



**RODRIGO DE OLIVEIRA PEREIRA**

**CÉLULAS FOTOVOLTAICAS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE LIGAÇÃO  
DE GERADORES EM SÉRIE E EM PARALELO**

**MARINGÁ, PR  
Agosto, 2020**



**RODRIGO DE OLIVEIRA PEREIRA**

**CÉLULAS FOTOVOLTAICAS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE LIGAÇÃO  
DE GERADORES EM SÉRIE E EM PARALELO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador Prof. Dr. Maurício Antônio Custódio de Melo

**MARINGÁ, PR  
Agosto, 2020**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

P436c

Pereira, Rodrigo de Oliveira

Células fotovoltaicas : uma sequência didática sobre ligação de geradores em série e em paralelo / Rodrigo de Oliveira Pereira. -- Maringá, PR, 2021.  
102 f.: il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Antônio Custódio de Melo.  
Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), 2021.

1. Tensão elétrica. 2. Geradores - Tipos de ligação. 3. Corrente elétrica. 4. Energia solar. 5. Geradores de energia. I. Melo, Maurício Antônio Custódio de, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Física. Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). III. Título.

CDD 23.ed. 621.31244

# **CÉLULAS FOTOVOLTAICAS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE LIGAÇÃO DE GERADORES EM SÉRIE E EM PARALELO**

Rodrigo de Oliveira Pereira

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Antonio Custodio de Melo

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Prof. Dr. Mauricio Antonio Custodio de Melo  
DFI/UEM

---

Prof. Dr. Michel Corci Batista  
UTFPR- Campo Mourão

---

Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes  
DFI/UEM

Maringá - PR  
Agosto, 2020

Dedico esta dissertação à minha mãe, dona Jovelina, que me ensina com seu exemplo e sábios conselhos a não desistir dos meus objetivos.

# Agradecimentos

- Agradeço a Deus pela vida, por ter me dado força e saúde para chegar até aqui.
- Ao meu professor e orientador Dr. Maurício Antônio custódio de Melo, que me auxiliou com muita paciência, me direcionando e clareando as ideias para que este trabalho fosse concluído.
  - À Professora Dra. Hatsumi Mukai, responsável pelo Estágio Supervisionado do MNPEF/UEM. Seu incentivo e apoio foram essenciais para a qualidade do trabalho.
  - Agradeço a minha mãe, dona Jovelina, e ao meu sobrinho João Paulo que me ampararam e apoiaram, deixando a rotina domiciliar muito mais calma para facilitar a conclusão deste trabalho.
  - Aos colegas de sala que foram ombros, foi apoio, trocaram muito conhecimento e me permitiram conhecer suas histórias de vida, mostrando as brilhantes pessoas que são.
  - Ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá, principalmente aos docentes do MNPEF. Obrigado por todo o suporte que me foi dado durante esses anos de aprendizagem.
  - A toda minha família, em especial à minha sobrinha Bruna Maria e aos amigos pelo apoio e incentivo que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.
  - À Sociedade Brasileira de Física (SBF) que oportunizou a oferta deste Mestrado na UEM – Universidade Estadual de Maringá (Polo 20).
  - O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Muito Obrigado!

...

*“A linguagem da experiência tem mais autoridade do que qualquer raciocínio: fatos podem destruir o nosso raciocínio - o contrário, não.”*

**Alessandro Volta**

## RESUMO

# CÉLULAS FOTOVOLTAICAS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE LIGAÇÃO DE GERADORES EM SÉRIE E EM PARALELO

Rodrigo de Oliveira Pereira

Orientador:

Prof. Dr. Mauricio Antônio Custódio de Melo

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo UEM (MNPEF/UEM), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O objetivo desse trabalho é a discussão da geração e utilização da eletricidade no âmbito da Física na escola. A geração de eletricidade pode ocorrer de várias maneiras. Aqui se discute a energia solar como fonte de tensão e corrente elétrica, principalmente por não degradar o meio ambiente, fazendo parte do grupo de energias renováveis. Os tipos de ligações de várias células fotovoltaicas dependem das especificidades de utilização da eletricidade gerada, essencialmente tensão e corrente. Os tipos de ligações podem ser: em série, paralelo ou uma mistura destes dois tipos. Para isso, foi projetada uma sequência didática focada no ensino de Física para os alunos do terceiro ano do ensino médio de escolas públicas, em duas realidades diferentes: o ensino regular e a educação do campo pertencente ao mesmo município. A sequência didática se preocupou em introduzir os conteúdos teóricos básicos, os mesmos testados de forma experimental para melhor fixação dos conteúdos. Os principais resultados foram a utilização das células fotovoltaicas no ensino e a fixação dos conteúdos de eletromagnetismo por parte dos alunos. Experimentos com baterias/pilhas em série e paralelo também foram realizados.

**Palavras chave:** Tensão elétrica; Corrente elétrica; Geradores de energia; Tipos de ligação de geradores; Energia solar.

# ABSTRACT

## PHOTOVOLTAIC CELLS: A DIDACTIC SEQUENCE ABOUT CONNECTING SERIAL AND PARALLEL GENERATORS

Rodrigo de Oliveira Pereira

Supervisor:

Prof. Dr. Mauricio Antônio Custódio de Melo

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM (MNPEF/UEM), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The goal of this work is to discuss the generation and use of electricity in the field of physics at school. The generation of electricity can occur in several ways. Here solar energy is discussed as a source of voltage and electric current, mainly because it does not degrade the environment, being part of the group of renewable energies. The types of connection of several photovoltaic cells depends on the specificities of use of the electricity generated, essentially the voltage and current. The connection types can be in series, parallel or a mixture of these two types. To this end, a didactic sequence was designed focused on teaching physics to students in the third year of high school in public schools, in two different realities: in regular education and in rural education in the same municipality. The didactic sequence is concerned with showing the basic theoretical contents, the same experimental tests for the best understanding of contents. The main results were the use of photovoltaic cells in teaching and the understanding of the contents of electromagnetism by the students. Serial and parallel batteries / cells experiments were also done.

**Keywords:** Electric voltage; Electric current; Power generators; Types of connection of generators; Solar energy

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

FIGURA 1.1 - Aprendizagem significativa como uma assimilação cognitiva .....	21
FIGURA 1.2 – Balança de torção utilizada por Charles-Augustin de Coulomb .....	26
FIGURA 1.3 – Experimento de Oersted .....	27
FIGURA 1.4 – a) medida do campo magnético de um fio retilíneo longo (experimento de oersted) e b) de uma espira circular realizado com um <i>smartphone</i> .....	27
FIGURA 1.5 – Ilustração de Thomson do tubo de Crookes .....	29
FIGURA 1.6 - Experimento de Milikan .....	29
FIGURA 1.7 - Representação da passagem de uma corrente elétrica por uma seção quadrática numa secção não regular .....	32
FIGURA 1.8 - Representação da passagem de uma corrente elétrica por uma seção quadrática numa secção regular .....	33
FIGURA 1.9 – Esquema de ligação de geradores ideais em série .....	39
FIGURA 1.10 – Esquema de ligação em paralelo de geradores .....	40
FIGURA 1.11 – Esquema de uma célula fotovoltaica .....	45

## **LISTA DE TABELAS E QUADROS**

Tabela 1.1 – Aprendizagem significativa e potencial significativo .....	18
Quadro 1.1 – Simbologia de geradores ideal e real .....	38
Quadro 1.2 – Tipos de energias renováveis .....	42
Quadro 2.1 – Análise do questionário prévio .....	50
Quadro 2.2 – Análise do questionário posterior .....	55
Quadro 2.3 - Comparativo das respostas da questão 1 .....	60
Quadro 2.4 - Comparativo das respostas da questão 5 .....	61
Quadro 2.5 - Comparativo das respostas da questão 9 .....	61
Quadro 2.6 - Comparativo das respostas da questão 9 .....	62

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

PE - Produto educacional

SE - Sequência Didática

MST - Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra

SBF - Sociedade Brasileira de Física

DDP - Diferença de potencial

FEM - Força eletromotriz

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
1.1 TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	17
1.1.1 Subsúncos, conhecimento prévio e ancoragem .....	19
1.2 SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS.....	23
1.3 ELETROMAGNETISMO .....	24
1.3.1 Corrente elétrica .....	30
1.3.2 Tensão elétrica .....	34
1.3.3 Ligação de geradores em série e paralelo.....	37
1.3.4 Associação em série de geradores.....	38
1.3.5 Associação de geradores em paralelo.....	39
1.4 ENERGIA SOLAR.....	41
1.5 EFEITO FOTOVOLTAICO .....	44
<b>CAPÍTULO 2 - ANÁLISE DE RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO</b>	
<b>EDUCACIONAL .....</b>	<b>46</b>
2.1 APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS .....	46
2.2 INTRODUZINDO OS CONCEITOS DE TENSÃO E CORRENTE	
ELÉTRICA.....	47
2.3 LIGAÇÕES EM SÉRIE E PARALELO DE BATERIAS .....	48
2.4 EFEITO FOTOVOLTAICO E ENERGIA SOLAR.....	48
2.5 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO PRÉVIO E PÓS DA APLICAÇÃO	
DESTA SEQUÊNCIA DE AULAS .....	49
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>
<b>APÊNDICE A: <math>E = qV</math>.....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE B: UNIDADE VOLT .....</b>	<b>68</b>

<b>APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE D: GABARITO DO QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE E: PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>66</b>

# INTRODUÇÃO

---

Atualmente, o sistema de ensino vem pedindo para que se trabalhe propostas educacionais que abordem situações vividas na realidade do aluno, tais propostas vem facilitar o pensar de forma abstrata e a interpretação do conteúdo explorado. A reflexão sobre o assunto, pede que o professor deixe de ser o protagonista na educação, colocando o aluno como a peça mais importante no processo de ensino-aprendizagem, dando-lhe o encaminhamento para este protagonismo e permitindo-o a aprender de forma significativa (RICARDO, 2007; LIMA, 2013).

O ensino da Física, por sua vez, vem enfrentando o desafio de deixar de ser visto como uma extensão da Matemática, que fornece fórmulas para resolução de cálculos e situações-problemas, para ser visto como uma ciência infundida em suas particularidades e propósitos de estudo.

Novas e diversificadas metodologias tendem a melhorar o ensino da Física. Laboratórios com materiais disponíveis para trabalhar as áreas da disciplina de forma experimental, ainda que unida a teoria, são uma forma de aperfeiçoar o ensino (LEIRIA, 2015). Os laboratórios permitem entender os conceitos de forma prática e perceber que eles fazem parte do nosso cotidiano. Isto, porém, demanda, por exemplo, certo custo financeiro, horas de preparação dos experimentos, envolvimento das escolas na liberação, cuidado de espaço físico e profissional dos equipamentos e suprimentos, principalmente os manuais e roteiros dos experimentos.

Mesmo com todos estes problemas, as diversas ramificações de estudos devem permitir ao indivíduo esta junção da teoria com a prática, demonstrada com experimentos que o permita ver além de conteúdos com informações abstratas.

Sobre experimentação, Alves Filho (2000, p. 150) enuncia que:

A experimentação é um fazer elaborado, construído, negociado historicamente, que possibilita através de processos internos próprios estabelecer “verdades científicas”. “Assim [...] passaram [os investigadores] a dar importantes contribuições para a nova tendência ao experimentalismo, pois um dos traços característicos da revolução científica é a substituição da “experiência” evidente por si mesma que formava a base da filosofia natural escolástica por uma noção de conhecimentos especificamente concebidos para esse propósito.” (HENRY, 1998, apud ALVES FILHO, 2000, p.150.).

Vê-se que, ao experimentar, a afirmação de “verdades científicas” que já existem, comprovando sua veracidade ou investigando um conceito proposto, como é o caso da geração de energia de forma renovável e o estudo da Eletrodinâmica.

Partindo desse desígnio, aqui se apresenta um material didático-pedagógico como um Produto Educacional (P.E.), propondo a experimentação da energia solar pautada nos tipos de ligação dos geradores de energia, em especial células fotovoltaicas podendo ser ligação em série, paralela ou mista, onde as células fotovoltaicas, por meio da luz do sol, farão com que uma microbomba de água submersível jorre água.

Este Produto Educacional está proposto na forma de uma Sequência Didática, organizando o estudo de tensão elétrica, corrente elétrica e tipos de ligações de geradores. Após a exposição dos conceitos, serão realizados experimentos que permitam visualizar o conteúdo exposto de forma concreta.

Num primeiro momento, experimentam-se as ligações em série ou paralelo usando pilhas de 1,5 volts e verifica-se as variações da tensão elétrica no circuito com o uso de um voltímetro.

No segundo momento, em um *protoboard*, ligam-se células solares e verifica-se a tensão e a corrente em função do número de células solares. Observa-se, na conclusão do experimento, o funcionamento de uma microbomba de água submersível com tensão elétrica entre 2,5 e 6 volts.

Entende-se como energias renováveis as que não denigrem o meio ambiente e trazem seus recursos de forma espontânea para a natureza, fazendo-a cíclica, como é o caso dos ventos, do movimento das marés ou a luz do Sol, sendo tema de pesquisa para melhorar o fornecimento de energia elétrica sem danificar o meio ambiente. Citando aqui os tipos de energias renováveis e suas fontes, restringindo ao estudo de energia solar, demonstrado por células solares confeccionadas.

A aplicação desta sequência didática destina-se a duas escolas estaduais no município de Porecatu: o Colégio Estadual Ricardo Lunardelli e a Escola Itinerante Herdeiros da Luta de Porecatu. Ambas com realidades e clientela diversificada. O colégio Estadual Ricardo Lunardelli oferece o Ensino Regular, onde os alunos que o frequentam pertencem ao município de Porecatu e aos municípios vizinhos. Os mesmos se deslocam, buscando um ensino público de maior qualidade, tornando-se assim, o período matutino o turno com mais alunos matriculados. A Escola Itinerante Herdeiros da Luta de Porecatu, situa-se dentro da Fazenda Variante, onde se

encontra o Acampamento dos trabalhadores rurais Sem-Terra Herdeiros da Luta de Porecatu. Nesse espaço de luta, é ofertado a Educação Infantil, Ensino fundamental I e II no período matutino e o Ensino Médio no período noturno. A existência da escola num ambiente rural, proporciona um atendimento mais individualizado, devido a quantidade de educandos por turma ser inferior aos da escola da cidade.

A escola Itinerante realiza um papel importante na formação dos educandos daquela comunidade, uma vez que o ensino não se restringe apenas na aquisição dos conteúdos curriculares, mas também na formação do ser humano como um todo, garantindo o conhecimento e valores necessários para se viver coletivamente. Nesse cenário de luta, os educandos aprendem a lidar com a terra de maneira agroecológica, visando sempre atrelar o conhecimento adquirido em sala com a realidade do homem do campo.

Propõe-se um questionário como forma de avaliação, que permita a observação da evolução do conhecimento acerca destes conteúdos citados. Questionário este aplicado em dois momentos. Antes de iniciar a sequência de aulas e após ter concluído os conceitos e experimentos estipulados para este P.E. Buscando observar, através deste questionário, a assimilação dos conteúdos de forma protagonista e significativa, facilitada por meio da união dos conceitos a experimentação.

# CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

---

Nesta proposta de ensino sobre eletricidade, o processo educacional desenvolvido utiliza os organizadores prévios e desenvolve a possibilidade de aprendizagem significativa do conteúdo relacionado. Assim, este capítulo vem organizar alguns fundamentos teóricos necessários para o desenvolvimento deste trabalho, explicando conceitos num primeiro momento da teoria da aprendizagem significativa na primeira seção deste capítulo (seção 2.1). A seguir, fundamentos teóricos da sequência didática de Zabala são apresentados na seção 2.2. Finalmente, a seção 2.3 traz conceitos físicos sobre eletricidade, também relevantes para o desenvolvimento e entendimento deste trabalho.

## 1.1 TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Conhecimentos prévios sendo afirmados por novos conhecimentos consolida uma aprendizagem significativa garantindo maior estabilidade cognitiva. Como cita Ausubel, Novak e Hanesian:

A essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal). (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978).

O psicólogo David Paul Ausubel mostra que aprendizagem pode se tornar muito mais significativa na medida em que os novos conteúdos e conhecimentos passam por uma incorporação nas estruturas do conhecimento do aprendiz. Esse conceito promove significado para o aluno, partindo da relação com o seu conhecimento prévio, isto é, o que o aluno já sabe (MOREIRA, 2008).

A aquisição de significados por parte do aluno, ou uma aprendizagem significativa, requer um material potencialmente significativo (ver Tabela 1). Este, por sua vez, depende primeiramente do significado lógico, isto é, tem que estar disposto de modo não arbitrário (plausível, sensível e não aleatório) e substantivo do material de aprendizagem, com ideias correspondentemente relevantes que estão dentro do domínio da capacidade intelectual do aluno. Em segundo plano, e não menos impor-

tante, está a disponibilidade de tais ideias relevantes estarem presente na estrutura cognitiva do aluno. Ausubel, Novak e Hanesian (1978, p.41)citam:

Um estudante pode aprender a lei de Ohm, que afirma que a corrente em um circuito é diretamente proporcional à voltagem. Entretanto, essa proposição não poderá ser apreendida significativamente, a menos que o estudante saiba previamente o significado de corrente, voltagem, resistência, direta e inversamente proporcional, e a menos que tente relacionar estes conceitos como estão indicados na lei de Ohm. (AUSUBEL; 1978, p. 41)

Ausubel (2000, p.68) e Moreira (1999, p.23) advertem que a aprendizagem significativa requer também a disposição para a aprendizagem significativa (ver Tabela 1). Ausubel, e Moreira escrevem:

Portanto, independentemente do quanto de uma determinada proposição é potencialmente significativa: se a intenção do aluno é memorizá-la arbitrariamente e literalmente (como uma série de palavras arbitrariamente relacionadas), tanto o processo de aprendizagem como produto da aprendizagem serão automáticos. (AUSUBEL, 2000, p.68)

Esta condição implica o fato de que, independentemente de quão potencialmente significativo possa ser o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for, simplesmente, a de memorizá-lo arbitrariamente e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos (ou automáticos) (MOREIRA, 1999, p. 23).

Depende, em grande parte, da intervenção de inclusão obliteradora, que é a aquisição do novo conceito ancorado sobre o conceito já compreendido do profissional de ensino de incentivar que os alunos tenham a disposição para uma aprendizagem significativa. Experimentos, audiovisuais, brincadeiras, a forma de apresentação do conteúdo, exemplos, questionamentos reais, listas de problemas e questões adequadas e, principalmente, a forma de avaliação com esse objetivo têm que ser potencializadas. Muitas vezes, “respostas substancialmente corretas”, mas que não são literalmente a definição do conceito, “não são aceitas por alguns professores” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978).

Tabela 1.1 – Aprendizagem significativa e potencial significativo

(continua)

Aprendizagem significativa ou aquisição de	requer	1. material potencialmente significativo	e	2. disposição para a aprendizagem significativa.
--	--------	--	---	--

significados			
Potencial significativo	depende do(a)	1. significado lógico, isto é, tem de estar organizado de modo não arbitrário e substantiva, passível de ser aprendido significativamente, respeitando a capacidade intelectual humana.	(conclusão)
		e	2. disponibilidade de tais ideias relevantes na estrutura cognitiva do aluno

FONTE: Baseado em (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1978).

O papel da escola na definição do currículo das séries também é importante. Ausubel (2000) ressalta que, muitas vezes, a escola propõe determinado conteúdo ao aluno mas não consegue realizar uma ligação a algo já conhecido ou retido. Assim, ocorre a aprendizagem considerada mecânica ou automática. O aluno adquire as novas informações sem a interação com os conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Dessa forma, não consegue uma aprendizagem coerente, mas sim, uma aquisição através da memorização de conceitos, fórmulas e equações. Esse conteúdo será certamente esquecido logo após a avaliação, pois foi relativamente fixado para este fim.

Suas ideias também são caracterizadas e baseadas em reflexões específicas sobre o desenvolver da aprendizagem escolar e o ensino. Para Ausubel (2000), as instituições escolares tentam somente generalizar e fazer transferência de uma aprendizagem escolar com conceitos ou princípios. Esses conteúdos são explicativos, extraídos de outros contextos, fora do cotidiano do aluno.

Ausubel (2000) afirma que, para que aconteça uma aprendizagem coerente, eficaz e prazerosa, é necessário condicionamentos para que esta se concretize. Sendo assim, é conceituada pelo autor como “aprendizagem significativa”. Lembrando sempre que o referido autor destaca teoricamente em todos os momentos a aprendizagem significativa como um marco muito importante na vida do indivíduo.

### 1.1.1 Subsunçores, conhecimento prévio e ancoragem

A aprendizagem significativa acontece quando um novo conhecimento interage com uma estrutura de conhecimento específica preexistente na estrutura cognitiva do aluno. Estes novos conhecimentos são novas ideias, conceitos, proposições, e

esta estrutura de conhecimento específica que é preexistente é denominada por Ausubel de “subsumer” de "conceito subsunçor" ou, simplesmente "subsunçor", numa tentativa de traduzir a palavra em inglês.

O estudioso Moreira (2014, p. 161) relata:

A aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura do conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor (MOREIRA, 2014, p.161).

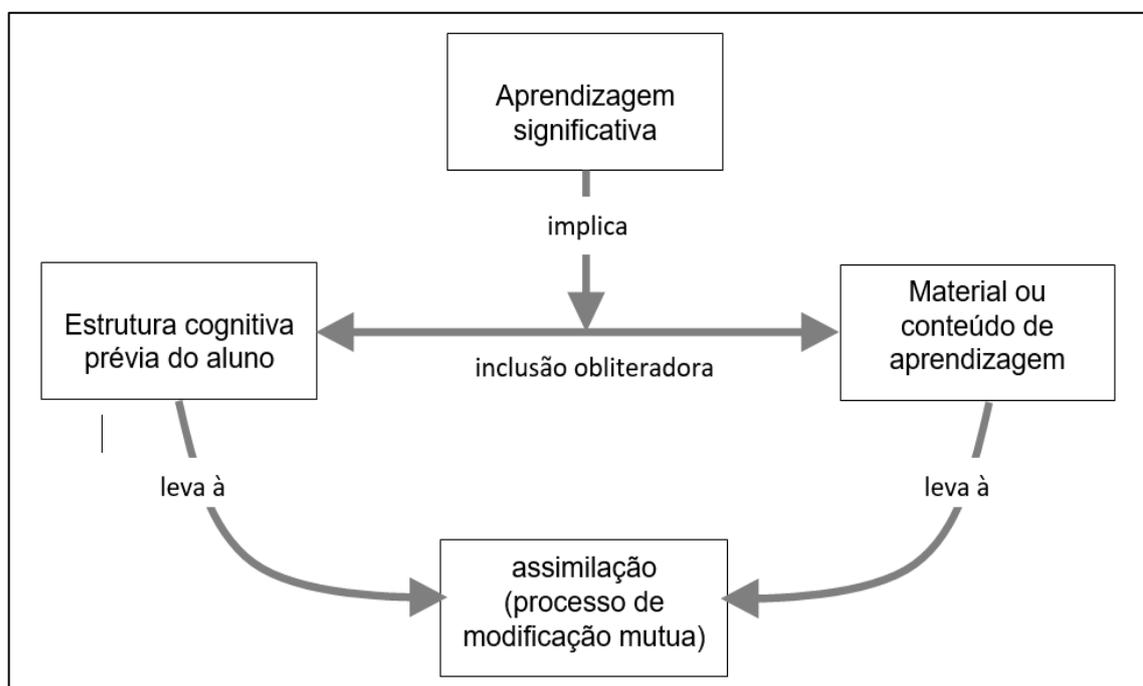
Assim, subsunçor, de acordo com Ausubel (2000), é definido como um princípio ou conjunto generalizado de conhecimentos que o aluno já aprendeu que pode proporcionar associação ou "ancoragem" para um novo conhecimento. Esse é um novo conhecimento que deve estar ligado ao conhecimento existente para criar significado.

