

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO**



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**CONSTRUÇÃO DE CAPACITORES E MEDIDA DA
CAPACITÂNCIA**

Ildo Felipe da Silva

**Cuiabá MT
2023**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Construção de capacitores e medida da capacitância.

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

Orientador: Prof. Dr. Luis Craco

Cuiabá MT
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

D111c da Silva, Ildo Felipe.

CONSTRUÇÃO DE CAPACITORES E MEDIDA DA
CAPACITÂNCIA [recurso eletrônico] / Ildo Felipe da Silva. --
Dados eletrônicos (1 arquivo : 97 f., il. color., pdf). -- 2023.

Orientador: Luis Craco.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Programa
de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física, Cuiabá,
2023.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. Experimento. 2. Capacitância. 3. Capacitor. 4. Potencial

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA EM
REDE NACIONAL – PROFIS**

FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: CONSTRUÇÃO DE CAPACITORES DE PLACAS PARALELAS E
MEDIDA DA CAPACITÂNCIA**

AUTOR: MESTRANDO ILDO FELIPE DA SILVA Dissertação defendida e
aprovada em **26 de 04 de 2023**.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. DR. LUIS CRACO (Orientador)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

2. DR. ANDRÉ CORREIA RISERIO DE BONFIM (Membro Interno)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

3. DR. JONATHAN WILLIAN ZANGESKI NOVAIS (Membro Externo)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE DE CUIABÁ

4. DR. ALBERTO SEBASTIÃO DE ARRUDA (Suplente) INSTITUIÇÃO:

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

5. DR. MARCELO FELIPE ZANELLA DE ARRUDA (Suplente) INSTITUIÇÃO:

INSTITUTO FEDERAL DE MATO GROSSO

CUIABÁ, 28/04/2023



Documento assinado eletronicamente por **LUIS CRACO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 28/04/2023, às 15:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto no 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANDRE CORREIA RISERIO DO BONFIM, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 28/04/2023, às 15:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto no 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jonathan Willian Zangeski Novais, Usuário Externo**, em 28/04/2023, às 15:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto no 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ildo Felipe da Silva, Usuário Externo**, em 28/04/2023, às 15:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto no 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5748644** e o código CRC **57A65FC7**.

Referência: Processo no 23108.031607/2023-33 SEI no 5748644

Dedico esta dissertação a todos aqueles
que me apoiaram nessa jornada,
principalmente meus pais, meus filhos
e meus irmãos.

Agradecimentos

Agradeço a todos os professores do curso de mestrado que nos ajudaram a chegar até esse momento tão especial.

Ao meu professor orientador, o Prof. Dr. Luis Craco, pela sua dedicação e paciência nos momentos que mais precisei.

Aos meus amigos do curso de mestrado, em especial a Giseli Vincensi Cadore e a Thais Rodrigues pelos momentos em que nos reunimos.

Agradeço também aos meus alunos que sempre me apoiaram e foram compreensivos comigo e colaboraram para que tudo desse certo.

Meus agradecimentos a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil) pelo apoio financeiro na realização do curso. Código de Financiamento 001.

RESUMO

Diante dos problemas que o mundo inteiro vem passando em decorrência da pandemia, a aprendizagem no Brasil teve retrocesso no sentido de aprendizagem presencial nas escolas, com isso, as aulas presenciais ficaram prejudicadas afastando os alunos das práticas experimentais.

Um estudo experimental é fundamental na compreensão de determinados fenômenos físicos, como, por exemplo, o funcionamento de um capacitor.

Um capacitor é um dispositivo elétrico que evoluiu ao longo dos tempos, trazendo para a humanidade melhorias nos circuitos elétricos de diversos equipamentos que fazem parte do cotidiano das pessoas.

O objetivo deste trabalho é introduzir uma prática experimental voltada para alunos da 3ª série do ensino médio, na compreensão das propriedades físicas de capacitores. Partindo de um acontecimento histórico, ocorrido a quase trezentos anos e contextualizando com a realidade em que vivemos hoje, esse trabalho traz uma perspectiva de que as aulas de física podem ser mais bem sucedidas quando são colocadas de forma simples um fenômeno físico e contextualizando com a realidade do aluno.

O conceito de armazenar é algo que pode estar presente no cotidiano das pessoas, nos passa a ideia de guardar algo que possa ser usado posteriormente em algum momento. Com esse propósito, usando o conceito de “armazenar” o trabalho foi desenvolvido direcionando-o para o armazenamento de cargas elétricas nas placas do capacitor. Esse conceito foi fundamental para o entendimento sobre o assunto e, contribuindo para atingir o objetivo de ensinar sobre capacitância.

