: Transforma a energia cinética do fluxo de água em torque e consequentemente em velocidade de rotação;
4. Gerador: É um equipamento que converte por indução eletromagnética, segundo a Lei de Faraday-Lenz (Capítulo 3, seção 3.3 e sub seção 3.3.2.5), a energia cinética da turbina em rotação para a energia elétrica, produzindo corrente elétrica alternada geralmente com frequência de 60 Hz;
5. Transformador: É um dispositivo que altera a tensão alternada e a corrente elétrica alternada de um circuito elétrico para outro, sendo que a potência elétrica se mantém;
6. Distribuição: É a parte que finaliza a entrega da energia elétrica alternada ao consumidor, através de torres, cabos, subestações que por meio de transformadores aumenta a tensão elétrica para serem transmitidas a longas distâncias e postos de transformações que por meio de transformadores abaixam a tensão na chegada aos consumidores. Para que as perdas por Efeito Joule (perdas na forma de calor) sejam reduzidas, então a energia elétrica alternada é distribuída em alta tensão em longas distâncias e depois abaixada ao chegar ao consumidor.

Figura 45 - Usina hidrelétrica



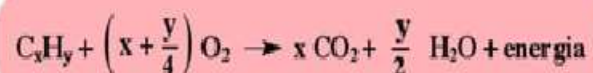
Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/usinas-eletricidade.htm> - Acessado em 15/12/2022.

No que se refere a questão ambiental, as construções de usinas hidroelétrica necessitam de grandes áreas nas imediações dos rios para serem alagadas e com isso formarem as represas, esses alagamentos podem ocupar e tirar as áreas de florestas, propriedades, vilas, cidades e ainda trazem desequilíbrios ecológicos nos ecossistemas.

4.1.4.2 CA - Usina termoelétrica

Produz eletricidade através da transformação da energia térmica da queima de combustível orgânico (carvão, gás, óleo diesel etc.). Nessa queima de combustível orgânico ocorre a reação descrita na Figura 46, onde um material combustível orgânico (C_xH_y) é levado a reagir com o oxigênio do ar (O_2) produzindo gás carbônico (CO_2), água (H_2O) e energia térmica.

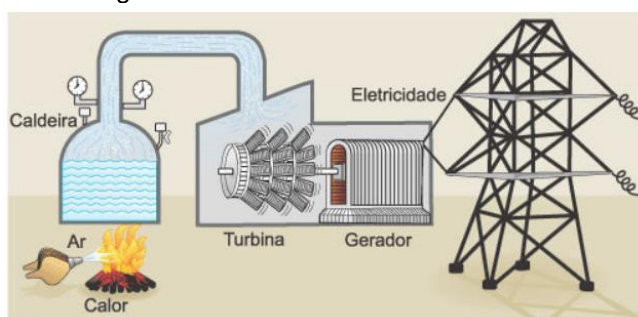
Figura 46 - Reação de queima de um combustível orgânico



Fonte: https://www.curso-objetivo.br/vestibular/roteiro_estudos/combustivel_usinas_termicas.aspx - Acessado em 15/12/2022.

A energia térmica produzida na reação de queima anteriormente descrita aquece uma caldeira com água que entra em ebulição, se transformando em vapor que flui com energia cinética através de tubulações, esse vapor de água dotado de energia cinética, em seguida, semelhante ao já descrito anteriormente para usinas hidroelétricas, move a turbina onde a energia cinética é transformada em torque e conseqüentemente em velocidade de rotação que é convertida em energia elétrica alternada pelos geradores, por indução eletromagnética, segundo a **Lei de Faraday-Lenz** (Capítulo 3, seção 3.3 e sub seção 3.3.2.5), sendo feita a sua distribuição aos consumidores através de transformadores, subestações, torres e cabos. Na Figura 47 está representada uma usina termoelétrica.

Figura 47 - Usina termoelétrica.



Fonte: https://www.curso-objetivo.br/vestibular/roteiro_estudos/combustivel_usinas_termicas.aspx - Acessado em 15/12/2022.

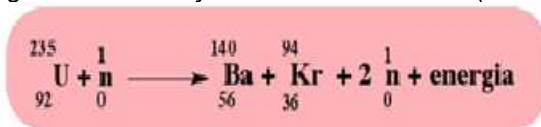
As usinas termoelétricas demandam menos interferência na ocupação física de áreas, se comparadas com as usinas hidroelétricas, porém na sua reação de queima de combustível orgânico (C_xH_y) é produzido o gás carbônico (CO_2) que é liberado para o ambiente, sendo assim uma grande poluidora do ar atmosférico.

4.1.4.3 CA - Usina nuclear

Produz eletricidade através da transformação da energia produzida na fissão nuclear de átomos de urânio 235.

Essa reação de fissão nuclear é liberada quando o núcleo de um átomo de urânio (U 235) é bombardeado com um neutrão (n), resulta então um átomo de bário (Ba 140), um átomo de criptônio (Kr 94), dois neutros (2n) que irão bombardear outros átomos de urânio prosseguindo com o processo e liberando energia, como mostra a reação descrita na Figura 48.

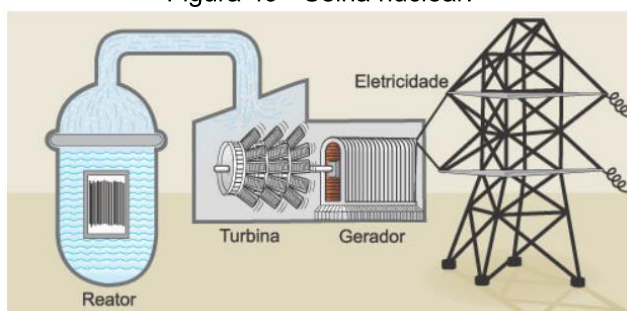
Figura 48 - -- Reação de fissão do urânio (U 235).



Fonte: https://www.curso-objetivo.br/vestibular/roteiro_estudos/combustivel_usinas_termicas.aspx - Acessado em 15/12/2022.

A energia liberada dentro do reator aquece água que se transforma em vapor e flui com energia cinética através de tubulações, esse vapor de água dotado de energia cinética, da mesma forma que nos tipos de usinas anteriormente descritas, move as turbinas onde a energia cinética é transformada em torque e conseqüentemente em velocidade de rotação que é convertida em energia elétrica alternada pelos geradores, por indução eletromagnética, segundo a Lei de Faraday-Lenz (Capítulo 3, seção 3.3 e sub seção 3.3.2.5), sendo feita a sua distribuição aos consumidores através de transformadores, subestações, torres e cabos. Na Figura 49 está representada uma usina nuclear.

Figura 49 - Usina nuclear.



Fonte: https://www.curso-objetivo.br/vestibular/roteiro_estudos/combustivel_usinas_termicas.aspx - Acessado em 15/12/2022.

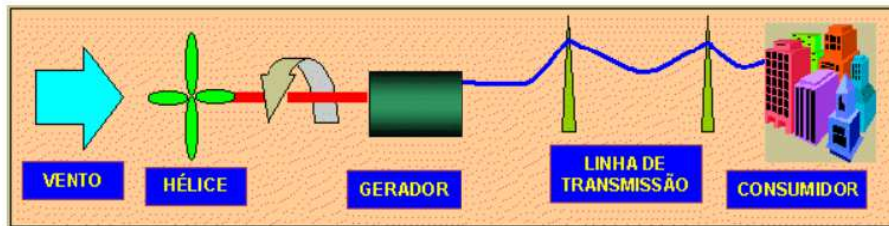
As usinas nucleares, tal qual as termoelétricas, precisam de menos espaço físico do que as hidroelétricas, com tudo a reação de fissão nuclear libera radiações e lixos radioativos que podem, se forem liberados, vir a contaminar o meio ambiente de forma extremamente grave.

4.1.4.4 CA - Usina eólica

A eletricidade é produzida através da transformação da energia cinética do vento (energia eólica). O vento, possuidor de energia cinética, move a hélice (turbina eólica) onde a energia cinética é transformada em torque e conseqüentemente em velocidade de rotação que é convertida em energia elétrica alternada pelos geradores, por indução eletromagnética, segundo a Lei de Faraday-Lenz (Capítulo 3, seção 3.3 e sub seção 3.3.2.5), sendo feita a sua distribuição aos consumidores através de

transformadores, subestações, torres e cabos. Na Figura 50 está representada uma usina eólica.

Figura 50 - Usina eólica



Fonte: <https://www.ebanataw.com.br/roberto/energia/ener12.htm> - Acessado em 15/12/2022.

Na Figura 51 temos uma unidade geradora de energia elétrica alternada eólica com visão lateral com um corte onde pode se ver a turbina (hélice) e a localização do gerador.

Figura 51 - Unidade eólica onde pode ser visto a turbina(hélice) e o gerador.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_e%C3%B3lica#/media/Ficheiro:Wind_turbine_int.svg
Acessado em 15/12/2022

Na Figura 52 temos uma unidade geradora de energia elétrica alternada eólica instalada em uma área montanhosa, a fim de aproveitar o potencial eólico das partes geográficas com altitudes elevadas.

Figura 52 - Unidade eólica onde pode ser visto a turbina (hélice) e o gerador.



Fonte: <https://solareolicarenovavel.com/como-funciona-uma-usina-de-energia-eolica-desde-o-aerogerador-ate-a-transformacao-do-vento-em-energia/> - Acessado em 15/12/2022.

As usinas eólicas pode ser:

- a) **Usinas eólicas onshore** – Quando o conjunto de unidades eólicas (parque eólico) estão instaladas em terra, como mostra a Figura 53;

Figura 53 - Parque eólico onshore



Usina Eólica Onshore (Fonte: Diário do Nordeste)

Fonte: <https://engenharia360.com/12-tipos-de-usinas-energeticas/> - Acessado em 15/01/2023

- b) **Usinas eólicas offshore** – Quando o conjunto de unidades eólicas (parque eólico) estão instaladas em oceanos e mares, como mostra a Figura 54;

Figura 54 - Parque eólico offshore.



Energia Eólica Offshore (Fonte: Exame Abril)

Fonte: <https://engenharia360.com/12-tipos-de-usinas-energeticas/> - Acessado em 15/01/2023

As usinas eólicas tem a vantagem de serem limpas, renováveis, não poluem com gases e resíduos, gera empregos. Porém tem a desvantagem de serem dependentes da ocorrência de ventos, produzem muitos ruídos em suas hélices (poluição sonora), pode provocar acidentes com pássaros e para um maior aproveitamento do potencial eólico de uma região deve se fazer a instalação de muitas unidades o que produz a chamada poluição visual como mostra a Figura 55.

Figura 55 - Unidades eólicas e a poluição visual



Fonte: <https://solareolicarenovavel.com/como-funciona-uma-usina-de-energia-eolica-desde-o-aerogerador-ate-a-transformacao-do-vento-em-energia/> - Acessado em 15/12/2022

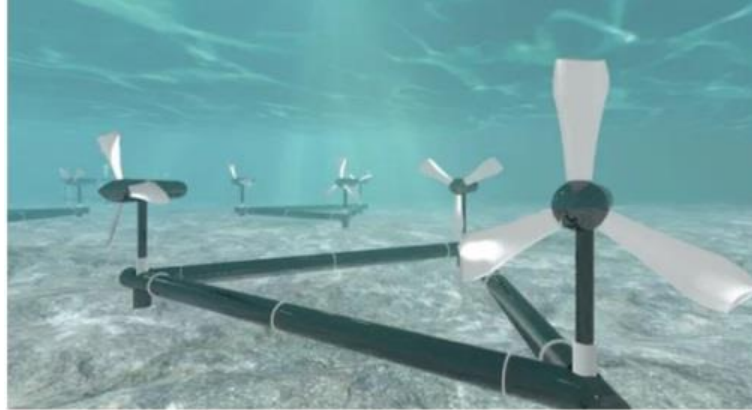
4.1.4.5 CA - Outras formas de geração

a) Usina geotérmica – É essencialmente uma termoelétrica que usa a energia térmica de vulcões, gêiseres provenientes das profundezas da Terra para aquecer água e produzir vapor para mover as turbinas;

a) Usina de biomassa – É essencialmente uma termoelétrica que usa a energia da queima de gás metano produzido na decomposição de materiais orgânicos descartados (lixo) para aquecer água e produzir vapor para mover as turbinas;

c) Usina de maré-motriz – Usa a energia cinética das marés dos oceanos, mares e de certos lagos de grandes extensões para mover as turbinas. Na Figura 56 temos o equipamento de uma usina de maré-motriz no Lago Sihwa, na Coreia do Sul;

Figura 56 - Equipamento de uma usina de maré-motriz no Lago Sihwa na Coreia do Sul.



Turbinas de usina Maremotriz (Fonte: Business Green)

Fonte: <https://engenharia360.com/12-tipos-de-usinas-energeticas/> - Acessado em 20/01/2023

d) Usina marítima – Usa a energia cinética do movimento das ondas dos oceanos, mares e de certos lagos de grandes extensões para mover as turbinas. Na Figura 57 temos a Usina de Pecém, no Brasil no Ceará, primeira na América Latina.

Figura 57 - Usina marítima no Ceará.



Usina Marítima (Fonte: Superinteressante)

Fonte: <https://engenharia360.com/12-tipos-de-usinas-energeticas/> - Acessado em 20/01/2023

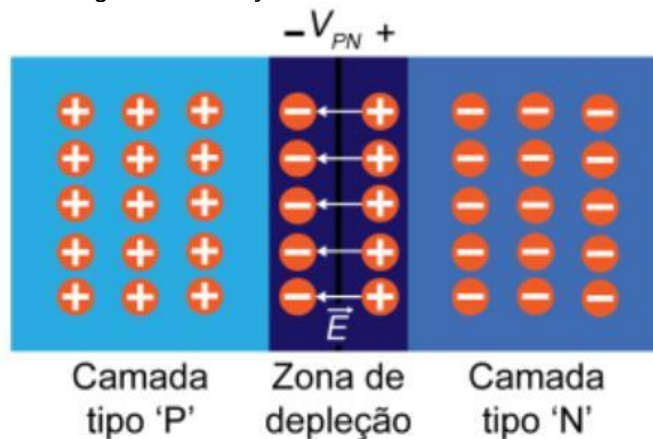
Em todos os casos citados acima, a), b), c) e d), após ocorrerem as movimentações das turbinas, essas transformam energia cinética em torque e conseqüentemente em velocidade de rotação que é convertida em energia elétrica alternada pelos geradores por indução eletromagnética, segundo a Lei de Faraday-Lenz (Capítulo 3, seção 3.3 e sub seção 3.3.2.5).

4.2 GERAÇÃO DE CC COM PLACA SOLAR FOTOVOLTAICA

Esse tipo de energia é produzido pelo **Efeito Fotovoltaico**, ou seja, converte diretamente a energia luminosa em energia elétrica fazendo uso de placas fotovoltaicas (células fotovoltaicas).

As placas fotovoltaicas são equipamentos constituídos de silício dopado com semicondutores positivo e negativo compondo as junções P-N, sendo essas junções separadas por uma região denominada Zona de Depleção onde elétrons (negativo) e lacunas (positivo) se recombina. Com a formação da Zona de Depleção, então cargas positivas se acumulam para o lado da camada tipo N e cargas negativas se acumulam para o lado da camada tipo P originando uma diferença de potencial U_{PN} . Essa ddp forma uma barreira que impede que os elétrons circulem entre as duas camadas, como pode ser observado na Figura 58.

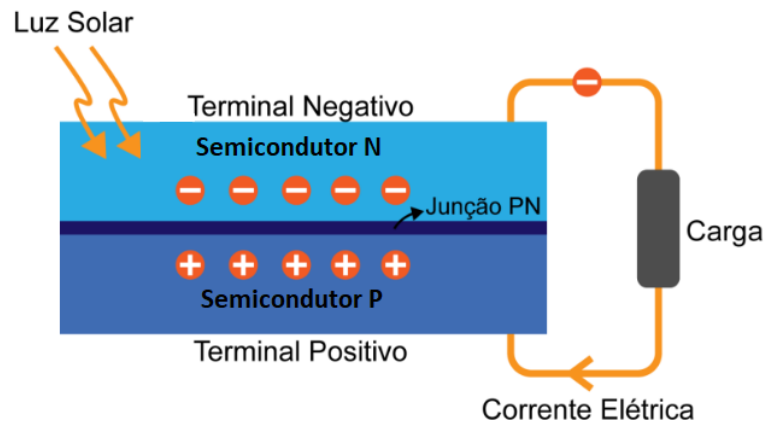
Figura 58 - Junções P-N de um semicondutor



Fonte: https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/#google_vignette – Acessado em 30/07/2023

O bloqueio que impede o deslocamento dos elétrons entre as camadas da placa somente será desfeito quando esse material receber energia externa, ou seja, receber energia de fótons de luz solar que excitam os elétrons fazendo com que eles passem das camadas de valência para as camadas de condução. Dessa forma conectando as camadas positivas e negativas por meio de um circuito externo teremos uma corrente elétrica contínua i que poderá alimentar uma carga, como mostra a Figura 59. A intensidade da corrente elétrica gerada depende quantitativamente de luz que incide na placa e da capacidade de absorção do semicondutor.

Figura 59 - Placa fotovoltaica com suas camadas P-N, gerando corrente elétrica e alimentando uma carga

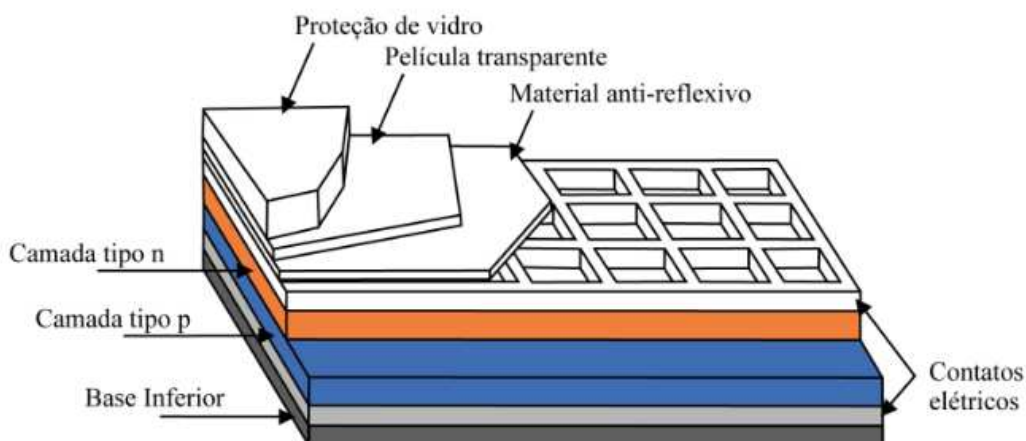


Fonte: https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/#google_vignette – Acessado em 30/07/2023

As placas atuais mais comercializadas medem entre 100 cm² a 200 cm² gerando tensão de 0,6 V para uma potência de 1W e 3W. A estrutura interna de uma placa está mostrada na Figura 60 e é composta por:

- i) Contato frontal de cobre (terminal negativo);
- ii) Película antirreflexo, para reduzir a reflexão da radiação incidente;
- iii) Silício tipo N dopado com fósforo, sendo a espessura de aproximadamente 300nm, sendo essa a região negativa da placa;
- iv) Silício tipo P dopado com boro, sendo a espessura de aproximadamente 2500nm, sendo essa a região positiva da placa;
- v) Contato metálico inferior (terminal positivo).

Figura 60 - Estrutura interna de uma placa fotovoltaica.



Fonte: https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/#google_vignette – Acessado em 30/07/2023

Na Figura 61 temos a utilização de placas solares para gerar energia elétrica de uso residencial.

Figura 61 - Placas solares no teto de uma residência.



Fonte: <https://moduloenergia.com/conheca-os-melhores-locais-para-instalar-paineis-solares/> -
Acessado em 30/07/2023

5 FUNDAMENTOS TEÓRICOS EDUCACIONAIS, POR VYGOTSKY, DA PARTE FÍSICA E EXPERIMENTOS DESSE PRODUTO

5.1 O SÓCIO-CONSTRUTIVISMO DE VYGOTSKY

Psicólogo, teórico e pesquisador da área da educação e ensino, o russo Lev Semionovitch Vygotsky, com suas teorias, estudos e pesquisas forneceu ferramentas para a compreensão do planejamento, estrutura funcional, bem como do modo de proceder diante do ensino e aprendizagem. Entre seus diversos estudos destaca-se a interação social. Segundo Rego (1995, p.61), “O desenvolvimento do sujeito humano se dá a partir das constantes interações com o meio social em que vive.”

Para Vygotsky, o relacionamento desenvolvido entre professor e aluno é de essencial importância na evolução do aluno dentro do processo de ensino e aprendizagem, agindo diretamente na formação do pensamento, noções e conceitos do aluno sobre o processo em questão. Conforme Rego (1995, p.49), “O ser humano não só é um produto de seu contexto social, mas também um agente ativo na criação deste contexto.”

Além do já citado relacionamento desenvolvido entre professor e aluno, temos também o ambiente e a troca de informação como fator promovedor da interação social. Segundo Carvalho (2012), a interação social não se define apenas pela comunicação entre o professor e o aluno, mas também pelo ambiente em que a comunicação ocorre, de modo que o aprendiz interage também com os problemas, os assuntos, as informações e os valores culturais dos próprios conteúdos com os quais estamos trabalhando em sala de aula.

De acordo com Moreira (1999, p.112), “O principal para Vygotsky é sempre buscar a interação social.” Para ele o elemento a ser analisar não é o professor e/ou aluno, mas sim a interação entre esses. Partindo disso os conceitos de Vygotsky se relacionam com o meio onde o indivíduo está inserido e temos o início da construção do conhecimento.

5.2 A ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL DE VYGOTSKY

Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) é um dos conceitos de maior importância levantado por Vygotsky e trata-se de como estão relacionados o conhecimento e o modo pelo qual ocorre sua construção, pode ser definida como

sendo a distância entre o **Nível de Desenvolvimento Real** e o **Nível de Desenvolvimento Potencial**, que são:

- I. **Nível de Desenvolvimento Real**, definido por Carvalho (2012) como: “O nível de desenvolvimento real, determinado pela capacidade de resolver um problema sem ajuda”, em outras palavras, se algum aluno chegar a conclusão de um determinado problema sem que ocorra a intervenção então ele possui algum conhecimento para realização de tais trabalhos propostos.
- II. **Zona de Desenvolvimento Proximal**, temos os encontros teóricos e experimentais, no qual a ação do mediador se faz, através da mediação os alunos são incentivados a ler sobre o tema, assistirem vídeos, refazerem os experimentos, criarem inovações dentro do tema, colaborarem entre si trocando informações, ajudando manualmente etc.;
- III. **Nível de Desenvolvimento Potencial**, definido por Carvalho (2012) como: “O nível de desenvolvimento potencial, determinado através de resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outro companheiro”, estando nesse nível o aluno precisa que alguém intervenha para ajudá-lo na construção do seu conhecimento.

Sobre o Nível de Desenvolvimento Real, Carvalho (2012) indica que a teoria mostra que o desenvolvimento real é aquele que já foi consolidado pelo indivíduo, de forma a torná-lo capaz de resolver situações utilizando seu conhecimento de forma autônoma, portanto o nível de desenvolvimento real é dinâmico, aumenta dialeticamente com os movimentos do processo de aprendizagem.’

No Nível de Desenvolvimento Real podemos tratar do tema de Concepções Alternativas, também chamado de Conceitos Prévios ou Conceitos Espontâneos, que é um fator de extensos estudos na área da educação. Temos as seguintes definições dadas por alguns autores:

- a) Segundo Brum e Schumacher (2014): “São representações que cada indivíduo faz do mundo que os rodeiam, consoante a sua própria maneira de ver o mundo e de ver a si próprio;”
- b) Já de acordo com Segundo Paiva e Martins (2013): “Devem ser encaradas como construções pessoais, que o professor tem o dever de

procurar conhecer, compreender, e valorizar para decidir o que fazer e como fazer o seu ensino, ao longo do estudo de um tópico;”

- c) E por Menino e Correia (2005) temos: “São construídas pelos estudantes e a partir do nascimento o acompanham também em sala de aula, onde os conceitos científicos são inseridos sistematicamente no processo de ensino e aprendizagem.”

Sobre o **Nível de Desenvolvimento Potencial**, Rego (1995, p.56) afirma que “os alunos têm condições de se desenvolverem potencialmente em termos de conhecimento e habilidades com a orientação de seus colegas.”