Moreira (2014) afirma que os subsunçores já existentes estruturalmente no cognitivo podem ser muito mais abrangentes e bem mais desenvolvidos, ou esse pode ser ainda limitado e com pouquíssimo desenvolvimento. Esse depende muito da frequência com que ocorrerá a aprendizagem significativa em conjunção com um dado subsunçor.

Cordeiro (2003) evidencia o que Moreira (1999) entende como uma tentativa de tradução do termo “subsumer”, criando assim o termo “subsunçor”. Portanto, entende-se que esse termo é um conjunto de subsunçores que formará a estrutura cognitiva do aprendiz.

Entende-se que aquele conhecimento prévio, isto é, uma estrutura cognitiva previa que cada aluno possui, deve passar por uma exploração muito minuciosa (ver Figura 1). Essa deve ser desenvolvida e valorizada pelo professor com o objetivo da viabilização e assimilação do material ou conteúdo de aprendizagem.

Figura 1.1 – Aprendizagem significativa como uma assimilação cognitiva



Fonte: Sala e Goni (2000).

Em muitos casos, o novo conceito que foi assimilado é uma “versão melhorada” daquele conceito que serviu como se fosse uma âncora estrutural cognitiva do indivíduo. A estrutura cognitiva deve ter uma acomodação, fazendo com que possa ser abrangente, desenvolvendo assim o conhecimento adquirido.

Moreira e Masini (2001, p. 13), em suas obras explicitam caracteristicamente a relevância da teoria cognitiva de Ausubel, expondo, por exemplo, que:

Cognição é o processo através do qual o mundo de significados tem origem. À medida que o ser se situa no mundo, estabelece relações de significação, isto é, atribui significados à realidade em que se encontra. Esses significados não são entidades estáticas, mas pontos de partida para a atribuição de outros significados. Tem origem, então, a estrutura cognitiva (os primeiros significados), constituindo-se nos “pontos básicos de ancoragem” dos quais derivam outros significados. (MOREIRA; MASINI, 2001, p.13).

De acordo com a citação acima, analisamos que cognição é um processo que leva o indivíduo ao mundo de significados, isto é, vai assimilando significados à realidade de convívio em que se encontra. Os significados não são considerados entidades estáticas, porém são como pontos de partida que irão dar atribuições de outros significados.

Tendo essa origem, a estrutura cognitiva são os primeiros significados. Então serão construídos os “pontos básicos de ancoragem”. Tais pontos são derivados de outros significados que são atribuídos ou já adquiridos pelo indivíduo. Ressaltando ainda que a cognição é todo aquele conhecimento que o aluno já traz do seu cotidiano de convívio em todos os aspectos econômicos, culturais e sociais.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Ensino Médio, 2015, p.36, consta que:

Para que todo o processo de conhecimento possa fazer sentido para os jovens, é imprescindível que ele seja instaurado através de um diálogo constante, entre o conhecimento, os alunos e os professores. E isso somente será possível se estiverem sendo considerados objetos, coisas e fenômenos que façam parte do universo vivencial do aluno, seja próximo, como carros, lâmpadas ou televisões, seja parte de seu imaginário, como viagens espaciais, naves, estrelas ou o Universo. Assim, devem ser contempladas sempre estratégias que contribuam para esse diálogo (PCN, 2015, p.36).

Analisa-se que todo esse processo de conhecimento para que se tenha sentido aos jovens, é muito importante que ele tenha uma instauração através de diálogos constantes, entre conhecimento de alunos e professores. Mas isso só será possível se estiver considerado como objetos, coisas e fenômenos ligados ao universo de vivência do aluno, esse poderá ser próximo como: carros, lâmpadas ou televisão, ou seja, parte de sua imaginação, como viagens espaciais, naves, estrelas ou o próprio universo.

Então, deverão ser contempladas permanentes estratégias contribuintes para esse diálogo entre professor e aluno, de modo a objetivar o recebimento de novos conhecimentos de ambas as partes.

Os conceitos citados têm a função de analisar a vivência e a bagagem já vivenciada pelo aluno. Esses, serviriam como uma ponte que irá relacionar as novas informações com a bagagem do indivíduo.

Sendo assim, pode-se afirmar que o processo de “ancoragem” está relacionado ao conhecimento prévio do conceito e o campo gravitacional apresenta ocorrência na estrutura cognitiva. Essa estrutura para o Ausubel é tida como “hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais de cada indivíduo” (MOREIRA, 2014, p.161).

A aprendizagem é surpreendente, tornando-se cativante de conquista. Ao nascer, o ser começa seu desenvolvimento no processo de aprendizagem. Essa apren-

dizagem é interativa, supondo a construção que ocorre por meio de um processo mental implicando na aquisição de um conhecimento novo.

De acordo com a pesquisa, a aprendizagem é um processo de aquisição de novos conhecimentos e informações, envolvendo múltiplos mecanismos no cérebro, requerendo integração simultânea e sequencial da memória e atenção. Desenvolvendo assim habilidades motoras, linguagem e cognição, chamamos tudo isso de aprendizagem diária do indivíduo.

## 1.2 SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

Pode-se chamar de sequência didática um conjunto de atividades conectadas entre si sucedidas de um planejamento que limite cada etapa de sua aplicação. Sendo uma prática pedagógica organizada e concretizada a partir da intervenção do professor no cotidiano da sala de aula. Considerando de suma importância a relação interpessoal no ambiente de estudos, contribuindo para a consolidação do conhecimento que está em fase de construção, permitindo novas aquisições. Como cita Zabala:

Das diferentes variáveis que configuram as propostas metodológicas, analisaremos primeiro a que é determinada pela série ordenada e articulada de atividades que formam as unidades didáticas. (ZABALA, 1998, p.53)

Segundo Zabala (1998), a sequência didática do modelo tradicional reinante, isto é, que domina o circuito didático dogmático, é desenvolvida em quatro fases:

- a) Comunicação da lição.
  - b) Estudo individual sobre o livro didático.
  - c) Repetição do conteúdo aprendido (numa espécie de ficção de haver se apropriado dele e o ter compartilhado, embora não se esteja de acordo com ele), sem discussão nem ajuda recíproca.
  - d) Julgamento ou sanção administrativa (nota) do professor ou da professora.
- (ZABALA, 1998, p.54)

A série ordenada e articulada das atividades, segundo Zabala, é o elemento diferenciador das metodologias. O aspecto peculiar do método é o tipo de ordem em que se propõem as atividades. O parcelamento da prática educativa tem, em muitos casos, certo grau de artificialidade. Isto é explicável pelo problema de se encontrar um sistema totalmente apropriado, que deveria permitir o estudo conjunto de todas as variáveis nos processos educativos. A sequência avalia o valor das intenções e-

educacionais na definição dos conteúdos de aprendizagem e a função das atividades que são propostas. Para isso, Zabala (1998, p.55) define estas novas fases para esse modelo, denominado modelo de "estudo do meio":

- a) Atividade motivadora relacionada com uma situação conflitante da realidade experiencial dos alunos.
  - b) Explicação das perguntas ou problemas que esta situação coloca.
  - c) Respostas intuitivas ou "hipóteses".
  - d) Seleção e esboço das fontes de informação e planejamento da investigação.
  - e) Coleta, seleção e classificação dos dados.
  - f) Generalização das conclusões tiradas.
  - g) Expressão e comunicação.
- (ZABALA, 1998, p.55)

O modelo tradicional de uma S.D. é o mais usual, acontecendo de forma pensada e organizada previamente, desde a inserção do conteúdo até o método de avaliação. Porém, entende-se o modelo de estudo do meio como uma proposta motivadora fazendo do aprendiz protagonista de sua aprendizagem, por meio de pesquisas provindas do conteúdo apresentado.

### 1.3 ELETROMAGNETISMO

Do eletromagnetismo, deriva o estudo da eletricidade e do magnetismo que age sobre alguns materiais ao qual efeitos de atração, repulsão ou isolamento de elétrons livres são permitidos. Com a observação, descoberta e estudo sobre estes efeitos, se deu a evolução de uma infinidade de dispositivos e máquinas usadas atualmente (BENJAMIN, 1898) (KOLBE, 1908) (WALKER, 2007).

Aos povos gregos, em especial a Thales de Mileto (600 a.C.), deve-se a descoberta dos efeitos eletromagnéticos, onde Thales atritando uma resina fossilizada chamada de âmbar em pele de animal, esta atraia outros materiais mais leves, como a palha, por exemplo. Dá-se, assim, início a história da eletricidade.

Foi na Grécia antiga, que também se encontraram as magnetitas na região de Magnésia. Magnetitas são rochas que atraem com facilidade o ferro, sem a necessidade de atrito em pele de animal. Assim, se inicia a ciência do magnetismo.

Em 1269, Pierre de Maricourt fez um extenso trabalho dedicado à compreensão dos ímãs. Seguido de William Gilbert (1600), médico da rainha Elisabeth I, que

publicou trabalhos sobre o magnetismo, classificando de materiais elétricos todos aqueles que podem atrair outros corpos por fricção, como o âmbar, e materiais não elétricos, aqueles que não precisam de fricção para atrair outros corpos, como é o caso da magnetita, que como imãs, se atraem. Diferenciando os corpos elétricos de corpos magnéticos, devido a diferença de ação entre ambos.

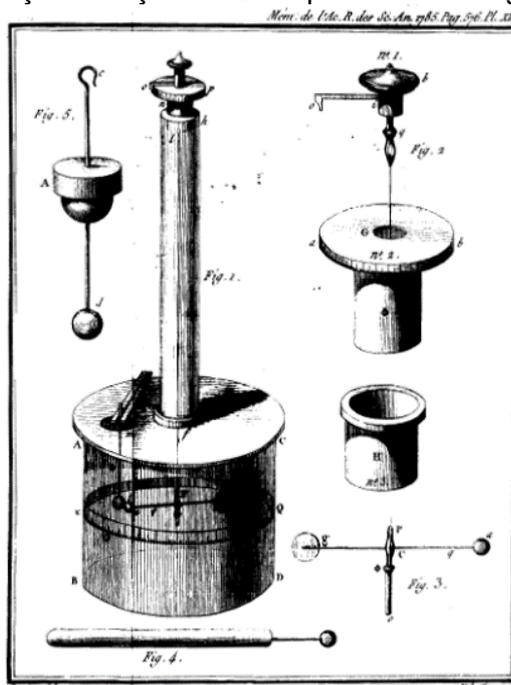
Depois disso, muitos experimentos testados e grandes descobertas foram feitas. Pensou-se na eletricidade como um fluido, assemelhando-se a água passando pelo interior de um cano. Charles Du Faye, em 1733, propôs dois tipos de carga: a carga resinosa e a carga vítrea. Nessa junção constatou que, ao tocar dois materiais com o vidro ou com a seda, acontecia a repulsão e, ao tocar um material com vidro e o outro com a seda e aproximá-los, acontecia a atração, deduzindo que, na fricção, acontecia a separação das cargas, vítrea e resinosa.

Benjamim Franklin, por volta de 1750, se aprofunda no estudo dos fluidos elétricos, propondo um único fluido elétrico que emerge de um corpo para outro por meio da fricção, concluindo que poderia existir falta ou excesso de fluido em um corpo. Ao que estava em excesso, chamou de carregado positivamente, e ao que estava com falta de fluido, chamou de carregado negativamente, dando para as cargas o sinal de positivo e negativo.

Em 1785, Charles-Augustin de Coulomb apresentou seus estudos sobre eletricidade e magnetismo (Coulomb, 1788). Neste trabalho, Coulomb descreve a construção e utilização de uma balança de torção (ver Figura 2) e ainda apresenta os seguintes resultados:

Conclui-se, portanto, desses três testes, que a força repulsiva que as duas bolas - que eram eletrificadas com o mesmo tipo de eletricidade - exerce uma sobre a outra, segue a proporção inversa do quadrado da distância. (COULOMB, 1788, p.574)

Figura 1.2 – Balança de torção utilizada por Charles-Augustin de Coulomb



Fonte: Coulomb, 1788.

O Resultado de Coulomb pode ser escrito pela conhecida Lei de Coulomb:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{d^2} \quad [2.1]$$

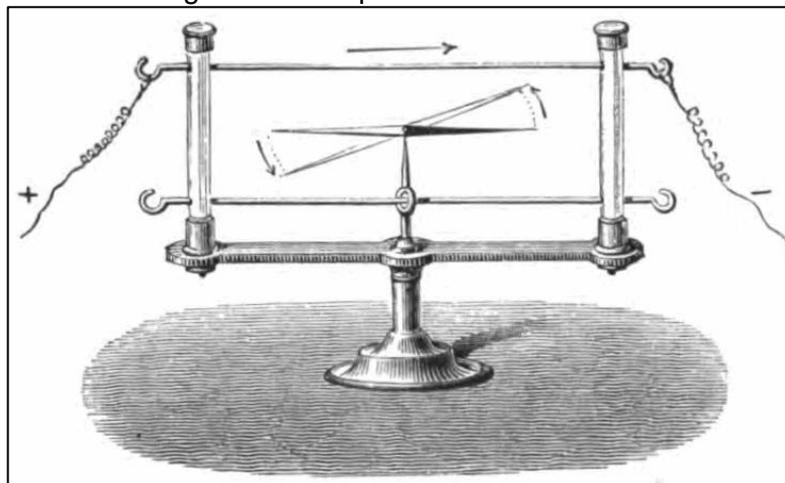
Nesse percurso, muitos nomes foram conhecidos e aclamados por suas pesquisas. Invenções foram se modernizando para facilitar a vida do homem. A ciência da eletricidade e do magnetismo caminhavam separadas, até que em 1820, Hans Christian Oersted relacionou as duas ciências, eletricidade e magnetismo, mesmo com seus comportamentos diferentes.

Em meio a debates e experimentos, a sociedade científica da época buscava a ligação entre essas ciências e Oersted. Por meio de um experimento, posiciona-se uma bússola com agulha imantada próxima a um circuito elétrico simples, existindo corrente elétrica no circuito provocava-se o desvio da posição natural da agulha da bússola, e deixando de existir corrente elétrica no circuito, a agulha voltava para sua posição normal (ver Figuras 3 e 4).

Oersted constatou que cargas elétricas em movimento provocavam um campo magnético. Desse experimento surgiu o aparelho capaz de detectar corrente elétrica em um circuito elétrico, chamado de Galvanômetro.

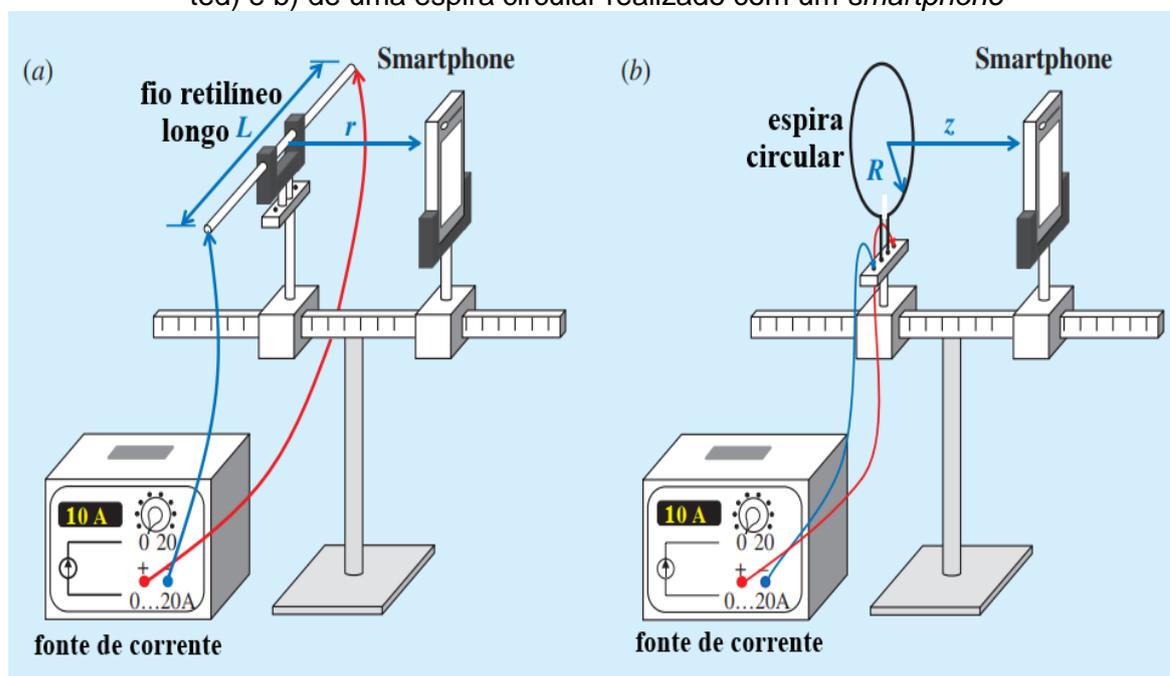
Na Figura 1.3, tem-se o experimento de Oersted. Ao centro vemos a agulha da bússola e a flecha indica o sentido da corrente.

Figura 1.3 – Experimento de Oersted



Fonte: Magnetismus, Disponível em: [https://nanopdf.com/download/file-2292\\_pdf](https://nanopdf.com/download/file-2292_pdf), Acesso em: 3 maio 2020.

Figura 1.4 – a) Medida do campo magnético de um fio retilíneo longo (Experimento de Oersted) e b) de uma espira circular realizado com um *smartphone*



Fonte: SEPTIANTO, R D, SUHENDRA, D, ISKANDAR, F, Utilization of the magnetic sensor in a smartphone for facile magnet statics experiment: magnetic field due to electrical current in straight and loop wires, Phys. Educ. 52, 2017, p.015015

A bússola se movimenta, pois quando os elétrons passam pelo condutor produzem um campo magnético. O módulo do campo magnético  $B$  produzido pelo fio condutor é dado pela Lei de Biot Savart (WALKER, 2007, pg. 836):

$$B = \frac{\mu I}{2\pi r}. \quad [2.2]$$

Onde  $I$  é fluxo ordenado de elétrons, denominado a corrente elétrica (será definido melhor mais adiante) e  $r$  é a distância até o fio,  $\mu$  é uma constante que depende do meio em que o condutor está imerso e é chamado de permeabilidade magnética.

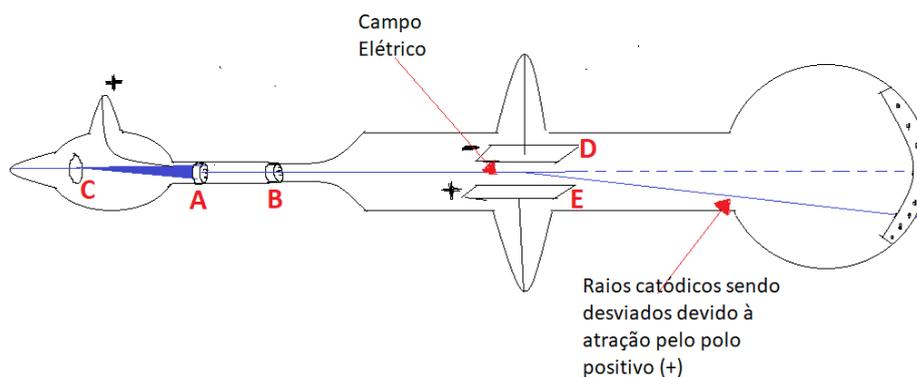
Quando uma carga  $q$  com velocidade  $\vec{v}$  passa por um campo magnético  $\vec{B}$  paralelo a velocidade  $\vec{v}$  a força sobre a carga  $q$  é zero. Diferentemente se o campo magnético  $\vec{B}$  for perpendicular a velocidade  $\vec{v}$  a força sobre a carga  $q$  é proporcional a velocidade e ao campo magnético (WALKER, 2007, pg. 805). Assim, força magnética sobre cada carga de condução  $q$ , é dada pela equação:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad [2.3]$$

A relação carga massa  $e/m$  do elétron foi medido pela primeira vez por Thomson, em 1897, usando um tubo de Crookes (ver Figura 5). Este tubo de vidro permite que elétrons acelerados por um potencial  $V$  possam experimentar campos magnéticos  $B$  e campos elétricos  $E$ , aplicados de tal forma é possível balancear o efeito de ambos e obter a velocidade dos elétrons ( $v = E/B$ ). A partir do potencial  $V$  e sabendo a velocidade  $v$  dos elétrons é possível determinar a razão carga massa dos elétrons ( $e/m = E^2/(2VB^2)$ ). A experiência com o tubo de Crookes de Thomson permitiu concluir a existência dos elétrons.

A Figura 2.6 apresenta a ilustração de Thomson do tubo de Crookes. Os elétrons foram emitidos a partir do cátodo C, passados pelas fendas A e B (ânodos e aterrados), depois pelo campo elétrico gerado entre as placas D e E e campo magnético perpendicular, impactando finalmente a superfície na extremidade oposta.