Este modelo de trabalho além de proporcionar ao aluno uma melhor compreensão dos fenômenos físicos, visa recuperar a lacuna deixada pela pandemia na aprendizagem.

Entender sobre alguns fenômenos associados ao capacitor ajuda na compreensão de diversos outros fenômenos, como campo elétrico, tensão entre outros. Nesse sentido, as aulas experimentais deste trabalho têm como principal característica, melhorar o entendimento sobre os conceitos físicos associados ao capacitor e motivar os alunos a participar das aulas de física. A interação com a prática experimental e a troca de informações que ocorre no cotidiano, enriquece as aulas de física ampliando o conhecimento dos alunos.

Palavras-chave: Experimento, Capacitância, Capacitor, Potencial Elétrico.

ABSTRACT

The aim of this work is to demonstrate that using experimental classes considerably improves the student's way of learning. Starting from an historical event, which took place almost three hundred years ago and contextualizing it with today's reality, this work brings the perspective that teaching physics can be more successful if one introduces a physical concept in a simple way, contextualizing it with the student's reality. To do so we base our strategy using Ausbel's theory of significant learning, i.e., starting from what the student already knows. For this purpose, our work was implemented taking into account the concept of "storage", with the aim of teaching capacitance and capacitors. Due to the world's pandemic problem, learning has retreated in the sense of direct exchange between students and teachers in schools. With this, face-to-face classes were hampered, keeping students mostly away from experimental practices. Our work, in addition to providing to the students a better understanding of a physical phenomenon, aims to close the gap left during the pandemic period. Using materials of low cost that can be found easily, we show that it is possible to build up strategies to more easily deliver new knowledge to the students. As discussed here, understanding about the physical properties of parallel plate capacitors has helped the students to understand various other phenomena, such as electric field, voltage, among others. On general grounds, the most relevant aspect of an experimental class is to improve student's motivation, making them more creative and participative. To summarize, the direct interaction with the experimental practice and the exchange of information that occurs in everyday life is expected to improve the understanding of non-trivial physical concepts and theories.

Keywords: Experiment, Capacitance, Capacitor, Electric Potential.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM.	4
2.1 - Aprendizagem significativa	6
2.2 - Aprendizagem mecânica	8
2.3 - Subsúncios	9
2.4 - Alguns tipos de aprendizagem significativa.	10
2.5 - O que se aprende.	12
2.6 - Como se aprende.	13
2.7 - Condições para aprender com significado.	14
CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO CAPACITOR DE PLACAS PARALELAS.	16
3.1 - Uma breve história da eletricidade	16
3.2 - Alguns modelos de capacitores.	18
3.3 - Capacitor de placas paralelas.	20
3.4 - Conceitos associados ao capacitor.	21
3.5 - Como calcular a diferença de potencial.	21
3.6 – Capacitância.	23
3.7 - Carga do capacitor.	25
3.8 - Circuito elétrico.	25
3.9 - Cálculo do campo elétrico.	27
3.9.1 - Capacitores de placas paralelas.	28
3.9.2 – Capacitor cilíndrico.	29
CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.	33
4.1- Construção do primeiro capacitor. A garrafa de Leyden.	33
4.2 - Montagem da garrafa de Leyden.	35
4.3 - Rigidez dielétrica de alguns materiais dielétricos.	37
4.4 - Cálculo da capacitância.	38
4.5 - Cálculo da associação de capacitores em paralelo e em série.	39
CAPÍTULO 5 - PRODUTO EDUCACIONAL.	44
5.1 - Lista de materiais para construção de capacitores.	44
5.2 - Montagem dos capacitores.	45
5.3 - Medida da capacitância individual de cada capacitor construído.	49
5.4 - Medida da tensão e capacitância do circuito em paralelo.	50
5.5 - Medida da tensão e capacitância do circuito em série.	52
5.6 - Medida dos capacitores cortado ao meio e comparação dos resultados.	53
CAPÍTULO 6 - APLICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD).	59
6.1 - Conceitos de uma sequência didática.	59

6.1.1 - Sequência didática.	60
6.2 - ROTEIRO PEDAGÓGICO	Erro! Indicador não definido.
6.2.1 - Local de desenvolvimento e aplicação do produto educacional.....	61
6.3 - APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.	64
6.3.1 - Aula 01.	64
6.3.2 - Aula 02.	65
6.3.3 - Aula 03	69
6.3.4 - Aula 04	71
6.3.5 - Aula 05.	72
6.3.6 - Aula 06.	73
6.3.7 - Aula 07	74
6.3.8 - Avaliação dos resultados, qualitativo e quantitativo.	76
CAPITULO 7.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	80