Além do relacionamento e da comunicação desenvolvido entre o professor e o aluno é fundamental promover os laços de amizade e diálogo de aluno para com aluno, uma vez que esses utilizam de uma linguagem característica da geração nas quais esses estão inseridos, ou seja, eles se comunicam mediante a linguagem que retratam a juventude e que o professor pode usar como ferramenta para desenvolver o ensino, o conhecimento e as habilidades. Como exemplo podemos citar um caso em que um aluno apresenta dificuldade em compreender os termos nos quais o professor faz uso, por serem esses complexos mediante sua compreensão, então um colega que tenha compreendido ajudará explicando ao colega com uma linguagem que ambos os alunos conhecem, possibilitando assim a comunicação entre o professor e o aluno que apresenta dificuldades. A partir do conceito de zona de desenvolvimento proximal podemos entender o que faz os alunos se sentirem bem numa dada atividade. O fato de estarem todos na mesma zona de desenvolvimento real facilita o entendimento entre eles (Carvalho, 2012).

Segundo Moreira (1999, p.116):

A zona de desenvolvimento proximal define as funções que ainda não amadureceram, mas que estão no processo de maturação. É um conceito que ainda está em construção e vai ser desenvolvido, dentro de uma sociedade e com intermédio de alguém que faça parte do contexto vivenciado pelo aluno.

Para Carvalho (2012), o papel do professor é extremamente valorizado nos conceitos de Vygotsky, no que se refere ao sócio-construtivismo, orientando os alunos e tornando o processo de construção de um novo conhecimento mais eficiente. Assim sendo a figura do professor interagindo e dialogando com o aluno é essencial para fazer do discente um cidadão que consiga vencer as barreiras sociais no setor do ensino, construindo um novo conhecimento.

Vygotsky nos traz também o conceito de mediação. De acordo com Rego (1995, p.50) a “mediação caracteriza a relação do homem com o mundo e com os outros homens, sendo de fundamental importância justamente porque é através deste processo que as funções psicológicas superiores, especificamente humanas, se desenvolvem”, ou seja, a mediação está presente na relação humana, sendo de grande importância para a formação e o futuro do indivíduo.

A Figura 62 mostra uma foto de Vygotsky e uma ilustração representando Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) associada a uma paisagem com as etapas e as dificuldades que devem ser superadas, partindo de um saber atual (Zona de Desenvolvimento Real), passando pela ponte onde temos a mediação (Zona de Desenvolvimento Proximal) e por fim alcança se o saber (Zona de Desenvolvimento Potencial).

Figura 62 - Vygotsky e a ZPD



Fonte: <https://cursocompletodepedagogia.com/tag/o-que-significa-zona-de-desenvolvimento-real/> - Acessado em 05/08/2023

5.3 INSTRUMENTOS E SIGNOS

Partindo dos meios sociais frequentados pelo aluno, tais como escola, família e outros, temos dois outros conceitos a serem analisados, conceitos esses que são os instrumentos e os signos.

Nas palavras de Moreira (1999, p.110), “a conversão de relações sociais em funções mentais superiores não é direta, é mediada. E essa mediação inclui o uso de instrumentos e signos.” O autor afirma ainda (idem, 1999, p.111) que o “Instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma outra coisa.”

Por sua vez Rego (1995, p.50) nos mostra que Vygotsky “distingue dois elementos básicos responsáveis por essa mediação: o instrumento, que tem a função de regular as ações sobre os objetos e o signo que regula as ações sobre o psiquismo das pessoas.”

São três os tipos de signos: **Indicadores**, **icônicos** e **simbólicos**. Esses três tipos de signos são citados por Moreira (1999, p.111):

Indicadores, expressão uma relação de causa e efeito com aquilo que significam (e.g., fumaça indica fogo, porque é causada por fogo);

Ícônicos, são imagens ou desenhos daquilo que significam;

Simbólicos, são os que têm uma relação abstrata com o que significam.

Segundo Silva (2017), os instrumentos atuam na mediação das nossas relações os outros indivíduos e com o mundo ao redor. Mediação essa em que o instrumento se faz representar e apresentar na sua forma literal e não simbólica. Através da utilização simbólica é possível ocorrer o compartilhamento e a acumulação dos conhecimentos, o símbolo possui um determinado significado a ser transmitido. Como exemplo podemos citar as letras e os números onde os caracteres simbolicamente representam respectivamente sons e quantidades. O uso de instrumentos não é exclusivo da espécie humana, visto que outras espécies também fazem uso, como exemplo a comunicação, porém não fazendo uso de signos.

Por Vygotsky (2000, p.11), “A comunicação não mediatizada pela linguagem ou por outro sistema de signos ou de meios de comunicação, como se verifica no reino animal, viabiliza apenas a comunicação do tipo mais primitivo e nas dimensões mais limitadas”.

Desse modo a formação dos conhecimentos nos alunos se faz através das grandezas significativas que são os instrumentos e os signos e dos diversos processos que devem ser, a cada dia, analisados e acompanhados.

5.4 A UTILIZAÇÃO DOS CONCEITOS DE VYGOTSKY NESSE PRODUTO

Nos encontros por videoconferências e experimentos que compõem esses produtos, todos descritos ao longo do Capítulo 3 desse texto, as estratégias usadas para que o processo de ensino e aprendizagem foram elaboradas fazendo uso dos conceitos de Vygotsky e sendo feitas adaptações para superar as dificuldades

encontradas causadas pela pandemia de COVID – 19 que levou ao afastamento social.

Inicialmente planejado para fazer uso da seguinte metodologia:

- a) Aplicação de dois questionários, um inicial e outro final, para detectar conhecimento dos alunos antes (Zona de Conhecimento Real) da aplicação e após (Zona de Conhecimento Proximal) a aplicação do produto, levando a Zona de Desenvolvimento Potencial, ou seja, ao Saber Alcançado (questionários esses que foram aplicados);
- b) Dezesesseis aulas presenciais com aulas teorias e experimentos, que por motivo do afastamento social (COVID -19) foram realizadas todas por vídeos conferências;
- c) Um encontro presencial finalizador com experimentação prática, que assim ocorreu.

Por faltar a interação entre os alunos, nesse período de afastamento social, o sócio-construtivismo não obteve o resultado esperado, pois os alunos não se demonstraram interessados em interagirem através das aulas por videoconferências, eles expunham suas dúvidas e realizavam as tarefas propostas de forma praticamente individuais, e existiam os que não expunham as dúvidas e nem realizavam as tarefas, apesar dos incentivos e esforços do professor. Na aula prática presencial realizada no final do produto, a interação social existiu de forma bem expressiva, com, porém somente nesse último encontro e que possivelmente pode se justificar pelo caráter presencial do encontro.

A partir do referencial teórico de Vygotsky e após a aplicação do produto, pode-se analisar os instrumentos e signos que os alunos faziam uso antes e após a aplicação do produto, através dos questionários, nas perguntas e dúvidas dos encontros, no interesse e outros. Os alunos já possuíam, por Concepções Alternativas, o conhecimento da existência da eletricidade no seu dia a dia, por meio de instrumentos como a eletricidade residencial, pilhas, eletrônicos e eletrodomésticos, sendo também que no município se localiza uma usina hidrelétrica. No que se referem aos signos os alunos praticamente não possuíam conhecimentos, pois não interpretavam diagramas, gráficos, figuras e nem conheciam as unidades e grandezas física envolvidas, salvo pelo fato de saberem que certos aparelhos de uso diário devem ser ligados em 110V e outros em 220V. Isso caracterizou a Zona de Conhecimento Real.

As aulas por vídeos conferências, bem como os esforços de mediação do Professor, sem grandes êxitos, buscando a interação social entre os alunos, caracterizam a Zona de Conhecimento Proximal. Nessa etapa o professor utilizou instrumentos como: material escritos, aparelho de medições, equipamentos elétricos, materiais químicos e orgânicos etc. E fez uso de signos ao apresentar diagramas, gráficos, figuras e explicando sobre as unidades e grandezas física envolvidas etc.

Por fim, já com a flexibilização permitida para aulas presenciais, foi feita uma apresentação presencial, na qual fazendo uso de instrumentos como aparelho de medições, equipamentos elétricos, materiais químicos e orgânicos e utilizando de signos ao reconhecerem grandezas e unidades físicas, símbolos, figuras e representações gráficas presentes nos equipamentos utilizados (multímetro, placa solar, leds, pilhas etc.) e em suas embalagens. Dessa forma, nas realizações dos experimentos, as teorias foram postas em prática pelos alunos mediante a mediação do professor buscando levar aos alunos a Zona de Desenvolvimento Potencial.

6. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO PRODUTO

6.1 APRESENTAÇÃO

O produto educacional aqui apresentado foi desenvolvido atendendo aos pré-requisitos do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, onde o tema de Geração de Energia Elétrica foi apresentado, pelo autor, aos alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio de um colégio da SEEDUC – RJ.

Nesse trabalho o Professor apresenta o tema e se posiciona como um mediador, interligando a teoria com a prática dos alunos, sempre buscando motivar os discentes a se aprofundarem mais nos temas envolvidos.

Quanto à parte prática foi feito uso de materiais, em sua maioria, de uso diário e de baixo custo, a fim de facilitar o acesso dos alunos a eles e de mostrar aos alunos que os recursos para a execução dos experimentos científicos estão ao nosso redor no nosso dia a dia.

6.2 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO PRODUTO

Nesta seção será descrito os passos e etapas que foram seguidos pelo autor, ao longo do tempo, para a elaboração desse produto educacional. Dessa forma segue-se:

6.2.1 Etapa inicial

O produto educacional começou a ser desenvolvido no segundo semestre de 2020 e durante todo esse período se desenvolveu. Nesse período, primeiramente, foi escolhido o tema Geração de Energia Elétrica e começou a serem feitas pesquisas e leituras bibliográficas em caráter pedagógico e técnico para o desenvolvimento futuro do produto.

6.2.2 Questionário diagnóstico inicial

Em março de 2021 foi aplicado, aos alunos do 3º Ano do Ensino Médio de um colégio da SEEDUC – RJ, um questionário diagnóstico inicial com o objetivo de determinar os conhecimentos que esses possuíam sobre o tema de Geração de Energia Elétrica, ou seja, visando detectar o conhecimento que os discentes possuíam sem explicações escolares prévias, também chamada a Zona de Desenvolvimento

Real em que os alunos se situam depois da aplicação do produto, identificando o instrumento e signos nos quais os docentes fazem uso antes da aplicação do produto.

A seguir apresentamos o questionário elabora pelo autor que foi aplicado aos alunos para diagnosticar os conhecimentos iniciais que eles possuíam.

PRÉ-QUESTIONÁRIO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

1. - Você saberia o que é a eletricidade? Explique.
2. - Cite exemplos de como a eletricidade é utilizada no nosso dia a dia.
3. - Você conhece algum equipamento que gera energia elétrica? Quais?
4. - Você sabe como a energia elétrica que chega às residências é produzida? Caso saiba, diga de onde ela vem.
5. - Você já leu algo sobre esse assunto em livros? Se já leu, então diga quais foram os livros.
6. - Você já assistiu vídeos ou já entrou em sites sobre esse assunto? Se já assistiu, então diga quais sites de vídeos.
7. - Você já viu algum experimento de geração de energia elétrica no real (diante de você, sem ser virtual)? Quais?
8. - Você já teve alguma aula sobre esse tema? Se já teve, diga a série.
9. - Você tem algum interesse em compreender esse tema?
- 10.- Você tem algo a acrescentar sobre esse tema?

6.2.3 Encontros online por videoconferências entre o autor e os alunos

A partir de maio de 2021 até setembro de mesmo ano, exceto durante as férias do mês de julho, ocorreram encontros semanais online, vídeos conferências, em contraturno entre o autor e os alunos, onde o tema de Geração de Energia Elétrica foi explicado. Esses encontros se fizeram online por motivo do afastamento social provocado pela COVID 19 e estando a aulas da SEEDUC RJ sendo ministradas dessa forma. Num total de 16 encontros, foram tratados da parte histórica da geração de eletricidade, de experimentos de eletrização estática, da geração de corrente contínua (CC) e de corrente alternada (CA) e cálculo de demanda de consumo, seguindo o calendário apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Calendário das atividades desenvolvidas

Aula/Data	Atividade/Conteúdo
1ª Aula) 04/05/2021 - 17:00 às 18:00	História da Geração de Eletricidade

2ª Aula) 11/05/2021 - 17:00 às 18:00	Experimentos de eletrização estática
3ª Aula) 18/05/2021 - 17:00 às 18:00	Grandezas, medições, Leis de Ohm
4ª Aula) 25/05/2021 - 17:00 às 18:00	CC – Pilha feita com frutas e metais diferentes como eletrodos. Célula Eletrolítica Simples
5ª Aula) 01/06/2021 - 17:00 às 18:00	CC – Pilha com pote de água e sal - Célula Eletrolítica Simples
6ª Aula) 08/06/2021 - 17:00 às 18:00	CC – Pilha de moeda e solução de sal. Célula Eletrolítica Simples
7ª Aula) 15/06/2021 - 17:00 às 18:00	CC – Revisão dos experimentos
8ª Aula) 22/06/2021 - 17:00 às 18:00	Fluxo magnético, Lei de Ampère e Indução Eletromagnética (Lei de Faraday-Lenz)
9ª Aula) 29/06/2021 - 17:00 às 18:00	Aplicação da Indução Eletromagnética - Gerador de Faraday CC
10ª Aula) 10/08/2021 - 17:00 às 18:00	Aplicação da Indução Eletromagnética - Gerador de CA - Transformadores
11ª Aula) 17/08/2021 - 17:00 às 18:00	CA – Aula sobre hidrelétrica
12ª Aula) 24/08/2021 - 17:00 às 18:00	CA – Aula sobre termoelétrica; CA – Aula sobre Usina nuclear
13ª Aula) 31/08/2021 - 17:00 às 18:00	CA – Aula sobre geração eólica; CA – Aula sobre outras formas de geração
14ª Aula) 14/09/2021 - 17:00 às 18:00	Aula de experimentos de CA – Gerador de CA com ímãs e seringa
15ª Aula) 21/09/2021 - 17:00 às 18:00	CC – Placa solar
16ª Aula) 28/09/2021 - 17:00 às 18:00	Cálculo de demanda de consumo

Fonte: autoria própria

A seguir apresentamos uma breve descrição de cada uma das aulas apresentadas no Quadro 1.

1ª Aula

História da Geração de Eletricidade. Foi tratado dos temas históricos sobre a eletricidade, desde a descoberta da eletricidade estática na Grécia Antiga até a sua atual utilização no Século XXI, expondo novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.). Tema esse tratado nesse texto no Capítulo 2.

- O tema foi explicado através dos vídeos:

https://www.youtube.com/watch?v=mf_1oKZ4WI8

<https://www.youtube.com/watch?v=2MEBCxQhVOA>

2ª Aula

Experimentos de eletrização estática. Fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas e etc), foi explicado e demonstrado experimentos sobre eletrização estática, como por exemplo, a eletrização de um bastão de plástico ou madeira por atrito e após isso esse material adquire a capacidade de atrair pedacinhos de papeis. Tema experimental tratado assim:

Materiais:

- Pente de madeira ou plástico (bastão);
- Pedacinhos pequenos de papeis picados;
- O próprio cabelo.
- O tema foi explicado através do vídeo:

https://www.youtube.com/watch?v=_zBO464FfXA

O experimento:

- Foram espalhados vários pedaços pequenos de papeis sobre uma pequena área plana;
- Passou o pente de madeira no cabelo sempre no mesmo sentido;
- Após, aproximou o pente de madeira dos pedacinhos de papeis;
- Os pedacinhos de papeis foram atraídos pelo pente de madeira.

O que ocorreu numa primeira parte foi que o pente de madeira ficou negativo quando atritado no cabelo que ficou positivo, de acordo com a Figura 12. E numa segunda parte quando o pente de madeira negativo se aproximou dos pedacinhos de papel neutros ocorreu indução eletrostática. Consequentemente, os pedacinhos de papel foram atraídos pelo pente de madeira.

3ª Aula

Grandezas, medições, Leis de Ohm. Foi explicado e demonstrado experimentos sobre grandezas, o que é e a utilização do multímetro, medições, Leis de Ohm, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de

medidas, grandezas físicas envolvidas etc.). Tema relativo ao uso do multímetro e medições foi tratado assim:

Os multímetros são aparelhos que tem por função medir e avaliar grandezas elétricas como a tensão, a corrente e a resistência elétrica.

Na Figura 63 temos um multímetro digital e seus cabos, onde o cabo vermelho é conectado a parte positiva do circuito elétrico ou do componente ligado a esse e o preto ao negativo. Se a chave seletora do multímetro for colocada na região indicada por V (Volts) temos o aparelho ajustado para medir tensão contínua, se na região indicada por V ~ (Volts) o aparelho estará ajustado para medir tensão alternada, se na região indicada por A (Ampère) o aparelho estará ajustado para medir corrente elétrica e se na região indicada por Ω (Ohms) o aparelho estará ajustado para medir resistência elétrica. Pode-se observar que dentro dessas citadas regiões, em que a chave seletora se posiciona, uma mesma grandeza pode ser medida em várias escalas.

Figura 63 - Multímetro digital



Fonte: O autor

Materiais:

- Multímetros e acessórios (Figura 63);
- Pilhas diversas;
- Cabos de jacarés;
- Fios elétricos;
- Resistores diversos.
- O tema foi explicado através dos vídeos:

https://youtu.be/sas7tJWe_h4 Produção do autor

<https://youtu.be/l4BQTW0yoVM> Produção do autor

<https://youtu.be/gKB1xYILhF0> Produção do autor

<https://youtu.be/B7W03IYZitE> Produção do autor

O experimento:

- Apresentando um multímetro (Figura 63), distinguindo e explicando suas grandezas e seu funcionamento;
- Realizando medição de tensão em pilhas;
- Realizando medições de corrente elétrica em circuitos elétricos;
- Realizando medições de resistências elétricas em resistores elétricos.

4ª Aula

Geração de corrente elétrica CC. Explicações teóricas e experimentos com pilha feita com frutas, como limão, laranja e outras que proporcione um meio ácido, ligando eletrodos de metais diferentes nesse meio ácido e gerando uma diferença de potencial elétrico que produz uma corrente elétrica CC, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.). Tema experimental tratado assim:

Materiais:

- 3 limões;
- 3 pedaços de fios rígidos descascado de cobre (Cu);
- 3 pregos galvanizados (Zn);
- 4 cabos ponta de jacaré (cada um com 20 cm);
- Uma calculadora sem pilha.
- Multímetros e acessórios (Figura 63);
- O tema foi explicado através do vídeo:

https://youtu.be/HfX_SH_OiIA Produção do autor

O experimento:

Os limões foram apertados a fim de romper as estruturas internas dos limões (gomos) e em consequência liberar o líquido ácido das frutas no interior das suas estruturas, criando um meio eletrolítico no interior dos limões;

Cada limão foi espetado com um fio rígido descascado de cobre e um prego galvanizado, não podendo haver contato direto entre o fio de cobre e o prego no interior de cada limão;

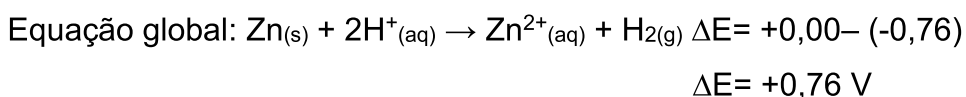
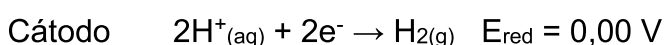
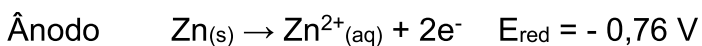
Um extremo de um cabo ponta de jacaré foi ligado a um fio de cobre de um limão e outro extremo do cabo ao prego de outro limão, assim prosseguindo até interligar os três limões em série deixando o circuito aberto, onde em um extremo tenha um limão com uma ponta desconectada de cobre (Cu sendo o polo positivo) e no outro extremo outro limão com uma ponta desconectada de prego (Zn sendo o polo negativo);

Foi conectado o cabo jacaré que está no extremo da conexão de Cu do limão com a indicação positiva da calculadora e o cabo ligado ao outro extremo da conexão de Zn do outro limão com a indicação negativa da mesma calculadora;

Foi ligada a calculadora e ela funcionou realizando suas operações.

Cada limão com os seus respectivos eletrodos de Cu (polo positivo) e Zn (polo negativo) geram 0,76 V de tensão e o conjunto ligado em série dos três limões gera aproximadamente 2,28 V de tensão, suficiente para gerar uma corrente contínua que faz a calculadora funcionar. Sendo a equação global:

De acordo com Goodisman (2001), temos:



A equação acima também pode-se ter por referências os sites:

- https://en.wikipedia.org/wiki/Lemon_battery - Acessado em 20/04/2024

- <https://sci-toys.com/scitoys/scitoys/echem/batteries/batteries.html> - Acessado em 20/04/2024

- <https://www.simplechemconcepts.com/o-level-chemistry-simple-electric-cells/> - Acessado em 20/04/2024

- https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Chem_p107/chemistry/make-a-battery-with-metal-air-and-saltwater - Acessado em 20/04/2024

5ª Aula:

Geração de corrente elétrica CC. Explicações teóricas e experimentos com pilha feita de pote com solução de água e NaCl (Célula Eletrolítica Simples), ligando eletrodos de metais diferentes nesse meio salino e gerando uma diferença de potencial elétrico que produz uma corrente elétrica CC, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.). Tema experimental tratado assim:

Materiais:

- 3 potes plásticos com tampa;
- Um recipiente com solução de NaCl (Aproximadamente 500ml);
- 3 pedaços de fios rígidos descascado de cobre (Cu);
- 3 pregos galvanizados (Zn);
- 4 cabos ponta de jacaré (cada um com 20 cm);
- Uma calculadora sem pilha;
- Multímetros e acessórios (Figura 63);
- O tema foi explicado através do vídeo:

<https://youtu.be/ZxzC0Gqzysg> Produção do autor

O experimento:

Em cada pote plástico foi despejado, dentro, certa quantidade da solução de NaCl de forma que cada recipiente fique com aproximadamente $\frac{1}{4}$ de seu volume ocupado pela solução e em seguida foi tampado;

Foi espetado em cada pote, através de sua tampa, um fio rígido descascado de cobre e um prego galvanizado, não havendo contato direto entre o fio de cobre e o prego em cada pote;

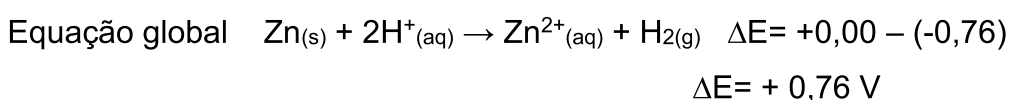
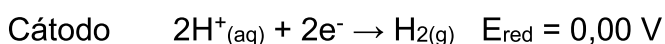
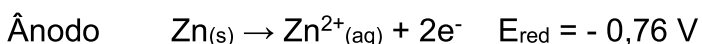
Foi conectado um extremo de um cabo ponta de jacaré a um fio de cobre de um pote e outro extremo do cabo ao prego de outro pote, assim prosseguindo até interligar os três potes em série, deixando o circuito aberto, onde em um extremo tenha um pote com um cabo com uma ponta desconectada de cobre (Cu sendo o polo positivo) e no outro extremo outro pote com um cabo com uma ponta desconectada de prego (Zn sendo o polo negativo);

Foi conectado o cabo jacaré que estava no extremo da conexão de Cu do pote com a indicação positiva da calculadora e o cabo ligado ao outro extremo da conexão de Zn do outro pote com a indicação negativa da mesma calculadora;

Foi ligada a calculadora e ela funcionou realizando suas operações.