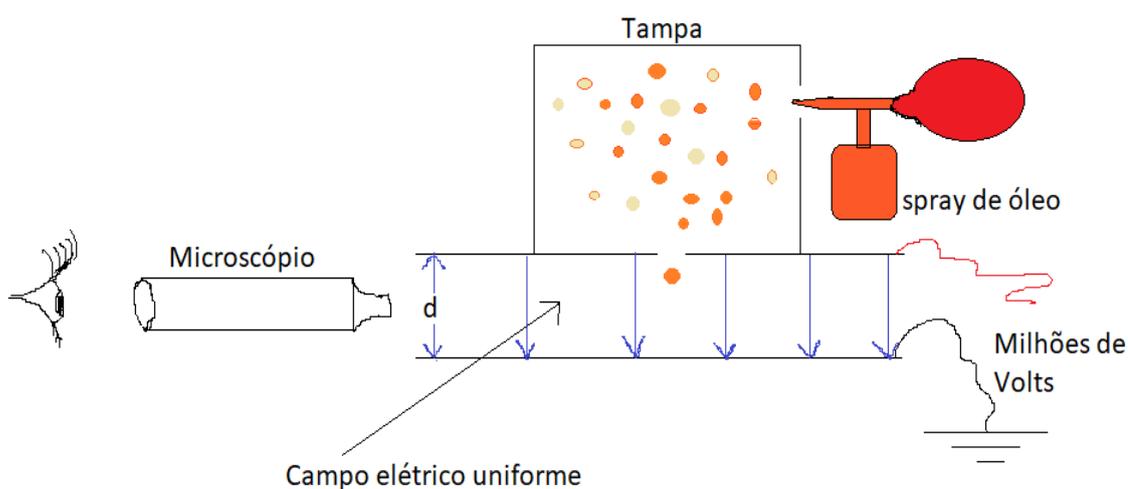
Figura 1.5 – Ilustração do tubo de Crookes de Thomson



Fonte: o Autor.

A carga do elétron foi medida pela primeira vez na experiência da gota de óleo (Figura 6). Foi uma experiência conduzida por Robert Andrews Millikan em 1909. Ele obteve esse resultado, mudando cuidadosamente o campo elétrico, assim balanceando as forças elétricas e as forças gravitacionais em gotículas de óleo ionizadas e suspensas entre duas placas de metal carregadas. A carga de cada gota foi determinada, conhecendo o campo elétrico. O experimento foi repetido em várias gotas e Millikan percebeu que os valores das cargas das gotas eram múltiplos de um mesmo número. Millikan explicou esse número como sendo a carga de um único elétron, cujo valor hoje aceito é  $1,602117662 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

Figura 1.6 – Experimento de Milikan



Fonte: o Autor

A descoberta do elétron foi precedida pela descoberta do átomo. Joseph John Thomson, em 1903, propôs o primeiro modelo de átomo, sendo uma esfera preen-

chida com carga positiva e recheada de cargas negativas em sua superfície. Este modelo atômico ficou conhecido como pudim de ameixas ou pudim de passas.

Na sequência, Ernest Rutherford propõe o modelo planetário, pontuando o núcleo com carga elétrica positiva e os elétrons, com carga negativa, circulando entorno do núcleo. E Niels Bohr segue com o modelo de Rutherford, mas relatando que as órbitas dos elétrons são quantizadas e os raios atômicos são múltiplos de  $2\pi h$ , sendo  $h$  a constante de Planck.

A última camada orbital dos elétrons é chamada de camada de valência, onde estes elétrons estão mais fracamente ligados ao núcleo do átomo. Quanto mais distante o elétron se encontra do núcleo, menor será a força de atração entre eles, e os materiais condutores permitem que o elétron salte da última camada se tornando um elétron livre para, daí, produzir corrente causada por uma diferença de potencial (D.D.P.) ou tensão elétrica.

Para que haja corrente elétrica, precisamos de materiais com propriedade de conceder aos elétrons a liberdade de movimento. Esta propriedade é pertencente aos materiais condutores, derivados de materiais metálicos, como: cobre, aço, ferro ou alumínio. A instalação elétrica de nossas residências, por exemplo, é confeccionada usando fios de cobre, pois os elétrons se movimentam com muita facilidade, provocando uma corrente elétrica.

Esses acontecimentos microscópicos permitem o funcionamento de eletrodomésticos e eletroeletrônicos que facilitam no nosso cotidiano. Dessa forma, podemos acionar o interruptor de nossas casas e acender uma lâmpada. Efeitos que acontecem de forma invisível, mas fazem grande diferença na sociedade atual, sendo provocados por tensão elétrica e corrente elétrica, abordados na sequência desse trabalho, bem como a capacidade de causar essa diferença de potencial, cabível a geradores de eletricidade, fazendo parte do estudo da Eletrodinâmica.

### **1.3.1 Corrente elétrica**

Os elétrons ficam dispostos na eletrosfera em camadas concentradas em torno dos núcleos, que são constituídos de prótons e nêutrons (exceto o hidrogênio, em que o núcleo é constituído somente por um próton). Os elétrons das camadas inferiores são quase que permanentemente ligados, enquanto os elétrons das últimas

camadas, chamados de elétrons de valência, podem, em alguns materiais, se tornar elétrons livres.

Um exemplo é o cobre, que é usado nas instalações elétricas de residências. Tratando-se de um material condutor, os elétrons livres se movimentam de forma desordenada, mudando o estado de movimento quando aplicado uma diferença de potencial (D.D.P.) nas extremidades do condutor. Quando os elétrons passam a ter uma direção preferencial em seu movimento dentro do condutor, em razão de uma diferença de potencial, temos uma corrente elétrica. Cada elétron tem uma carga já conhecida, a carga elementar, sendo então, a corrente elétrica, uma grandeza física que nos permite conhecer quanto de carga elétrica atravessa um condutor em determinado intervalo de tempo.

Para a carga elétrica, representada por  $Q$ , temos como unidade de medida o coulomb  $[C]$ , e para a variação de tempo usamos a medida em  $[s]$  segundos. Podemos concluir que:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \rightarrow \left[ \frac{C}{s} \right] = [A] \quad [2.4]$$

Para determinar o número de carga elétrica armazenada em um corpo, calcula-se o produto do número de elétrons pelo valor da carga elementar  $e = 1,6 \times 10^{-19}C$ , temos:

$$Q = n \cdot e \quad [2.5]$$

Podemos determinar o valor da corrente elétrica que percorre um condutor quando conhecemos o número de elétrons livres e o tempo em que se percorre o condutor, medido em segundos, pois a carga elementar pode variar o sinal, negativo ou positivo, mas não altera seu valor.

Pode-se entender como corrente contínua, aquela que detém um percurso para o movimento dos elétrons, dando sentido único ao movimento das cargas elétricas, e corrente alternada onde o movimento dos elétrons livres é periodicamente invertido, podendo se inverter 60 vezes por segundo (ou 60 *Hz*).

Denominado sentido real ou sentido convencional do movimento das cargas, a direção em que os elétrons se movimentam é a partir da diferença de potencial instaurada no circuito. No sentido real, os elétrons, que por sua vez possuem carga elétrica negativa, caminham em direção ao maior potencial elétrico, ou seja, seu sentido

vai em direção as cargas “elétricas positivas”. Já o sentido convencional, entende-se os elétrons com carga positiva e percorrendo o condutor em direção ao menor potencial elétrico, sendo atraído para cargas negativas, sendo um pensamento oposto ao definido até então, pois compreendemos o elétron com carga elétrica negativa.

A passagem de corrente elétrica é capaz de produzir diversos efeitos que acarretam mudanças na vida em sociedade. O ato de acionar um interruptor acendendo uma lâmpada, a água quente que sai dos chuveiros elétricos, contrações musculares causadas por descarga elétrica ou um campo magnético detectado por passagem de corrente elétrica podem ser vistos em nosso cotidiano.

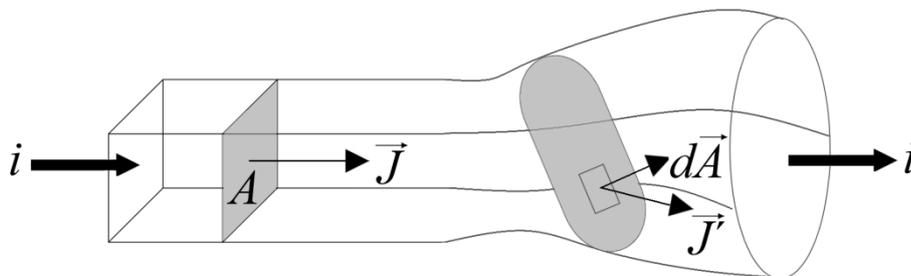
Como unidade de medida de corrente elétrica temos o ampère [A], homenageando André-Marie Ampère (1775 – 1836), físico e matemático que se baseou no experimento de Orsted para realizar estudos e pesquisa sobre a eletricidade e magnetismo e, através desses estudos, confeccionou o galvanômetro, aparelho capaz de medir o fluxo de corrente elétrica em um condutor.

Conforme ilustrado na Figura 2.8, a corrente  $i$  que passa por um condutor de área transversal  $A$  conhecida pode ser escrita como:  $i = JA$ , onde  $J$  é a densidade de corrente.

Na Figura 1.7, a mesma corrente  $i$  passa de uma seção quadrática para uma seção não regular, e ai pode-se escrever genericamente:

$$i = \int_A \vec{J} \cdot d\vec{A} \quad [1.6]$$

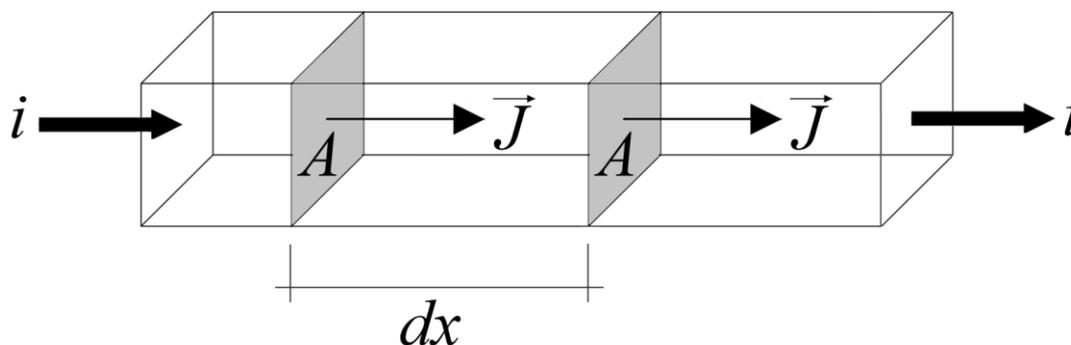
Figura 1.7 – Representação da passagem de corrente elétrica por uma seção quadrática numa dada seção não regular



Fonte: o Autor.

Para o caso mais simples, Figura 1.8 e Eq. [1.7], podemos escrever a densidade de corrente, como:

Figura 2.9 – Representação da passagem de corrente elétrica por uma seção quadrática numa dada seção regular



Fonte: o Autor.

$$J = \frac{i}{A} \quad [1.7]$$

Substituindo  $i = dQ/dt$ ,

$$J = \frac{1}{A} \frac{dQ}{dt} \quad [1.8]$$

Multiplicando e dividindo por  $dV$  (volume):

$$J = \frac{1}{A} \frac{dQ}{dt} \frac{dV}{dV} = \frac{1}{A} \frac{dQ}{dV} \frac{dV}{dt} \quad [1.9]$$

Como  $dV = A dx$ ,

$$J = \frac{1}{A} \frac{dQ}{dV} \frac{A dx}{dt} \quad [1.10]$$

A carga por volume  $dQ/dV = ne$ , onde  $n$  é o número de elétrons e  $e$  é a carga do elétron.  $dx/dt$  é a velocidade dos elétrons no condutor. Assim:

$$J = \frac{A}{A} \frac{dQ}{dV} \frac{dx}{dt} \quad [2.11]$$

Escrevendo a Eq. [12] vetorialmente, obtém-se:

$$\vec{j} = n e \vec{v} \quad [1.12]$$

A densidade de corrente  $\vec{j}$  pode ser escrita em função do número de elétrons, a carga e a velocidade das cargas.

### 1.3.2 Tensão elétrica

Em um fio condutor metálico, por exemplo, de cobre, os elétrons livres podem se movimentar aleatoriamente no material devido a flutuações térmicas. Quando se aplica uma diferença de potencial (D.D.P.) entre as extremidades do fio condutor ocorrerá um movimento ordenado dos elétrons no material. Esse movimento ordenado constitui o que se denomina de corrente elétrica.

O movimento ordenado dos elétrons está ligado a uma corrente elétrica e, para que esse movimento ordenado aconteça, é necessário que haja uma diferença de potencial nas extremidades de um condutor, onde os elétrons emanam do maior para o menor potencial elétrico.

A diferença de potencial está relacionada com o sinal das cargas nas extremidades de um condutor. A extremidade que tem excesso de elétrons, é que tem o maior potencial, e a extremidade que tem falta de elétrons é a positiva. A corrente elétrica depende da diferença de potencial, sendo grandezas diretamente proporcionais.

Esta diferença de sinal das cargas no condutor provoca um campo elétrico entre as extremidades. Um campo elétrico é o campo de força provocado pela ação de cargas elétricas. A partir deste campo elétrico, podemos obter o potencial elétrico  $V$ , que é a capacidade que um corpo energizado tem de realizar trabalho.

Considerando as variáveis (vetoriais) de estado de uma carga elétrica disposta em um ponto do campo elétrico, como sendo sua posição  $\vec{r}$  e a velocidade  $\vec{v}$ , concebendo, assim, seis dimensões ao espaço de fase:  $(x, y, z, v_x, v_y, v_z)$ .

Se uma partícula tem massa  $m$  e carga  $q$ , e a única força que atua sobre ela é a força elétrica ( $\vec{F} = q\vec{E}$ ), a equação do movimento (2ª Lei de Newton) será:

$$m\vec{a} = q\vec{E} \quad [1.13]$$

Como  $\vec{a} = d\vec{v}/dt$ ,

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{q}{m}\vec{E} \quad [1.14]$$

Multiplicando por  $d\vec{r}/d\vec{r}$  o primeiro termo, temos,

$$\frac{d\vec{v}}{dt} \frac{d\vec{r}}{d\vec{r}} = \frac{q}{m}\vec{E} \quad [1.15]$$

Rearranjando, tem-se:

$$\frac{d\vec{v}}{d\vec{r}} \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{q}{m}\vec{E} \quad [1.16]$$

Como  $d\vec{r}/dt = \vec{v}$ , temos:

$$\vec{v} d\vec{v} = \frac{q}{m}\vec{E} d\vec{r} \quad [1.17]$$

Integrando os dois lados da equação, desde um ponto inicial  $(\vec{r}_0, \vec{v}_0)$  até um ponto final  $(\vec{r}, \vec{v})$ , obtêm-se:

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = q \int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} \vec{E} d\vec{r} \quad [1.18]$$

A expressão (VI) demonstra a igualdade entre diferença da energia cinética e o trabalho realizado pela força elétrica. A diferença da energia cinética é igual a própria energia  $E$  da partícula.

Como a força eletrostática é uma força conservativa, demonstrado na função potencial  $V_{\vec{r}}$ , que permite integrar o trabalho realizado pela força elétrica, assim:

$$\int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} \vec{E} \, d\vec{r} = V_0 - V_{\vec{r}} \quad [1.19]$$

Para simplificar  $V = V_0 - V_{\vec{r}}$ , onde  $V$  é o potencial eletrostático. Assim, em função do potencial, a equação de movimento assume uma forma mais simples:

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = qV \quad [1.20]$$

A diferença da energia cinética é igual a própria energia  $E$  da partícula. Concluindo que a expressão  $E = qV$  é a energia potencial elétrica da partícula.

Para obter diretamente o potencial elétrico  $V$ , coloca-se nele uma carga de prova  $q$  em um determinado ponto e mede-se a energia potencial  $E_p$  adquirida pela carga. Essa energia potencial é proporcional ao valor de  $q$ , assim, pode-se escrever.

$$V = \frac{E_p}{q} \quad [1.21]$$

Onde:

$V$  é potencial elétrico ou tensão elétrica,

$E_p$  é energia potencial e

$q$  é carga de prova

Esta relação é muito prática, pois traz uma relação direta entre a energia e o potencial elétrico.

A unidade de medida do potencial elétrico é volt  $[V]$ , que é dada pela razão joule  $[J]$  por coulomb  $[C]$ , assim,

$$1V = 1 \frac{J}{C} \quad [1.22]$$

A unidade de medida volt homenageia Alessandro Volta (1745 – 1827), físico e químico dedicado ao estudo da eletricidade. Um pouco do trabalho de Alessandro Volta é apresentado no Apêndice B.

A intensidade da corrente elétrica  $i$  que flui através de um objeto é proporcional à voltagem elétrica  $V$ . O quociente entre a tensão e a intensidade da corrente define uma constante, a resistência  $R$ . Assim, chega-se à equação matemática usual que descreve esta relação:

$$R = \frac{V}{I} \quad [1.23]$$

Esta relação é chamada de Lei de Ohm.

Para resistores em série, a corrente em cada resistor é sempre a mesma, isto é,  $i = i_1 = i_2 = i_3 = \dots$ . Enquanto isto, a tensão é dada por  $V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$ . Desta forma, a resistência efetiva é  $R_{eff} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$  (ver comparativo com os geradores).

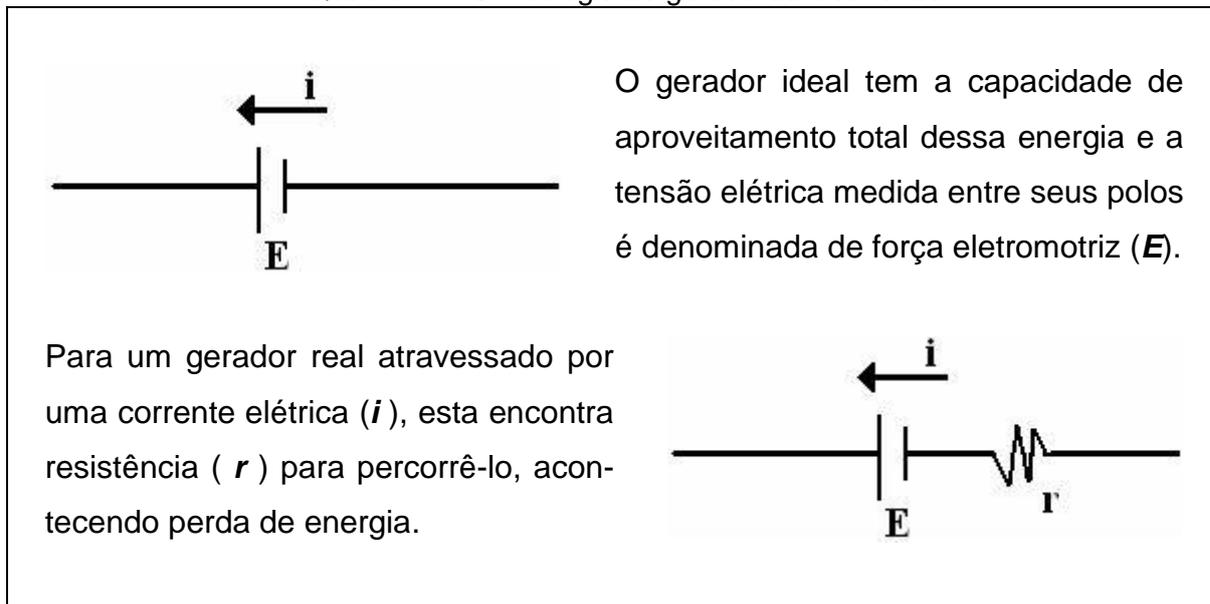
No caso dos resistores em paralelo, a tensão em cada resistor é sempre a mesma, isto é,  $V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$ . Diferentemente, a corrente é dada por  $i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots$ . Assim, a resistência efetiva é  $1/R_{eff} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_2 + \dots$  (ver comparativo com os geradores).

### 1.3.3 Ligação de geradores ideais em série e paralelo

Chamados de geradores, os dispositivos capazes de transformar energia não elétrica em energia elétrica, como é o caso da energia eólica, solar ou nuclear, entre outras, que usam de recursos naturais para produzir eletricidade (LEMES 1995). Estes dispositivos promovem uma diferença de potencial entre dois polos, o positivo e o negativo, como vemos marcados em pilhas ou baterias de automóvel. Pilhas ou baterias são fontes de energia química, como as que pesquisou Alessandro Volta.

Conectando os polos de um gerador a um circuito, tem-se a garantia de corrente elétrica percorrendo o circuito. No que se refere às baterias, consistem de fontes de corrente contínua, onde os elétrons caminham do polo de maior potencial para o polo de menor potencial. Os tipos de geradores, ideal e real, se diferenciam na medida de fornecimento de energia para um circuito (ver Quadro 1). O gerador ideal tem a capacidade de aproveitamento total dessa energia e a tensão elétrica medida entre seus polos é denominada de força eletromotriz.

Quadro 1.1–Simbologia de geradores ideal e real



Fonte: o Autor

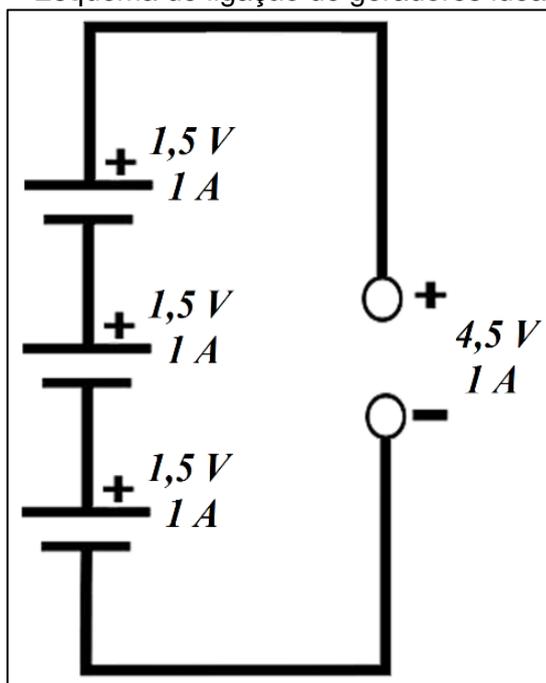
Ideal ou real, os geradores estabelecem campo elétrico entre as extremidades de um condutor de circuito elétrico, e esse campo causa o movimento das cargas elétricas livres do condutor.

Aparelhos eletrodomésticos, eletroeletrônicos, entre outros, possuem seu valor específico de tensão  $V$  e corrente elétrica  $i$  que não são supridos em um circuito ligado a apenas um gerador, necessitando de mais geradores para funcionar corretamente, onde, o agrupamento correto dos geradores sana esta exigência do aparelho, podendo ser ligado em série ou em paralelo.

### 1.3.4 Associação de geradores ideais em série

Aos geradores que transformam energia química em energia elétrica, como é o caso das pilhas e bateria, usadas como fonte de tensão elétrica, pode-se associá-las em série conectando o polo positivo ao polo negativo, sucessivamente, de acordo com o número de pilhas ou baterias. Como mostra a Figura 2.10, com três geradores em série, de 1,5 V e 1 A, cada uma gera uma tensão final de 4,5 V e uma corrente máxima de 1 A.