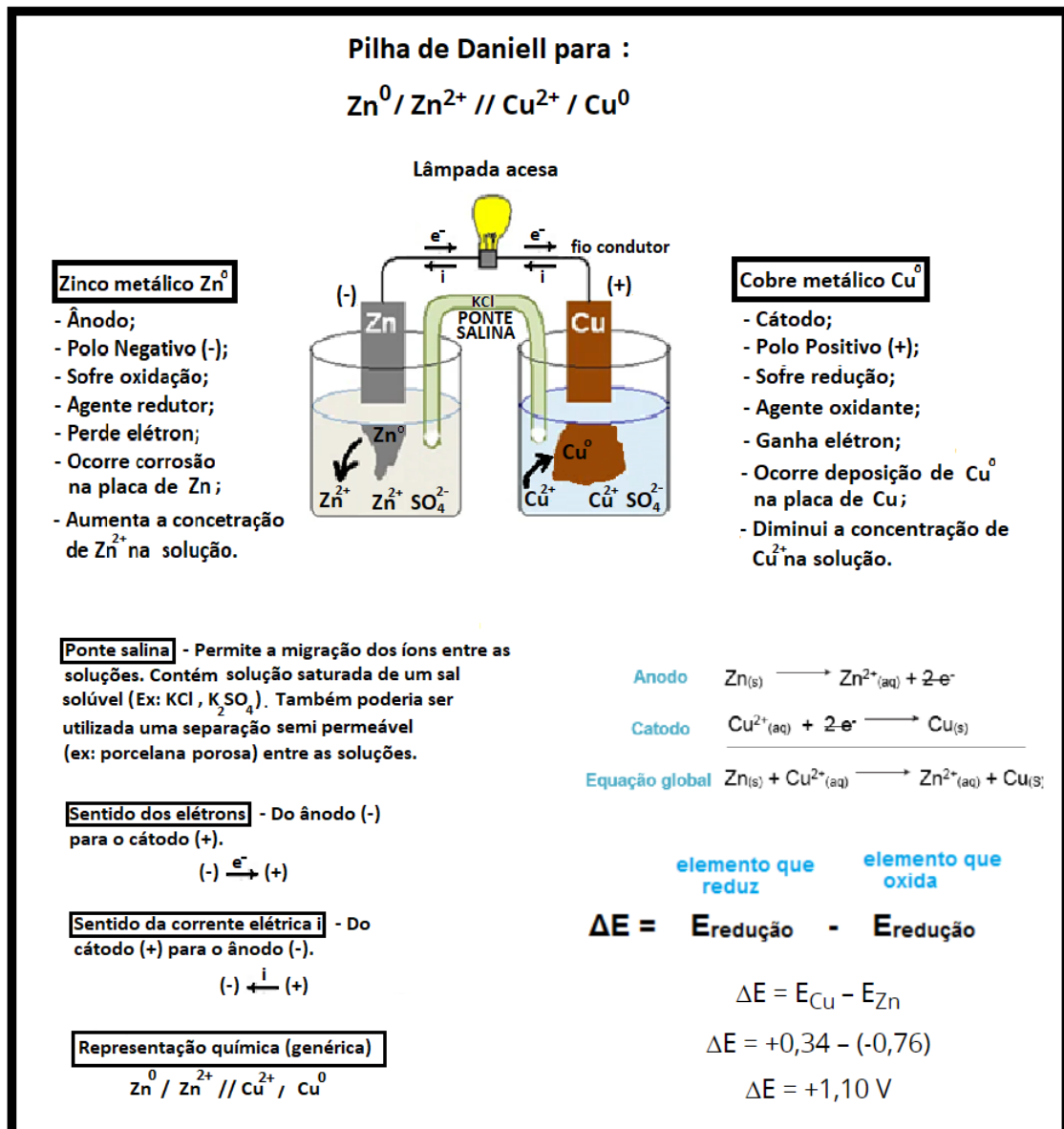
Cada pote com os seus respectivos eletrodos de Cu (polo positivo) e Zn (polo negativo) geram 0,76V de tensão e o conjunto em ligado em série dos três potes gera aproximadamente 2,28 V de tensão, suficiente para gerar uma corrente contínua que faz a calculadora funcionar. Sendo a equação global:

De acordo com Goodisman (2001), temos:



Na Figura 64 temos uma Pilha de Daniell, com ânodo Zn e catodo Cu descrita e analisada. A Pilha de Daniell não fez parte dos experimentos práticos desse trabalho (por motivos técnicos). Porém é interessante compará-la com a Figura 65 onde temos a Pilha de Célula Eletrolítica Simples feita de anodo Zn e catodo Cu e solução de água e NaCl, que faz parte das experimentações realizadas na prática nesse trabalho e descrito nessa seção na 5 aula. As duas Pilhas são aparentemente muito semelhantes, ambas geram tensão contínua, o sentido dos elétrons em ambos é do ânodo (-) para o cátodo (+), porém a primeira gera maior tensão, a primeira possui o ânodo e o cátodo estão situados em soluções eletrolíticas diferentes unidas por uma ponte salina, já na segunda o ânodo e o cátodo estão juntos na mesma solução de água e NaCl sem se tocarem, na primeira o ânodo sofre corrosão e o cátodo ocorre deposito, também na segunda o ânodo sofre corrosão porém no cátodo ocorre a liberação de hidrogênio gasoso H₂. O experimento dessa seção na 4 aula (Pilha de Limões) segue os mesmos conceitos e análise do experimento dessa seção na 5 aula (Figura 65) porém devemos considerar a solução eletrolítica no interior do limão como sendo ácida de HCl.

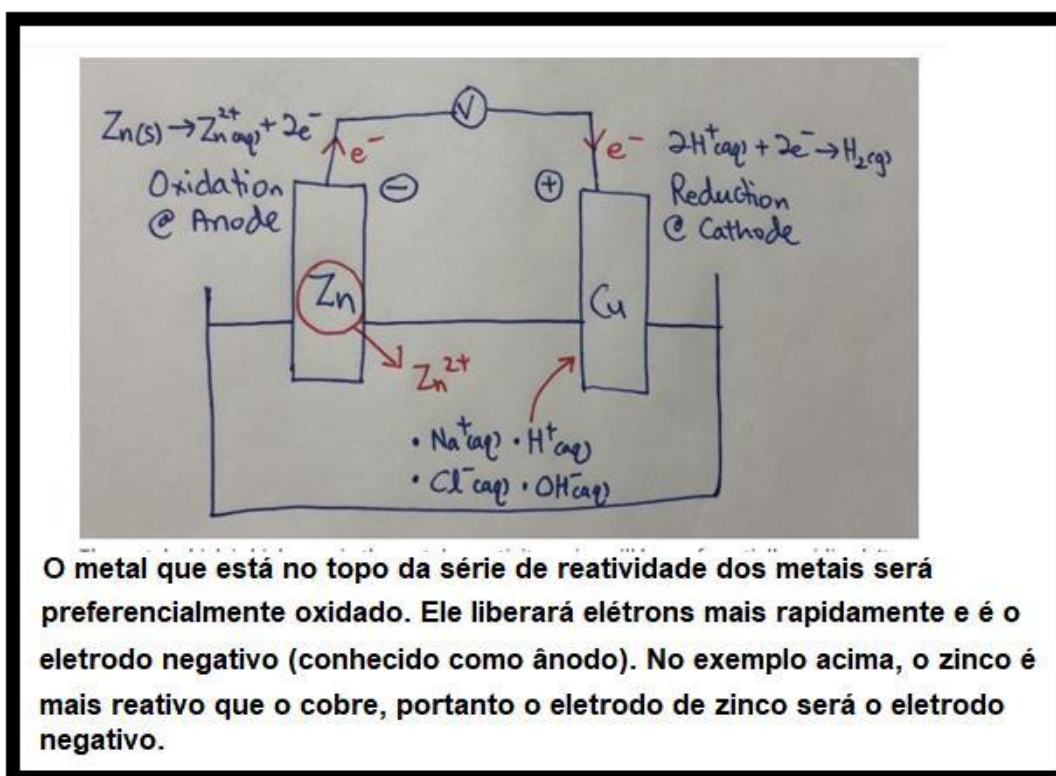
Figura 64 - Pilha de Daniell com análise.



Fonte: <https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/pilha-daniell.htm> - Acessado em 20/03/2024.

Modificada pelo Autor

Figura 65 - Pilha de Célula Eletrolítica Simples.



Fonte: <https://www.simplechemconcepts.com/o-level-chemistry-simple-electric-cells/> - Acessado em 20/03/2024. Modificada pelo Autor

6ª Aula:

Geração de corrente elétrica CC. Explicações teóricas e experimentos com pilha feita de moedas, alumínio em formato de moedas, panos ou papeis embebidos em solução salina separando os metais diferentes das moedas e do alumínio colocados um sobre o outro de forma alternada em forma de pilha, começando com um material metálico e terminado com outro, ligando esses terminais teremos uma diferença de potencial elétrico que gera uma corrente elétrica CC, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.). Tema experimental tratado assim:

Materiais:

- 2 moedas de 5 centavos (Cu);
- 2 pedaços de folha de alumínio cortada em forma e tamanho da moeda (rodela de Al);
- 4 cabos ponta de jacaré (cada um com 20 cm);
- 2 pedaços de folha de papelão embebido em solução de NaCl;
- Um rolo de fita adesiva;
- Multímetros e acessórios (Figura 63);

- O tema foi explicado através do vídeo:

<https://youtu.be/AbnDp0B-n0U> Produção do autor

O experimento:

Foi pega uma moeda (Cu) e sobrepondo a ele uma rodela de Al e a essa seguiu se se uma nova sobreposição dessa vez de uma rodela de papelão embebido em solução de NaCl;

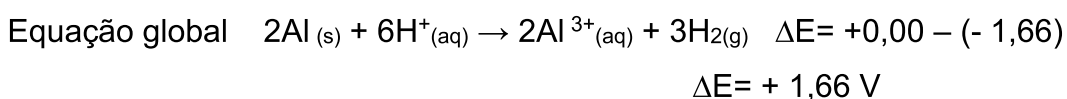
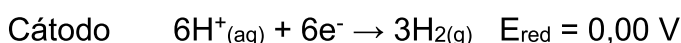
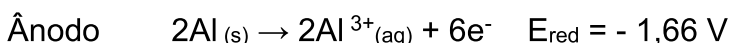
O padrão acima descrito foi repetido duas vezes e posto em contato em série, onde pode observar que em um extremo tínhamos uma moeda (Cu sendo o polo positivo) e no outro estava uma rodela de alumínio (Al sendo o polo negativo);

Com uma fita crepe foi feita a imobilização do aparato de forma a manter o conjunto em série com todos os seus constituintes unidos e em contato, deixando exposto uma parte em cada polo com metais diferentes;

Com um multímetro conectou se cada polo do conjunto em série anteriormente citado e verificou se uma tensão de 3,32 V.

Cada conjunto de elementos constituinte composto por uma moeda de Cu (polo positivo) e uma rodela de Al (polo negativo) gera 1,66 V de tensão e a série composta pelos dois conjuntos gera aproximadamente 3,32 V de tensão. Sendo a equação global:

Sendo a equação global, e acordo com Goodisman (2001):



7ª Aula:

Revisão dos experimentos de CC. Aula de revisão dos experimentos do Capítulo 3, seção 3.3 e subseção 3.3.1 e da 4ª Aula) a 6ª Aula);

O tema foi explicado através dos vídeos assistidos na 4ª Aula, 5ª Aula e 6ª Aula.

8ª Aula:

Explicações sobre fluxo magnético e Indução Eletromagnética (Lei de Faraday–Lenz). Explicações teóricas e práticas sobre as leis de indução eletromagnética,

bobina e sua construção, experimentos, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.). Tema esse tratado nesse texto no Capítulo 3, seção 3.3 e subseção 3.3.2.

Materiais:

- 4 super ímãs neodímio de 15x5mm N35 3600 Gauss cada, como mostra a Figura 66 a);

- Rolo (100 g) de fio de cobre esmaltado 30 Awg, como mostra a Figura 66c);

- Um rolo de fita adesiva;

- 4 cabos ponta de jacaré (cada um com 20 cm);

- Multímetros e acessórios (Figura 63).

- O tema foi explicado através do vídeo:

<https://youtu.be/lhwAGA6-LYw> Produção do autor

O experimento:

Com o rolo de fio esmaltado enrolou-se uma bobina em 100 espiras com um diâmetro de 4 cm (Figura 76);

Os extremos do fio da bobina foram descascados e ligados a cabos de ponta jacaré, que por sua vez foram conectados ao multímetro;

Foi pego o conjunto formado por quatro ímãs de neodímio e foi aproximado perpendicularmente do centro da bobina e em seguida foi afastado, fazendo assim sucessivamente. Assim sendo o multímetro registrou uma ocorrência de tensão alternada.

9ª Aula:

Geração de corrente elétrica CC. Explicações teóricas sobre Gerador de Faraday que consiste em um disco metálico girando com velocidade angular constante, de preferência perpendicularmente, a um campo magnético e sofrendo indução, com dois eletrodos colocados em contato com o disco, durante o giro, em pontos de raios de medidas diferentes em sua superfície, gera uma diferença de potencial elétrico que produz uma corrente elétrica CC, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas e etc).. Tema esse tratado nesse texto no Capítulo 4 e subseção 4.1.1.

O tema foi explicado através do vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=9urzs-3Sgqs>

10ª Aula:

Gerador de corrente elétrica CA e Transformador. Explicações teóricas sobre Gerador de CA que consiste em um equipamento que converte, por indução eletromagnética, segundo a Lei de Faraday-Lenz, a energia cinética da turbina em rotação para a energia elétrica, produzindo corrente elétrica alternada. Foi explicado também sobre transformador que é um equipamento que converte uma tensão de entrada U_1 para uma saída U_2 podendo ser para o caso de $U_1 < U_2$ ou para o caso de $U_1 > U_2$, esse equipamento faz uso da indução eletromagnética, segundo a Lei de Faraday-Lenz e com isso realizar essa transformação, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.). Tema esse tratado nesse texto no Capítulo 4 e subseções 4.1.2 e 4.1.3 respectivamente.

O tema foi explicado através dos vídeos:

<https://www.youtube.com/watch?v=ITW8vpxxvCU>

<https://www.youtube.com/watch?v=djmGPAET7p8>

11ª Aula:

Aula sobre Geração de CA em usina hidrelétrica. Explicações teóricas por slides e vídeos sobre essa forma de geração CA, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas e etc).. Tema esse tratado nesse texto no Capítulo 4, seção 4.1 e subseção 4.1.4.1.

O tema foi explicado através do vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=v-GMBrWJdTE>

12ª Aula:

Aula sobre Geração de CA usina termoeletrica e nuclear. Explicações teóricas por slides e vídeos sobre essas formas de geração C, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.). A. Tema esse tratado respectivamente nos textos dos:

- Capítulo 4, seção 4.1 e subseção 4.1.4.2;

- Capítulo 4, seção 4.1 e subseção 4.1.4.3.

O tema foi explicado através dos vídeos:

<https://www.youtube.com/watch?v=kzljqZy6r2c>

<https://www.youtube.com/watch?v=VoRHir9etJ8>

13ª Aula:

Aula sobre Geração de CA em usina geração eólica e outras formas de gerações CA. Explicações teóricas por slides e vídeos sobre essas formas de geração CA, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.). Tema esse tratado respectivamente nos textos dos:

- Capítulo 4, seção 4.1 e subseção 4.1.4.4;
- Capítulo 4, seção 4.1 e subseção 4.1.4.5.

O tema foi explicado através dos vídeos:

<https://www.youtube.com/watch?v=ekfFM-uWh5k>

https://www.youtube.com/watch?v=-HHYM4x_5s

https://www.youtube.com/watch?v=EEmM6Qxnd_w

<https://www.youtube.com/watch?v=odTByhxsL60>

https://www.youtube.com/watch?v=h_VWiyn39a0

<https://www.youtube.com/watch?v=cLYC279wTpw>

14ª Aula:

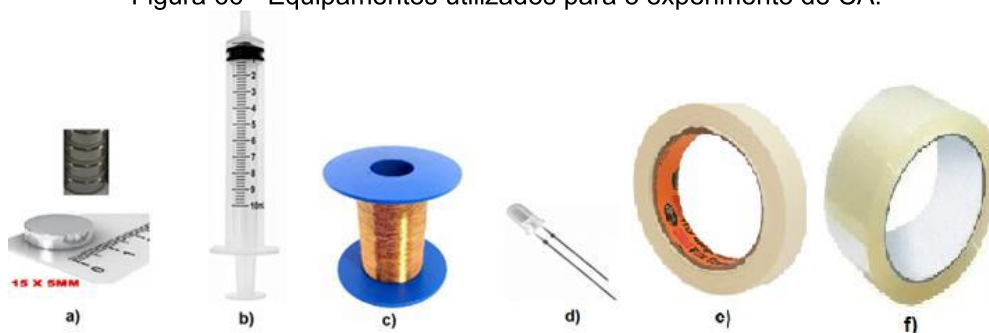
Geração de corrente elétrica CA. Explicações teóricas e experimento com a construção do Gerador de CA com ímãs e seringa gerando uma diferença de potencial elétrico que produz uma corrente elétrica CA, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas e etc). Tema experimental tratado assim:

Materiais:

- 4 super ímãs neodímio de 15x5mm N35 3600 Gauss cada, como mostra a Figura 66a);
- 1 seringa hipodérmica de 10 ml, como mostra a Figura 66b);
- Rolo (100 g) de fio de cobre esmaltado 30 Awg, como mostra a Figura 66c);
- 1 LED de alto brilho 5mm branco, como mostra a Figura 66d). LED é um diodo semicondutor que possui junção P-N que tem por característica emitir luz visível não monocromática quando percorrido por uma corrente elétrica (fenômeno da eletroluminescência) e se iluminado por uma fonte luminosa externa então seus terminais passam a possuir uma diferença de potencial (fenômeno fotovoltaico);

- Rolo de fita crepe 18mm x 50m, como mostra a Figura 66e);
- Rolo de fita adesiva transparente 45mmx40m, como mostra a Figura 66f);

Figura 66 - Equipamentos utilizados para o experimento de CA.



Fonte: O Autor

Na Figura 66 temos: a) 4 super ímãs de neodímio; 1 seringa hipodérmica de 10ml; c) rolo de fio de cobre esmaltado 30 Awg; d) 1 LED de alto brilho 5mm branco; e) rolo de fita crepe 18mm X 50m; f) rolo de fita adesiva transparente 45mm X 40m

- O tema foi explicado através do vídeo:

<https://youtu.be/6hxFrnWCuQc> Produção do autor

O experimento:

- De início foi pego a seringa hipodérmica de 10ml e o rolo de fita crepe 18mm x 50m. A fita crepe foi enrolada em torno de todo o tronco da seringa hipodérmica, com uma camada, como mostra a Figura 67. A seringa estando enrolada com fita crepe evita que no enrolamento do fio esmaltado de cobre, que será descrito mais a diante, venha a ocorrer deslizamento inicial;

Figura 67 - Seringa enrolada em fita crepe



Fonte: O Autor

Em seguida foi executado o enrolamento do fio de cobre esmaltado 30 Awg. O fio deve ser enrolado em espiras circulares, num total de 600 espiras (bobinas), é

importante observar que da extensão total do fio a ser utilizado deve-se deixar duas extensões de fios, respectivamente no início e no final, de aproximadamente 40cm não enrolados, cada uma. O enrolamento das 600 espiras deve ser feito de modo que as espiras fiquem bem juntas. O enrolamento das espiras deve ser imobilizado enrolando fita crepe ou fita adesiva transparente, aqui foi utilizada fita adesiva transparente para possibilitar uma visualização das espiras. Na Figura 68 temos o enrolamento das espiras concluído, fixa e imobilizado por fita adesiva transparente.

Figura 68 – Seringa com enrolamento de 600 espiras imobilizado por fita adesiva transparente.



Fonte: O Autor

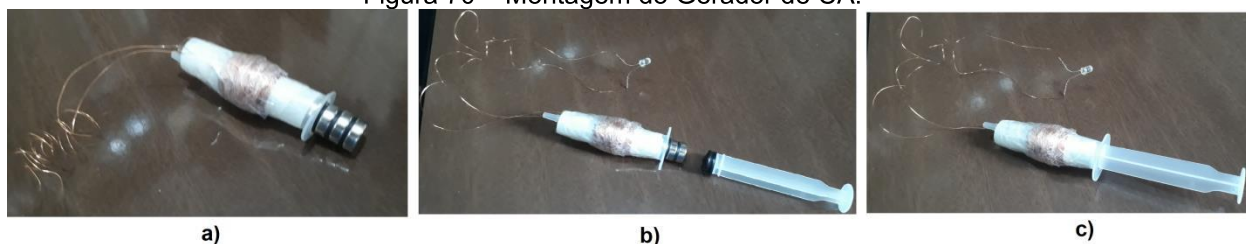
Cada ímã de neodímio de 15x5mm N35 3600 Gauss tem o mesmo diâmetro (mesma bitola) do tubo da seringa hipodérmica de 10 ml, o que permite que o conjunto de 4 ímãs de neodímio unidos se desloque perfeitamente e de forma bem direcionada no interior da seringa, sendo assim o conjunto com 4 ímãs de neodímio é introduzindo na seringa e tampada com o êmbolo, temos aqui o que denominaremos de Gerador CA de Seringa Hipodérmica com Ímãs de Neodímio. Na Figura 69 pode se observar o enrolamento de 600 espiras, ao longo do comprimento da seringa, fixo e imobilizado por fita adesiva transparente e o conjunto composto pelos 4 ímãs de neodímio. Nessa mesma etapa da montagem os extremos das duas pontas dos terminais (extensos em 40cm) foram lixados em aproximadamente 4cm em cada ponta afim de tirar o verniz e possibilitar conexão e neles foi conectado um LED de alto brilho 5mm branco, esses procedimentos podem ser observados nas Figuras 70 a), b) e c).

Figura 69 – Seringa com enrolamento de 600 espiras e o conjunto composto por 4 ímãs de neodímio



Fonte: O Autor

Figura 70 – Montagem do Gerador de CA.



Fonte: O Autor

Nas figuras a), b) e c) podemos ver o conjunto com 4 ímãs de neodímio sendo introduzido na seringa e tampada com o êmbolo formado o Gerador CA de Seringa Hipodérmica com Ímãs de Neodímio, bem como em b) e c) também pode ser visto o LED conectado ao aparato.

Finalizando o experimente, sobre uma superfície foi fixado os terminais de fio com LED conectado a eles, fazendo use de fita adesiva transparente. O Gerador CA de Seringa Hipodérmica com Ímãs de Neodímio foi manualmente posto em movimento próximo ao harmônico simples (alternado, de vai e vem), movimento semelhante ao instrumento de percussão musical denominado chocalho quando em função. Esse movimento faz com que o conjunto formado pelos 4 ímãs de neodímio, no interior da seringa, se movimente de forma alternada, indo e voltando, no interior do tubo que compõem a seringa. O tronco da seringa está enrolado externamente em 600 espiras de fio esmaltado, então, durante a movimentação, os ímãs passam perpendicularmente de forma alternada indo e voltando na região central dos planos

que contém cada espira, provocando uma indução eletromagnética nessas espiras, segundo a Lei de Faraday (Capítulo 3, seção 3.3 e subseção 3.3.2), que produz uma diferença de potencial alternada potencializada pela contribuição de cada espira fazendo com que surja uma corrente elétrica alternada que faz com que o LED acenda como mostra a Figura 71 na sua parte superior e inferior.

Figura 71 – Aluno utilizando o Gerador de CA para acender o LED.



Fonte: O Autor

Nas partes superior e inferior da Figura 71 temos o Gerador CA de Seringa Hipodérmica com Imãs de Neodímio sendo nele executado manualmente próximo ao movimento harmônico (alternado, de vai e vem) o que movimenta os imãs no seu interior provocando, por indução eletromagnética, o surgimento de uma diferença de potencial alternada que faz com que o LED, conectado aos terminais do fio que forma a bobina, acenda (no lado superior direito da figura, fixado por fita adesiva transparente).

15ª Aula:

Geração de corrente elétrica CC por placa solar fotovoltaica. Explicações teóricas e experimentos, ligando os polos de uma placa solar fotovoltaica a computador e colocando a placa solar exposta a luminosidade foi possível ligar a calculadora e fazer operações matemáticas. Com isso foi explicado que a placa solar exposta a luminosidade e ligando seus polos a um determinado aparelho, gera uma diferença de potencial elétrico que produz uma corrente elétrica CC e tensão CC, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.). Tema experimental tratado assim:

Materiais:

- Uma mini placa solar, dimensões de **110mm x 60mm**, 6V e 1W;
- Um multímetro;
- O tema foi explicado através do vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=HNNim-uuuDw>

O experimento:

O experimento consistiu em ligar os terminais da placa solar ao multímetro, ligar o multímetro registrando tensão CC, colocar a placa solar a exposição da luz solar e observar no multímetro o valor da tensão gerada e em seguida ligar a placa a uma calculadora. A Figura 72 mostra o experimento.

Figura 72 - Alunos realizando experimento com placa fotovoltaica



Fonte: O Autor

16ª Aula:

Cálculo de demanda de consumo. Explicações teóricas e prática sobre o cálculo de demanda e consumo, onde foi feito o cálculo mensal do consumo de energia elétrica de uma residência, de um aluno, e o seu valor a ser pago. Foi também debatido o tema de economia de energia elétrica bem como o que fazer para economizar, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

O tema foi explicado através do vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=b7INAI0g3zk>

6.2.4 Vídeos no Youtube do autor

Em paralelo a etapa anterior e se prolongando até novembro de 2021, o autor gravou vídeos com os temas envolvidos em Geração de Energia Elétrica que foram colocados no youtube, no canal “O MESTRE MATE” Sidney Pinheiro Duarte Santana,

a fim de formarem uma fonte de informação em ambiente multimídia para os alunos e com a finalidade de serem utilizados futuramente em outras turmas e cursos que poderão ser ministrados pelo autor ou por outros docentes. O autor solicitou aos alunos que assistissem aos vídeos. Os vídeos e links do youtube são:

- LIGAÇÃO DO MULTIMETRO PARA MEDIR VOLTAGEM E AMPERAGEM - 3ª Aula). (Link do youtube: https://youtu.be/sas7tJWe_h4 - Produção do autor).
- LIGAÇÃO DE MULTIMETRO MEDINDO RESISTÊNCIA OHMS - 3ª Aula. (Link do youtube: <https://youtu.be/l4BQTW0yoVM> - Produção do autor)
- PRIMEIRA LEI DE OHM, COM RESISTENCIA DE GRAFITE E PAPEL - 3ª Aula. (Link do youtube: <https://youtu.be/gKB1xYILhF0> - Produção do autor)
- SEGUNDA LEI DE OHMS. UTILIZANDO MINA DE GRAFITE - 3ª Aula. (Link do youtube: <https://youtu.be/B7W03IYZitE> - Produção do autor)
- GERANDO VOLTAGEM E CORRENTE ELÉTRICA CONTÍNUA CC - LIMÕES, ELETRODOS DE METAIS DIFERENTES - 4ª Aula e 7ª Aula. (Link do youtube: https://youtu.be/HfX_SH_OiIA - Produção do autor)
- GERANDO VOLTAGEM E CORRENTE (CC) - POTE VAZIO, SOLUÇÃO SALINA, ELETRODOS DE METAIS DIFERENTES - 5ª Aula e 7ª Aula. (Link do youtube: <https://youtu.be/ZxzC0Gqzysg> - Produção do autor)
- GERAÇÃO DE VOLTAGEM E CORRENTE CONTÍNUA (CC) COM PILHA DE MOEDAS, PAPÉIS ÁGUA E SAL, LÂMINA ALUMINIO - 5ª Aula e 7ª Aula. (Link do youtube: <https://youtu.be/AbnDp0B-n0U> - Produção do autor)
- 1a - INDUÇÃO - LEI DE FARADAY - MAXWELL - GERANDO ENERGIA ELÉTRICA ALTERNADA (CA) - TEORIA E CONSTRUÇÃO DE BOBINA - 8ª Aula. Link do youtube: <https://youtu.be/lhwAGA6-LYw> e - Produção do autor)
- 1b - INDUÇÃO - LEI DE FARADAY - MAXWELL - GERANDO ENERGIA ELÉTRICA ALTERNADA (CA) - SERINGA E IMÃS - 14ª Aula. (Link do youtube: <https://youtu.be/6hxFrnWCuQc> - Produção do autor)

6.2.5 Atividade experimental prática

No dia 25 de novembro de 2021, das 08:00 às 12:00, foi realizada uma exposição presencial, com experimentos práticos, onde o material básico foi fornecido aos alunos e solicitado a eles que, com os conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores, executassem, manipulassem e construíssem os experimentos do tema de Geração de Energia Elétrica, de forma inovadora ou replicadora, fazendo uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.). Essa etapa se fez com a observação do autor e nesse período a SEEDUC RJ já havia liberado as atividades presenciais.

Na Figura 73 temos a foto da mesa com os materiais básicos fornecidos aos alunos.

Figura 73 - Mesa com os materiais básicos fornecidos aos alunos para realizarem experimentos.



Fonte: O autor

Na Figura 74 temos as fotos de alunos medindo e montando pilha CC com pote e água e sal.

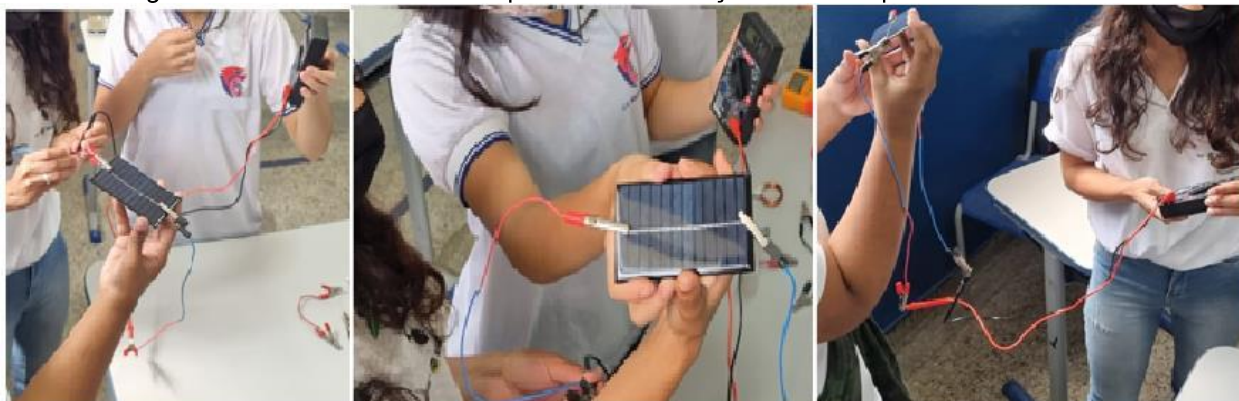
Figura 74 - Alunos realizando experimento com pilha CC.



Fonte: O autor

Na Figura 75 temos as fotos de alunos medindo e gerando eletricidade CC com placa solar.

Figura 75 - Alunos realizando experimento e medições em uma placa fotovoltaica



Fonte: O autor

Na Figura 76 temos a foto de bobina para indução de CA e de conectores tipo “Bico de Jacaré”.

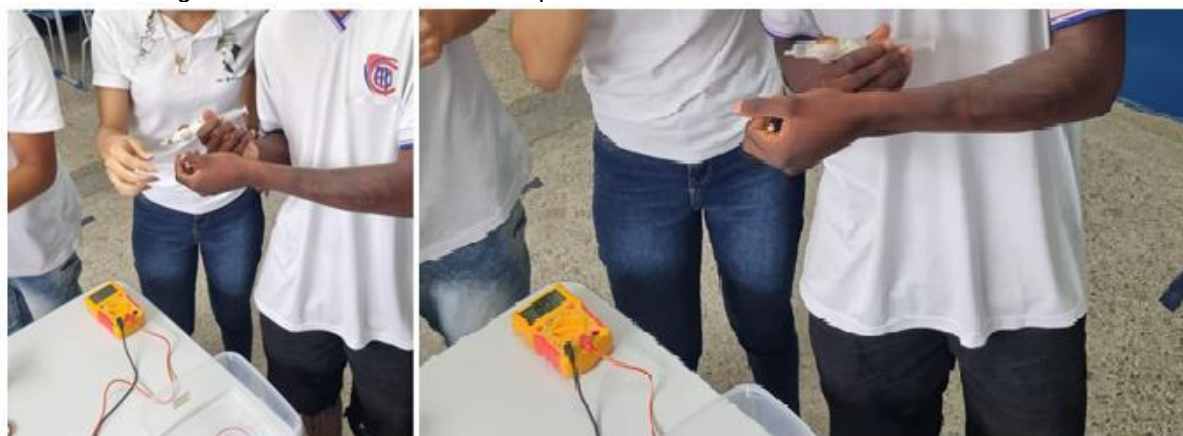
Figura 76 - Montagem da bobina para indução de CA



Fonte: O autor

Na Figura 77 temos as fotos de bobina enrolada em seringa induzindo CA e LED acendendo.

Figura 77 - Alunos realizando experimento induzindo CA e LED acendendo



Fonte: O autor

6.2.6 Questionário diagnóstico final

No dia 26 de novembro de 2021 foi aplicado, aos alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio de um colégio da SEEDUC – RJ, um questionário diagnóstico com o objetivo de determinar os conhecimentos que esses adquiriram sobre o tema de Geração de Energia Elétrica, ou seja, a Zona de Desenvolvimento Potencial em que os alunos se situam depois da aplicação do produto, identificando o instrumento e signos nos quais os docentes fazem uso após a aplicação do produto. Dessa forma visando detectar o conhecimento que os discentes adquiriram quando comparado ao aplicado em março de 2021.

Abaixo temos o questionário elabora pelo autor que foi aplicado aos alunos para diagnosticar os conhecimentos adquiridos por eles após a aplicação do produto.

PÓS-QUESTIONÁRIO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

1. Você compreendeu os experimentos de eletricidade? Qual foi o mais interessante em sua opinião?
2. Você já havia visto algum experimento desse tipo? Seja já viu, então qual?
3. Foi difícil manipular, mexer nos equipamentos?
4. Após os experimentos, como você poderia definir eletricidade?
5. Após os experimentos, cite um jeito pelo qual a eletricidade poderia ser gerada?
6. Cite exemplos de como a eletricidade é utilizada no nosso dia a dia.
7. Você tinha interesse nos assuntos referentes a eletricidade antes de assistir aos experimentos?

8. E após assistir aos experimentos você passou a se interessar mais?
9. Você gostaria de ter mais informações sobre o assunto?
10. Você pretende fazer curso superior em exatas, humanas ou saúde?

7. DISCUSSÃO SOBRE A APLICAÇÃO DO PRODUTO

7.1 NA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO INICIAL

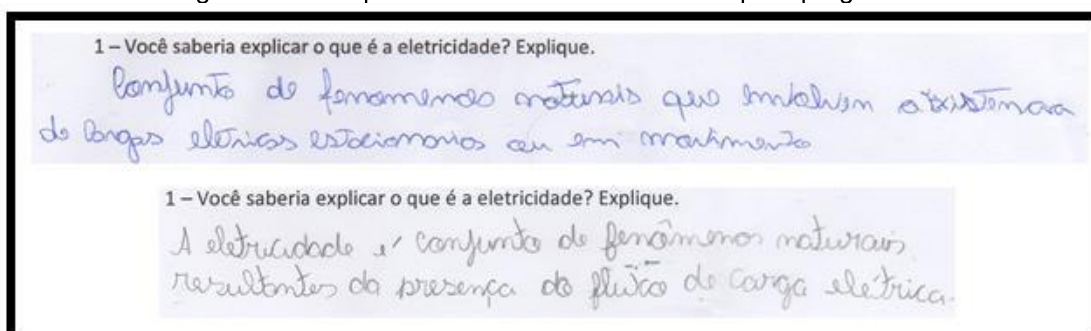
O questionário diagnóstico inicial da seção 6.2.2, com 10 perguntas, foi aplicado aos alunos, 12 no total, onde apesar dos discentes terem demonstrado uma curiosidade e animação inicial, no ato da aplicação do questionário esses se demonstraram desanimados, sendo preciso que o autor intervisse com palavras e discurso de incentivo enfatizando a importância do tema e do trabalho que estava ali sendo desenvolvido. Por fim, a aplicação foi realizada, sendo observado que:

1 - Você saberia o que é a eletricidade? Explique.

As respostas foram coerentes ou próximas do coerente para dois alunos (Figura 78), ocorreram respostas que se revelaram confusas, incompletas e não coerentes para sete alunos (Figura 79) e o número de alunos que não sabiam ou não responderam foram 3.

Para os 2 alunos que responderam de forma coerente, devemos observar e considerar a possibilidade de as respostas corretas serem frutos de fontes de consultas realizados pelos alunos. Para os sete alunos que responderam de forma confusa, incompleta e não coerente, demonstraram muito pouco conhecimento do tema. Já os três alunos que não responderem, se revelaram sem conhecimento do tema.

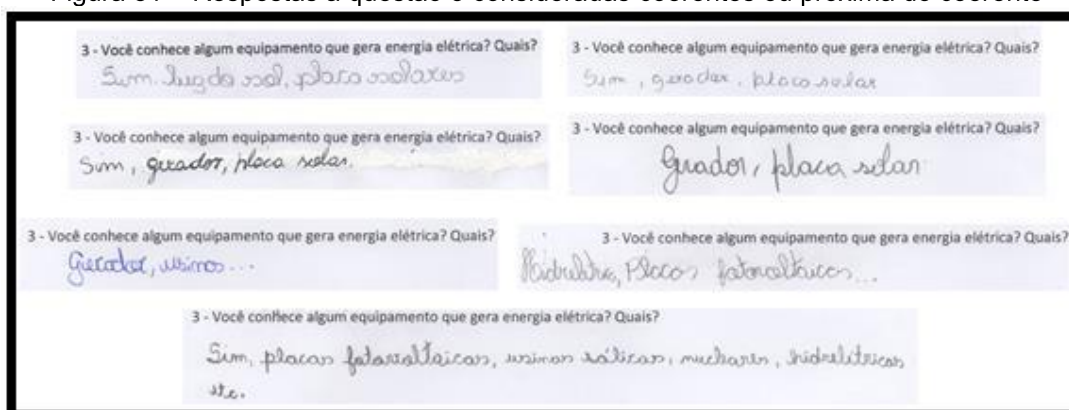
Figura 78 – Respostas consideradas coerentes para pergunta 1.



Fonte: O autor

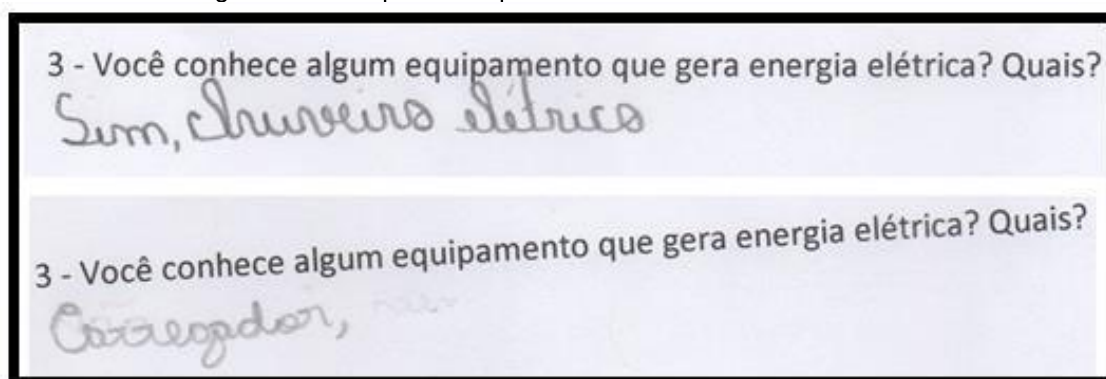
Para os sete alunos que responderam de forma coerente ou próxima do coerente, o fizeram com o conhecimento originado no dia a dia, por meio de informações, em sua maioria, extra sala de aula, como internet, TV etc. Já os dois alunos que responderam de forma incoerente, se revelaram sem conhecimento sobre o tema. E os três alunos que não responderam, se revelaram sem interesse pelo tema.

Figura 81 – Respostas à questão 3 consideradas coerentes ou próxima do coerente



Fonte: O autor

Figura 82 – Respostas à questão 3 consideradas não coerente



Fonte: O autor

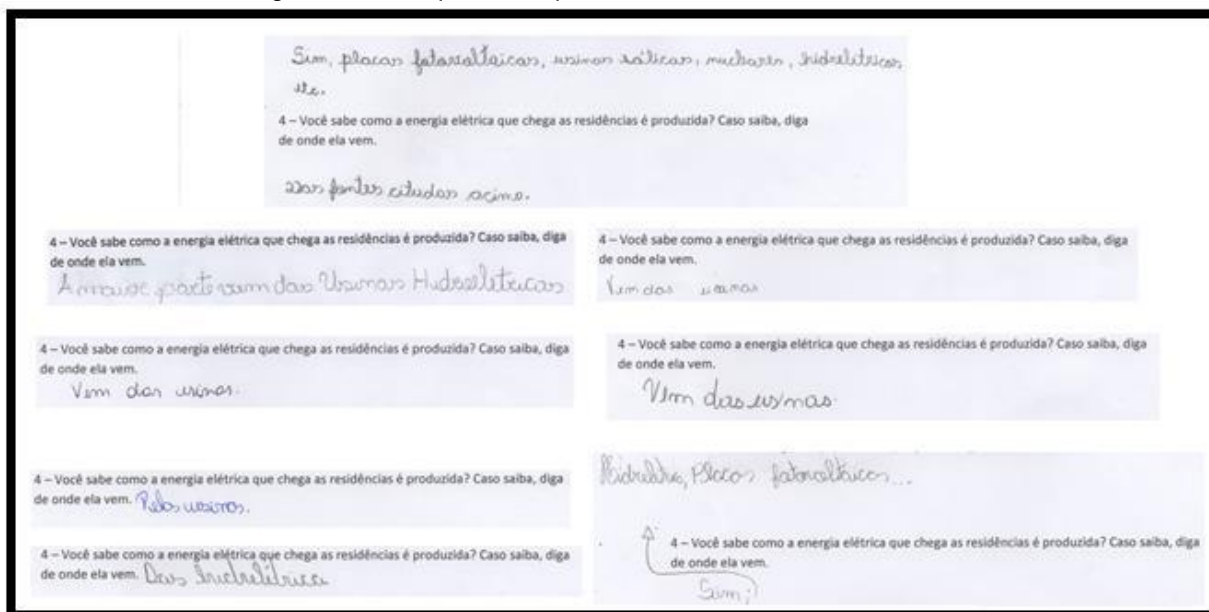
4 - Você sabe como a energia elétrica que chega às residências é produzida? Caso saiba, diga de onde ela vem.

As respostas foram coerentes ou próximas do coerente para oito alunos (Figura 83), ocorreram a resposta de um aluno que se revelou não coerentes (Figura 84) e o número de alunos que não sabiam ou não responderam foram 3.

Para os 8 alunos que responderam de forma coerente ou próxima do coerente, o fizeram com o conhecimento originado no dia a dia, por meio de informações, em sua maioria, extra sala de aula, como internet, TV etc., ou devemos considerar a possibilidade de terem realizado pesquisas para responder o questionário. Já o aluno

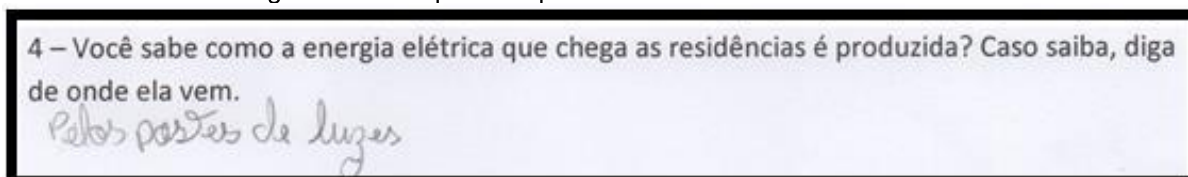
que respondeu de forma incoerente, se revelou sem conhecimento sobre o tema. E os 3 alunos que não responderam, se revelaram sem interesse pelo tema.

Figura 83 – Respostas à questão 4 consideradas coerentes.



Fonte: O autor

Figura 84 – Resposta à questão 4 considerada não coerente.



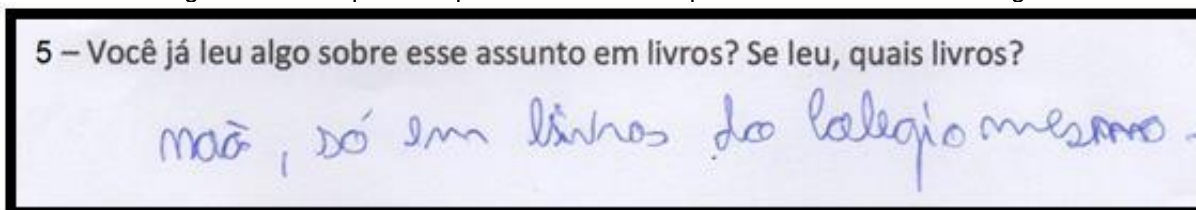
Fonte: O autor

5 - Você já leu algo sobre esse assunto em livros? Se já leu, então diga quais foram os livros.

A resposta de um aluno disse que ele havia lido somente em livros do colégio (Figura 85), a resposta de outro aluno dizia que ele havia lido, mas não se lembrava onde (Figura 86) e sendo que 10 alunos responderam que não leram (Figura 87).

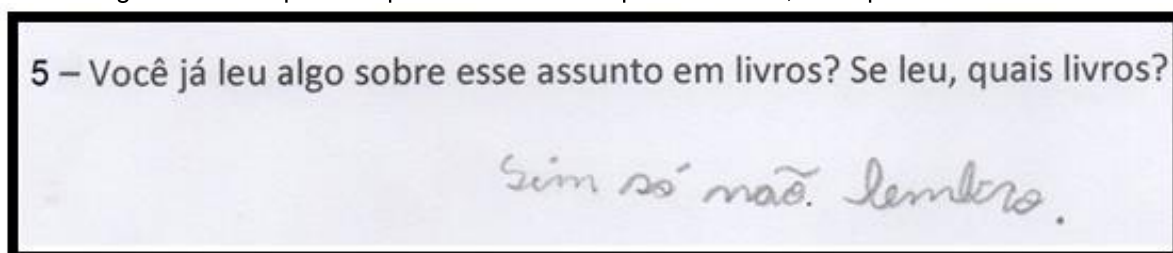
Um aluno disse ter lido somente através do material escolar, resposta essa que mostra uma leitura feita, muito possivelmente, somente para cumprir os compromissos escolares sobre o tema, por parte do aluno. Outro aluno disse ter lido, mas não lembrava onde, sendo assim esse aluno demonstrou ter fraquíssima ligação de estudo com o tema. Já os 10 alunos que respondeu nunca terem lido, se revelaram sem nenhuma experiência de estudo sobre o tema.

Figura 85 – Resposta à questão 5 de aluno que só leu em livros do colégio



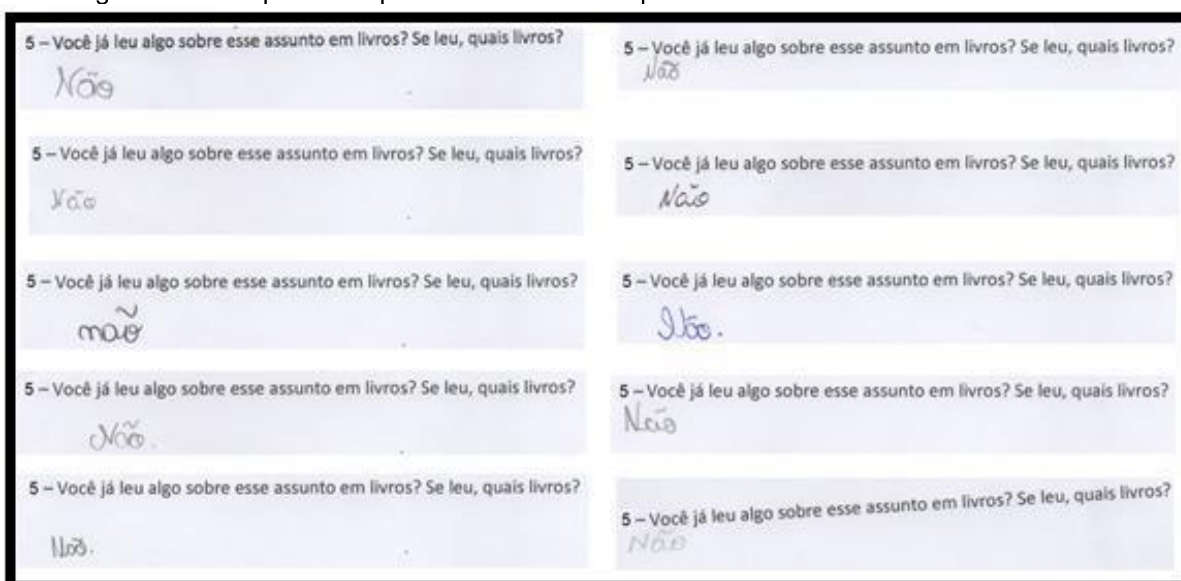
Fonte: O autor

Figura 86 – Resposta à questão 5 de aluno que diz ter lido, mas que não se lembrava.



Fonte: O autor

Figura 87 – Respostas à questão 5 dos alunos que disseram não ter lido sobre o assunto.



Fonte: O autor

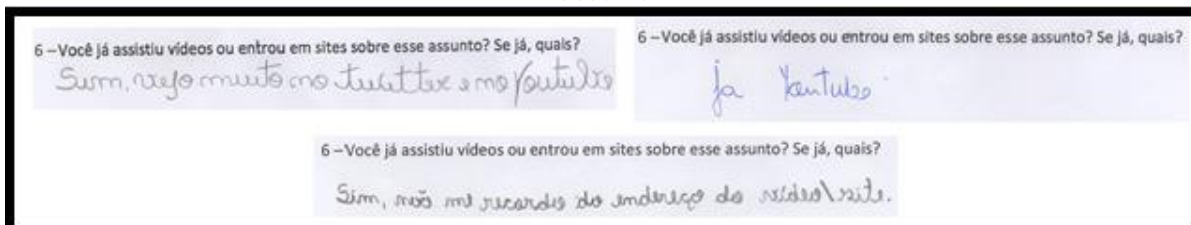
6- Você já assistiu vídeos ou já entrou em sites sobre esse assunto? Se já assistiu, então diga quais sites de vídeos

As respostas de três alunos diziam que eles haviam assistido vídeos sobre o assunto (Figura 88) e as respostas de nove alunos diziam que eles não haviam assistido vídeos sobre o assunto (Figura 89).