Figura 1.9 – Esquema de ligação de geradores ideais em série



Fonte: produzido pelo autor.

Quando associadas em série, as pilhas ou baterias somam suas tensões individuais e a tensão elétrica total no circuito sofre aumento proporcional ao número de geradores.

Tomando como exemplo a associação de três pilhas com tensão elétrica de 1,5 V e 1 A máximo, ligadas em série, a tensão total resultará em 4,5 volts, mas a corrente elétrica mantém o valor de amperagem. Assim, a tensão elétrica, é dada por:

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \dots + V_n \quad [1.24]$$

E a corrente elétrica em um circuito série é:

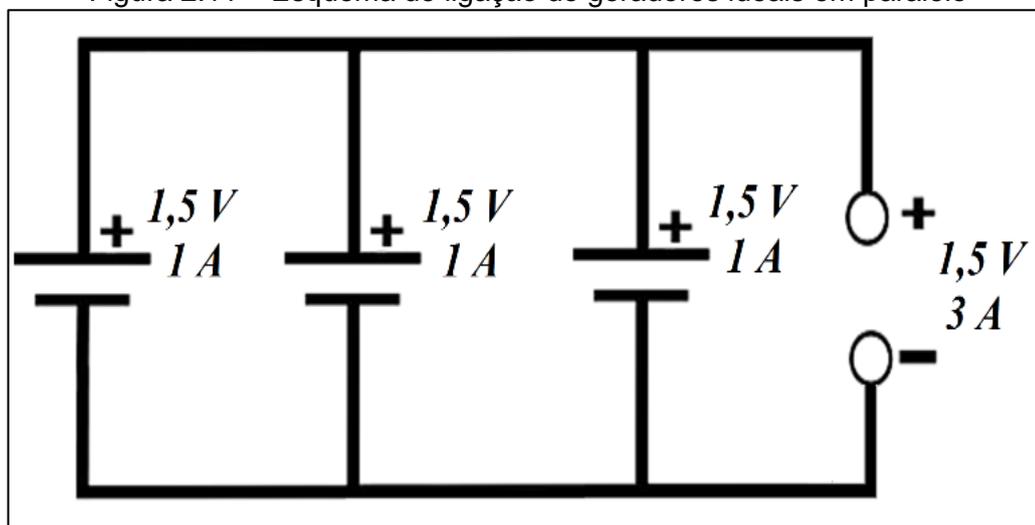
$$i_t = i_1 = i_2 = i_3 = i_4 = \dots = i_n \quad [1.25]$$

### 1.3.5 Associação de geradores ideais em paralelo

Em uma associação de geradores em paralelos, os polos positivos se conectam entre si, assim como os positivos, efetuando a ligação de positivos com positivos e negativos com negativos. A Figura 8 mostra a associação de geradores em paralelo.

Na Figura 1.10, três geradores em paralelo, de 1,5 V e 1 A, gerando uma tensão final de 1,5 V e uma corrente máxima de 3 A.

Figura 2.11 – Esquema de ligação de geradores ideais em paralelo



Fonte: produzido pelo autor.

A Figura 8 mostra três pilhas com 1,5 volt de tensão e 1 ampère de corrente elétrica, ligadas em paralelo, onde o circuito é percorrido por uma corrente elétrica igual a 3 ampère e 1,5 volt de tensão elétrica.

Nesse tipo de associação, o valor da diferença de potencial não se altera, sendo a tensão elétrica de uma pilha disposta em todo o circuito. Diferindo o valor da corrente elétrica, medida em ampère, e somada proporcionalmente ao número de fontes de tensão.

Ligações em paralelo são muito pouco usadas para fontes de tensão, mesmo sendo possível, pois havendo diminuição de tensão em uma fonte, esta drenará a energia dos outros geradores, ao invés de fornecer energia para o circuito. Assim, temos:

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = \dots = V_n \quad [1.25]$$

A tensão total será igual a tensão de qualquer gerador do circuito. Diferentemente a corrente elétrica é:

$$i_t = i_1 + i_2 + i_3 + i_4 + \dots + i_n \quad [1.26]$$

Portanto a corrente total em um circuito em paralelo é igual a somatória das correntes de cada fonte.

## 1.4 ENERGIA SOLAR

O Sol, enquanto fonte de energia natural cede calor por meio da radiação solar, contribui para a formação dos ventos, colabora com a evaporação e condensação dos rios gerando potenciais hidráulicos. O Sol colabora com a fotossíntese dos vegetais auxiliando no sustento da cadeia alimentar. Colaborando com grandes feitos da natureza, também está sendo utilizada em aquecedores ou convertendo a radiação em energia elétrica, unindo-se a outros efeitos naturais para compor as energias renováveis. Energias estas providas de recursos como o Sol, vento, a água ou detritos de vegetais. Conhecidas como: energia solar, energia eólica, oceânica ou das marés, geotérmica, biomassa e hidrelétrica, todas tendo como fonte os recursos naturais citados, que se renovam de forma natural, por isso “energias renováveis”, como veremos no Quadro 2.

Existem também as fontes de energias renováveis conhecidas como tradicionais, como o fogão a lenha que utiliza madeira catada ou desmatada.

Na contramão dos tipos de energias renováveis, temos as não renováveis, também existentes na natureza e aprimoradas pela mão do homem. Entre essas, estão as fontes fósseis de energia, decorrente da matéria orgânica acumulada no subsolo ao longo dos anos, tais como: o carvão mineral, petróleo, gás natural, xisto betuminoso, entre outros. Existem alguns elementos químicos na natureza que usam fissão de núcleos atômicos para gerar energia, como o urânio, estes são conhecidos como fontes primárias de energia nuclear. Unidas a fontes fósseis ou nucleares, absorve-se energia não renovável, pois as fontes são gastas sem reposição.

Essas fontes “modernas” de energias podem ser subdivididas em fontes “convencionais” e fontes “novas”. As usinas hidrelétricas, uma tecnologia dominada e distribuída para nossas casas de forma comercial é um exemplo de fonte “convencional”. Se opondo, as fontes “novas” são competidoras das “convencionais”, como: painéis solares fotovoltaicos, aquecedores solares, pequenas centrais hidrelétricas (funciona como uma mini usina hidrelétrica), energia oceânica ou das marés, energia eólica, geotermiais e biomassa. Identificados cada tipo de energia no quadro a seguir (Quadro 2.2):

Quadro 1.2 – Tipos de energias renováveis e não renováveis

Fontes	Energias primárias	Energias secundárias		
<b><u>Não renováveis</u></b>	Fósseis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carvão mineral</li> <li>• Petróleo e derivados</li> <li>• Gás natural</li> </ul>	Termoeletricidade, calor, combustível para transporte	
	Nuclear	Materiais fósseis	Termoeletricidade, calor	
<b><u>Renováveis</u></b>	Tradicionais	Biomassa primitiva: lenha de desmatamento		
	Convencionais	Potenciais hidráulicos de grande e médio porte		
		Potenciais hidráulicos de pequeno porte		
	Novas	Biomassa moderna: lenha replantada, culturas energéticas (cana-de-açúcar, óleos vegetais)		Biocombustível (etanol, biodiesel), termoeletricidade, calor
		Outros	Energia solar	Calor, eletricidade fotovoltaica.
			Geotermal	Calor e eletricidade
Eólica			Eletricidade	
Maremotriz e das ondas				

Fonte: Revista USP, São Paulo, nº 72

O consumo de energias não renováveis é o predominante do mercado no mundo, usando de fontes fósseis, o petróleo e o mais consumido no planeta. A e-

nergia nuclear tem a sua contribuição no consumo de energia mundial precedendo as energias renováveis que está em último lugar de consumo, mas ainda assim, tem contribuído com a geração de energia elétrica sem agredir o meio ambiente.

A biomassa, primeiro lugar na distribuição de energia renovável, através da lenha queimada de forma primitiva, seguindo das usinas hidrelétricas que distribui energia de forma comercial em todo o nosso país, chegando à utilização das fontes “novas” de energia, a energia solar, eólica e biocombustível.

A energia solar, enquanto energia renovável é vista como a tecnologia futurista que utiliza uma fonte natural de energia, o Sol, convertendo sua luz em energia elétrica através do efeito fotovoltaico que acontece em células compostas de materiais semicondutores.

O efeito fotovoltaico foi observado em 1839, onde se viu ali a possibilidade de converter a radiação da luz do Sol em energia elétrica, para eletrodos mergulhados em solução de eletrólito, descoberto pelo físico Alexandre Edmond Becquerel. Seguindo por Adams e Day, que experimentou o mesmo efeito em um sólido chamado selênio em 1877, mas com baixa eficiência.

Partindo daí a confecção da primeira célula solar produzida com selênio, surgida no ano de 1883. Após esse fato, grandes físicos renomados desenvolveram trabalhos na área da Física no estado sólido chegando ao silício monocristalino e a junção P-N, onde o processo de dopagem entre o silício e o fósforo (silício tipo N), fixado na parte superior de uma célula passa a apresentar elétrons livres, enquanto que a dopagem silício e boro (silício tipo P) apresenta característica inversa a de N, ou seja, falta de elétrons livres.

O uso dessa tecnologia chamou a atenção das empresas de telecomunicações e das agências espaciais, pois a fonte era inesgotável e gratuita, facilitando a estadia em longas viagens espaciais e o consumo de energia dos satélites em órbita.

Com a crise energética ocorrida em 1973, a energia solar passou a ser ainda mais pesquisada e utilizada, buscando uma maneira de baixar o custo de produção e aumentar a potência energética para consumo.

Nos dias de hoje, conta-se com vários projetos, em curso ou operação, visando o aproveitamento da energia solar fotovoltaica no Brasil. Mas sistemas fotovoltaicos ainda são muito caros em relação a outras formas de geração de energia elétrica, necessitando encontrar uma forma de barateá-lo e possibilitar a concorrência com usinas hidrelétricas ou nucleares.

## 1.5 EFEITO FOTOVOLTAICO

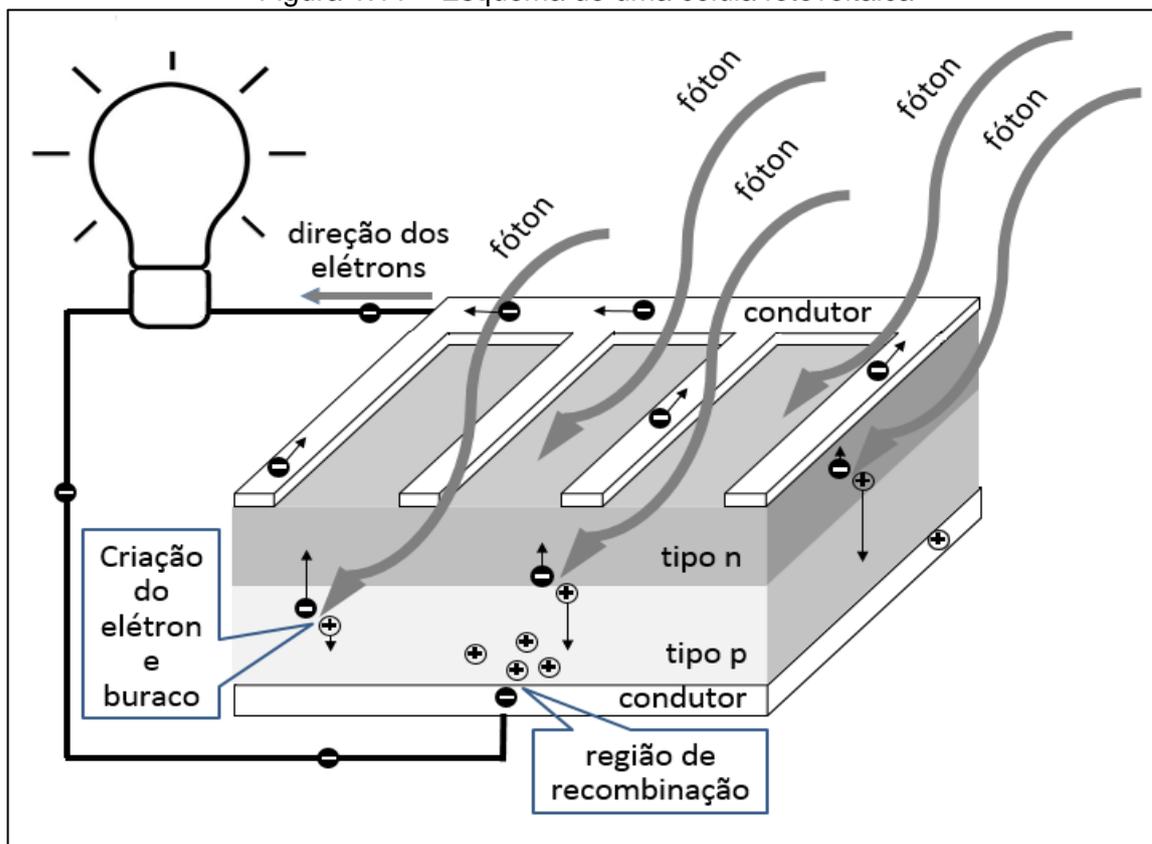
Quando um fóton de luz possui uma energia suficiente para ser absorvida por determinados átomos é normalmente liberado um elétron. Este átomo sem um elétron fica carregado positivamente resultando em um buraco. Quando este átomo está em um material, o elétron liberado e o buraco podem ser mover, pulando de um átomo para outro. Assim, tanto o elétron como o buraco, podem se mover no material. Depois de certo tempo o elétron e o buraco voltam a se recombinar (NASCIMENTO 2004).

Quando, porém, existe um campo elétrico no material, os elétrons se movimentam em direção ao polo positivo (ânodo) e os buracos se movem na direção do polo negativo (cátodo). Assim, quando um campo elétrico for incorporado ao material, ele separará os elétrons dos buracos gerando também uma diferença de potencial.

Este campo elétrico pode ser suprido construindo um dispositivo com dois materiais diferentes (ver Figura 9), um com excesso de elétrons (chamado de tipo n) e outro com falta de elétrons (chamado de tipo p). Assim, quando um fóton atinge este dispositivo *pn*, os elétrons se movimentam para o material tipo p e os buracos para o material tipo n gerando uma diferença de potencial.

Se existir um circuito externo ligando os dois condutores do dispositivo, os elétrons se movem na direção do condutor, pois é mais fácil fazer a recombinação através do circuito externo do que ultrapassar a junção *pn*. Portanto a recombinação entre os elétrons e buracos aqui ocorrerá por um circuito externo. A mobilidade dos elétrons é superior aos dos buracos, portanto, só os elétrons se movem no circuito externo e os buracos permanecem no dispositivo até se recombinar com um elétron vindo do circuito externo. Conseqüentemente, uma corrente elétrica fluirá do dispositivo.

Figura 1.11 – Esquema de uma célula fotovoltaica



Fonte: produzido pelo autor.

# **CAPÍTULO 2 - APLICAÇÃO E ANÁLISE DO PRODUTO EDUCACIONAL**

---

A seguir, tomando como base os conteúdos discutidos até o momento, será apresentada a aplicação de um produto educacional que pode ser submetida em duas escolas com realidades diferentes. A primeira aplicação ocorreu numa escola do campo, mas no decorrer do processo aconteceu a greve dos professores, dificultando a continuação. Então, de imediato, deu-se início a aplicação em outra escola, agora pertencente ao ensino regular- zona urbana. Encerrando o período de greve, retomamos a aplicação e seguimos com a escola do campo.

## **2.1 APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS**

Ao iniciar a aplicação na Escola Itinerante Herdeiros da Luta de Porecatu, situada na cidade de Porecatu, PR, após dialogarmos sobre como aconteceriam a sequência de aulas, os experimentos e a proposta metodológica, os alunos responderam ao questionário que abrange os conteúdos propostos para este plano de aula, como forma de avaliação prévia do conhecimento acerca do que estudaremos.

Podemos analisar o questionário prévio constituído de seis questões dissertativas e quatro questões objetivas, totalizando dez questões. Como já havia citado, por se tratar de uma escola do campo (zona rural), trabalha-se com menor número de educandos, devido a quantidade de famílias acampadas atualmente. Esta turma de 3º ano do ensino médio é composta por sete alunos, seis meninas e um menino, e todos responderam ao questionário prévio.

Foi observado dificuldade na conclusão da aplicação desta sequência de aula na escola do campo - Escola Herdeiros da Luta de Porecatu - devido a situações com paralisação e greve dos professores, onde a escola se manteve fechada. Dado a situação, foi tomado por iniciativa da aplicação do questionário prévio, conteúdos e experimentos descritos acima em outra turma de um colégio situado em área urbana (Colégio Estadual Ricardo Lunardelli, Porecatu, PR). Isto poderia proporcionar a análise de duas turmas com realidades diferentes, zona rural e urbana, e também números de alunos diferentes, e período noturno e matutino.

O Colégio Estadual Ricardo Lunardelli é adotado como referência na inclusão de alunos com dificuldades especiais e atenção e dedicação à aprendizagem, fazendo com que cidades da região o procurem para matrículas. Assim, esta sequência didática de ensino foi aplicada no colégio Estadual Ricardo Lunardelli, onde se tem como clientela os alunos residentes na cidade de Porecatu, com aproximadamente 14 mil habitantes, e alunos das cidades vizinhas que se deslocam no período matutino buscando ensino público de qualidade.

Aplicando o questionário na classe do 3º ano do ensino médio no período matutino, classe com 27 alunos, na qual se tratou de conteúdos específicos tais como: tensão elétrica, corrente elétrica, ligação em série e paralelo e os tipos de energias renováveis, mais especificamente energia solar. Os alunos presentes responderam aos questionários com o máximo dos seus conhecimentos.

## **2.2 INTRODUZINDO OS CONCEITOS DE TENSÃO E CORRENTE ELÉTRICA**

Concluída a aplicação do questionário, começamos a retomar a estrutura atômica e as partículas que a compõem: prótons, nêutrons e elétrons. Usando quadro negro e giz, pontuamos que prótons e nêutrons estão contidos no núcleo atômico e que os elétrons ficam ao redor do núcleo.

E, a partir daí, falamos dos sinais das cargas de cada partícula, próton com carga positiva, nêutrons com carga nula e elétrons com carga negativa. O diálogo segue sobre tensão elétrica e corrente elétrica, bem como suas unidades de medidas, o volt e o ampère.

Usando um aparato produzido com dois recipientes de plástico transparente ligados por, aproximadamente, um metro de mangueira, também transparente, e água misturada com suco, exemplificamos tensão elétrica e corrente elétrica. Os alunos puderam perceber o movimento do líquido colorido de acordo com o movimento de um dos recipientes.

Concluindo com a resolução de exercícios dispostos no quadro negro e resolvidos no caderno, onde foram determinadas carga elétrica e intensidade de corrente elétrica, utilizando as equações cabíveis.

## 2.3 LIGAÇÕES EM SÉRIE E PARALELO DE BATERIAS

Usando a lousa e giz, foram conceituados os tipos de ligações: em série e em paralelo. Na ligação em série foi possível mostrar que a tensão elétrica total é igual a soma das tensões de cada bateria e a corrente elétrica é constante em todo o circuito. Por outro lado, na ligação em paralelo, a tensão elétrica é a mesma nos terminais dos geradores e a corrente elétrica é variável, dependendo do número de geradores existentes no circuito.

Acontecendo este diálogo no laboratório, os alunos utilizaram os materiais dispostos nas bancadas. Fazendo uso das pilhas, fita isolante e fios condutores, puderam confeccionar ligação em série e paralelo, e, utilizando o multímetro, conseguiram determinar as tensões elétricas em cada gerador e as correntes em cada tipo de ligação.

Concluimos este momento com interação e compreensão de tensão e corrente elétrica, levantando questionamentos, como:

– Qual o tipo de ligação utilizado em um farolete?

Onde os alunos responderam de forma correta, ligação em série.

– Para o controle remoto, teríamos qual tipo de ligação?

Essa questão gerou dúvidas devido ao fato de as pilhas serem posicionadas paralelamente dentro do controle remoto. Fez-se necessário intervir, questionando sobre a direção dos polos, concluindo que seria ligação em série.

## 2.4 EFEITO FOTOVOLTAICO E ENERGIA SOLAR

Este momento foi iniciado questionando sobre o que seria energia renovável e os tipos de energias renováveis existentes. Dentre os tipos de energias citados, eólica e solar eram até então as mais conhecidas.

O efeito fotovoltaico foi introduzido abordando o processo de dopagem e a reação nos painéis solares à medida que a luz reflete sobre o mesmo. Com o objetivo de causar o funcionamento de uma minibomba de água utilizando energia solar, baseando-se no conteúdo visto na aula passada, sobre os tipos de ligação em série e paralelo, levantaram-se questionamentos acerca da medida de tensão e corrente elétrica aplicada sobre a bomba de água: “o limite de tensão elétrica para o funcionamento da minibomba de água seria de 6 volts. Para não danificar a bomba, qual

tipo de ligação devemos utilizar, ligação em série ou ligação em paralelo?”. Unanimemente, a resposta foi ligação em paralelo.

Os alunos se direcionaram para o pátio da escola com os materiais que estavam dispostos sobre as bancadas para montar o experimento. Com o auxílio do multímetro os alunos mediram a tensão e corrente elétrica das células solares, verificando que uma célula solar possui 5,5 volts de tensão e 50 miliampère, confirmando que a corrente elétrica sofre aumento proporcional ao número de células e a tensão conserva o seu valor, conceituado na ligação em paralelo. Após os testes, a bomba de água foi acionada com sucesso e os alunos puderam ver e analisar o seu funcionamento acontecendo em uma manhã de sol forte.

Para os alunos da educação do campo, por estudarem no período noturno, foi necessário aplicar no período da manhã. Os alunos concordaram em mudar o período de aula para viabilizar a aplicação do produto. A paralisação estadual dos professores impediu a aplicação do produto no período planejado. Cabe ressaltar, que todos os alunos abdicaram de seus momentos de trabalho e compareceram à escola para participarem das aulas.

De antemão, seguimos a proposta como aplicado na classe do período matutino, usando o protótipo para explicar tensão e corrente elétrica, seguindo com ligações em série e paralelo de baterias, onde experimentamos os tipos de ligação usando pilhas de 1,5 volts e conferindo medida de tensão elétrica usando o multímetro. E então, marcamos para aplicar o experimento sobre energia solar numa manhã com a presença de todos os educandos.

Ao serem questionados sobre qual o tipo de ligação seria mais viável para provocar o funcionamento da bomba de água, todos concordaram que a ligação em paralelo seria a ligação necessária para este circuito. Submetendo o experimento com sucesso, chegando à conclusão de que quanto mais luz, mais eficiência se tem na energia solar e que fazendo sombra com as mãos sobre as células solares a bomba de água deixaria de funcionar por falta de luz e não de calor do Sol.