Três alunos disseram terem assistido vídeos sobre o tema em classe e extraclasse, dessa forma tiveram oportunidade e demonstraram certo grau de

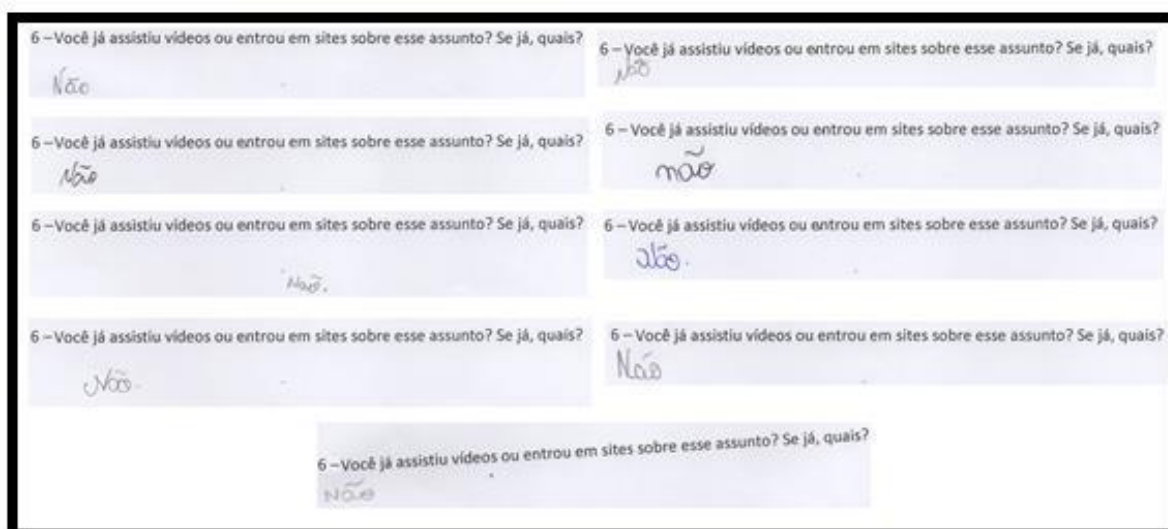
interesse pelo tema. Nove alunos responderam que nunca assistiram vídeos sobre o tema, dessa forma demonstrando falta de oportunidade ou desinteresse pelo tema.

Figura 88 – Respostas à questão 6 de alunos que disseram já terem assistidos vídeos sobre o assunto.



Fonte: O autor

Figura 89 – Resposta à questão 6 de alunos que disseram não terem assistido vídeos sobre o assunto



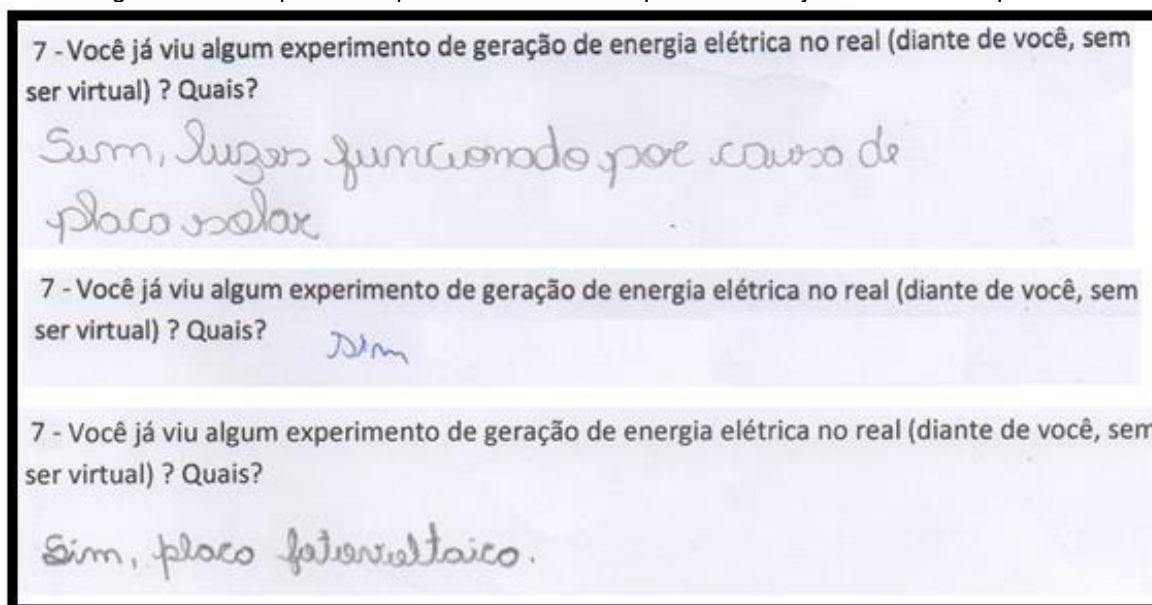
Fonte: O autor

7- Você já viu algum experimento de geração de energia elétrica no real, (diante de você, sem ser virtual)? Quais?

Nas respostas de três alunos diziam que eles haviam visto experimentos, diante deles, sem ser virtual, sobre o assunto (Figura 90) e as respostas de nove alunos diziam que eles não haviam visto experimentos, diante deles, sem ser virtual, sobre o assunto (Figura 91).

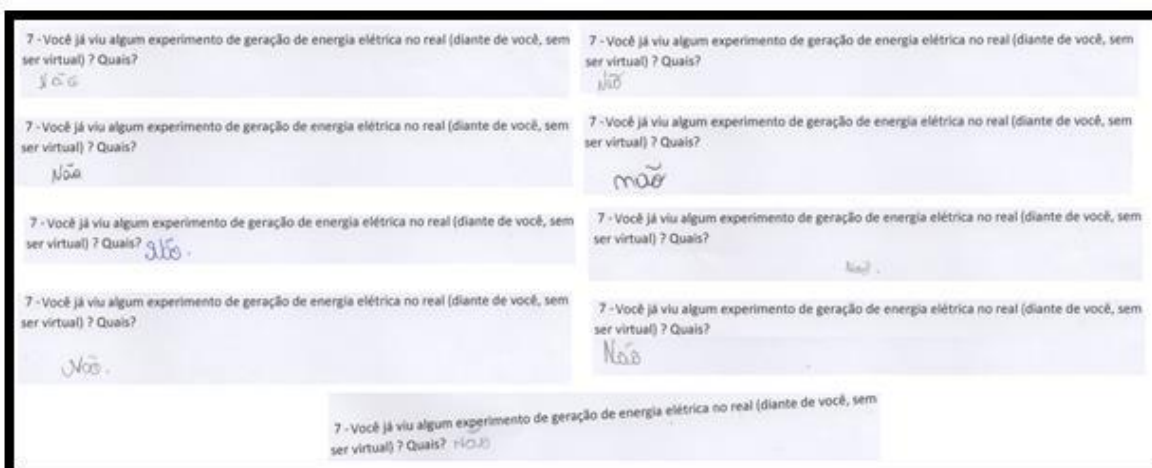
Três alunos disseram terem visto experimentos sobre o tema em classe e extraclasse, dessa forma tiveram oportunidade e demonstraram certo grau de interesse pelo tema. Nove alunos responderam que nunca haviam visto experimentos, dessa forma demonstrando falta de oportunidade ou desinteresse pelo tema.

Figura 90 – Respostas à questão 7 de alunos que disseram já terem visto experimento



Fonte: O autor

Figura 91 – Respostas à questão 7 de alunos que disseram não terem visto experimentos.



Fonte: O autor

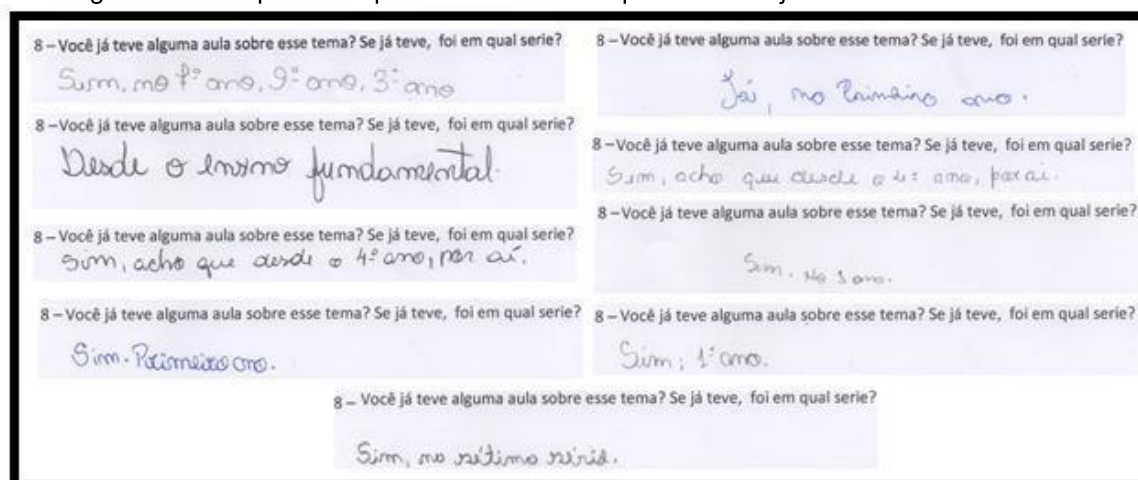
8- Você já teve alguma aula sobre esse tema? Se já teve, diga a série.

Nas respostas de 9 alunos diziam, sim, houve aulas sobre o tema, porém nessas respostas as várias séries citadas e as séries onde o conteúdo está previsto para ser oferecido aos alunos não estão de acordo, pois esse tema se aplica ao 9º ano do ensino fundamental e ao 3º ano do ensino médio (Figura 92). Ainda sobre essa pergunta, 3 alunos disseram que não ou não responderam (Figura 93).

Nove alunos disseram que tiveram aulas sobre o assunto, dessa forma eles tiveram a oportunidade de terem recebido essa informação por meios escolares, sendo que alguns se demonstraram confusos ou não sabiam exatamente em qual

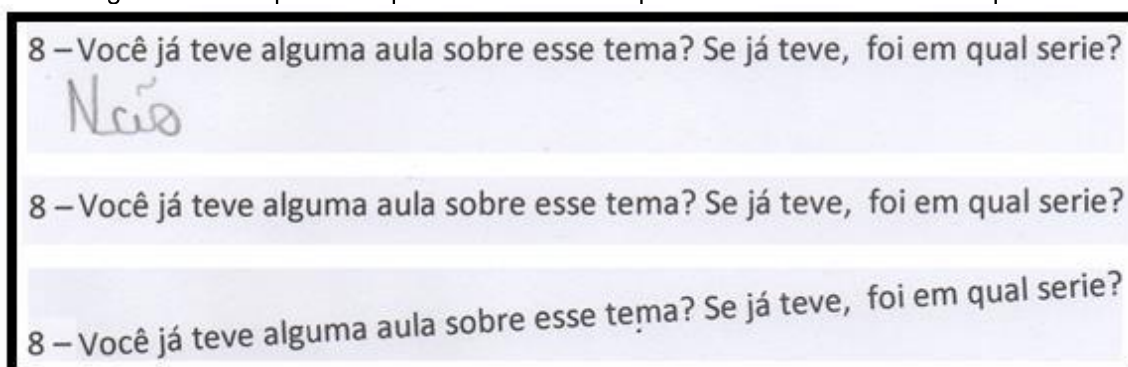
série isso ocorreu. Três alunos responderam que nunca tiveram aula desse tema, dessa forma demonstrando falta de oportunidade ou tiveram as aulas e por desinteresse não se lembravam.

Figura 92 – Respostas à questão 8 de alunos que disseram já tiveram aulas sobre o tema.



Fonte: O autor

Figura 93 – Respostas à questão 8 de alunos que disseram “não” ou não responderam.



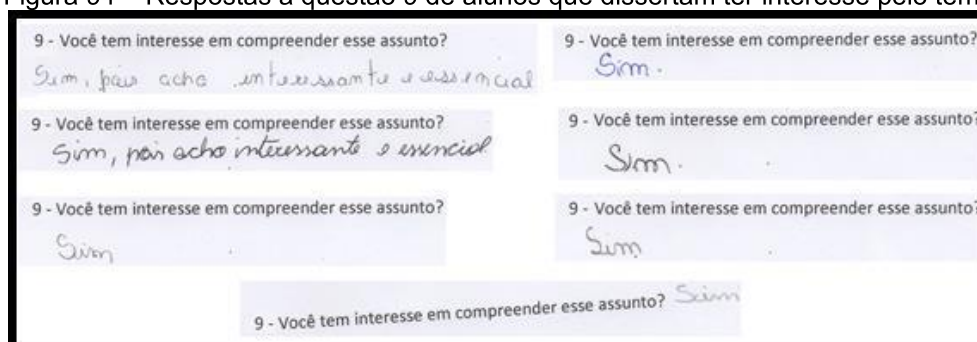
Fonte: O autor

9- Você tem algum interesse em compreender esse tema?

Nas respostas de sete alunos disseram, sim, terem interesse no tema (Figura 94), um aluno disse tem e não tem (Figura 95) e quatro alunos disseram não ter (Figura 96).

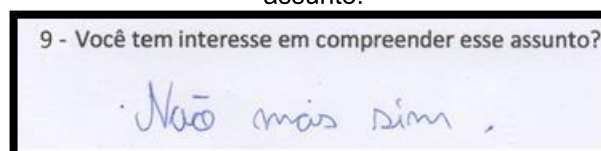
Sete alunos disseram ter interesse sobre o tema, revelando assim que o interesse e a curiosidade existem neles, sendo necessárias mais oportunidades e incentivos. Um aluno disse que não sabia se tinha ou não interesse, revelando a necessidade de indeciso sobre a questão. Quatro alunos disseram não ter interesse sobre o tema, podendo ser essa resposta fruto de poucas oportunidades, informações e envolvimento com o tema.

Figura 94 – Respostas à questão 9 de alunos que dissertam ter interesse pelo tema.



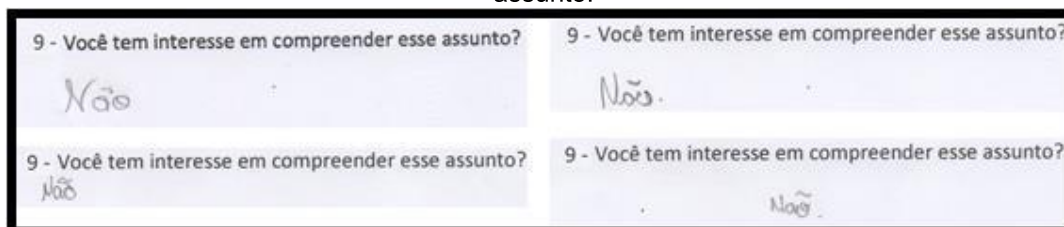
Fonte: O autor

Figura 95 – Resposta à questão 9 de um aluno que disse sim e não quanto em compreender o assunto.



Fonte: O autor

Figura 96 – Respostas à questão 9 de alunos que disseram não ter interesse em compreender o assunto.



Fonte: O autor

10 - Você tem algo a acrescentar sobre esse tema?

Todos deixaram em branco. Possivelmente o fato de aluno algum ter acrescentado algo, não terem colocado nada de forma livre, se deve ao fato de todos terem um conhecimento limitado sobre o assunto.

7.2 NAS SESSÕES DE AULAS ONLINE

Nos encontros online, como já apresentado na seção 6.2.3, no total de 16 sessões online, os alunos fizeram poucas perguntas nas aulas teóricas, interagiram pouco, apesar dos esforços incentivadores do autor, sendo apropriado dizer que em aulas presenciais a participação é mais expressiva. Já nas aulas onde ocorreram

demonstrações práticas de experimentes várias perguntas ocorreram, o autor respondeu esses questionamentos com outras perguntas a fim de criar desafios e estimular a interação entre os alunos, seguindo os referenciais teóricos de Vygotsky, propondo a pesquisas e que eles realizassem os experimentos, trocando experiência e informações entre eles e que levassem isso as aulas online seguintes, assim foi feito, porém sem resultado interativo obtido. Algumas das perguntas feitas online pelos alunos foram:

- Por que a pilha não dá choque?
- Por que não pode encher um reservatório de água de usina hidrelétrica vazio com caminhões pipa? Por que precisa esperar chover?
- Poderia ligar uma TV com eletricidade produzida por uma quantidade muito grande limões, interligados por conexões de fios e com metais diferentes introduzidos neles?
- Seria possível produzir e aproveitar a energia eólica colocando uma hélice no teto externo de um veículo em movimento?
- Por que o enrolamento de uma bobina não é um curto-circuito?

7.3 NA SESSÃO DE AULA PRESENCIAL, FINALIZANDO O TRABALHO COM OS EXPERIMENTOS PRÁTICOS

No encontro presencial, prático de experimentos, como já apresentado na seção 6.2.5, os alunos puderam executar os experimentos com base nos conhecimentos teóricos e práticos apresentados nas sessões de aulas online. Essa dinâmica foi observada e mediada pelo autor, que os estimulou com questionamentos e desafios buscando a interação entre eles na execução experimental, de acordo com os referenciais teóricos de Vygotsky.

Dos 12 alunos presentes na sala onde foi feito as práticas, apenas um não participou, mesmo tendo o autor o incentivado.

Nesse encontro o autor, após os experimentos, retomou aos questionamentos feitos pelos alunos na seção 7.2 e mediou, levando os alunos a raciocinarem sobre as respostas a tais questionamentos e as encontrarem. Os alunos chegaram as seguintes conclusões:

- i) Por que a pilha não dá choque?

Resposta: As pilhas produzem baixa tensão, sendo assim não conseguem romper a resistência elétrica da pele humana e sendo assim não teremos uma corrente elétrica percorrendo o corpo humano.

ii) Por que não pode encher um reservatório de água de usina hidrelétrica vazio com caminhões pipa? Por que precisa esperar chover?

Resposta: Ao se retirar água da parte baixa de rio e coloca lá na parte alta, o transporte consumirá combustível que não compensará, economicamente, a produção da energia elétrica, sendo assim esse transporte deverá ser feito pela natureza, gratuitamente, o sol evaporará a água e as chuvas repõem o nível do reservatório. É importante ressaltar que além do fator econômico inviável, esse meio de repor água no reservatório por transporte humano levaria, possivelmente, a problemas ecológicos.

iii) Poderia ligar uma TV com eletricidade produzida por uma quantidade muito grande limões, interligados por conexões de fios e com metais diferentes introduzidos neles?

Resposta: Necessária de uma quantidade enorme de componentes (limões) para termos a tensão necessária para alimentar a TV, pois cada limão gera tensão e corrente elétrica CC muito baixa.

iv) Seria possível produzir e aproveitar a energia eólica colocando uma hélice no teto externo de um veículo em movimento?

Resposta: Sim é possível produzir energia elétrica através desse equipamento, porém o movimento do veículo estaria submetido a um aumento do arrasto aerodinâmico e com isso o motor consumiria mais combustível, de uma forma geral não seria viável economicamente tal produção de energia elétrica.

v) Por que o enrolamento de uma bobina não é um curto-circuito?

Resposta: A longa extensão do comprimento do fio, em espiral que compõem a bobina, pela Segunda Lei de Ohm terá uma resistência elétrica expressiva. Caso seja percorrida por uma CC teremos essa percorrendo a citada resistência elétrica e a bobina se comportando como tal, caso seja percorrido por uma CA teremos essa percorrendo a citada resistência elétrica e se comportando como um indutor.

Foram 12 alunos participando do encontro de experimentos, onde somente um aluno não se interessou, apesar do incentivo do autor.

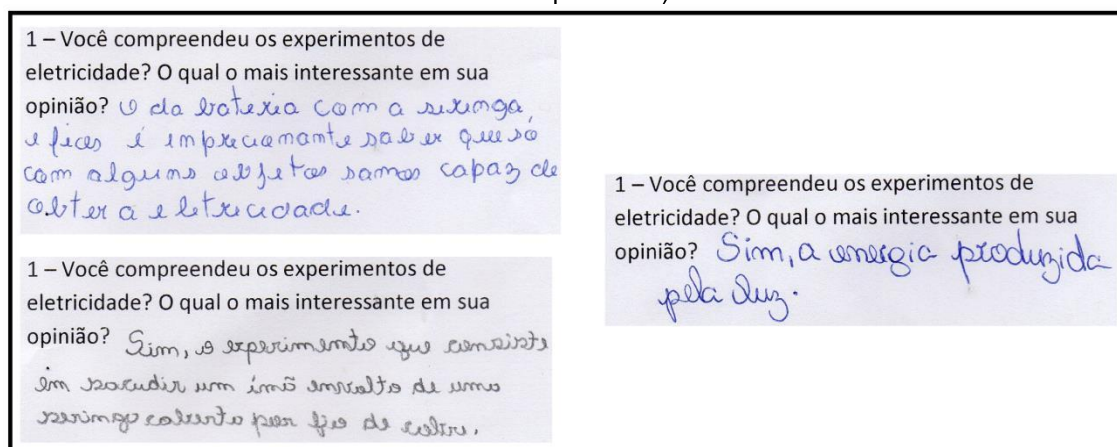
7.4 NA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO FINAL

O questionário diagnóstico final (pós a aplicação do produto) da seção 6.2.6, com 10 perguntas, foi aplicado aos alunos. É importante observar aqui que no encontro experimental, realizado no fim do ano letivo, estavam presentes 12 alunos, porém por motivos de horário, após os experimentos somente puderam ficar 5 alunos e dessa forma somente esses responderam ao questionário final. A aplicação foi realizada, sendo observado que:

1 – Você compreendeu os experimentos de eletricidade? Qual o mais interessante em sua opinião?

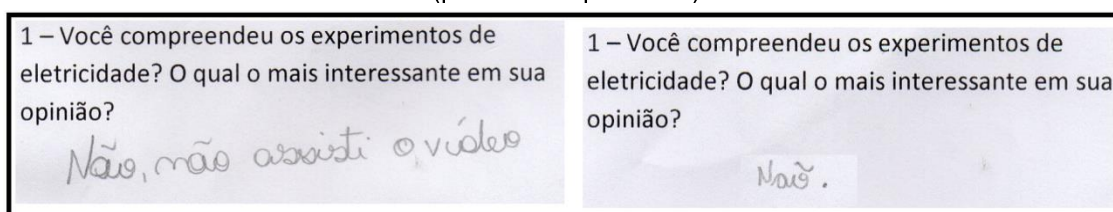
Dois alunos responderam que compreenderam e gostaram do experimento do gerador feito de espiras e seringa, um aluno disse que compreendeu (Figura 97) e dois alunos disseram não terem compreendido (Figura 98).

Figura 97 – Respostas dos alunos que dizem ter compreendido os experimentos de eletricidade (pós-teste - questão 1).



Fonte: O autor

Figura 98 – Respostas dos alunos que dizem não ter compreendido os experimentos de eletricidade (pós-teste - questão 1).



Fonte: O autor

2 – Você já havia visto algum experimento desse tipo? Se já, então qual?

Três alunos responderam que não tinham visto experimentos desse assunto (Figura 99) e um aluno disse já ter visto de placa solar (Figura 100).

Figura 99 – Resposta de alunos que disseram não ter visto experimentos desse assunto (pós-teste – questão 2)

2 – Você já havia visto algum experimento desse tipo? Se já, então qual? Não	2 – Você já havia visto algum experimento desse tipo? Se já, então qual? Não
2 – Você já havia visto algum experimento desse tipo? Se já, então qual? Não.	2 – Você já havia visto algum experimento desse tipo? Se já, então qual? Não

Fonte: O autor

Figura 100 - Resposta de um aluno que disse já ter visto um experimentos de placa solar (pós-teste – questão 2)

2 – Você já havia visto algum experimento desse tipo?
Se já, então qual?
Sim, do mini placa solar.

Fonte: O autor

3 – Foi difícil manipular, mexer nos equipamentos?

Três alunos responderam que não foi difícil manipular os experimentos (Figura 101) e dois alunos não responderam.

Figura 101 – Respostas dos alunos que disseram que não foi difícil manipular os experimentos (pós-teste – questão 3)

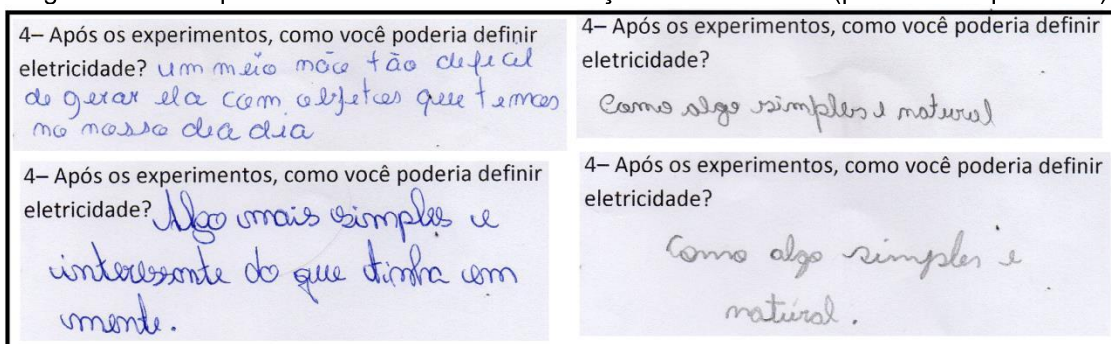
3 – Foi difícil manipular, mexer nos equipamentos? Não, foi bem fácil para uma primeira vez.
3 – Foi difícil manipular, mexer nos equipamentos? Não, mais fácil do que pensava.
3 – Foi difícil manipular, mexer nos equipamentos? Não

Fonte: O autor

4 – Após os experimentos, como você poderia definir eletricidade?

Quatro alunos responderam de forma vaga o que era perguntado (Figura 102) e um aluno não respondeu.

Figura 102 - Respostas dos alunos sobre a definição de eletricidade (pós-teste – questão 4)

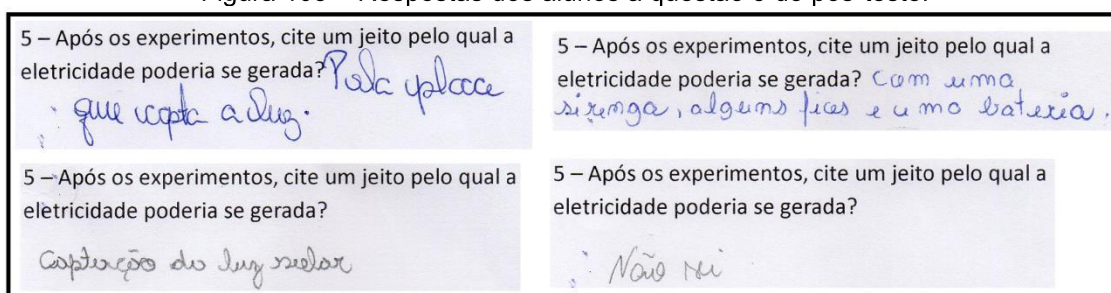


Fonte: O autor

5 – Após os experimentos, cite um jeito pelo qual a eletricidade poderia se gerada?

Dois alunos citaram as placas solares, um aluno citou o gerado de espiras e seringa, bem como baterias, um aluno não sabia (Figura 103) e um aluno não respondeu.

Figura 103 – Respostas dos alunos à questão 5 do pós-teste.

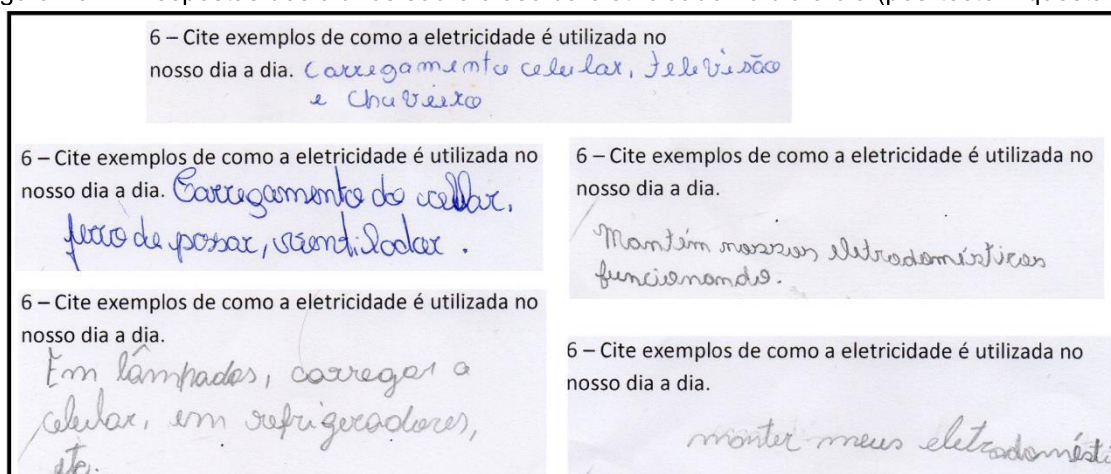


Fonte: O autor

6– Cite exemplos de como a eletricidade é utilizada no nosso dia a dia.

Os cinco alunos citaram o uso doméstico e cotidiano como exemplo (Figura 104).

Figura 104 – Respostas dos alunos sobre o uso da eletricidade no dia a dia (pós-teste – questão 6)



Fonte: O autor

7 – Você tinha interesse nos assuntos referentes a eletricidade antes dos experimentos?

Um aluno disse sim, quatro alunos disseram que não (Figura 105).

Figura 105 – Respostas dadas à questão 7 do pós-teste.

7 – Você tinha interesse nos assuntos referentes a eletricidade antes dos experimentos? <i>Sim, muito, desde</i>	7 – Você tinha interesse nos assuntos referentes a eletricidade antes dos experimentos? <i>Não.</i>
7 – Você tinha interesse nos assuntos referentes a eletricidade antes dos experimentos? <i>Não, não me interessei depois que eu participei dos experimentos</i>	7 – Você tinha interesse nos assuntos referentes a eletricidade antes dos experimentos? <i>Não</i>
	7 – Você tinha interesse nos assuntos referentes a eletricidade antes dos experimentos? <i>Não</i>

Fonte: O autor

8 – E após os experimentos você passou a se interessar mais?

Um aluno disse sim, que passou a ter interesse após os experimentos, um aluno disse que sim, um aluno disse que mais ou menos, um aluno disse que não (Figura 106) e um aluno não respondeu.

Figura 106 – Respostas dos alunos sobre o interesse proporcionado pelos experimentos (pós-teste – questão 8)

8 – E após os experimentos você passou a se interessar mais? <i>Sim, a eletricidade é muito eficiente no nosso dia a dia e saber que podemos fazer ela com objetos simples pode influenciar muito a sociedade a se tornar melhor.</i>	8 – E após os experimentos você passou a se interessar mais? <i>Mais e menos.</i>
8 – E após os experimentos você passou a se interessar mais? <i>Sim.</i>	8 – E após os experimentos você passou a se interessar mais? <i>Não</i>

Fonte: O autor

9 – Você gostaria de ter mais informações sobre o assunto?

Na pergunta 9 do questionário diagnóstico final, três alunos disseram que gostariam ter mais informação sobre o assunto, dois disseram que não (Figura 107).

Figura 107 – Respostas dos alunos sobre o interesse em ter mais informações sobre o assunto (pós-teste – questão 9)

9 – Você gostaria de ter mais informações sobre o assunto? <i>Sim, achei muito interessante a forma que podemos ter a leitura de com objetos simples.</i>	9 – Você gostaria de ter mais informações sobre o assunto?
9 – Você gostaria de ter mais informações sobre o assunto? <i>Sim, não sei muito sobre.</i>	<i>Não</i>
9 – Você gostaria de ter mais informações sobre o assunto? <i>Sim.</i>	9 – Você gostaria de ter mais informações sobre o assunto? <i>Não</i>

Fonte: O autor

10 – Você pretende fazer curso superior em Exatas, Humanas ou Saúde?

Na pergunta 10 do questionário diagnóstico final, dois alunos disseram que querem fazer curso superior, mas não disseram em qual área, um aluno disse que em humanas (Figura 108) e dois alunos não responderam.

Figura 108 – Respostas dos alunos à questão 10 do pós-teste.

10 – Você pretende fazer curso superior em Exatas Humanas ou Saúde? <i>Sim.</i>
10 – Você pretende fazer curso superior em Exatas, Humanas ou Saúde? <i>Sim.</i>
10 – Você pretende fazer curso superior em Exatas, Humanas ou Saúde? <i>Humanas.</i>

Fonte: O autor

8. CONCLUSÃO

A partir do questionário inicial podemos observar que os alunos, em sua grande maioria, desconheciam os temas propostos, ou possuíam um conhecimento muito superficial, provavelmente fruto do que aprendiam no seu cotidiano. A aplicação deste produto educacional contou os encontros online, com as explicações expositivas da associação entre os conceitos relacionados ao seu desenvolvimento histórico e associando experimentalmente. Com esta abordagem, pode-se perceber com a análise comparativa entre os resultados dos questionários final e inicial, que os alunos começaram a adquirir conceitos científicos, conheceram novos Instrumentos e Signos sobre o tema e levantaram questionamentos relevantes ao aprendizado destes conceitos. Com os experimentos práticos presenciais mediados pelo autor, os alunos puderam vivenciar na prática o que foi exposto anteriormente de forma expositiva e, dessa forma, puderam obter algumas respostas para os seus questionamentos, com seus próprios meios, e sempre mediados pelo autor.

Não foi possível explorar o sócio-construtivismo de Vygotsky de forma expressiva, pois essa interação social não ocorreu nas 16 aulas expositivas realizadas por meio de videoconferências, que se realizaram no período de afastamento social por causa da pandemia de COVID 19. A ocorreu mais intensamente no encontro presencial final onde os experimentos foram realizados na prática e com intensa participação dos alunos, com grande interação entre os próprios alunos.

De forma qualitativa, e dentro dos referenciais teóricos de Vygotsky, esse trabalho pôde explorar de forma mais expressiva os Instrumentos e Signos nos quais esses alunos fazem uso.

Nas respostas dos alunos referentes à aplicação do questionário inicial, percebeu-se que, em geral, os instrumentos utilizados nos quais eles reconheciam e identificavam a eletricidade se restringiam aos de uso diário. Percebeu-se também que não tinham informações precisas sobre a geração da eletricidade e nem sua conceituação científica. Observando as respostas do questionário final, pôde-se observar que existiu um avanço nos conceitos científicos de eletricidade, tanto estática quanto da corrente elétrica, de instrumentos que fazem uso delas, da geração da eletricidade e da vontade de expandir os conhecimentos futuros sobre o tema. No início das 16 aulas por videoconferência percebeu-se que os alunos praticamente não apresentavam familiaridade com os instrumentos de medições elétricos. Ao longo do

projeto isso foi se modificando e a na aula presencial final os alunos se mostraram muito à vontade no manuseio desses;

Nas respostas dos alunos referentes a aplicação do questionário inicial, percebeu-se os alunos não tinham conhecimentos de signo (figuras, gráficos, tabelas, unidades e grandezas de medidas físicas, símbolos). Observando as respostas do questionário final, não foi possível perceber avanços sobre esse tema (signos), apesar de bem poucos alunos terem demonstrado a intenção de expandir os conhecimentos futuros sobre a eletricidade e sua geração. No início das 16 aulas por vídeo conferência percebeu-se que os alunos não tinham conhecimentos algum sobre os signos (figuras, gráficos, tabelas, unidades e grandezas de medidas físicas, símbolos), salvo pelo fato de saberem que certos aparelhos de uso diário devem ser ligados em 110V e outros em 220V, porém ao longo dos trabalhos isso foi se modificando e a na aula presencial final os alunos se demonstravam com um certo conhecimentos dos conceitos;

No presente ano o autor irá realizar a aplicação do mesmo tema para a mesma clientela estudantil, só que com todos os encontros presenciais e fazer no final uma análise e comparação entre a forma na qual foi aplicada na época do distanciamento social e no presencial, tendo a expectativa futura de poder com isso conseguir a interação social de forma expressiva, além de expandir os conhecimentos sobre novos Instrumentos e Signos, fazendo uso da ZDP. O autor está preparando mais conteúdos, na forma de vídeos, experimentos, textos e mais encontros, bem como também a aplicação do tema distribuído ao longo de todos os anos do ensino médio, sendo que futuramente os conteúdos e o método poderão ser utilizados por profissionais da área do ensino de física, material esse que o autor disponibiliza em livre acesso pelo youtube e outros meios na internet.

Dessa forma esse trabalho poderá ser aplicado tanto no ensino presencial, quanto no ensino remoto, sendo aprimorado por todos aqueles que futuramente venham a fazer uso dele.

REFERÊNCIAS

- BEZERRA, Valter Alnis. Maxwell, a teoria do campo e a desmecanização da física. **Scientia & Studia**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 177-220, p. 183, 2006
- CARVALHO, A.T.G; SILVA, L.V.F; NEVES, A.J.M; CARVALHO, R.S. Análogos para resistência e resistividade elétrica. **Anais... XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2019**.
- CARVALHO, Rosita Edler. **Escola Inclusiva: a reorganização do trabalho pedagógico**. Porto Alegre – RS: Mediação, 2012.
- CLOSE, Charles M. **Circuitos lineares**. 2ª ed. Rio de Janeiro–RJ: LTC, 1975.
- EDMINISTER, Joseph A. **Circuitos elétrico**. 2ª ed. São Paulo SP: Schaum McGraw Hill. 1991.
- EINSTEIN, A.; INFELD, L. **A Evolução Da Física**. Zahar Editores.
- EMILIANO, Joyce Monteiro; TOMÁS, Débora Nogueira. Vygotsky: a relação entre afetividade, desenvolvimento e aprendizagem e suas implicações na prática docente. **Cadernos de Educação: Ensino e Sociedade**. Bebedouro, SP, v. 2, n. 1, p.59-72, 2015.
- FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, C. Jr.; UMANS, S. D. **Máquinas Elétricas – 5ª Edição**. Editora: Artmed Bookman – ISBN: 85.600.3104-9
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. Volume 3, eletromagnetismo. 9ª ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2013.
- HAYT, W. H. Jr., BUCK, J. A. **Eletromagnetismo – 6ª Edição**. Editora LTC – ISBN: 85-216-1365-2
- MORAIS, Rodrigo Fernandes. **A Natureza da Eletricidade (Uma Breve História)**. Dissertação de Mestrado – UFRJ / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Rio de Janeiro - RJ, 2014.
- MOREIRA, Marco Antônio. **Linguagem e aprendizagem significativa**. Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre - RS, 1999.
- NUSSENZVEIG, H. Moisés. **Curso de Física Básica 3**. Volume 3, eletromagnetismo. 5ª ed. São Paulo – SP: Blucher, 2013.
- REGO, Teresa Cristina. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. Petrópolis - RJ: Vozes, 1995.
- REITZ, J.R.; MILFORD, F.J.; R.W. **Fundamentos da Teoria Eletromagnética**. São Paulo: Editora Campus, 1982.
- SILVA, Cibelle Celestino; PIMENTEL, Ana Carolina. Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos. Caso de Benjamin Franklin. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, ISSN-e2175-

TORO, V. D. **Fundamentos de Máquinas Elétricas** - 550 pp. 1ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 1999

WALTER, O. L. A história da eletricidade (**resumo**) disponível em <http://www.univasf.edu.br/~edmar.nascimento/iee/1HistoriaEletricidade.pdf> - Acessado em 10/12/2020

APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL

A seguir, apresentamos o produto educacional resultante desta pesquisa.



MNPEF MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA
POLO 24 - UFJF / IF Sudeste-MG

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Sidney Pinheiro Duarte Santana

A geração de energia elétrica de corrente contínua (CC) e de corrente alternada (CA) através de práticas de fácil execução

JUIZ DE FORA

2024

Sidney Pinheiro Duarte Santana

A geração de energia elétrica de corrente contínua (CC) e de corrente alternada (CA) através de prática de fácil execução

Produto educacional apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Akashi Hernandez

JUIZ DE FORA

2024

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	3
2. FUNDAMENTOS EDUCACIONAIS E METODOLÓGICOS DE ENSINO	4
2.1. A ZPD (ZONA DE DESENVOLVIMENTO POTENCIAL).....	4
2.2. INSTRUMENTOS E SIGNOS.....	6
3. ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	8
3.1 QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO INICIAL	8
3.2 AULA 1 – HISTÓRIA DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE.....	10
3.3 AULA 2 – EXPERIMENTOS DE ELETRIZAÇÃO ESTÁTICA).....	12
3.4 AULA 3 – GRANDEZAS, MEDIÇÕES, LEIS DE OHM.....	14
3.5 AULA 4 CC – PILHA FEITA COM FRUTAS E METAIS DIFERENTES COMO ELETRODOS	16
3.6 AULA 5 CC – PILHA COM POTE DE ÁGUA E SAL.....	19
3.7 AULA 6 CC – PILHA DE MOEDA E SOLUÇÃO DE SAL	21
3.8 AULA 7 CC – REVISÃO DOS EXPERIMENTOS.....	24
3.9 AULA 8 – FLUXO MAGNÉTICO, LEI DE AMPÈRE E INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA (LEI DE FARADAY-LENZ).....	25
3.10 AULA 9 – APLICAÇÃO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA - GERADOR DE FARADAY CC	28
3.11 AULA 10 – APLICAÇÃO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA - GERADOR DE CA - TRANSFORMADORES.....	29
3.12 AULA 11 CA – SOBRE USINAS HIDRELÉTRICAS.....	31
3.13 AULA 12 CA – SOBRE USINA TERMOELÉTRICA E USINA NUCLEAR	32
3.14 AULA 13 CA – SOBRE GERAÇÃO EÓLICA E OUTRAS FORMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA	34
3.15 AULA 14 – EXPERIMENTO DE CA (GERADOR DE CA COM IMÃS E SERINGA)..	36
3.16 AULA 15 CC – PLACA SOLAR.....	42
3.17 AULA 17 – EXPERIMENTAÇÃO SOBRE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	45
3.18 QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO FINAL.....	47
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS	50

1. APRESENTAÇÃO

Temos aqui um produto educacional que foi elaborado a partir da dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do autor, que visa ser uma ferramenta para o ensino do tema de geração de energia elétrica para alunos do Ensino Médio, fazendo uso de experimentos de fácil execução em sala aula de forma teórica e prática, com materiais acessíveis e de baixo custo do dia a dia, complementado com vídeos no *Youtube* de autoria do próprio autor, podendo ser aplicado de em ensino remoto, híbrido ou presencial.

A aplicação foi realizada de forma híbrida, devido a pandemia de COVID-19, em uma escola da Rede da Secretária Estadual de Ensino do Estado do Rio de Janeiro, SEEDUC – RJ, em uma turma do 3º Ano do Ensino Médio ao longo do ano de 2021, com 16 aulas teórica por videoconferência, complementadas por vídeos do autor no *Youtube* e uma aula prática experimental presencial, em que os alunos criaram seus próprios experimentos e utilizaram os propostos, também foi aplicado aos alunos um questionário diagnóstico inicial e um questionário diagnóstico final afim de avaliar o conhecimento dos alunos respectivamente antes e depois da aplicação do produto.

A avaliação se fez ao longo do processo, avaliando:

- i) A presença e a participação em vídeos conferências;
- ii) A elaboração, criação e execução dos experimentos;
- iii) A resposta aos questionários.

Como resultado final, pode-se observar que o produto tem potencial para ser utilizado de forma eficiente, aqui em um período em que se fez necessário o uso do Ensino a Distância e/ou Híbrido, trazendo conhecimento e despertando interesses pelo tema, até então desconhecido pela maioria dos alunos.

2. FUNDAMENTOS EDUCACIONAIS E METODOLÓGICOS DE ENSINO

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, o produto será aplicado em caráter de ensino híbrido através das tentativas e esforços de buscar o sócio-interacionismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Segundo Rego (1995, p.61): “O desenvolvimento do sujeito humano se dá a partir das constantes interações com o meio social em que vive” e ainda de acordo com Rego (1995, p.61): “O ser humano não só é um produto de seu contexto social, mas também um agente ativo na criação deste contexto. ”Além do já citado relacionamento desenvolvido entre professor e aluno, temos também o ambiente e a troca de informação como fator promovedor da interação social. Nas palavras de Carvalho (2012): “A interação social não se define apenas pela comunicação entre o professor e o aluno, mas também pelo ambiente em que a comunicação ocorre, de modo que o aprendiz interage também com os problemas, os assuntos, as informações e os valores culturais dos próprios conteúdos com os quais estamos trabalhando em sala de aula. ” E de acordo com Moreira (1999, p.112): “O principal para Vygotsky é sempre buscar a interação social. ”

Nessa metodologia o elemento analisado não é o professor e/ou aluno, mas sim a interação entre esses, os instrumentos e signos utilizados pelos alunos antes e após a aplicação do produto. Partindo disso os conceitos de Vygotsky se relacionam com o meio onde o indivíduo está inserido e temos assim o início da construção do conhecimento. Assim sendo, por Vygotsky, temos:

2.1. A ZPD (ZONA DE DESENVOLVIMENTO POTENCIAL)

Partindo de um saber atual (Zona de Desenvolvimento Real), passando pela ponte onde temos a mediação (Zona de Desenvolvimento Proximal) e por fim alcança se o saber (Zona de Desenvolvimento Potencial), onde podemos associar a Figura 01 fazendo uso da figura de uma paisagem.

Figura 1 – Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZPD)



Fonte: <https://cursocompletodepedagogia.com/tag/onde- ficam-as-zonas-de-desenvolvimento-real-e-proximal/> - Acessado em 21/01/2024

No contexto dessa metodologia, nossa proposta segue a seguinte organização:

- i) Inicia-se com a aplicação de um questionário diagnóstico inicial que busca identificar a Zona de Desenvolvimento Real dos estudantes.

No contexto do Nível de Desenvolvimento Real podemos tratar das concepções alternativas, também chamadas de conceitos prévios ou conceitos espontâneos dos estudantes.

Nos estudos na área da educação há várias definições para essas concepções, entre as quais destacamos:

- Brum e Schumacher (2014): “São representações que cada indivíduo faz do mundo que os rodeiam, consoante a sua própria maneira de ver o mundo e de ver a si próprio;”
- Paiva e Martins (2013): “Devem ser encaradas como construções pessoais, que o professor tem o dever de procurar conhecer, compreender, e valorizar para decidir o que fazer e como fazer o seu ensino, ao longo do estudo de um tópico;”
- Menino e Correia (2005) temos: “São construídas pelos estudantes e a partir do nascimento o acompanham também em sala de aula, onde os conceitos científicos são inseridos sistematicamente no processo de ensino e aprendizagem.”

- ii) Na sequência são realizados encontros teóricos e experimentais, nos quais a ação do mediador (professor) se faz necessária, pois estamos então na Zona de Desenvolvimento Proximal. Através da mediação, os alunos são incentivados a ler sobre o tema, assistirem vídeos, refazerem os experimentos, criarem inovações dentro do tema, colaborarem entre si trocando informações, ajudando manualmente etc.;
- iii) Por fim temos a aplicação de um questionário diagnóstico final, que busca identificar a Zona de Desenvolvimento Potencial.

2.2. INSTRUMENTOS E SIGNOS

Partindo dos meios sociais frequentados pelos alunos, tais como a escola e a família, temos dois outros conceitos a serem analisados: os instrumentos e os signos.

De acordo como Moreira (1999, p.110), “a conversão de relações sociais em funções mentais superiores não é direta, é mediada. E essa mediação inclui o uso de instrumentos e signos.” Nesse contexto, Moreira (1999, p.111) indica que “um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; e que um signo é algo que significa alguma outra coisa.”

Por sua vez Rego (1995, p.50), diz que: “Vygotsky distingue dois elementos básicos responsáveis por essa mediação: o instrumento, que tem a função de regular as ações sobre os objetos e o signo que regula as ações sobre o psiquismo das pessoas.”

São três os tipos de signos: Indicadores, icônicos e simbólicos, que são definidos por Moreira (1999, p.111), como:

- i) Indicadores, expressão uma relação de causa e efeito com aquilo que significam (e.g., fumaça indica fogo, porque é causada por fogo);
- ii) Ícônicos, são imagens ou desenhos daquilo que significam;
- iii) Simbólicos, são os que têm uma relação abstrata com o que significam.

Segundo Silva (2017) os instrumentos atuam na mediação das nossas relações os outros indivíduos e com o mundo ao redor. Mediação essa em que o instrumento se faz representar e apresentar na sua forma literal e não simbólica. Através da

utilização simbólica é possível ocorrer o compartilhamento e a acumulação dos conhecimentos, o símbolo possui um determinado significado a ser transmitido. Como exemplo podemos citar as letras e os números onde os caracteres simbolicamente representam respectivamente sons e quantidades. O uso de instrumentos não é exclusivo da espécie humana, visto que outras espécies também fazem uso, como exemplo a comunicação, porém não fazendo uso de signos.

Vygotsky (2000, p.11) destaca ainda que “a comunicação não mediatizada pela linguagem ou por outro sistema de signos ou de meios de comunicação, como se verifica no reino animal, viabiliza apenas a comunicação do tipo mais primitivo e nas dimensões mais limitadas”.

Desse modo a formação dos conhecimentos nos alunos se faz por meio das grandezas significativas que são os instrumentos e os signos e dos diversos processos que devem ser, a cada dia, analisados e acompanhados durante todo o processo de aprendizado.

3. ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática inicia-se com a aplicação de um questionário diagnóstico inicial, que será apresentado na seção 3.1. Na sequência, as aulas são organizadas de acordo com o Quadro 1, apresentado a seguir.