## **2.5 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO PRÉVIO E PÓS DA APLICAÇÃO DESTA SEQUÊNCIA DE AULAS**

Com o objetivo de analisar o avanço dos alunos frente aos conteúdos estudados como: tensão elétrica, corrente elétrica, ligação em serie e paralelo e energia

solar, algumas questões foram reunidas em um questionário. Com o intuito de acompanhar a apropriação destes conteúdos, aplicou-se o questionário contendo dez questões, sendo seis questões discursivas e quatro questões objetivas, aplicado nas duas turmas onde esta sequência de aula foi submetida, tanto para o ensino regular no Colégio Estadual Ricardo Lunardelli, para o terceiro ano do ensino médio matutino contendo 27 alunos, quanto para a educação do campo na Escola Itinerante Herdeiros da Luta de Porecatu, na classe do terceiro ano ensino médio noturno composto por sete alunos.

Considerando a aplicação desta sequência de aulas nas duas escolas, denominou-se 'Escola A' o Colégio Estadual Ricardo Lunardelli, realizado no período matutino, com 27 alunos do terceiro ano do Ensino médio, e a 'Escola B' como sendo a Escola Itinerante Herdeiros da Luta de Porecatu, onde esta sequência foi submetida no período noturno em uma escola do campo, para 7 alunos do terceiro ano do Ensino Médio, pertencentes ao Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra, acampados na fazenda Variante. Ambas as escolas pertencentes ao município de Porecatu.

Aplicado o mesmo questionário para as duas escolas, segue uma tabela com as questões submetidas e o percentual de respostas mais relevantes, observados no questionário aplicado anterior a sequência de aula, como segue:

Quadro 2.1 – Análise do questionário prévio

Questões	Escola A	Escola B
1. O que é energia renovável?	<p>→ 25% dos alunos deixaram esta questão sem resposta no primeiro questionário;</p> <p>→ 15% das respostas apontam que os alunos compreendem que é provinda de recursos naturais e conseguem citar alguns destes recursos naturais, como o Sol ou vento;</p> <p>→ 60% responderam como sendo “derivada de recursos naturais” ou “que não agride o meio ambiente”,</p>	<p>→ 43% dos alunos não responderam à questão, deixando-a em branco;</p> <p>→ 57% responderam como sendo “energia que se renova” ou “não poluentes”.</p>

	porém não citaram exemplos.	
2. Quais tipos de energia renovável você conhece?	<p>Das energias naturais citaram:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 85% dos alunos, energia eólica;</li> <li>→ 74% dos alunos, energia hidroe-létricas;</li> <li>→ 70% dos alunos falaram sobre a energia solar;</li> <li>→ 8% alunos, biomassa;</li> <li>→ 3% alunos, oceano;</li> <li>→ 3% dos alunos citaram energia nuclear.</li> </ul> <p><b>Análise:</b> Percebe-se que energia eólica e energia hidroelétrica são as mais conhecidas e um pequeno percentual cita energia nuclear como sendo renovável.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Energia eólica e energia solar foram citadas por 71% dos alunos;</li> <li>→ 28% das respostas continham energia hidroelétrica e oceânica.</li> </ul> <p><b>Análise:</b> Nenhum dos alunos citaram biomassa ou energia geotérmica e, com o mesmo percentual, temos energia solar e eólica.</p>
3. Sobre energia solar, podemos concluir que: ( ) o calor do Sol é que produz energia elétrica. ( ) considera-se fonte de energia química nuclear. ( ) a luz solar é que produz a energia elétrica. ( ) os painéis solares podem ser jogados em qualquer lugar, sem proble-	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ 8% deixaram a questão sem resposta;</li> <li>→ 26% assinalaram: “o calor do Sol é que produz energia elétrica”;</li> <li>→ 66% disseram que “a luz solar produz energia elétrica”.</li> </ul> <p><b>Análise:</b> Percebemos que a grande maioria já possuía conhecimento sobre o assunto abordado na questão.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ 15% responderam que “o calor do Sol é que produz energia elétrica”;</li> <li>→ 15% assinalaram a opção “considera-se fonte de energia química nuclear”;</li> <li>→ 15% optaram pela última opção de resposta, que diz: “os painéis solares podem ser jogados em qualquer lugar, sem problemas”;</li> <li>→ 55% dos alunos assinalaram a terceira opção, sendo a correta, onde cita que “a luz solar é que pro-</li> </ul>

mas.		<p>duz a energia elétrica”.</p> <p><b>Análise:</b> Mesmo obtendo maior percentual na resposta correta, quase que metade dos alunos não tinha conhecimento acerca deste assunto.</p>
4. Como o efeito fotovoltaico é produzido?	<p>→ 8% dos alunos descreveram que “o fóton atinge o elétron da última órbita”, demonstrando algum conhecimento sobre o assunto;</p> <p>→ 92% deixaram a questão sem resposta, sendo a maioria.</p>	<p>→ 15% das respostas afirmam que “a luz do Sol bate na placa, acumulando energia”.</p> <p>→ 85% dos questionários estavam com esta questão em branco.</p>
5. O que é tensão elétrica?	<p>→ 38% dos alunos citaram a unidade de medida de tensão, o volt, ou fizeram uma relação errônea com a força.</p> <p>→ 62% dos alunos optaram por deixar a questão sem resposta.</p>	<p>→ 42% dos questionários estavam com respostas incoerentes, como: “é o conjunto de eletricidade” ou “equivalente a 100 volts”;</p> <p>→ 58% dos alunos não responderam à questão.</p>
6. O que é corrente elétrica?	<p>→ 25% citaram como sendo “o deslocamento de carga dentro de um condutor”;</p> <p>→ 75% dos alunos não responderam esta questão.</p>	<p>→ 42% dos alunos citaram o material utilizado em instalações elétricas (fio de cobre) ou chamou-a de “acúmulo de forças”;</p> <p>→ 58% dos alunos não responderam a questão.</p>

<p>7. Conectando o polo negativo de uma bateria ao polo positivo de outra, podemos afirmar que:</p> <p>( ) temos uma ligação de baterias em paralelo</p> <p>( ) temos uma ligação fotovoltaica de baterias</p> <p>( ) resulta em uma ligação em série de baterias</p> <p>( ) forma-se um conjunto de baterias</p>	<p>→ 22% dos alunos assinalaram a opção correta, a terceira opção de resposta, ligação em série;</p> <p>→ 38% das respostas estavam incorretas;</p> <p>→ 40% optaram pela primeira resposta, que diz: “temos uma ligação de baterias em paralelo”.</p>	<p>→ 28% responderam corretamente, ligação em série;</p> <p>→ 30% erraram a resposta;</p> <p>→ 42% assinalaram que “temos uma ligação de baterias em paralelo”.</p>
<p>8. Associando baterias em paralelo:</p> <p>( ) acontece um aumento de intensidade de corrente elétrica, mas a tensão se mantém no mesmo valor</p> <p>( ) vemos o aumento da tensão elétrica e a diminuição da intensidade de corrente</p> <p>( ) tensão e corrente elétrica aumentam</p>	<p>→ 48% assinalaram a opção “tensão e corrente elétrica aumentam”, como que, por obrigatoriedade, as duas variáveis teriam que aumentar;</p> <p>→ 52% deixaram a questão sem resposta.</p>	<p>→ 42% assinalaram as opções tidas como incorretas para a questão;</p> <p>→ 58% assinalaram a opção “tensão e corrente elétrica aumentam”, como na escola A, sofreria um aumento para as duas variáveis.</p>

<p>( ) tem-se o dobro de corrente elétrica e a tensão se reduz à metade</p>		
<p><b>9.</b> Observando o controle remoto da TV de sua residência, pode-se perceber um dos tipos de ligação, onde o polo negativo de uma pilha se conecta ao polo positivo da outra.</p> <p>Essa ligação seria:</p> <p>( ) elétrica ( ) paralela ( ) renovável ( ) série</p>	<p>→ 20% assinalaram a resposta correta, “série”, mesmo sendo minoria, já possuía conhecimento sobre o assunto;</p> <p>→ 30% deixaram sem resposta;</p> <p>→ 50 % responderam como sendo “paralelo”, pode-se pensar que a posição das pilhas dentro do controle remoto traz a ideia de paralelismo, conhecido na Matemática.</p>	<p>→ 29% assinalaram a opção “série”;</p> <p>→ 71% responderam que seria uma ligação em “paralelo”, relação feita entre a posição das pilhas e o conhecimento matemático.</p>
<p><b>10.</b> Ao abrir um farolete constataremos três pilhas ligadas em série, com voltagem igual a 1,5 V cada pilha. Se as três pilhas forem substituídas por pilhas de 2 V, como ficara o valor da nova tensão?</p>	<p>→ 3% das respostas estavam incorretas;</p> <p>→ 97% ficaram sem responder.</p>	<p>Obtivemos os mesmos resultados, sendo:</p> <p>→ 3% das respostas estavam incorretas;</p> <p>→ 97% ficaram sem responder.</p> <p><b>Análise:</b> Para ambas as escolas, não havia compreensão sobre o assunto em questão.</p>

Fonte: produzido pelo autor.

Observa-se nas respostas obtidas a dificuldade de relacionar os conteúdos submetidos em sala de aula aos materiais encontrados na vida cotidiana, como, por

exemplo, um controle remoto. Vemos que o maior percentual foi para questões sem resposta para todo o questionário, ocorrendo assim, nas duas escolas com realidades totalmente opostas. Vale lembrar que a ‘Escola B’ é uma escola do campo, onde praticamente, todos os alunos trabalham na lavoura ou com gado leiteiro. E as questões sobre o conhecimento de energias renováveis, para ambos os casos, deveriam ser mais conhecidas devido ao fácil acesso a informações, como celulares, internet e outras tecnologias. As questões de múltipla escolha, muitas vezes, são respondidas aleatoriamente, sem leitura ou sem possuir nenhum conhecimento prévio sobre o assunto.

Seguimos com as aulas, onde passamos por mais três momentos antecedendo ao segundo questionário para análise do avanço frente aos conteúdos vistos. Expondo assuntos, como: tensão e corrente elétrica, ligação em série e paralelo, e o efeito fotovoltaico e energia solar, vivenciados com experimentos simples, além da apresentação e discussão dos conteúdos, percebeu-se uma relação feita das questões vistas no questionário prévio com os conteúdos e experimentações realizadas no momento-aula, podendo ser notado, em algumas questões, respondidas no questionário aplicado após o término da sequência de aula que abordavam os conteúdos envolvidos neste debate, constatando-se melhora em muitos pontos do conhecimento físico atrelado a vida cotidiana.

Quadro 2.2 – Análise do questionário posterior

Questões	Escola A	Escola B
1. O que é energia renovável?	<p>→ 4% dos questionários estavam sem resposta para esta questão;</p> <p>→ 96% responderam de forma coesa e correta usando termos como: “energia limpa, infinita, derivada de fontes inesgotáveis, provinda do Sol, ventos, oceanos e não são nocivas ao meio ambiente”.</p>	<p>→ 100% dos alunos responderam à questão de forma clara e correta, mencionado como sendo “limpa, não poluente, provinda de recursos naturais sem degradar o meio ambiente”. Atingindo percentual máximo de resposta.</p>

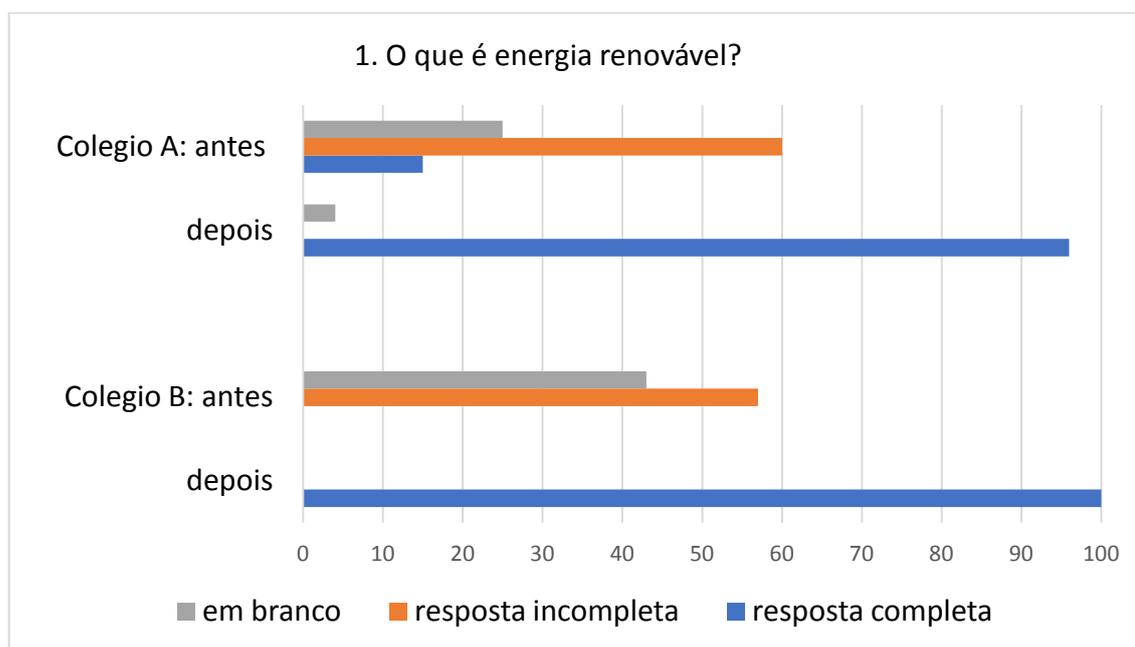
<p><b>2.</b> Quais tipos de energia renovável você conhece?</p>	<p><b>Análise:</b> Surgem mudanças significativas para esta questão, tendo em vista que o tema foi exposto superficialmente.</p> <p>→ 51% dos alunos citaram energia geotérmica;</p> <p>→ 66% dos alunos anotaram energia oceânica e hidroelétrica;</p> <p>→ 70% dos alunos citaram biomassa, que não foi citada anteriormente;</p> <p>→ 88% citaram energia solar e eólica, sendo a energia solar menos abordada no primeiro questionário e citada por todos no segundo questionário.</p>	<p><b>Análise:</b> As respostas demonstram avanço frente a este tema, pois se obteve exemplos não comentados no primeiro questionário*.</p> <p>→ 34% dos alunos tomaram nota da energia geotérmica, que não foi citada no primeiro questionário;</p> <p>→ 83% citaram energia solar;</p> <p>→ 100% dos questionários apresentavam energia eólica, oceânica, biomassa e hidroelétrica.</p>
<p><b>3.</b> Sobre energia solar, podemos concluir que:</p> <p>( ) o calor do Sol é que produz energia elétrica.</p> <p>( ) considera-se fonte de energia química nuclear.</p> <p>( ) a luz solar é que produz a energia elétrica.</p> <p>( ) os painéis solares podem ser jogados em qualquer lugar, sem</p>	<p><b>Análise:</b> Notado no primeiro questionário que grande percentual assinalou a resposta correta, vemos grande avanço:</p> <p>→ 100% dos questionários tinham como resposta que ‘a luz solar é que produz energia elétrica’.</p>	<p><b>Análise:</b> Mesmo a maioria assinalando corretamente no primeiro questionário, vemos divergências com as outras opções de resposta, o que não aconteceu no segundo, como vê:</p> <p>→ 100% dos alunos responderam corretamente, como sendo ‘a luz solar é que produz energia elétrica’.</p>

problemas.		
4. Como o efeito fotovoltaico é produzido?	<p>→ 4% dos questionários não apresentavam resposta para esta questão;</p> <p>→ 82% dos questionários apresentavam respostas corretas demonstrando compreensão dos conteúdos.</p>	<p>→ 100% dos alunos responderam a questão demonstrando avanço e compreensão do conteúdo.</p> <p><b>Análise:</b> Explicado como: ‘transferência de energia dos fótons de luz para os elétrons, dando-lhes capacidade de movimento’.</p>
5. O que é tensão elétrica?	<p>→ 39% dos questionários estavam sem resposta;</p> <p>→ 61% dos alunos responderam positivamente conceituando tensão elétrica como sendo a “diferença de potencial entre dois polos”.</p>	<p>→ 100% dos alunos responderam a questão e argumentaram de forma correta.</p> <p><b>Análise:</b> Pontuando como sendo a causadora do movimento ordenado dos elétrons em um condutor.</p>
6. O que é corrente elétrica?	<p>→ 39% optaram por deixar esta questão sem resposta, entendendo que a dificuldade de compreensão permanece;</p> <p>→ 61% dos alunos responderam a questão de forma satisfatória explanando a resposta com clareza e citando situações onde existe corrente contínua e corrente alternada.</p>	<p>→ 100% dos alunos responderam a questão com clareza e de forma correta, citaram como sendo ‘o movimento ordenado dos elétrons em um material condutor’ podendo ser ‘contínua ou alternada’ dependendo da situação.</p>

<p>7. Conectando o polo negativo de uma bateria ao polo positivo de outra, podemos afirmar que:</p> <p><input type="checkbox"/> temos uma ligação de baterias em paralelo</p> <p><input type="checkbox"/> temos uma ligação fotovoltaica de baterias</p> <p><input type="checkbox"/> resulta em uma ligação em série de baterias</p> <p><input type="checkbox"/> forma-se um conjunto de baterias</p>	<p>→ 4% das respostas obtidas diziam que 'forma-se um conjunto de baterias';</p> <p>→ 9% dos alunos disseram que 'temos uma ligação de baterias em paralelo';</p> <p>→ 87% dos alunos responderam que 'resulta em uma ligação em série de baterias', sendo a resposta correta.</p>	<p>→ 100% dos questionários possuíam, assinalado, a resposta: resulta em uma ligação em série de baterias.</p> <p><b>Análise:</b> Concluindo que todos os alunos compreenderam como acontece uma ligação em série.</p>
<p>8. Associando baterias em paralelo:</p> <p><input type="checkbox"/> acontece um aumento de intensidade de corrente elétrica, mas a tensão se mantém no mesmo valor</p> <p><input type="checkbox"/> vemos o aumento da tensão elétrica e a diminuição da intensidade de corrente</p> <p><input type="checkbox"/> tensão e corrente elétrica au-</p>	<p>→ 9% dos alunos não responderam a questão;</p> <p>→ 30% dos alunos assinalaram que "vemos o aumento da tensão elétrica e a diminuição da intensidade de corrente";</p> <p>→ 61% das respostas estavam corretas, sendo: "acontece um aumento de intensidade de corrente elétrica, mas a tensão se mantém no mesmo valor".</p>	<p>→ 16% dos questionários não possuíam resposta para esta questão;</p> <p>→ 84% responderam de forma correta, que "acontece um aumento de intensidade de corrente elétrica, mas a tensão se mantém no mesmo valor".</p>

<p>mentam</p> <p>( ) tem-se o dobro de corrente elétrica e a tensão se reduz à metade</p>		
<p><b>9.</b> Observando o controle remoto da TV de sua residência, pode-se perceber um dos tipos de ligação, onde o polo negativo de uma pilha se conecta ao polo positivo da outra.</p> <p>Essa ligação seria:</p> <p>( ) elétrica</p> <p>( ) paralela</p> <p>( ) renovável</p> <p>( ) série</p>	<p>→ 8% dos alunos responderam incorretamente que seria uma ligação em “paralelo”;</p> <p>→ 92% das respostas estavam corretas, para ligação em série.</p>	<p>→ 100% das respostas adquiridas eram para ligação em série, sendo a resposta correta.</p>
<p><b>10.</b> Ao abrir um farolete constataremos três pilhas ligadas em série, com voltagem igual a 1,5 V cada pilha. Se as três pilhas forem substituídas por pilhas de 2 V, como ficara o valor da nova tensão?</p>	<p>→ 22% dos alunos responderam de forma incorreta, dizendo que a tensão manteria o seu valor na ligação em série, sendo 2volts;</p> <p>→ 35% dos alunos disseram que a tensão aumenta na ligação em série de bateria, chegando a 6 volts o novo valor da tensão elétrica;</p> <p>→ 43% dos alunos não responderam a esta questão.</p>	<p>→ 16% dos questionários estavam sem resposta;</p> <p>→ 84% dos alunos citaram o aumento de tensão elétrica na ligação em série de baterias, chegando ao novo valor de 6 volts.</p>
<p>* <i>Energia biomassa não foi mencionada no primeiro questionário.</i></p>		

Quadro 2.3: Comparativo das respostas da questão 1

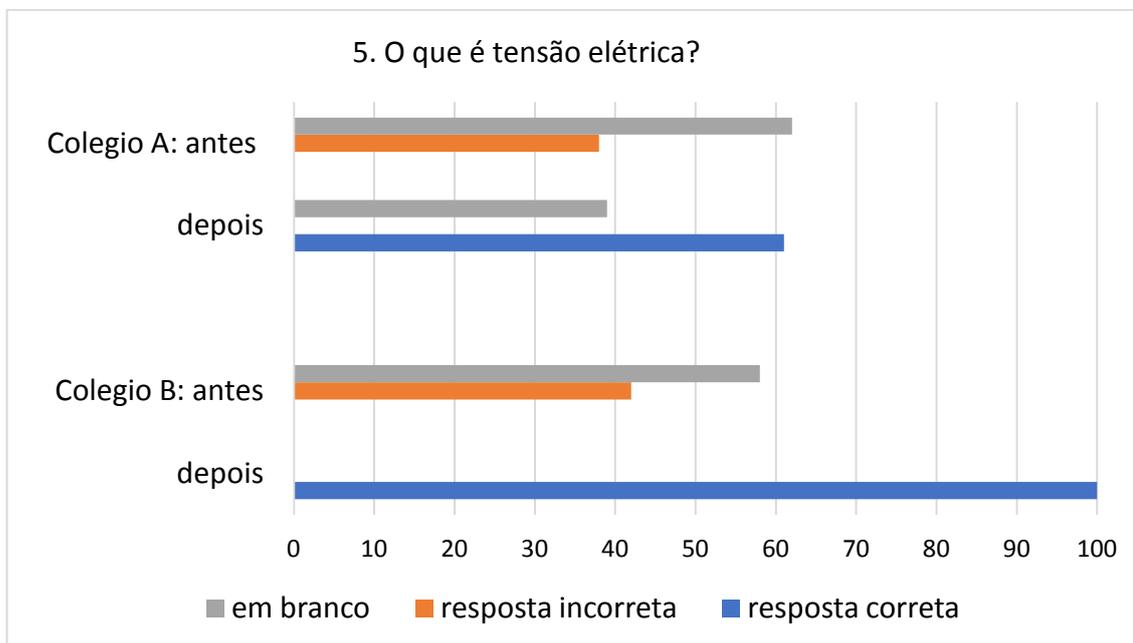


Fonte: elaborado pelo Autor.