O Quadro 1 a seguir apresenta a organização da sequência de aulas

AULAS	TEMAS
1 ^a	História da Geração de Eletricidade
2 ^a	Experimentos de eletrização estática
3 ^a	Grandezas, medições, Leis de Ohm
4 ^a	CC – Pilha feita com frutas e metais diferentes como eletrodos
5 ^a	CC – Pilha com pote de água e sal
6 ^a	CC – Pilha de moeda e solução de sal
7 ^a	CC – Revisão dos experimentos
8 ^a	Fluxo magnético, Lei de Ampère e Indução Eletromagnética (Lei de Faraday-Lenz)
9 ^a	Aplicação da Indução Eletromagnética - Gerador de Faraday CC
10 ^a	Aplicação da Indução Eletromagnética - Gerador de CA - Transformadores
11 ^a	CA – Aula sobre hidrelétrica
12 ^a	CA – Aula sobre termoelétrica; CA – Aula sobre usina nuclear
13 ^a	CA – Aula sobre geração eólica; CA- Aula de outras formas de geração
14 ^a	Aula de experimentos de CA – Gerador de CA com ímãs e seringa
15 ^a	CC – Placa solar
16 ^a	Cálculo de demanda de consumo

Fonte: autoria própria.

Na maioria das aulas, os alunos são estimulados a realizarem experimentos de forma prática, reproduzindo-os e/ou inovando-os.

A finalização da sequência didática ocorre com a aplicação de um questionário diagnóstico final, que será apresentado na seção 3.xxx.

A seguir apresentamos o detalhamento de cada uma das aulas propostas.

3.1 QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO INICIAL

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: Questionário diagnóstico inicial.

Tempo estimado: 60 min.

ii) **Justificativa**

O ensino, conhecimento e utilização da eletricidade são essenciais para os estudantes mediante a expressiva importância desse tema científico para a sociedade tecnológica atual. Sendo assim se faz necessário que o professor conheça o perfil dos alunos, no que diz respeito aos conhecimentos que eles possuem, antes da aplicação do produto, sobre o tema amplo em questão, ou seja, conhecer a **Zona de Desenvolvimento Real** em que os alunos se encontram inicialmente, dessa forma se faz necessário a aplicação de um questionário diagnóstico inicial.

iii) **Objetivos da aula**

A aplicação questionário diagnóstico inicial tem por objetivo conhecer a **Zona de Desenvolvimento Real** em que os alunos se situam antes da aplicação do produto, identificar o instrumento e signos nos quais os discentes fazem uso antes da aplicação do produto.

iv) **Metodologia de ensino**

A aula se inicia com o professor entregando o questionário diagnóstico inicial com 10 questões para cada aluno responder e solicitando que eles respondam.

Sugerimos que o questionário diagnóstico inicial seja composto pelas seguintes questões:

Questionário diagnóstico inicial - geração de energia elétrica

- 1 - Você saberia o que é a eletricidade? Explique.
- 2 - Cite exemplos de como a eletricidade é utilizada no nosso dia a dia.
- 3 - Você conhece algum equipamento que gera energia elétrica? Quais?
- 4 - Você sabe como a energia elétrica que chega às residências é produzida? Caso saiba, diga de onde ela vem.
- 5 - Você já leu algo sobre esse assunto em livros? Se já leu, então diga quais foram os livros.
- 6 - Você já assistiu vídeos ou já entrou em sites sobre esse assunto? Se já assistiu, então diga quais sites de vídeos.
- 7 - Você já viu algum experimento de geração de energia elétrica no real (diante de você, sem ser virtual)? Quais?

8 - Você já teve alguma aula sobre esse tema? Se já teve, diga a série.

9 - Você tem algum interesse em compreender esse tema?

10 - Você tem algo a acrescentar sobre esse tema?

v) Recursos utilizados

Se a aula for por vídeo conferência, os recursos utilizados serão: celulares, notebooks, microfones, câmeras, WhatsApp, tablets. E-mails.

Se a aula for presencial, os recursos utilizados devem ser papel, lápis, caneta, borracha, giz, quadro negro.

vi) Avaliação da aprendizagem

Correção e avaliação dos questionários respondidos pelos alunos, fazendo uso de critério e escala de pontuação estipulado pelo professor.

3.2 AULA 1 – HISTÓRIA DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: História da Geração de Eletricidade.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

O conhecimento dos fatos e eventos que compõem a história da eletricidade, levando ao avanço tecnológico da sociedade humana, é importante para a compreensão dos processos sociais e científicos que impulsionaram a evolução dessa ciência ao longo do tempo. Dessa forma, conhecer sua história é de fundamental importância.

iii) Objetivos da aula

Conhecer a história da eletricidade junto à sociedade humana e os avanços tecnológico que causou. Dessa forma essa aula tem por objetivo levar aos alunos o

conhecimento histórico, social e científico que envolve a eletricidade e através desse conhecimento, futuramente, possam estudar, planejar e botar em prática o futuro tecnológico e social da humanidade fazendo uso dessa ciência, conhecer novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Assim:

- a) Se a aula for por vídeo conferência, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente, expondo slides e vídeos sobre o tema.
- b) Se a aula for presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente, utilizando a lousa e projetando vídeos do youtube sobre o tema.

Em ambos os casos o professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

v) Recursos utilizados

Em aula por vídeo conferência ou presencial, o professor usa computador, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação utilizará texto de Duarte Santana (2024. 158 f) e vídeos do youtube abaixo:

https://www.youtube.com/watch?v=mf_1oKZ4WI8

<https://www.youtube.com/watch?v=2MEBCxQhVOA>

Os alunos, caso a aula seja por vídeo conferencia, farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel. Caso seja presencial, somente farão uso de lápis, caneta, borracha e papel.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.3 AULA 2 – EXPERIMENTOS DE ELETRIZAÇÃO ESTÁTICA)**i) Identificação**

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: Experimentos de eletrização estática.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo a eletrização e seus experimentos um tema de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica e prática.

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a eletrização e seus experimentos de forma teórica e prática, adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria, reproduzir e propor experimentos e aplicações, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Sendo a aula por vídeo conferência ou presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar os experimentos

realizando-os ele mesmo ou expondo a realização desses experimentos por vídeo do youtube sobre o tema.

Os experimentos devem ser realizados em sala de aula ou laboratório e no decorrer dessa aula.

Em ambos os casos o professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

O experimento será realizado da seguinte forma:

1. Espalham-se os pedaços pequenos de papeis sobre uma pequena área plana;
2. Passa-se o pente de madeira no cabelo sempre no mesmo sentido;
3. Após, aproxima-se o pente de madeira dos pedacinhos de papeis;
4. Os pedacinhos de papeis serão atraídos pelo pente de madeira.

v) Recursos utilizados

Em aula por vídeo conferência ou presencial, o professor usará computador, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, vídeos do youtube, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação prática utilizará caneta, pedaço de lã, papeis em pedacinhos, pente de madeira, cabelo, sendo que para a explicação utilizará texto de Duarte Santana (2024. 158 f.), vídeo do youtube abaixo sobre o tema:

https://www.youtube.com/watch?v=_zBO464FfXA

Os alunos, caso a aula seja por vídeo conferencia, farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel. Caso seja presencial, somente farão uso de lápis, caneta, borracha e papel.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.4 AULA 3 – GRANDEZAS, MEDIÇÕES, LEIS DE OHM

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: Grandezas, medições, Leis de Ohm.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo as grandezas, medições e Leis de Ohm e seus experimentos, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica e prática.

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem as grandezas, medições e Leis de Ohm e seus experimentos de forma teórica e prática, adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria, reproduzir e propor experimentos e aplicações, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Sendo a aula por vídeo conferência ou presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar os experimentos realizando-os ele mesmo ou expondo a realização desses experimentos por vídeos do youtube sobre o tema. Os experimentos devem ser realizados em sala de aula ou laboratório e no decorrer dessa aula.

Em ambos os casos o professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

Os experimentos sobre grandezas, o que é e a utilização do multímetro, medições, Leis de Ohm, tema relativo ao uso do multímetro e medições será tratado assim:

1. Apresenta-se um multímetro (Figura 02), distinguindo e explicando suas grandezas e seu funcionamento;

Figura 2 - Multímetro digital



Fonte: O autor

2. Realiza-se a medição de tensão em pilhas;
3. Realiza-se medições de corrente elétrica em circuitos elétricos;
4. Realiza-se medições de resistências elétricas em resistores elétricos.

v) Recursos utilizados

Em aula por vídeo conferência ou presencial, o professor usará computador, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação prática utilizará um multímetro e acessórios (Figura 02), resistores, pilhas, fios, cabos jacarés, vídeos do youtube do autor cujos links seguem abaixo:

- | | |
|---|-------------------|
| https://youtu.be/sas7tJWe_h4 | Produção do autor |
| https://youtu.be/l4BQTW0yoVM | Produção do autor |
| https://youtu.be/gKB1xYILhF0 | Produção do autor |

<https://youtu.be/B7W03IYZitE> Produção do autor

Os alunos, caso a aula seja por vídeo conferência, farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel. Caso seja presencial, somente farão uso de lápis, caneta, borracha e papel.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.5 AULA 4 CC – PILHA FEITA COM FRUTAS E METAIS DIFERENTES COMO ELETRODOS

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: CC – Pilha feita com frutas e metais diferentes como eletrodos.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo a corrente elétrica contínua CC e seus experimentos, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica e prática, sendo assim nessa aula se realizará o experimento de construir pilhas com frutas (limões) e metais diferentes como eletrodo.

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a teoria e a prática da corrente elétrica contínua (CC), adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria, reproduzir e propor experimentos e aplicações, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Sendo a aula por vídeo conferência ou presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar os experimentos realizando-os ele mesmo ou expondo a realização desses experimentos por vídeo do youtube sobre o tema.

Os experimentos devem ser realizados em sala de aula ou laboratório e no decorrer dessa aula.

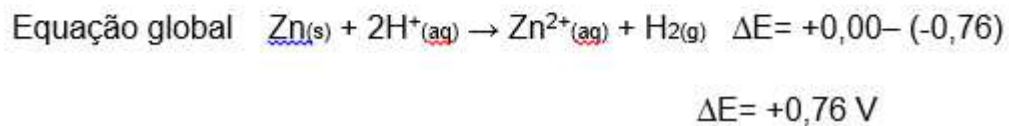
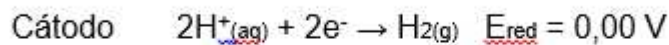
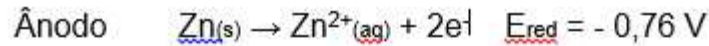
Em ambos os casos o professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

O experimento ocorrerá da seguinte forma:

1. Aperta-se os limões a fim de romper as estruturas internas dos limões (gomos) e em consequência liberar o líquido ácido das frutas no interior das suas estruturas, criando um meio eletrolítico no interior dos limões;
2. Espeta-se em cada limão um fio rígido descascado de cobre e um prego galvanizado, não podendo haver contato direto entre o fio de cobre e o prego em cada limão;
3. Liga-se um extremo de um cabo ponta de jacaré a um fio de cobre de um limão e outro extremo do cabo ao prego de outro limão, assim prosseguindo até interligar os três limões em série deixando o circuito aberto, onde em um extremo tenha um limão com uma ponta de cobre (Cu será o polo positivo) e no outro extremo outro limão com uma ponta que será de prego (Zn será o polo negativo);
4. Liga-se o cabo jacaré que está no extremo da conexão de Cu do limão com a indicação positiva da calculadora e o cabo ligado ao outro extremo da conexão de Zn do outro limão com a indicação negativa da mesma calculadora;
5. Liga-se a calculadora e ela funcionará realizando suas operações.

Cada limão com os seus respectivos eletrodos de Cu (polo positivo) e Zn (polo negativo) geram 0,76 V de tensão e o conjunto ligado em série dos três limões gera aproximadamente 2,28 V de tensão, suficiente para gerar uma corrente contínua que faz a calculadora funcionar. Sendo a equação global:

De acordo com Goodisman (2001), temos:



A equação acima também pode-se ter por referências os sites:

- https://en.wikipedia.org/wiki/Lemon_battery - Acessado em 20/04/2024
- <https://sci-toys.com/scitoys/scitoys/echem/batteries/batteries.html> - Acessado em 20/04/2024
- <https://www.simplechemconcepts.com/o-level-chemistry-simple-electric-cells/> - Acessado em 20/04/2024
- https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Chem_p107/chemistry/make-a-battery-with-metal-air-and-saltwater - Acessado em 20/04/2024

v) Recursos utilizados:

Em aula por vídeo conferência ou presencial, o professor usará computador, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação prática utilizará um multímetro e acessórios (Figura 02), 3 limões. 3 pedaços de fios rígidos descascado de cobre (Cu), 3 pregos galvanizados (Zn), 4 cabos ponta de jacaré (cada um com 20 cm), uma calculadora sem pilha, vídeo do youtube do autor cujo link segue abaixo:

https://youtu.be/HfX_SH_OiIA

Produção do autor

Os alunos, caso a aula seja por vídeo conferência, farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel. Caso seja presencial, somente farão uso de lápis, caneta, borracha e papel.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.6 AULA 5 CC – PILHA COM POTE DE ÁGUA E SAL

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: CC – Pilha com pote de água e sal.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo a corrente elétrica contínua CC e seus experimentos, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica e prática, sendo assim nessa aula se realizará o experimento para construir pilhas com pote de água e sal e metais diferentes como eletrodo.

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a teoria, prática da corrente elétrica contínua (CC), adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria, reproduzir e propor experimentos e aplicações, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Sendo a aula por vídeo conferência ou presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar os experimentos realizando-os ele mesmo ou expondo a realização desses experimentos por vídeo do youtube sobre o tema.

Os experimentos devem ser realizados em sala de aula ou laboratório e no decorrer dessa aula.

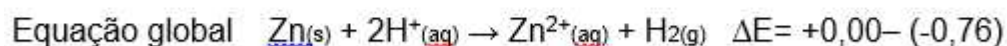
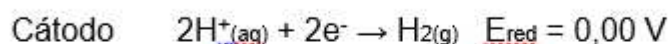
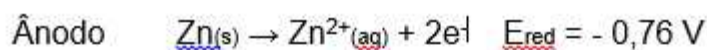
Em ambos os casos o professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

O experimento ocorrerá da seguinte forma:

1. Em cada pote plástico será despejado dentro dele uma certa quantidade da solução de NaCl de forma que cada recipiente fique com aproximadamente $\frac{1}{4}$ de seu volume ocupado pela solução e em seguida tampa se;
2. Espeta-se em cada pote, através de sua tampa, um fio rígido descascado de cobre e um prego galvanizado, não podendo haver contato direto entre o fio de cobre e o prego em cada pote;
3. Liga-se um extremo de um cabo ponta de jacaré a um fio de cobre de um pote e outro extremo do cabo ao prego de outro pote, assim prosseguindo até interligar os três potes em série, deixando o circuito aberto, onde em um extremo tenha um pote com uma ponta de cobre (Cu será o polo positivo) e no outro extremo outro pote com uma ponta sendo prego (Zn será o polo negativo);
4. Liga-se o cabo jacaré que está no extremo da conexão de Cu do pote com a indicação positiva da calculadora e o cabo ligado ao outro extremo da conexão de Zn do outro pote com a indicação negativa da mesma calculadora;
5. Liga-se a calculadora e ela funcionará realizando suas operações.

Cada pote com os seus respectivos eletrodos de Cu (polo positivo) e Zn (polo negativo) geram 0,76 V de tensão e o conjunto em ligado em série dos três potes irão gerar aproximadamente 2,28 V de tensão, suficiente para gerar uma corrente contínua que faz a calculadora funcionar. Sendo a equação global:

De acordo com Goodisman (2001), temos:



$$\Delta E = +0,76 \text{ V}$$

v) Recursos utilizados

Em aula por vídeo conferência ou presencial, o professor usará computador, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação prática utilizará um multímetro e acessórios (Figura 02), 3 potes plásticos com tampa, um recipiente com solução de NaCl (aproximadamente 500ml), 3 Pedacos de fios rígidos descascado de cobre (Cu), 3 pregos galvanizados (Zn), 4 cabos ponta de jacaré (cada um com 20 cm), vídeo do youtube do autor cujo link segue abaixo:

<https://youtu.be/ZxzC0Gqzysg> Produção do autor

Os alunos, caso a aula seja por vídeo conferencia, farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel. Caso seja presencial, somente farão uso de lápis, caneta, borracha e papel.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.7 AULA 6 CC – PILHA DE MOEDA E SOLUÇÃO DE SAL

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: CC – Pilha de moeda e solução de sal.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo a corrente elétrica contínua CC e seus experimentos, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica e prática, sendo assim nessa aula se realizará com o experimento de construir pilha de moeda e solução de sal.

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a teoria, prática da corrente elétrica contínua (CC), adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria, reproduzir e propor experimentos e aplicações, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Se a aula for por vídeo conferência, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar os experimentos realizando-os ele mesmo ou expondo a realização desses experimentos por vídeo do youtube sobre o tema.

Os experimentos devem ser realizados em sala de aula ou laboratório e ao longo dessa aula.

Em ambos os casos o professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

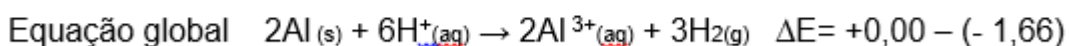
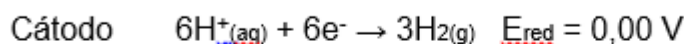
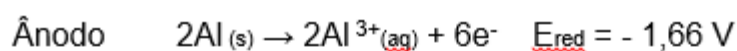
O experimento ocorrerá da seguinte forma:

1. Pega-se uma moeda (Cu) e sobrepõem a ele uma rodela de Al e a essa segue se uma nova sobreposição dessa vez de uma rodela de papelão embebido em solução de NaCl;

2. O padrão acima descrito foi repetido duas vezes e posto em contato em série, onde pode observar que em um extremo tínhamos uma moeda (Cu sendo o polo positivo) e no outro estava uma rodela de alumínio (Al sendo o polo negativo);
3. Com uma fita crepe é feita a imobilização do aparato de forma a manter o conjunto em série com todos os seus constituintes unido e em contato, deixando exposto uma parte em cada polo;
4. Com um multímetro conecta-se cada polo do conjunto em série anteriormente citado e verificou se uma tensão de 3,32 V.

Cada conjunto de elementos constituinte composto por uma moeda de Cu (polo positivo) e uma rodela de Al (polo negativo) gera 1,66 V de tensão e a série composta pelos dois conjuntos irão gerar aproximadamente 3,32 V de tensão. Sendo a equação global:

Sendo a equação global, e acordo com Goodisman (2001):



$$\Delta E = +1,66 \text{ V}$$

v) Recursos utilizados

Em aula por vídeo conferência ou presencial, o professor usará computador, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação prática utilizará um multímetro e acessórios (Figura 02), 2 moedas de 5 centavos (Cu), 2 pedaços de folha de alumínio cortada em forma e tamanho da moeda (rodela de Al), 2 pedaço de folha de papelão embebido em solução de NaCl, um rolo de fita adesiva, 4 cabos ponta de jacaré (cada um com 20 cm), vídeo do youtube do autor cujo link segue abaixo:

<https://youtu.be/AbnDp0B-n0U>

Produção do autor

Os alunos, caso a aula seja por videoconferência, farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel. Caso seja presencial, somente farão uso de lápis, caneta, borracha e papel.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.8 AULA 7 CC – REVISÃO DOS EXPERIMENTOS

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: CC – Revisão dos experimentos.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo a corrente elétrica contínua CC e seus experimentos, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica e prática. Dessa forma nessa aula será feita uma revisão de todo o tema e experimentos referentes à CC já estudados.

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a teoria, prática da corrente elétrica contínua (CC), adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria, reproduzir e propor experimentos e aplicações, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Se a aula for por vídeo conferência, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar os experimentos realizando-os ele mesmo ou expondo a realização desses experimentos por vídeos do youtube sobre o tema.

Os experimentos devem ser realizados em sala de aula ou laboratório e no decorrer dessa aula.

Em ambos os casos o professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

Os experimentos serão os mesmos da 4ª aula, 5ª Aula e 6ª Aula;

v) Recursos utilizados

Os mesmos recursos da 4ª aula, 5ª Aula e 6ª Aula.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.9 AULA 8 – FLUXO MAGNÉTICO, LEI DE AMPÈRE E INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA (LEI DE FARADAY-LENZ)**i) Identificação**

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: Fluxo magnético, Lei de Ampère e Indução Eletromagnética (Lei de Faraday-Lenz).

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo o Fluxo magnético, Lei de Ampère e Indução Eletromagnética (Lei de Faraday-Lenz) e seus experimentos, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica e prática, sendo assim nessa aula será feitas explicações teóricas sobre os temas e os experimentos que serão realizados (construção de bobina, geração de tensão quando a bobina é submetida a fluxo magnético variado).

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a teoria e experimentos de fluxo magnético, Lei de Ampère e indução eletromagnética (Lei de Faraday-Lenz), adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria. Reproduzir e propor experimentos e aplicações, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Sendo a aula por vídeo conferência ou presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar os experimentos realizando-os ele mesmo ou expondo a realização desses experimentos por vídeo do youtube sobre o tema.

Os experimentos devem ser realizados em sala de aula ou laboratório e no decorrer dessa aula.

Em ambos os casos o professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

O experimento ocorrerá da seguinte forma:

1. Com o rolo de fio esmaltado enrola-se uma bobina em 100 espiras com um diâmetro de 4 cm (Figura 03);

2. Os extremos do fio da bobina são descascados e ligados a cabos de ponta jacaré, que por sua vez serão conectados ao multímetro (Figura 02);
3. Pega-se o conjunto formado por quatro ímãs de neodímio e aproxima-se perpendicularmente do centro da bobina e em seguida se afasta, fazendo assim sucessivamente. Assim sendo o multímetro (Figura 02), registrará uma ocorrência de tensão alternada.

v) Recursos utilizados

Em aula por vídeo conferência ou presencial, o professor usará computador, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação prática utilizará um multímetro e acessórios (Figura 02), 4 super ímãs neodímio de 15x5mm N35 3600 Gauss cada (Figura 04a), rolo (100 g) de fio de cobre esmaltado 30 Awg (Figura 04c), um rolo de fita adesiva (Figura 04f), 4 cabos ponta de jacaré (cada um com 20 cm), vídeo do youtube do autor cujo link segue abaixo:

<https://youtu.be/lhwAGA6-LYw> Produção do autor

Os alunos, caso a aula seja por vídeo conferência, farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel. Caso seja presencial, somente farão uso de lápis, caneta, borracha e papel.

Figura 3 - Bobina para indução de CA



Fonte: O autor

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.10 AULA 9 – APLICAÇÃO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA - GERADOR DE FARADAY CC**i) Identificação**

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: Aplicação da Indução Eletromagnética - Gerador de Faraday CC.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo aplicação da indução eletromagnética, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica, sendo assim nessa aula será feita explicações teóricas sobre os temas e também, da mesma forma, será explicado aplicação da indução eletromagnética para a geração de CC através do Gerador de Faraday CC, fazendo uso de textos e vídeos para explicar e demonstrar sua prática.

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a teoria da indução eletromagnética com sua aplicação para o Gerador de Faraday CC, adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria, reproduzir e propor experimentos e aplicações, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Tanto em a aula por vídeo conferência como presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar a teoria e como é na prática explicando por textos e por vídeo do youtube sobre o tema.

O professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

v) Recursos utilizados

Tanto em a aula por vídeo conferência como por presencial, o professor usará computador, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação prática utilizará texto de Duarte Santana (2024. 158 f.)₁ vídeo do youtube cujo link segue abaixo:

<https://www.youtube.com/watch?v=9urzs-3Sgqs>

Os alunos farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel, caso a aula seja por vídeo conferência. Se a aula for presencial, eles necessitarão de lápis, caneta, borracha e papel.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.11 AULA 10 – APLICAÇÃO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA - GERADOR DE CA - TRANSFORMADORES

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: Aplicação da Indução Eletromagnética - Gerador de CA - Transformadores.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo aplicação da indução eletromagnética, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica, sendo assim nessa aula será feitas explicações teóricas sobre os temas e, da mesma forma, será explicada aplicação da indução eletromagnética para gerador de CA e transformadores, fazendo uso de textos e vídeos para explicar e demonstrar sua prática.

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a teoria da indução eletromagnética com sua aplicação para gerador de CA e transformadores, adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria, reproduzir e propor experimentos e aplicações.

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Tanto em a aula por vídeo conferência como por presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar a teoria e como é na prática explicando por textos e por vídeos do youtube sobre o tema.

O professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

v) Recursos utilizados

Tanto em a aula por vídeo conferência como por presencial, o professor usará computador, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação prática utilizará textos de Duarte Santana (2024. 158 f.), vídeos do youtube cujos link segue abaixo:

<https://www.youtube.com/watch?v=ITW8vpxxvCU>

<https://www.youtube.com/watch?v=djmGPAET7p8>

Os alunos farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel, caso a aula seja por vídeo conferência. Se a aula for presencial, eles necessitarão de lápis, caneta, borracha e papel.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.12 AULA 11 CA – SOBRE USINAS HIDRELÉTRICAS

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: CA – Aula sobre hidrelétrica.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo aplicação da indução eletromagnética e a geração de CA, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica, sendo assim nessa aula será feitas explicações teóricas sobre os temas e também, da mesma forma, será explicada aplicação da indução eletromagnética para a geração de CA em hidrelétricas, fazendo uso de textos e vídeos para explicar e demonstrar sua prática.