As questões que abordam os tipos de energias renováveis, 1 e 2 (Quadro 5), demonstram avanço significativo do primeiro para o segundo questionário (Quadros 3 e 4). Tipos de energia que não haviam sido citados pelos alunos no primeiro questionário, aparecem nas respostas do segundo questionário para as duas escolas, equilibrando o percentual de conhecimento para os tipos de energias renováveis, como eólica e solar, e surgindo a energia biomassa e geotérmica que, sendo energias renováveis, não eram citadas no primeiro momento. Sobre energia solar, que seria a conversão da luz do Sol em eletricidade, percebe-se que a compreensão foi unânime, pois, sendo uma questão de múltipla escolha, no primeiro questionário foram apontadas muitas dúvidas sobre o surgimento da energia solar. Já no segundo questionário, se vê o entendimento de todos os alunos frente à questão.

As questões 5 e 6, que abordavam os temas “tensão e corrente elétrica”, os alunos da ‘Escola A’ demonstraram mesmo nível de compreensão para ambas, já os alunos da ‘Escola B’, como em outros casos, apresentaram excelente percentual de compreensão (Quadros 3, 4 e 6). Os resultados comparativos da questão 6 são análogos aos resultados comparativos da questão 5, mostrados no quadro 6.

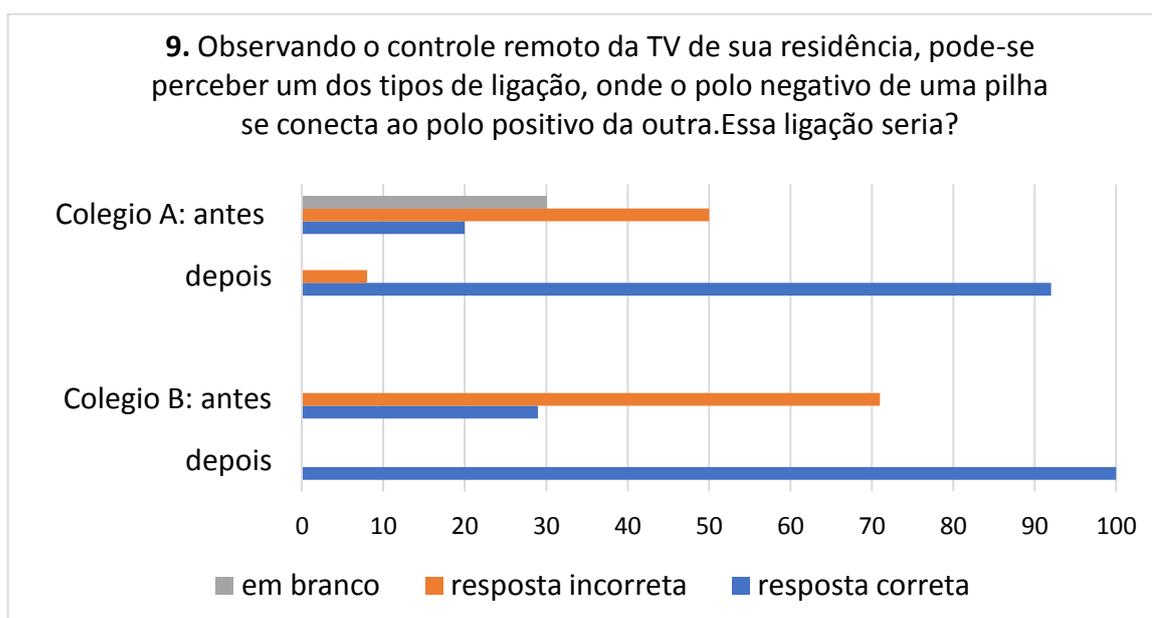
Quadro 2.4: Comparativo das respostas da questão 5



Fonte: elaborado pelo Autor.

Sobre os tipos de ligações de baterias, série e paralelo, os dados nos apontam bom domínio dos conceitos deste conteúdo (ver quadro 7, ref. Questão 9), porém, destaca-se o conceito da ligação em série de baterias.

Quadro 2.5: Comparativo das respostas da questão 9

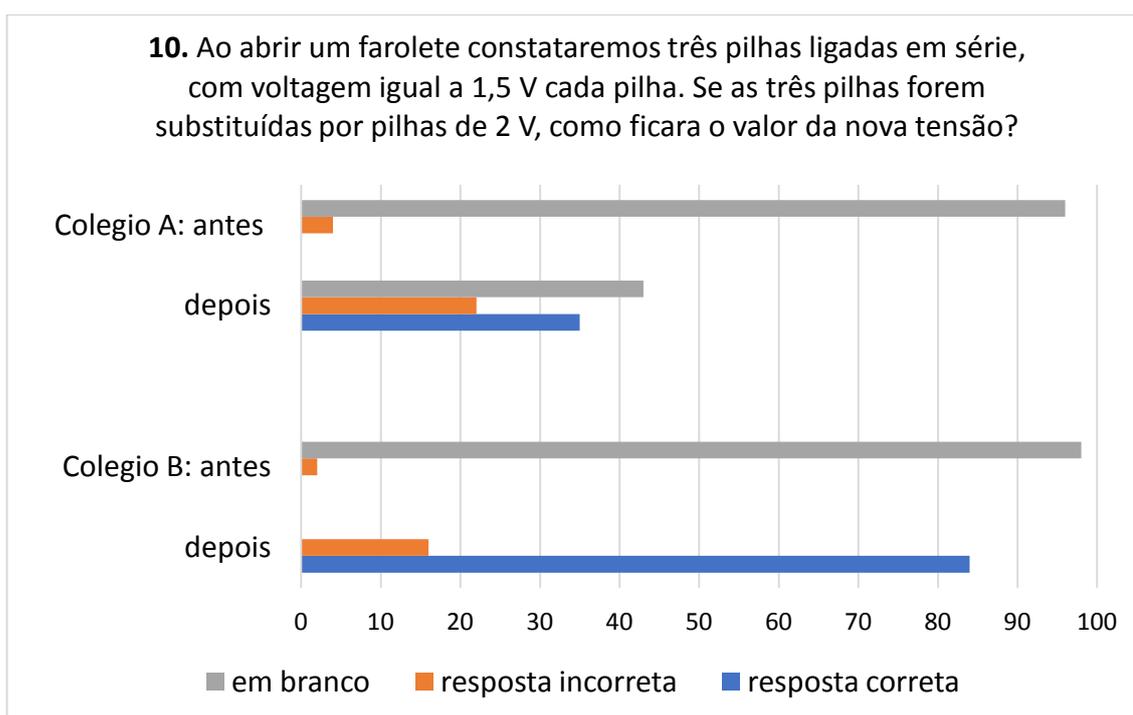


Fonte: elaborado pelo Autor.

A questão 10 é uma questão importante, pois solicita que os alunos utilizem a teoria para calcular uma situação real. Como mostra o quadro 8, antes da aplicação da sequência didática, os alunos não conseguiram responder corretamente. Depois da aplicação, 35% dos alunos da escola A e 84 % dos alunos da escola B conseguiram calcular exatamente o que foi solicitado.

Os dados nos apontam que os alunos da escola do campo, no período noturno, obtiveram maior índice de aproveitamento das aulas e compreensão dos conteúdos, por se tratar de uma realidade diferente, com escassez de energia elétrica, difícil acesso a água e recursos tecnológicos, sendo uma clientela que tira o seu sustento e ajuda a família com trabalhos braçais para ambos os sexos. Ressaltando que houve avanço significativo em ambas as escolas, como apontam os dados.

Quadro 2.6: Comparativo das respostas da questão 10



Fonte: elaborado pelo Autor.

# CONCLUSÃO

---

Pensando na evolução da aprendizagem, podemos refletir sobre a importância das atividades experimentais no ensino de Física e da ciência, propriamente dita, onde acontece a ligação entre a teoria e vida cotidiana, permitindo ao aluno fazer essa convergência, enriquecendo seu conhecimento científico e propiciando-lhe uma visão mais crítica sobre o mundo da ciência.

A história da evolução do ser humano consiste em experimentação, estando presente na adaptação social ou na interação com o meio em que vive. O saber científico é introduzido na escola, mesmo podendo ser acessado de várias formas, e a experimentação se torna a alavanca para despertar o interesse neste mundo abstrato a ser desvendado e despertar habilidades que desenvolvem, ainda mais, o cognitivo dos alunos.

Dessa maneira, foi construída esta sequência de aula buscando colaborar com a aprendizagem significativa dos educandos, entremeio a conteúdos propostos para o ensino de Física, voltado ao terceiro ano do ensino médio da rede pública de ensino, de uma forma diferenciada, onde o aluno pôde construir e experimentar o conteúdo estudado.

Iniciando com a aplicação do questionário sem explanação dos conteúdos que o envolvia para coletar resultados. Seguindo com os experimentos que estavam organizados nas bancadas do laboratório da escola, tendo como consequência a atenção e dedicação dos alunos.

Da experiência vivida e dos dados, conclui-se que esta sequência de aula proporcionou significativamente a fixação destes conteúdos, fazendo do aluno o centro da construção do seu conhecimento, observando na prática o que se viu na teoria. Deixando o momento aula inclusivo a todos, dando a oportunidade de um momento de aquisição de novos conhecimentos diferente do habitual, apenas com aula expositiva. Dando ao aluno o protagonismo neste processo que poderia ser passado de forma superficial, deixando-o ainda abstrato.

Um ponto importante deste trabalho é a abordagem do conteúdo 'ligações de geradores', pois, muitas vezes o número de aulas não permitem chegar a este conteúdo, conseguindo trabalhar com as ligações de resistores. Reforçando que a ligação de geradores de energia está presente no cotidiano do aluno.

# REFERÊNCIAS

---

AUSUBEL, David, NOVAK, Joseph D. e HANESIAN, Helen, Psicologia Educacional, segunda edição, Interamericana, 1978

AUSUBEL, David P., The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View, Springer, 2000. Disponível parcialmente em:

<https://books.google.com.br/books?hl=pt->

[BR&lr=&id=wfckBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=AUSUBEL+2000++The+acquisition+and+retention+of+knowledge++pdf&ots=m93zdnSUDV&sig=k2Sw6rgs2u3J0E12TtwXBTvUE-](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=wfckBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=AUSUBEL+2000++The+acquisition+and+retention+of+knowledge++pdf&ots=m93zdnSUDV&sig=k2Sw6rgs2u3J0E12TtwXBTvUE-)

[hA#v=snippet&q=%20series%20of%20arbitrarily%20related%20words&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=wfckBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=AUSUBEL+2000++The+acquisition+and+retention+of+knowledge++pdf&ots=m93zdnSUDV&sig=k2Sw6rgs2u3J0E12TtwXBTvUE-hA#v=snippet&q=%20series%20of%20arbitrarily%20related%20words&f=false)

BENJAMIN, Park, A History of Eletricity 1898, John Wiley and Sons, New York.

COULOMB, Charles Augustin, "Premier mémoire sur l'électricité et le magnétisme", Histoire de l'Académie Royale des Sciences, Imprimerie Royale (1788) p. 59–

577, Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=by5EAAAACAAJ&pg=PA612&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=by5EAAAACAAJ&pg=PA612&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

HISTORY ofelectromagnetic theory, Wikipedia, Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_electromagnetic\\_theory](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_electromagnetic_theory). Acesso em: 20 de jun. de 2020.

KOLBE, Bruno, An introduction to electricity, Tradução: Joseph Skellon, Kegan Paul, Trench, Trubner and Co., LTD, London 1908.

LEIRIA, Talisson Fernando, MATARUCO, Sônia Maria Crivelli, O Papel das Atividades Experimentais no Processo Ensino-Aprendizagem De Física, XII Encontro Nacional de Educação, PUC-PR 26-29.10.2015, disponível em [:https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/18234\\_8366.pdf](https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/18234_8366.pdf)

LEMES, Andryos da Silva, Apostila de Eletricidade Básica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus De Presidente Epitácio, disponível em : <https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/4/47/ApostilaEB2.pdf>

LIMA, Sorandra Corrêa de, TAKAHASHI, Eduardo Kojoy, Rev. Bras. Ensino Fís. vol.35 no.3 São Paulo July/Sept. 2013, disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172013000300020>

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa. Primeira Edição. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio, Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa, Revista Chilena de Educación Científica, ISSN 0717-9618, Vol. 7, Nº. 2, 2008, pp. 23-30. Revisado em 2012 (<http://moreira.if.ufrgs.br/ORGANIZADORESport.pdf>)

NASCIMENTO, Cássio Araújo do, Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica, Monografia especialização, IFL, Lavras, Minas Gerais, 2004, disponível em: [https://www.solenerg.com.br/files/monografia\\_cassio.pdf](https://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf)

RICARDO, Elio C. e FREIRE, Janaína C.A., Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 251-266, (2007)

SALA, E.M., GONI, J.O., A Teorias de Aprendizagem Verbal Significativa. In: SALVADOR, C.C. [et al], Psicologia do Ensino, Porto Alegre, Editora Artes Médicas, 2000.

SBF, PCN+ - Ensino Médio - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, FÍSICA, disponível em: [http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf)

WALKER, Jearl, HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, Fundamentos da física, Halliday e Resnick, décima edição, Wiley 2007, ISBN 978-1-118-23072-5

ZABALA, Antoni, Prática Educativa como ensinar, trad. Ernani F. da F. Rosa - Porto Alegre Artmed, 1998, ISBN 85-7307-426-4

## APÊNDICE A: UNIDADE VOLT

---

A unidade de medida volt homenageia Alessandro Volta (1745 – 1827), físico e químico dedicado ao estudo da eletricidade, que desenvolveu pesquisas e construiu aparatos usados até nos dias de hoje. Baseando-se nas pesquisas sobre eletricidade animal, onde Luigi Galvani observou que os membros inferiores de uma rã dissecada sofriam contrações quando tocados por algum tipo de metal, concluindo que o próprio animal produzia eletricidade ou algum tipo de fluido elétrico existente no nervo animal.

Alessandro Volta toma conhecimento do experimento de Galvani em 1792, aceitando e elogiando a conceituação, observação e experimentação do cientista, até que, depois de reproduzir os experimentos de Galvani, Volta começa a ver a eletricidade animal de forma não real, percebendo que a contração nos membros inferiores do animal dissecado se devia ao material que tocava o animal, sendo material metálico e condutor.

Depois de muita pesquisa, observação e experimentação Alessandro Volta empilha discos de Zinco e Cobre, intercalados com uma solução salina e percebe uma corrente elétrica passando pelo aparato, explicado por ele dessa forma:

“Dois condutores metálicos intercalados com um condutor não metálico, da classe que eu tenho chamado de condutor úmido, porque o fluido está em toda a massa, e contido em qualquer humor, de um corpo animal [...] Veremos que se determina uma corrente contínua no fluido” Alessandro Volta-1795.

Alessandro Volta dedica uma década de sua existência a esse estudo, primeiramente usando animais, em seguida, usando um tipo de metal, e finalmente testa vários metais intercalados com solução salina. Até que, em 26 de junho de 1800, acontece o anúncio oficial da pilha de Volta por meio de uma carta enviada ao presidente da Royal Society de London, o senhor Joseph Banks. Nesta carta, Alessandro Volta descreve os efeitos no experimento quando modificando os condutores relatando, em uma tabela, a sequência dos mais para os menos condutores de eletricidade, dando ao Zinco o topo da lista, seguido de outros materiais como cobre e chumbo. Tal experimento revolucionou as pesquisas na área da eletricidade e os aparelhos que produziam eletricidade passaram a serem chamados de celas volta-

cas, pilhas galvânicas ou pilhas, que tem por efeito fluir elétrons do polo negativo, denominado ânodo, para o polo positivo, o cátodo. Como primeiro gerador de corrente contínua, a pilha permitiu ao ser humano ter acesso a uma fonte de energia química muito eficiente, mas a dependência maior se dá por meio de energia mecânica derivada da rotação de turbinas, nos vinculando as redes de distribuição de energia elétrica.

# APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO

QUESTIONÁRIO

Número de chamada: \_\_\_\_\_

Responda as questões que seguem a respeito de conceitos de energia solar e ligação de baterias.

1. O que é energia renovável?

---



---



---

2. Quais tipos de energia renovável você conhece?

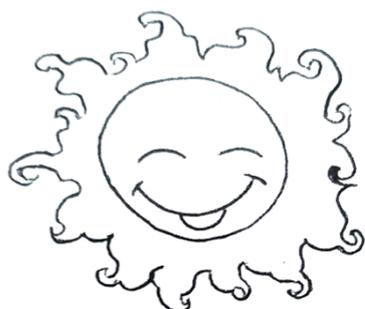
---



---



---



3. Sobre energia solar, podemos concluir que:

- ( ) o calor do Sol é que produz energia elétrica.
- ( ) considera-se fonte de energia química nuclear.
- ( ) a luz solar é que produz a energia elétrica.
- ( ) os painéis solares podem ser jogados em qualquer lugar, sem problemas.

4. Como o efeito fotovoltaico é produzido?

---



---



---

5. O que é tensão elétrica?

---



---



---

6. O que é corrente elétrica?

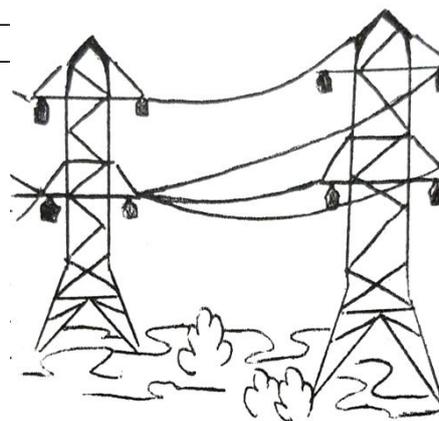
---

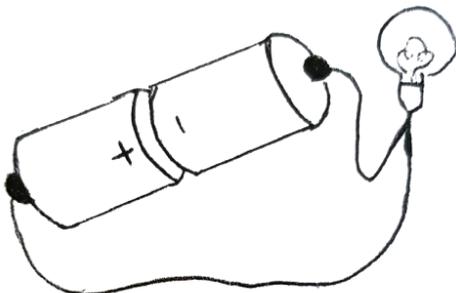


---



---



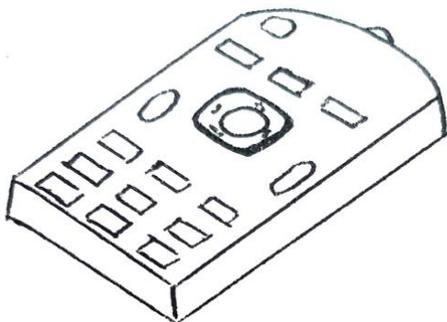
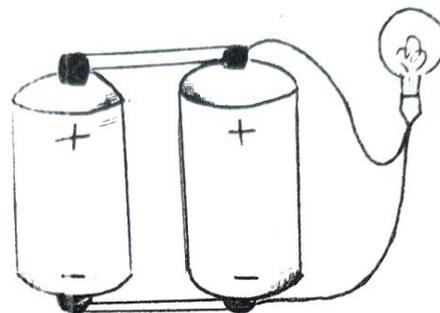


7. Conectando o polo negativo de uma bateria ao polo positivo de outra, podemos afirmar que:

- ) temos uma ligação de baterias em paralelo
- ) temos uma ligação fotovoltaica de baterias
- ) resulta em uma ligação em série de baterias
- ) forma-se um conjunto de baterias

8. Associando baterias em paralelo:

- ) acontece um aumento de intensidade de corrente elétrica, mas a tensão se mantém no mesmo valor
- ) vemos o aumento da tensão elétrica e a diminuição da intensidade de corrente
- ) tensão e corrente elétrica aumentam
- ) tem-se o dobro de corrente elétrica e a tensão se reduz à metade



9. Observando o controle remoto da TV de sua residência, pode-se perceber um dos tipos de ligação, onde o polo negativo de uma pilha se conecta ao polo positivo da outra.

Essa ligação seria:

- ) elétrica
- ) paralela
- ) renovável
- ) série

10. Ao abrir um farolete constataremos três pilhas ligadas em série, com voltagem igual a 1,5 V cada pilha. Se as três pilhas forem substituídas por pilhas de 2 V, como ficara o valor da nova tensão?

---



---



---



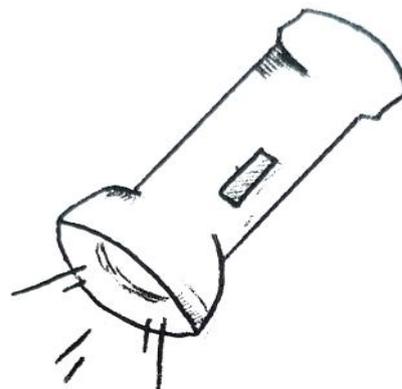
---



---



---



## APÊNDICE C: GABARITO DO QUESTIONÁRIO – RESPOSTAS ESPERADAS

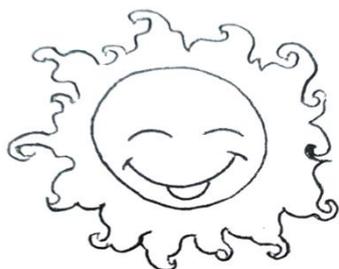
As questões relacionadas, a seguir, estão na mesma sequência em que segue o questionário e tomamos como respostas esperadas como mostra o Gabarito:

1. O que é energia renovável?

R.: *Denomina-se energia renovável a energia provinda de recursos naturais que se reabastecem naturalmente, como o sol, vento ou chuva.*

2. Quais tipos de energia renovável você conhece?

R.: *Podemos citar energia solar, energia oceânica, energia geotérmica, energia biomassa, energia hídrica e energia eólica.*



3. Sobre energia solar, podemos concluir que:

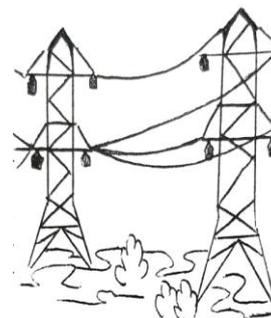
- ( ) o calor do Sol é que produz energia elétrica.
- ( ) considera-se fonte de energia química nuclear.
- ( X ) a luz solar é que produz a energia elétrica.
- ( ) os painéis solares podem ser jogados em qualquer lugar, sem problemas.

4. Como o efeito fotovoltaico é produzido?

R.: *O silício caracterizado por ser um material semicondutor, após o processo de dopagem passa a ter banda de valência e banda de condução. Ao ser exposto a luz do Sol, os elétrons saltam de uma camada para a outra, produzindo corrente elétrica no interior da estrutura do semicondutor e, conseqüentemente, eletricidade.*

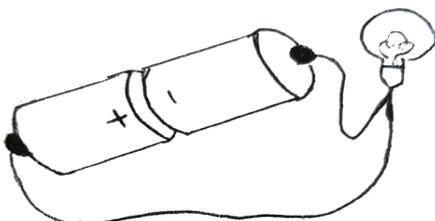
5. O que é tensão elétrica?