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a teoria da indução eletromagnética com sua aplicação para a geração de CA em hidrelétricas, adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria, reproduzir e propor experimentos e aplicações, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Tanto em a aula por vídeo conferência como por presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar a teoria e como ê na prática explicando por textos e por vídeos do youtube sobre o tema.

O professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

v) Recursos utilizados

Tanto em a aula por vídeo conferência como por presencial, o professor usará computador, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação prática utilizará texto de Duarte Santana (2024. 158 f.), vídeo do youtube cujo link segue abaixo:

<https://www.youtube.com/watch?v=v-GMBrWJdTE>

Os alunos farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel, caso a aula seja por vídeo conferência. Se a aula for presencial, eles necessitarão de lápis, caneta, borracha e papel.

iv) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.13 AULA 12 CA – SOBRE USINA TERMOELÉTRICA E USINA NUCLEAR

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: CA – Aula sobre termoeletrica e Usina nuclear.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo aplicação da indução eletromagnética e a geração de CA, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica, sendo assim nessa aula será feitas explicações teóricas sobre os temas e, da mesma forma, será explicada aplicação da indução eletromagnética para a geração de CA em termoeletrica e usina nuclear, fazendo uso de textos e vídeos para explicar e demonstrar sua prática.

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a teoria da indução eletromagnética com sua aplicação para a geração de CA em termoeletrica e usina nuclear, adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria, reproduzir e propor experimentos e aplicações, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Tanto em a aula por vídeo conferência como por presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar a teoria como são na prática explicando por textos e por vídeos do youtube sobre o tema.

O professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

v) Recursos utilizados

Tanto em a aula por vídeo conferência como por presencial, o professor usará computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-

mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação prática utilizará textos de Duarte Santana (2024. 158 f.)₁ vídeos do youtube cujos link segue abaixo:

<https://www.youtube.com/watch?v=kzljqZy6r2c>

<https://www.youtube.com/watch?v=VoRHir9etJ8>

Os alunos farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, whatsaps, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel, caso a aula seja por vídeo conferência. Se a aula for presencial, eles necessitarão de lápis, caneta, borracha e papel.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.14 AULA 13 CA – SOBRE GERAÇÃO EÓLICA E OUTRAS FORMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: CA – Aula sobre geração eólica e outras formas de geração.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo aplicação da indução eletromagnética e a geração de CA, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica, sendo assim nessa aula será feitas explicações teóricas sobre os temas e também, da mesma forma, será explicada aplicação da indução eletromagnética para a geração de CA eólica e outras formas de geração, fazendo uso de textos e vídeos para explicar e demonstrar sua prática.

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a teoria da indução eletromagnética com sua aplicação para a geração de CA eólica e outras formas de geração, adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria, reproduzir e propor experimentos e aplicações, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Tanto em a aula por vídeo conferência como por presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar a teoria e como é na prática explicando por textos e por vídeos do youtube sobre o tema.

O professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

v) Recursos utilizados

Tanto em a aula por vídeo conferência como por presencial, o professor usará computador, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação prática utilizará textos de Duarte Santana (2024. 158 f.), vídeos do youtube cujos link segue abaixo:

<https://www.youtube.com/watch?v=ekfFM-uWh5k>

https://www.youtube.com/watch?v=-HHYM4x__5s

https://www.youtube.com/watch?v=EEmM6Qxnd_w

<https://www.youtube.com/watch?v=odTByhxsL60>

https://www.youtube.com/watch?v=h_VWiyn39a0

<https://www.youtube.com/watch?v=cLYC279wTpw>

Os alunos farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel, caso a aula seja por vídeo conferência. Se a aula for presencial, eles necessitarão de lápis, caneta, borracha e papel.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.15 AULA 14 – EXPERIMENTO DE CA (GERADOR DE CA COM IMÃS E SERINGA)

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: Experimento de CA - Gerador de CA com imãs e seringa.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo aplicação da indução eletromagnética e a geração de CA, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica e prática, sendo assim nessa aula serão feitas tais explicações sobre os temas e também, da mesma forma, será realizado um experimento de indução eletromagnética construindo um gerador de CA com imãs e seringa, e com ele acender um LED (Figura 4).

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a prática da indução eletromagnética construindo um gerador de CA com imãs e seringa e com ele acender um LED (Figura 04d), adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria e prática, reproduzir e propor experimentos e aplicações, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Sendo a aula por vídeo conferência ou presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar os experimentos realizando-os ele mesmo ou expondo a realização desses experimentos por vídeo do youtube sobre o tema.

Os experimentos devem ser realizados em sala de aula ou laboratório e no decorrer dessa aula.

Em ambos os casos o professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e auxiliar um ao outro.

Para a construção do experimento, os materiais utilizados, ilustrados na Figura 4, são:

- a) 4 super ímãs de neodímio;
- b) 1 seringa hipodérmica de 10ml;
- c) 1 rolo de fio de cobre esmaltado 30 Awg;
- d) d) 1 LED de alto brilho 5mm branco;
- e) e) rolo de fita crepe 18mm X 50m;
- f) f) rolo de fita adesiva transparente 45mm X 40m.

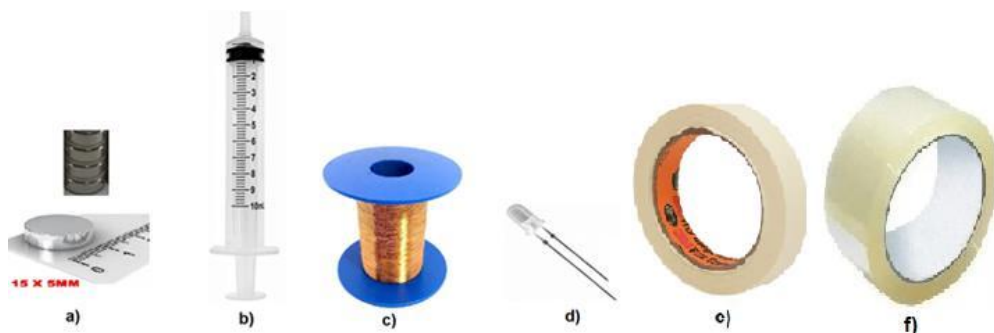


Figura 4 – Materiais utilizado para construção do gerador de CA

Fonte: O Autor

O experimento ocorrerá da seguinte forma:

1. Pega-se a seringa hipodérmica de 10ml (Figura 04b) e o rolo de fita crepe 18mm x 50m (Figura 04e). A fita crepe será enrolada em torno de todo o tronco da seringa hipodérmica, com uma camada, como mostra a Figura 05. A seringa estando enrolada com fita crepe evita que no enrolamento do fio esmaltado de cobre, que será descrito mais a diante, venha a ocorrer deslizamento inicial;

Figura 5 - Seringa enrolada em fita crepe.



Fonte: O Autor

2. Em seguida executa se o enrolamento do fio de cobre esmaltado 30 Awg (Figura 04c). O fio deve ser enrolado em espiras circulares, num total de 600 espiras (bobinas), é importante observar que da extensão total do fio a ser utilizado deve-se deixar duas extensões de fios, respectivamente no início e no final, de aproximadamente 40cm não enrolados, cada uma. O enrolamento das 600 espiras deve ser feito de modo que as espiras fiquem bem juntas. O enrolamento das espiras deve ser imobilizado enrolando fita crepe ou fita adesiva transparente, aqui foi utilizada fita adesiva transparente para possibilitar uma visualização das espiras. Na Figura 06 temos o enrolamento das espiras concluído, fixa e imobilizado por fita adesiva transparente.

Figura 6 - Enrolamento de 600 espiras ao longo do comprimento da seringa.



Fonte: O Autor

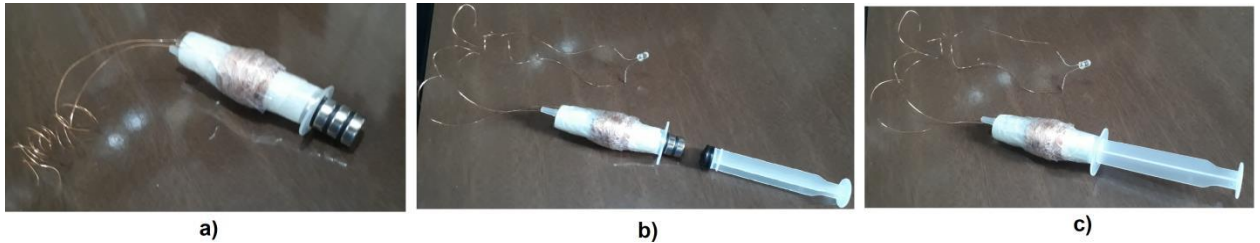
3. Cada ímã de neodímio de 15x5mm N35 3600 Gauss (Figura 04a) tem o mesmo diâmetro (mesma bitola) do tubo da seringa hipodérmica de 10 ml, o que permite que o conjunto de 4 ímãs de neodímio unido se desloque perfeitamente e de forma bem direcionada no interior da seringa, sendo assim o conjunto com 4 ímãs de neodímio é introduzindo na seringa e tampada com o êmbolo, temos aqui o que denominaremos Gerador CA de Seringa Hipodérmica com Ímãs de Neodímio. Na Figura 07 pode se observar o enrolamento de 600 espiras, ao longo do comprimento da seringa, fixo e imobilizado por fita adesiva transparente (Figura 04f). e o conjunto composto pelos 4 ímãs de neodímio. Nessa mesma etapa da montagem os extremos das duas pontas dos terminais (extensos em 40cm) são lixados em aproximadamente 4cm em cada ponta afim de tirar o verniz e possibilitar conexão e neles é conectada um LED (Figura 04c) de alto brilho 5mm branco, esses procedimentos podem ser observados nas Figuras 08, onde vemos também os 4 ímãs de neodímio serem introduzidos na seringa.

Figura 7 - Enrolamento na seringa e 4 ímãs de neodímio.



Fonte: O Autor

Figura 8 - Os 4 ímãs de neodímio introduzidos na seringa.



Fonte: O Autor

4. Finalizando o experimento, fixa-se sobre uma superfície, fazendo uso de fita adesiva transparente, os terminais de fio com o LED conectado a eles. Pegase o Gerador CA de Seringa Hipodérmica com Ímãs de Neodímio e manualmente executa-se aproximadamente um movimento harmônico simples (alternado, de vai e vem) com esse, movimento semelhante ao instrumento de percussão musical denominado chocalho quando em função. Esse movimento faz com que o conjunto formado pelos 4 ímãs de neodímio, no interior da seringa, se movimente de forma alternada, oscilando, indo e voltando, no interior do tubo que compõem a seringa. O troco da seringa está enrolado externamente em 600 espiras de fio esmaltado, então durante a movimentação os ímãs passam perpendicularmente de forma alternada indo e voltando na região central dos planos que contem cada espira, provocando uma indução eletromagnética nessas espiras, segundo a Lei de Faraday (Capítulo 3, seção 3.9, 8ª Aula), que produz uma diferença de potencial alternada potencializada pela contribuição de cada espira fazendo com que surja uma corrente elétrica alternada que faz com que o LED acenda como mostra a Figura 09 na sua parte superior e inferior.

Figura 9 - O Gerador CA de seringa oscila e o LED acende.



Fonte: O Autor

v) Recursos utilizados

Em aula por vídeo conferência ou presencial, o professor usará computador, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação prática utilizará um multímetro e acessórios (Figura 02), 4 super ímãs neodímio de 15x5mm N35 3600 Gauss cada (Figura 04a), 1 seringa hipodérmica de 10 ml (Figura 04b), rolo (100 g) de fio de cobre esmaltado 30 Awg (Figura 04c), 1 LED de alto brilho 5mm branco (Figura 04d), um rolo de fita crepe 18mm X 50m (Figura 04e), um rolo de fita adesiva (Figura 04f), 4 cabos ponta de jacaré (cada um com 20 cm), vídeo do youtube do autor cujo link segue abaixo:

<https://youtu.be/6hxFrnWCuQc> Produção do autor

Os alunos, caso a aula seja por vídeo conferência, farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel. Caso seja presencial, somente farão uso de lápis, caneta, borracha e papel.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.16 AULA 15 CC – PLACA SOLAR

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: CC – Placa solar.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo a corrente elétrica contínua CC por placas solar e seus experimentos, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica e prática, sendo assim nessa aula se realizará a explicação teórica do tema e experimentos.

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a teoria, prática da geração de corrente elétrica contínua (CC) por placas solar, adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria, reproduzir e propor experimentos que a gerem e aplicações, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Sendo a aula por vídeo conferência ou presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, apresentar os experimentos realizando-os ele mesmo ou expondo a realização desses experimentos por vídeo do youtube sobre o tema.

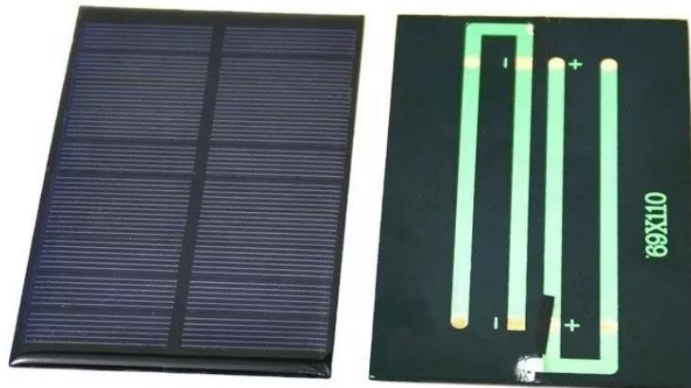
Os experimentos devem ser realizados em sala de aula ou laboratório e no decorrer dessa aula.

Em ambos os casos o professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e se auxiliar um ao outro.

O experimento ocorrerá da seguinte forma:

1. Seja uma placa solar (Figura 10) e um multímetro e acessórios (Figura 02);

Figura 10 - Placa solar (mini, 5V, 1W).



Fonte: O Autor

2. A seguir conectar o multímetro nos terminais da placa solar;
3. Por fim expor a placa solar à luminosidade e o multímetro registrará a tensão.

v) Recursos utilizados

Em aula por vídeo conferência ou presencial, o professor usará computador, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, sendo que para a explicação prática utilizará um multímetro e acessórios (Figura 02), placa solar (mini, 5V, 1W, Figura 10), sendo que para a explicação prática utilizará textos de Duarte Santana (2024. 158 f.), vídeo do youtube cujo link segue abaixo:

<https://www.youtube.com/watch?v=HNNim-uuuDw>

Os alunos, caso a aula seja por vídeo conferência, farão uso de computadores, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta,

borracha e papel. Caso seja presencial, somente farão uso de lápis, caneta, borracha e papel.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.17 AULA 16 - CÁLCULO DE DEMANDA DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: Cálculo de demanda de consumo.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

Sendo o conhecimento e a educação do consumo de energia elétrica, temas de fundamental importância no conhecimento do processo de geração da energia elétrica, o conhecimento desse tema deve ser levado, pelo professor (mediador), aos alunos de forma teórica e prática dos cálculos, em busca da economia do consumo.

iii) Objetivos da aula

Essa aula tem por objetivo levar os alunos a conhecerem e dominarem a teoria, prática dos cálculos do consumo de energia elétrica, adquirindo capacidade de versar e questionar sobre a teoria, reproduzir, calcular o consumo de um consumidor de energia elétrica e o que fazer para economizar, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Sendo a aula por vídeo conferência ou presencial, o professor deverá expor e explicar o tema verbalmente e expondo slides do tema, explicar sobre os cálculos de

consumo de energia, analisar uma conta de um consumidor. Utilizando de vídeo do youtube sobre o tema.

O professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e se auxiliar um ao outro.

v) Recursos utilizados

Em aula por vídeo conferência ou presencial, o professor usará computador, calculadora, câmera, microfone, notebook, celular, tablet, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, vídeo do youtube cujo link segue abaixo:

<https://www.youtube.com/watch?v=b7INAI0g3zk>

Os alunos, caso a aula seja por vídeo conferência, farão uso de computadores, calculadora, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, lápis, caneta, borracha e papel. Caso seja presencial, somente farão uso de lápis, caneta, borracha e papel.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.17 AULA 17 – EXPERIMENTAÇÃO SOBRE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: Aula experimental.

Tempo estimado: 120 min.

ii) Justificativa

Mediante a importância dos temas tratado para o conhecimento dos alunos, no contexto, na vida escolar e na vida social, as atividades práticas sobre o tema é ponto culminante no processo de ensino e aprendizado. Dessa forma a apresentação de trabalhos reproduzidos ou criados pelos alunos é importante para a concretização do

processo, bem como de fundamental importância para proporcionar ao professor um fechamento avaliativo.

iii) Objetivos da aula

Essa aula experimental tem por objetivo dar aos alunos um contato direto com o tema tratado de forma além da teoria, possibilitando que eles possam mostrar, exercitar e fixar o conteúdo de ensino, fazendo uso das suas capacidades de reproduzir e criar a parte prática, bem como de serem avaliados, fazer uso de novos instrumentos e signos (simbologias, unidades de medidas, grandezas físicas envolvidas etc.).

iv) Metodologia de ensino

Utilizando o referencial teórico de Vygotsky, através das tentativas e esforços de buscar o sócio-construtivismo, uso de instrumentos e signos, bem como se utilizando da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Sendo a aula por vídeo conferência ou presencial, o professor deverá reunir os alunos e em uma mesa ou uma bancada colocar os materiais necessários para a montagem dos experimentos, organizando os alunos para a apresentação de forma ordenada, onde poderá ser avaliada a apresentação.

O professor (mediador) deverá incentivar cada aluno a questionar, responder, trabalhar e se auxiliar um ao outro.

v) Recursos utilizados

Computadores, calculadora, câmeras, microfones, notebooks, celulares, tablets, WhatsApp, e-mails, projetor, lousa, giz, lápis, caneta, borracha e papel, multímetro e acessórios (Figura 02), placa solar (mini, 5V, 1W, Figura 10), 4 super ímãs neodímio de 15x5mm N35 3600 Gauss cada (Figura 04a), 1 seringa hipodérmica de 10 ml (Figura 04b), rolo (100 g) de fio de cobre esmaltado 30 Awg (Figura 04c), 1 LED de alto brilho 5mm branco (Figura 04d), um rolo de fita crepe 18mm X 50m (Figura 04e), um rolo de fita adesiva (Figura 04f), 4 cabos ponta de jacaré (cada um com 20 cm), 3 moedas de 5 centavos (Cu), 3 pedaços de folha de alumínio cortada em forma e tamanho da moeda (rodela de Al), 2 pedaço de folha de papelão embebido em solução de NaCl, um rolo de fita adesiva, 8 cabos ponta de jacaré (cada um com

20 cm), 3 potes plásticos com tampa, 6 pregos galvanizados (Zn), 6 pedaços de fios rígidos descascado de cobre (Cu), um recipiente com solução de NaCl (Aproximadamente 500ml), 3 limões, resistores, pilhas, fios, pedaço de lã, papéis em pedacinhos, pente de madeira e mesa ou bancada.

vi) Avaliação da aprendizagem

Durante toda a aula, mediante critério e pontuação própria adotada pelo professor.

3.18 QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO FINAL

i) Identificação

Tema Amplo: Geração de energia elétrica.

Tema da aula: Questionário diagnóstico final.

Tempo estimado: 60 min.

ii) Justificativa

O ensino, conhecimento e utilização da eletricidade são essenciais para os estudantes mediante a expressiva importância desse tema científico para a sociedade tecnológica atual. Sendo assim se faz necessário que o professor conheça o perfil dos alunos, no que diz respeito aos conhecimentos que eles adquiriram, após a aplicação do produto, sobre o tema amplo em questão, ou seja, conhecer a Zona de Desenvolvimento Potencial em que os alunos se encontram no final da aplicação do produto, dessa forma se faz necessário a aplicação de um questionário diagnóstico final.

iii) Objetivos da aula

A aplicação questionário diagnóstico final tem por objetivo conhecer a Zona de Desenvolvimento Potencial em que os alunos se situam depois da aplicação do produto, identificar o instrumento e signos nos quais os docentes fazem uso após a aplicação do produto.

iv) Metodologia de ensino

A aula se inicia com o professor entregando o questionário diagnóstico final com 10 questões para cada aluno responder e solicitando que eles respondam.

Sendo o questionário diagnóstico final composto pelas seguintes questões:

Questionário Diagnóstico

1. - Você compreendeu os experimentos de eletricidade? Qual foi o mais interessante em sua opinião?
2. - Você já havia visto algum experimento desse tipo? Se já viu, então qual?
3. - Foi difícil manipular, mexer nos equipamentos?
4. - Após os experimentos, como você poderia definir eletricidade?
5. Após os experimentos, cite um jeito pelo qual a eletricidade poderia ser gerada?
6. - Cite exemplos de como a eletricidade é utilizada no nosso dia a dia.
7. Você tinha interesse nos assuntos referentes a eletricidade antes de assistir aos experimentos?
8. - E após assistir aos experimentos você passou a se interessar mais?
9. - Você gostaria de ter mais informações sobre o assunto?
- 10.- Você pretende fazer curso superior em Exatas, Humanas ou Saúde?

v) Recursos utilizados

Se a aula for por vídeo conferência, os recursos utilizados serão: celulares, notebooks, microfones, câmeras, WhatsApp, tablets. E-mails.

Se a aula for presencial, os recursos utilizados devem ser papel, lápis, caneta, borracha, giz, quadro negro.

vi) Avaliação da aprendizagem

Correção e avaliação dos questionários respondidos pelos alunos, fazendo uso de critério e escala de pontuação estipulado pelo professor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sequência didática, aqui apresentada, visa trazer uma contribuição facilitadora para minimizar as dificuldades enfrentadas por professores e alunos na abordagem do tema de geração da energia elétrica em CC e AC. São atividades que podem ser devolvidas pelo professor com recursos humanos, científicos e tecnológicos aplicados de forma presenciais ou remotos para turmas do 3º ano do Ensino Médio.

Os professores, ao utilizarem esta proposta, poderão fazer adaptações de novos equipamentos, novas tecnologias, diminuir ou aumentar o número de encontros, bem como novos experimentos. Tudo de acordo com a realidade da turma.

A proposta foi colocada em prática pelo autor, se demonstrando funcional, porém as utilizações em outras práticas, por outros professores, serão importantíssimas para que esta se consolide e possa ajudar cada vez mais a melhorar a qualidade do ensino de física na escola básica.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Rosita Edler. **Escola Inclusiva: a reorganização do trabalho pedagógico**. Porto Alegre – RS: Mediação, 2012.

BRUM, W.P.; SCHUMACHER, E. Aprendizagem de Conceitos de Geometria Esférica e Hiperbólica no Ensino Médio Sob a Perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa Usando Uma Sequência Didática. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.7, n.1, p.127-156, maio 2014 ISSN 1982-5153127

DUARTE SANTANA, Sidney Pinheiro. A geração de energia elétrica de corrente contínua (CC) e de corrente alternada (CA) através de práticas de fácil execução. **Dissertação** (mestrado profissional): Universidade Federal de Juiz de Fora/Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais. 2024. 158 f.

Goodisman, Jerry. **Observations on Lemon Cells**. Chemistry - Faculty Scholarship. 2. 2001. <<https://surface.syr.edu/che/2>> Acesso em: 24 nov. 2022.

GOODISMAN, J. O-Level Chemistry: **Simple Electric Cells**. Disponível: <<https://www.simplechemconcepts.com/o-level-chemistry-simple-electric-cells/>> Acesso em: 24 nov. 2022.

MENINO, H.L.; CORREIA, S.O. **Concepções alternativas ideias das crianças acerca do sistema reprodutor humano e reprodução**. Educação & Comunicação, n. 4, p. 97-117, s.d, 2005.

MOREIRA, Marco Antônio. **Linguagem e aprendizagem significativa**. Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre - RS, 1999.

PAIVA, A.L.B.; MARTINS, C. M. C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. Revista **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.7. Especial Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/ensaio/vol7especial/artigopaivaemartins.pdf> > Acesso em: 20 out. 2021.

REGO, Teresa Cristina. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. Petrópolis - RJ: Vozes, 1995.

SILVA, Daniela Mendes Vieira. Aprendizagem mediada por signos e a construção de conceitos em uma perspectiva vigotskiana. **Revista Educação Pública**. Publicado em 18 de abril de 2017. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/17/8/aprendizagem-mediada-por-signos-e-a-construo-de-conceitos-em-uma-perspectiva-vigotskiana>. Acesso em out. 2021.

VIGOTSKI, L.S.A. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fortes, 2000.