R.: *Tendo como sua unidade de medida o volt [V], tensão é a diferença de potencial entre dois polos de um gerador, podemos compreender, também, como a força que causa o movimento ordenado dos elétrons livre em um condutor provocando o funcionamento dos eletroeletrônicos.*



**6.** O que é corrente elétrica?

R.: *Define-se o movimento ordenado dos elétrons em um condutor, causado por uma tensão elétrica, podendo ser contínua, provindo por baterias/pilhas e com sentido único do movimento dos elétrons, e alternada quando acontece variação do movimento dos elétrons, existindo na tomada de nossas casas.*

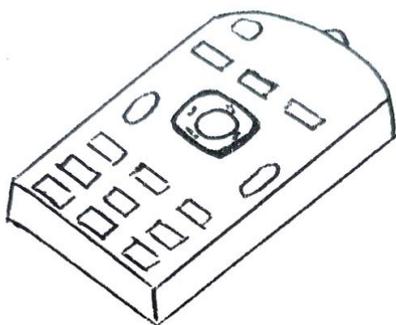
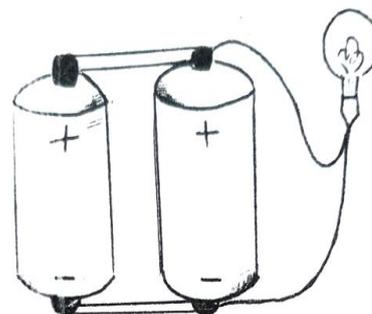


**7.** Conectando o polo negativo de uma bateria ao polo positivo de outra, podemos afirmar que:

- ( ) temos uma ligação de baterias em paralelo  
 ( ) temos uma ligação fotovoltaica de baterias  
 (X) resulta em uma ligação em série de baterias  
 ( ) forma-se um conjunto de baterias

**8.** Associando baterias em paralelo:

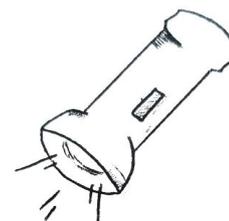
- (X) acontece um aumento de intensidade de corrente elétrica, mas a tensão se mantém no mesmo valor  
 ( ) vemos o aumento da tensão elétrica e a diminuição da intensidade de corrente  
 ( ) tensão e corrente elétrica aumentam  
 ( ) tem-se o dobro de corrente elétrica e a tensão se reduz à metade



**9.** Observando o controle remoto da TV de sua residência, pode-se perceber um dos tipos de ligação, onde o polo negativo de uma pilha se conecta ao polo positivo da outra. Essa ligação seria:

- ( ) elétrica  
 ( ) paralela  
 ( ) renovável  
 (X) série

**10.** Ao abrir um farolete constataremos três pilhas ligadas em série, com voltagem igual a 1,5 V cada pilha. Se as três pilhas forem substituídas por pilhas de 2 V, como ficara o valor da nova tensão?



R.: *Em uma ligação em série temos a somatória de suas tensões, no caso, três pilhas com 2 volts cada uma resultará em 6 volts de tensão no circuito.*

# APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL

---

Neste Apêndice, apresentamos, de forma independente à dissertação, o Produto Educacional (PE) a fim de facilitar o uso do mesmo e atender as normas vigentes do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) juntamente da Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a proposta do polo 20 do MNPEF - Universidade Estadual de Maringá – UEM.



## PRODUTO EDUCACIONAL - Material Didático-Pedagógico

### CÉLULAS FOTOVOLTAICAS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE LIGAÇÃO DE GERADORES EM SÉRIE E EM PARALELO

Rodrigo de Oliveira Pereira

Produto Educacional da Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Antônio Custódio de Melo

**MARINGÁ, PR**  
**Agosto, 2020**

---

# APRESENTAÇÃO

---

Segue o texto indicando uma proposta de sequência de aula voltada para alunos do terceiro ano do ensino médio. Este produto educacional traz um guia, isto é, uma sequência didática, com proposta de estudo da eletricidade, sobre ligação de fontes de força eletromotriz (fem), como baterias e células solares, em série e paralelo e o funcionamento e aplicação de células solares. Esta sequência de aulas é um guia prático do estudo introdutório da física do eletromagnetismo, provendo conhecimento básico para o entendimento de outras aplicações físicas, bem como de outras áreas, como o cuidado do meio ambiente.

Para este guia prático, é proposto à realização de três experimentos: o primeiro para demonstrar que há um paralelo entre a corrente e a tensão, suas unidades de medidas, o Volts e o Ampère, utilizando recipientes e mangueiras com água. O segundo experimento foi arranjado com pilhas normais de 1,5 V (conhecidos como AA) em diferentes configurações de ligação utilizando o multímetro para medir as reações causadas em cada tipo de ligação. O terceiro experimento foi realizado com células fotovoltaicas medindo 3,5 cm de largura e 15 cm de comprimento, causando tensão elétrica de cerca de 5 volts e de cerca de 50 miliampère de corrente elétrica quando iluminadas pelo sol. As células solares foram montadas em diferentes configurações de ligação e usando o multímetro para medir as reações ocasionadas em cada tipo de ligação. A partir destes dados obtidos com o multímetro foi possível utilizar uma bomba d'água. Todos os materiais utilizados são de fácil acesso, as especificações serão dadas a seguir. Aconselha-se usar estes três experimentos nesta sequência.

Assim, ao aplicar este produto educacional busca-se contemplar o estudo do eletromagnetismo, objetivando decorrer os conteúdos: tensão e corrente elétrica, ligação de fem em série e paralelo e o efeito fotovoltaico. A energia solar que tem sido adotada como forma de energia, derivando de uma fonte natural e inesgotável, que é o sol. Experimento aplicado junto ao 3º ano do ensino médio que abrange estes conteúdos.

# SUMÁRIO

---

<b>1 OBJETIVOS DO PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>77</b>
1.1 Objetivos gerais .....	77
<b>2 DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS, PROCEDIMENTOS E MÉTODOS     PARA REALIZAÇÃO .....</b>	<b>78</b>
2.1 Experimentos .....	78
<b>3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>	<b>86</b>
3.1 Desenvolvimento e aplicação .....	86
3.2 Detalhamento das aulas a serem realizadas .....	87
<b>4 RESULTADOS ESPERADOS .....</b>	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>96</b>
<b>APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE B: GABARITO DO QUESTIONÁRIO: RESPOSTAS ESPERADAS     .....</b>	<b>102</b>

# 1 OBJETIVOS DO PRODUTO EDUCACIONAL

---

## 1.1 Objetivos Gerais:

- Oportunizar aos educandos uma melhor compreensão sobre tensão e intensidade de corrente, bem como as grandezas envolvidas;
- Permitir que os alunos consigam conceituar as diferentes reações entre ligação de baterias em série e paralelo;
- Possibilitar que os alunos conheçam e/ou aprofundam o conhecimento sobre as diferentes formas de energia renovável;
- Demonstrar, por meio de experimento, a funcionalidade da energia solar usando células fotovoltaicas.

## 2 DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS, PROCEDIMENTOS E MÉTODOS PARA A REALIZAÇÃO

---

### 2.1 Experimentos

Para cada assunto teremos uma confecção de experimentos com materiais de fácil acesso que será descrito a seguir, sendo: um protótipo de tensão e corrente elétrica (2.1), ligação de pilhas em série (2.2), ligação de pilhas em paralelo (2.3) e ligação de células fotovoltaicas (2.4).

Quadro 2.1 – Experimento I

(continua)

#### Experimento I: Protótipo de tensão e corrente elétrica.

**Orientação ao Professor:** Objetivando demonstrar de forma macro e manual os conceitos de tensão e corrente elétrica, esse foi desenvolvido com materiais de fácil acesso. Assim como a corrente elétrica percorre um fio condutor, provocada por uma diferença de potencial será facilitado à compreensão destes conceitos. Portanto permitirá ao aluno uma assimilação das duas situações que ocorrerá com os produtos elétricos em sua própria casa.

#### **Materiais**

- 2 recipientes de plástico com volume de 1 litro
- 1 metro de mangueira transparente
- 1 caixa de gelatina com sabor de sua preferência para dar cor a água (20 gramas)
- 1 litro de água
- 2 bicos de torneira metálicos
- Cola de silicone

#### **Montagem do protótipo de tensão e corrente elétrica**



Furar cuidadosamente as laterais dos dois recipientes, tomando como medida os bicos de torneira. Os furos devem ter 4,5 centímetros de altura medidos a partir da base.



Encaixe, de dentro para fora, os bicos de torneira aos furos dos recipientes, em seguida passe cola de silicone ao redor de sua base fixando os bicos nos recipientes.



Passe a cola, de modo a não deixar a água vaziar em alguma ruptura da junção recipiente com bico de torneira.

(conclusão)



Deixe secar por algumas horas, depois encaixe a mangueira nos bicos presos nas vasilhas.

**Procedimentos:**

I - Encher um dos recipientes com água colorida (usar algum corante, como gelatina vermelha)

II - Mudar gradativamente a altura relativa dos recipientes de tal forma que haja fluxo do fluido entre os recipientes.

III – Solicitar que os alunos façam a relação entre a velocidade de se encher o recipiente mais baixo e a altura relativa.

IV – Promover a reflexão por parte dos alunos sobre a mudança do diâmetro da mangueira e a velocidade de se encher o recipiente mais baixo.

V – Fazer a correlação do fluxo e altura do fluido com a corrente e a tensão elétrica.

Fonte: o Autor

Quadro 2.2 – Experimento II-A

**Ligação de pilhas em série**

**Orientação ao Professor:** Fazendo a ligação de duas pilhas em série, objetiva-se que este experimento possa comprovar o conceito de tensão elétrica. Sendo assim, agirá em uma ligação em série de geradores elétricos, onde será usado multímetro para a medição a D.D. P. percorrendo um circuito composto por três pilhas ligadas em série.

**Materiais**

- 9 pilhas de 1,5 volt (3 pilhas por bancada)
- Fita isolante
- Multímetro

**Construção para a ligação em série:**

	<p>Posicionar três pilhas em série, de modo que o polo positivo toque no polo positivo da pilha seguinte.</p>
	<p>Envolver com fita isolante para que fiquem acoplados em série. O multímetro será encaixado nas extremidades deste circuito para medição de tensão elétrica.</p>
<p><b>Procedimentos</b></p>	
<p>Usando as três pilhas para formar o circuito de geradores ligados em séries, os alunos deverão medir a tensão elétrica de apenas uma pilha, observando o visor do multímetro que mostrará o valor medido em volts. Portanto, em seguida, o circuito será montado em série, usando duas pilhas, assim será observado novamente o valor da tensão, porém deve - se fazer um questionamento se ouve mudança e se eles podem dar um explicação sobre essa mudança. Finalizando com a junção da terceira pilha ligada a série, realizando a medida de tensão elétrica novamente, percebendo que nessa ligação em série de geradores acontece à soma das tensões elétricas de cada pilha usada no experimento.</p>	

Fonte: o Autor.

Quadro 2.3 - Experimento II - B

### Ligação de pilhas em paralelo

**Orientação ao Professor:** Durante o desenvolvimento do trabalho é necessário mostrar que o experimento IIB, consiste da ligação de pilhas em paralelo com o objetivo de esperar que os alunos compreendam a reação de tensão elétrica agindo sobre um condutor, trazendo três pilhas ligadas em posições paralelas. Onde será

utilizado o multímetro para medir essa reação.

**Materiais:**

9 pilhas de 1,5 volt (3 pilhas por bancada)

72 centímetros de fio condutor de eletricidade (24 centímetros por bancada)

Fita isolante

Multímetro

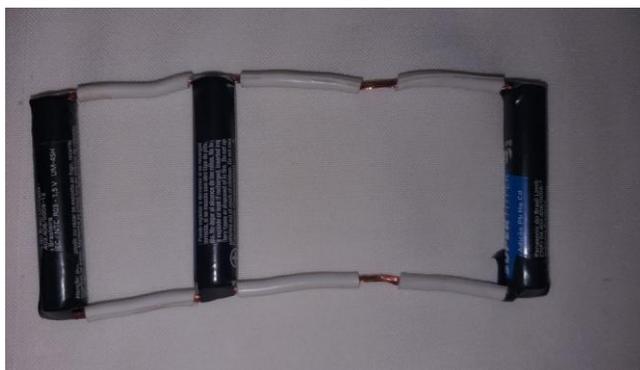
Alicate

Estilete ou objeto cortante para descascar o fio condutor

**Construção para a ligação em série**



Com o alicate, separe o fio com medida de 24 centímetros e descasque as quatro pontas dos fios que agora medem, aproximadamente 12 centímetros. Descasque o fio com medida de 4 centímetros a partir de suas extremidades. Monte a ligação em paralelo colando, com a fita isolante, as pilhas nas extremidades do fio.'



Cole outra pilha no meio do fio, deixando uma parte descascada para fazer as medições com o multímetro.

Observar para que um dos fios esteja fixado aos polos positivos da pilha e o outro aos polos negativos.

**Procedimento**

Após a preparação do material, os fios condutores estarão preparados para acoplar as pilhas, de modo a se montar uma ligação em paralelo. Então será feito o circuito, utilizando duas pilhas primeiramente e posicionando o multímetro no circuito para poder medir a tensão elétrica e assim observar alguma mudança no valor da tensão elétrica. A finalização ocorrerá com a fixação da terceira pilha no circuito, objetivando a tensão de energia com o multímetro e consequente averiguando a

reação sofrida por este circuito. Entretanto poderá ser percebido que o valor da tensão continuará sendo o mesmo, assim não será proporcional ao número de geradores.

Fonte: o Autor.

Quadro 2.4 – Experimento III

### Ligação de placas solares

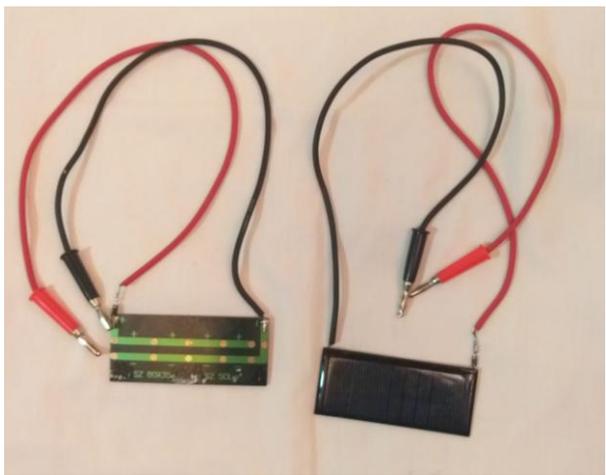
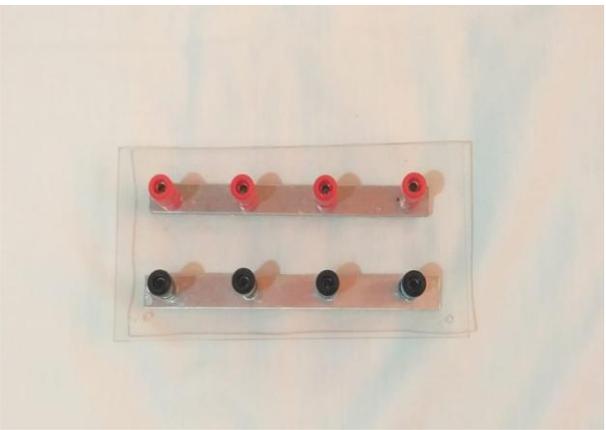
**Orientação ao Professor:** Faremos ligação de placas solares com o objetivo de termos fonte de captação solar, podendo assim ser transformada em energia térmica ou elétrica com eficiência, sem a degradação do meio ambiente. A energia solar é uma forma de economia e conservação da natureza. Portanto, o experimento demonstrará o funcionamento do efeito fotovoltaico, objetivando levar o conhecimento, causando discussão sobre este feito aos alunos, permitindo a observação do efeito fotovoltaico. De acordo com a experiência levar ainda para esses alunos o conhecimento promovendo a discussão sobre esse feito, permitindo a observação do efeito fotovoltaico e compreendendo a tensão e corrente elétrica em um circuito de células solares.

#### Materiais

- 9 placas solares com 5,5 volts de tensão e 50 miliampère (3 placas por bancada) conseguidas pela internet, na Loja da Robótica (<https://www.lojadarobotica.com.br/>)
- 3 bombas d'água com limite de 6 volts de tensão (1 por bancada), (<https://www.lojadarobotica.com.br/>)
- 3 multímetros (1 por bancada)
- Papelão ou isopor para fixar as placas, causando inclinação de, aproximadamente, 45° graus.
- 3 recipientes com volume de 1 litro (1 por bancada)
- 3 protoboard (1 por bancada)

**Observação:** os materiais listados acima, exceto o simulador, montam três bancadas/grupos para observações.

#### Montagem ligação de placas solares

	<p>Soldar os cabos das placas solares com os conectores banana. O fio condutor de cor preto fixado no lado negativo e o condutor vermelho, soldado no ponto positivo.</p>
	<p>Usando a placa de acrílico, com oito furos, conforme a figura ao lado, montar os bornes, ligando os mesmos com uma placa de condutor ou fio.</p>
<p><b>Procedimento</b></p> <p>I - Medir a tensão de uma célula solar sem e com incidência do sol.</p> <p>II – Usando o <i>protoboard</i>, medir a tensão com as três placas solares com incidência solar com ligações em paralelo e em série.</p> <p>III – Comparar os valores de tensão medidos em série e paralelo, com os valores calculados.</p> <p>IV - Três células solares conectadas em paralelo a um <i>protoboard</i>, conservando a tensão elétrica e a corrente elétrica sendo triplicada de acordo com o número de células. A microbomba funciona com até 6 V de tensão, reagindo positivamente.</p>	

Fonte: o Autor.

## 3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

### 3.1 Desenvolvimento e aplicação

Para o desenvolvimento desta sequência de aula segue um quadro de organização das aulas que descreve sua aplicação onde os experimentos relacionados na seção 2 serão aplicados de acordo com o tema abordado por cada aula unindo conceitos e prática (Quadro 3.1):

Quadro 3.1 – Organização da sequência didática

Aula	Tema	Ação	Tempo (minutos)
1º	Questionário	Aplicação do questionário como forma de sondagem sobre o conhecimento dos alunos acerca dos conteúdos envolvidos.	1 hora/aula
2º	Tensão e corrente elétrica	Aula expositiva e dialogada contemplando tensão e corrente elétrica, bem como suas unidades de medida - volt e ampère - e a determinação de seus valores por meio de fórmulas matemáticas usando cálculos.	2 horas/aulas
	Simulador	Confeccionado com materiais de fácil acesso, este simulador auxiliará na explicação e compreensão dos conceitos de tensão e corrente elétrica, onde poderá exemplificar diferença de potencial, corrente contínua e corrente alternada. Usado para expor o conteúdo.	
	Resolução de exercícios	Finalizando com aplicação de exercícios sobre corrente elétrica, utilizando a fórmula de determinação para este efeito. $(i = \frac{Q}{\Delta t})$	
3º	Ligações em série e paralelo	Explicação do conteúdo ligação de baterias em série e paralelo, abordar o conceito de cada ligação- tensão e corrente elétrica.	2 horas/aulas

	Aplicação do experimento ligando pilhas em série e paralelo.	Construir os tipos de ligações, série e paralelo, usando pilhas de 1,5 volts poderá usar multímetro para medir a tensão elétrica em cada ligação.	
4º	Efeito fotovoltaico e a energia solar	Aula expositiva e dialogada sobre o efeito fotovoltaico e apresentação dos materiais, para conclusão da sequência de aula. O experimento deve ser submetido onde há presença de sol, fazendo funcionar uma mini-bomba de água.	2horas/aulas
5º	Questionário	Aplicação do questionário objetivando analisar melhora na aprendizagem dos alunos após a participação na sequência de aula.	1 hora/aula

Fonte: o Autor

### 3.2 Detalhamento das aulas a serem realizadas

Segue proposta de aplicação deste produto educacional, ordenado por assunto abordado em cada aula:

**Aula I:** A aplicação de um questionário acerca do conteúdo a ser trabalhado busca o conhecimento prévio com a finalidade de analisar a evolução da aprendizagem frente ao estudo aplicado (ao final deste produto educacional).

**Aula II:** Abordar os conteúdos estrutura atômica e carga elétrica, retomando esta parte já estudada anteriormente usando lousa e giz para tomar nota dos pontos importantes do conteúdo. Chegando a parte de corrente elétrica causada pelo movimento dos elétrons livres e diferença de potencial que força o movimento ordenado das cargas elétricas provocando o funcionamento dos aparelhos eletroeletrônicos e eletrodomésticos existentes em nossas casas. Neste momento será usado o protótipo para exemplificar corrente elétrica (Figura 3.1) como sendo a água colorida que passa pela mangueira, emergindo de um recipiente para outro e a diferença de potencial ou tensão elétrica demonstrada à medida que se levanta um dos recipientes, dando a eles diferença de altura- uma mais alta e outra mais baixa- causando a vazão da água de um recipiente para outro.

FIGURA 3.1 – Protótipo para exemplificar corrente elétrica. À medida que se levanta um dos recipientes simula-se uma D.D.P., em que o ponto mais alto seria o maior potencial e o mais baixo, menor potencial. A água emergindo de um recipiente para outro pode demonstrar uma corrente elétrica contínua, onde os elétrons têm um mesmo caminho a percorrer.



Fonte: o Autor.

A razão entre a quantidade  $Q$  de carga elétrica e o intervalo de tempo  $\Delta t$ , acontecendo em um fio condutor de eletricidade, nos mostra quanto de carga elétrica passa por segundo neste fio. Usamos as unidades de medida Coulomb  $[C]$  para carga elétrica e segundo  $[s]$  para variação de tempo, que nos resulta em ampere  $[A]$ , unidade de medida da corrente elétrica. Intensidade de corrente elétrica representada por  $i$ . Demonstrando que:

$$i = \frac{|Q|}{\Delta t} \rightarrow \left[ \frac{C}{s} \right] = [A] \quad [3.1]$$

Homenageando o físico Frances Andre-Marie Ampère, estudioso do eletromagnetismo que determinou propriedades importantes sobre corrente elétrica, vemos que um ampere equivale a um coulomb por segundo.

Explanando esta situação será trazido embasamento para resolver situações como a que segue:

Quadro 3.2 – Exemplos de situação problema a fim de contextualizar os conceitos desenvolvidos

**Exemplo 1:** Pela secção reta de um fio condutor de eletricidade passa uma corrente elétrica de intensidade constante e igual a 4,0 A. Vamos determinar a carga elétrica transportada pelos elétrons durante um intervalo de tempo de 2,0 minutos.

Resolução

Sendo a variação de tempo medida em segundos  $\Delta t = 2 \text{ min} \times 60 \text{ seg.} = 120 \text{ seg.}$

Realizando a devida substituição, temos:

$$i = \frac{Q}{\Delta t} \leftrightarrow Q = i \times \Delta t ;$$

Logo:

$$Q = 4,0 \times 120 = 480C$$

**Exemplo 2:** Pela secção transversal de um condutor passaram  $2 \times 10^{22}$  elétrons durante um intervalo de tempo  $\Delta t = 16s$ . Sendo  $e = 1,6 \times 10^{-19}C$  o valor da carga elementar, determine:

- a carga elétrica que atravessa o condutor;
- a intensidade média da corrente elétrica.

Resolução:

Temos  $Q = n \times e$ , então:

$$Q = (2,0 \times 10^{22}) \times (1,6 \times 10^{-19})$$

$$Q = 3,2 \times 10^3 C$$

Usando  $i = \frac{Q}{\Delta t}$ , calcula-se:

$$i = \frac{3,2 \times 10^3 C}{16s} = 2,0 \times 10^2 \frac{C}{s} = 200 A$$

Fonte: o autor.

**Aula III:** Para esta aula os materiais utilizados nos experimentos devem estar dispostos em bancadas, possibilitando ao aluno manuseá-los de forma a medir a tensão elétrica utilizando o multímetro, obedecendo a sequência de montagem apontada nos itens 2.2 e 2.3 deste produto. Os alunos podem fazer as medições, conforme construção do circuito, medindo tensão de uma pilha, depois duas pilhas e, por último, as três pilhas ligadas em série ou paralelo. O conceito de ligação em série e paralelo de baterias será contemplado. Dando início a definição de circuitos elétricos, com a finalidade de experimentar e compreender a corrente elétrica e a tensão elétrica ocorrendo nas instalações de uma casa, desde o momento em que acendemos uma luz ou acionamos o controle remoto para ligar a TV.

Dizemos ter uma ligação em série de baterias quando os elementos do circuito estão em fila, submetidos à passagem de uma mesma corrente elétrica, ou seja, o polo positivo de uma bateria conectado ao polo negativo de outra, permitindo um único caminho para a corrente, sendo esta uma corrente contínua. Para representar o circuito em série que será construído temos pilhas de, até três pilhas, de 1,5 volts, conectadas em série, e um multímetro para medir a tensão elétrica nesta situação. Compreende-se que para a ligação em série teremos aumento de tensão elétrica proporcional ao número de pilhas conectadas em série. Para tal se aplica que:

$$U_{eq} = U_1 + U_2 + U_3 \quad [3.2]$$

Como nos mostra a imagem:

Figura 3.1 - três pilhas, de 1,5 volts, conectadas em série, e um multímetro para medir a tensão elétrica



Fonte: o autor

Para três pilhas ligadas em série o multímetro marca 4,68 volts de tensão elétrica, aproximadamente. Concluímos que na ligação de baterias em série o aumento de tensão elétrica é proporcional ao número de baterias/pilhas, porém sua corrente elétrica se mantém, sua intensidade segue como sendo o valor individual igual ao valor total:

$$i_{eq} = i_1 = i_2 = i_3 \quad [3.3]$$

Baterias/pilhas associadas em paralelo sofrem um aumento de intensidade de corrente elétrica e mantém o valor da tensão. Independentemente do número de pilhas ligadas em paralelo, a tensão elétrica terá o mesmo valor.

Em uma ligação em paralelo, simulada com o uso de duas pilhas de 1,5 volts, comprova-se que a tensão elétrica se mantém constante, independentemente do número de pilhas ou baterias, onde o visor mostra 1,48 volts de tensão elétrica, como vemos na imagem que segue, utilizando três pilhas ligadas em paralelo.

Figura 3.2 – Três pilhas associadas em paralelo e um multímetro medindo a intensidade da corrente elétrica



Fonte: O autor

**Aula IV:** As células fotovoltaicas que experimentaremos na sequência transformam a luz solar em energia elétrica, derivando da propriedade semicondutora de alguns materiais- materiais com características intermediárias entre um condutor e um isolante.

A composição das células fotovoltaicas provém do silício, em 90% dos sistemas comercializados atualmente. Porém, em seu estado puro, o silício não possui elétrons livres, de maneira a não causar corrente e tensão elétrica, mas essa propriedade é modificada por meio da mistura com outros elementos, em um processo conhecido como dopagem.

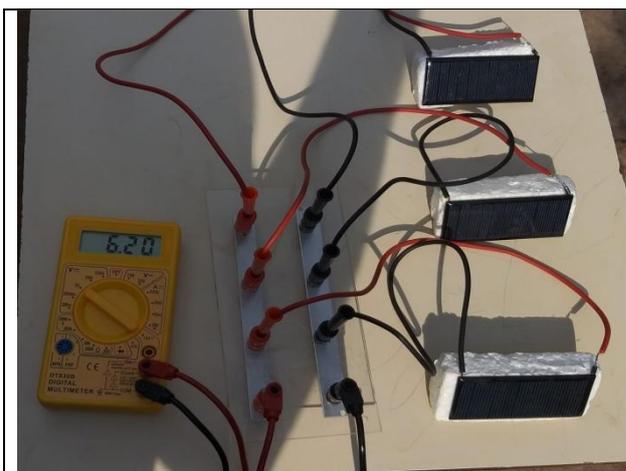
O processo de dopagem se dá por duas misturas que causam reações contrárias. Chamados de *Silício n* e *Silício p*, onde o *Silício n* é misturado ao fósforo passa a apresentar elétrons livres em sua camada superior com carga negativa, e o *Silício p* dopado com o boro produz um semicondutor com características inversas às de *n*, passando a ter carga positiva.

Por meio de condutores colocados nas duas camadas, *p* e *n*, os elétrons livres formam uma corrente elétrica diretamente proporcional à quantidade de luz recebida, garantindo eletricidade em diversas situações, como aos astronautas na Estação Espacial Internacional, a comunidades que vivem em locais isolados sem luz elétrica ou edifícios “inteligentes”, entre outras situações.

Usaremos para este experimento três células solares, uma micro bomba de água submersível, um *protoboard* e um multímetro, montando uma bancada. Entende-se que a corrente elétrica é proporcional a intensidade da luz, sendo preciso que a aplicação aconteça em um espaço aberto e rico em luz solar, em um horário propício para tal.

Cada célula solar é capaz de produzir 5,5 volts de tensão e 50 miliampère, e a bomba de água que será ligada ao experimento possui tensão de funcionamento 2,5- 6 volts, trazendo a concepção de uma ligação em paralelo para a conservação de tensão elétrica e o aumento de corrente elétrica proporcional ao número de células. Podendo ser comprovado à medida de tensão e corrente elétrica, como mostram as imagens constantes no Quadro 3.3:

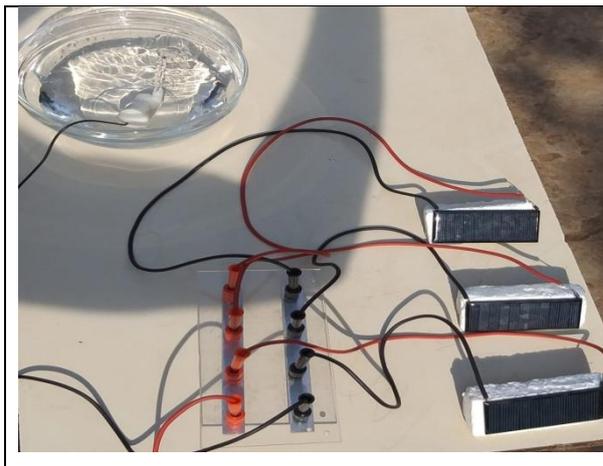
Quadro 3.3 – Experimento utilizando três células solares



O Visor do multímetro mostra 6,20 volts de tensão para três células solares. Essa variação pode ser explicada pela intensidade de luz mais forte neste momento, porém, a pouca variação se comparado ao número de células solares.



A corrente elétrica é proporcional ao número de células solares, totalizando 145,6 ampères, comprovando a propriedade da ligação em paralelo para geradores.



Então, pode-se ligar a micro bomba de água neste circuito, causando seu funcionamento. Observa-se também a proporcionalidade da corrente elétrica atrelada à intensidade de luz refletida, quanto mais luz, mais corrente e mais tensão elétrica se produz, sendo captada pelo efeito fotovoltaico.

Fonte: o Autor.

Três células solares conectadas em paralelo a um *protoboard*, garantindo a mesma tensão elétrica e a corrente elétrica sendo proporcional ao número de células.

A micro bomba de água funciona com até 6 volts de tensão, reagindo positivamente.

**Aula V:** O questionário será aplicado novamente, após esta sequência de aula, com o intuito de analisar se houve compreensão dos conteúdos apresentados, de forma significativa, se comparado ao que foi proposto antes de iniciar com este produto educacional.

Composto por dez questões que decorre o efeito fotovoltaico, energia solar, tensão e corrente elétrica, ligações de baterias em série e paralelo, acompanhada de figuras ilustrativas, onde poderão ser analisadas as repostas, de forma a demonstrar, por meio de tabelas, a compreensão dos alunos frente a esta sequência de aula. A seguir, o questionário com questões discursivas e de múltipla escolha.

## 4 RESULTADOS ESPERADOS

---

Com a exposição dos conteúdos e experimentos, unindo teoria a prática, espera-se que os alunos adquiram conhecimento acerca dos conteúdos tensão e corrente elétrica, compreendendo a necessidade dos mesmos para que objetos elétricos funcionem. Permitir o conhecimento sobre os tipos de ligação de geradores, seja em série ou paralelo, aplicados a geradores de energia elétrica. A energia solar é um dos tipos de energias renováveis que não agredem o meio ambiente. Mesmo abordado de forma superficial, trazendo consciência sobre o cuidado com a natureza, focando em energia solar, trazendo o debate sobre o efeito fotovoltaico e a conversão da luz do sol em eletricidade.

# REFERÊNCIAS

---

AUSUBEL, David, NOVAK, Joseph D. e HANESIAN, Helen, Psicologia Educacional, segunda edição, Interamericana, 1978

AUSUBEL, David P., The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View, Springer, 2000. Disponível parcialmente em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=wfckBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=AUSUBEL+2000++The+acquisition+and+retention+of+knowledge++pdf&ots=m93zdnSUDV&sig=k2Sw6rgs2u3J0E12TtwXBTvUE-hA#v=snippet&q=%20series%20of%20arbitrarily%20related%20words&f=false>

BENJAMIN, Park, A History of Eletricity 1898, John Wiley and Sons, New York.

COULOMB, Charles Augustin, "Premier mémoire sur l'électricité et le magnétisme", Histoire de l'Académie Royale des Sciences, Imprimerie Royale (1788) p. 59–

577, Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=by5EAAAACAAJ&pg=PA612&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=by5EAAAACAAJ&pg=PA612&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

HISTORY of electromagnetic theory, Wikipedia, Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_electromagnetic\\_theory](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_electromagnetic_theory). Acesso em: 20 de jun. de 2020.

KOLBE, Bruno, An introduction to electricity, Tradução: Joseph Skellon, Kegan Paul, Trench, Trubner and Co., LTD, London 1908.

LEIRIA, Talisson Fernando, MATARUCO, Sônia Maria Crivelli, O Papel das Atividades Experimentais no Processo Ensino-Aprendizagem De Física, XII Encontro Nacional de Educação, PUC-PR 26-29.10.2015, disponível em: [https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/18234\\_8366.pdf](https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/18234_8366.pdf)

LEMES, Andryos da Silva, Apostila de Eletricidade Básica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus De Presidente Epitácio, disponível em : <https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/4/47/ApostilaEB2.pdf>

LIMA, Sorandra Corrêa de, TAKAHASHI, Eduardo Kojoy, Rev. Bras. Ensino Fís. vol.35 no.3 São Paulo July/Sept. 2013, disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172013000300020>

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa. Primeira Edição. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio, Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa, Revista Chilena de Educación Científica, ISSN 0717-9618, Vol. 7, Nº. 2, 2008, pp. 23-30. Revisado em 2012 (<http://moreira.if.ufrgs.br/ORGANIZADORESport.pdf>)

NASCIMENTO, Cássio Araújo do, Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica, Monografia especialização, IFL, Lavras, Minas Gerais, 2004, disponível em: [https://www.solenerg.com.br/files/monografia\\_cassio.pdf](https://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf)

RICARDO, Elio C. e FREIRE, Janaína C.A., Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 251-266, (2007)

SALA, E.M., GONI, J.O., A Teorias de Aprendizagem Verbal Significativa. In: SALVADOR, C.C. [et al], Psicologia do Ensino, Porto Alegre, Editora Artes Médicas, 2000.

SBF, PCN+ - Ensino Médio - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, FÍSICA, disponível em: [http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf)

WALKER, Jearl, HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, Fundamentos da física, Halliday e Resnick, décima edição, Wiley 2007, ISBN 978-1-118-23072-5

ZABALA, Antoni, Pratica Educativa como ensinar, trad. Ernani F. da F. Rosa - Porto Alegre Artmed, 1998, ISBN 85-7307-426-4

# APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO

QUESTIONÁRIO

Número de chamada: \_\_\_\_\_

Responda as questões que seguem a respeito de conceitos de energia solar e ligação de baterias.

1. O que é energia renovável?

---



---



---

2. Quais tipos de energia renovável você conhece?

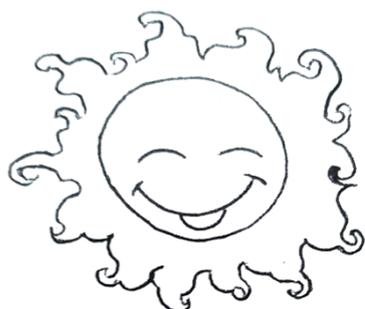
---



---



---



3. Sobre energia solar, podemos concluir que:

- ( ) o calor do Sol é que produz energia elétrica.
- ( ) considera-se fonte de energia química nuclear.
- ( ) a luz solar é que produz a energia elétrica.
- ( ) os painéis solares podem ser jogados em qualquer lugar, sem problemas.

4. Como o efeito fotovoltaico é produzido?

---



---



---

5. O que é tensão elétrica?

---



---



---

6. O que é corrente elétrica?

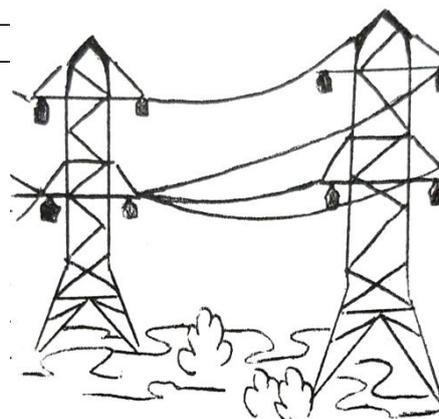
---

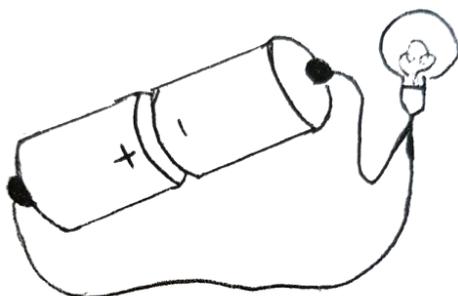


---



---



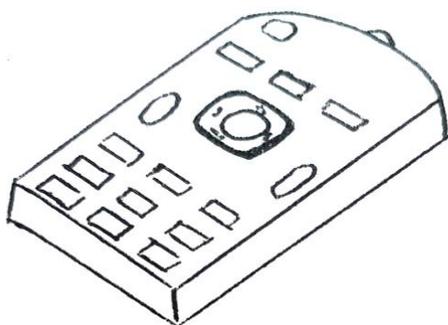
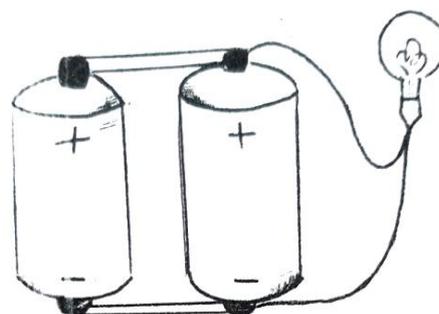


7. Conectando o polo negativo de uma bateria ao polo positivo de outra, podemos afirmar que:

- ) temos uma ligação de baterias em paralelo
- ) temos uma ligação fotovoltaica de baterias
- ) resulta em uma ligação em série de baterias
- ) forma-se um conjunto de baterias

8. Associando baterias em paralelo:

- ) acontece um aumento de intensidade de corrente elétrica, mas a tensão se mantém no mesmo valor
- ) vemos o aumento da tensão elétrica e a diminuição da intensidade de corrente
- ) tensão e corrente elétrica aumentam
- ) tem-se o dobro de corrente elétrica e a tensão se reduz à metade



9. Observando o controle remoto da TV de sua residência, pode-se perceber um dos tipos de ligação, onde o polo negativo de uma pilha se conecta ao polo positivo da outra.

Essa ligação seria:

- ) elétrica
- ) paralela
- ) renovável
- ) série

10. Ao abrir um farolete constataremos três pilhas ligadas em série, com voltagem igual a 1,5 V cada pilha. Se as três pilhas forem substituídas por pilhas de 2 V, como ficara o valor da nova tensão?

---



---



---



---



## APÊNDICE B: GABARITO DO QUESTIONÁRIO – RESPOSTAS ESPERADAS

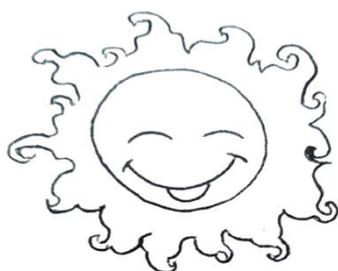
As questões relacionadas, a seguir, estão na mesma sequência em que segue o questionário e tomamos como respostas esperadas como mostra o Gabarito:

1. O que é energia renovável?

R.: *Denomina-se energia renovável a energia provinda de recursos naturais que se reabastecem naturalmente, como o sol, vento ou chuva.*

2. Quais tipos de energia renovável você conhece?

R.: *Podemos citar energia solar, energia oceânica, energia geotérmica, energia biomassa, energia hídrica e energia eólica.*



3. Sobre energia solar, podemos concluir que:

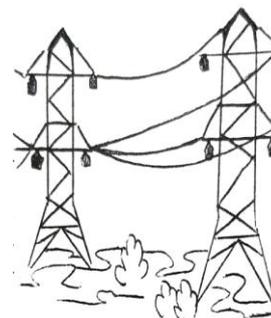
- ( ) o calor do Sol é que produz energia elétrica.
- ( ) considera-se fonte de energia química nuclear.
- ( X ) a luz solar é que produz a energia elétrica.
- ( ) os painéis solares podem ser jogados em qualquer lugar, sem problemas.

4. Como o efeito fotovoltaico é produzido?

R.: *O silício caracterizado por ser um material semicondutor, após o processo de dopagem passa a ter banda de valência e banda de condução. Ao ser exposto a luz do Sol, os elétrons saltam de uma camada para a outra, produzindo corrente elétrica no interior da estrutura do semicondutor e, conseqüentemente, eletricidade.*

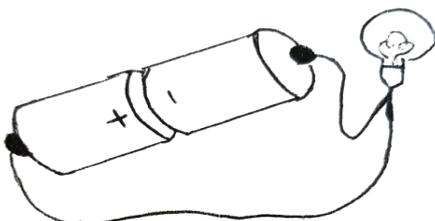
5. O que é tensão elétrica?

R.: *Tendo como sua unidade de medida o volt [V], tensão é a diferença de potencial entre dois polos de um gerador, podemos compreender, também, como a força que causa o movimento ordenado dos elétrons livre em um condutor provocando o funcionamento dos eletroeletrônicos.*



**6.** O que é corrente elétrica?

R.: *Define-se o movimento ordenado dos elétrons em um condutor, causado por uma tensão elétrica, podendo ser contínua, provindo por baterias/pilhas e com sentido único do movimento dos elétrons, e alternada quando acontece variação do movimento dos elétrons, existindo na tomada de nossas casas.*

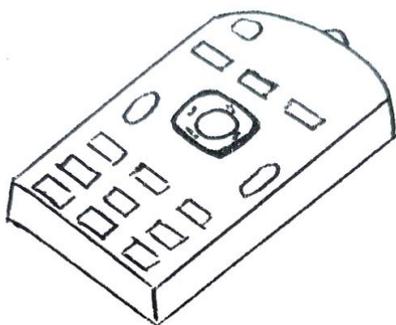
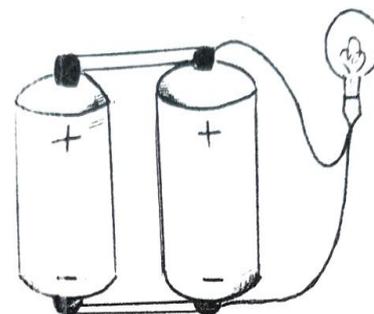


**7.** Conectando o polo negativo de uma bateria ao polo positivo de outra, podemos afirmar que:

- ( ) temos uma ligação de baterias em paralelo  
 ( ) temos uma ligação fotovoltaica de baterias  
 (X) resulta em uma ligação em série de baterias  
 ( ) forma-se um conjunto de baterias

**8.** Associando baterias em paralelo:

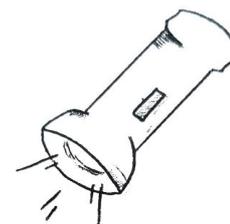
- (X) acontece um aumento de intensidade de corrente elétrica, mas a tensão se mantém no mesmo valor  
 ( ) vemos o aumento da tensão elétrica e a diminuição da intensidade de corrente  
 ( ) tensão e corrente elétrica aumentam  
 ( ) tem-se o dobro de corrente elétrica e a tensão se reduz à metade



**9.** Observando o controle remoto da TV de sua residência, pode-se perceber um dos tipos de ligação, onde o polo negativo de uma pilha se conecta ao polo positivo da outra. Essa ligação seria:

- ( ) elétrica  
 ( ) paralela  
 ( ) renovável  
 (X) série

**10.** Ao abrir um farolete constataremos três pilhas ligadas em série, com voltagem igual a 1,5 V cada pilha. Se as três pilhas forem substituídas por pilhas de 2 V, como ficara o valor da nova tensão?



R.: *Em uma ligação em série temos a somatória de suas tensões, no caso, três pilhas com 2 volts cada uma resultará em 6 volts de tensão no circuito.*