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1: Representação da primeira garrafa de Leyden construída.	18
Figura 2: Alguns modelos de capacitores	18
Figura 3: Representação gráfica do dielétrico entre as placas do capacitor.	19
Figura 4: Forma cilíndrica do capacitor de placa paralela	19
Figura 5: Montagem de um capacitor.	20
Figura 6: Representação esquemática das placas paralelas do capacitor	23
Figura 7: Representação das linhas do campo elétrico entre as placas do capacitor.	24
Figura 8: Representação das placas do capacitor ligadas na bateria acionada por uma chave S	25
Figura 9: Representação esquemática do circuito elétrico da ligação das placas à bateria	26
Figura 10: Superfície gaussiana envolvendo a placa positiva do capacitor	28
Figura 11: Vista de perfil do capacitor cilíndrico longo	30
Figura 12: Materiais necessários para construção da garrafa de Leyden.	34
Figura 13: Tampa com furo no centro.	35
Figura 14: Parafuso acoplado na tampa.	35
Figura 15: Eletrodo conectado no parafuso e na placa.	36
Figura 16: Inclusão da placa interna da garrafa de Leyden.	36
Figura 17: Garrafa de Leyden confeccionada pronta para ser carregada.	37
Figura 18: Associação de capacitores em paralelo	39
Figura 19: Diagrama do circuito elétrico dos capacitores	40
Figura 20: Representação do circuito elétrico da redução de N capacitores ligados	41
Figura 21: Associação de capacitores ligados em série	42
Figura 22: Representação do circuito elétrico da redução de N capacitores ligados em	42
Figura 23: Materiais necessários para construção do capacitor de papel.	45
Figura 24: Molde das placas do capacitor feito de papel cartão.	45
Figura 25: Placa de papel alumínio.	46
Figura 26: Dielétrico do capacitor feito de papel A4	46
Figura 27: Fios descascados para o capacitor	47
Figura 28: Fixação das placas no dielétrico.	47
Figura 29: Eletrodos conectados nas placas do capacitor.	47
Figura 30: Processo de enrolamento do capacitor.	48

Figura 31: Capacitor enrolado bem apertado.	48
Figura 32: Capacitor enrolado bem apertado.	49
Figura 33: Tensão da bateria do circuito.	50
Figura 34: Circuito formado por cinco capacitores ligados em paralelo.	51
Figura 35: Tensão aplicada ao circuito em paralelo.	51
Figura 36: Medida da capacitância do circuito em paralelo.	52
Figura 37: Medida da tensão do circuito em série.	52
Figura 38: Medida da capacitância do circuito em série.	53
Figura 39: Medida da espessura das folhas individuais.	55
Figura 40: Medida da espessura das dez folhas juntas.	56
Figura 41: Capacitor sem cortar.	58
Figura 42: Capacitores cortados ao meio.	58
Figura 43: Foto da Escola Estadual Dr. Mário de Castro.	62
Figura 44: : Evolução dos capacitores.	66
Figura 45: Construção dos capacitores no laboratório de Física.	70
Figura 46: Medida individual dos capacitores.	70
Figura 47: Medida da associação de circuito em série à esquerda e o cálculo da.	71
Figura 48: Medida da associação de circuito em paralelo à esquerda e o cálculo da capacitância equivalente à direita.	72
Figura 49: Capacitor sem cortar.	73
Figura 50: Capacitores cortados ao meio.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Simbologias de alguns Capacitores e suas especificações	26
Tabela 2: Rigidez dielétrica de alguns materiais	38
Tabela 3: Medidas das capacitâncias.	49
Tabela 4: Capacitância dos capacitores cortados ao meio.	53
Tabela 5: Especificação de gramatura e espessura de papel	55
Tabela 6: Constantes dielétricas relativas de alguns materiais	57
Tabela 7: Descrição das atividades das aulas programadas.	60
Tabela 8: Sequência das aulas aplicadas.	63

LISTA DE GRÁFICOS.

Gráfico 1: Quantidade de alunos com acertos e erros do questionário pré-teste.	68
Gráfico 2: Resultado do teste após a aplicação do produto educacional.....	75

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Devido a implantação do novo ensino médio no Brasil, as escolas estão passando por grandes transformações, tanto os alunos quanto aos professores estão se adaptando a essa nova realidade. A ideia do novo ensino médio teve início em 2013 com o projeto de lei N.º 6.840-A, de 2013 (da Comissão Especial destinada a promover estudos e proposições para a reformulação do ensino médio), visando a modernização da educação no Brasil e também no sentido de fornecer uma resposta aos baixos índices de evolução na aprendizagem brasileira. Assim sendo, o Novo Ensino Médio nasceu da Medida Provisória (MPV) nº 746/2016, enviada pelo Executivo Federal ao Congresso Nacional em 23 de setembro de 2016 e aprovada pelo Senado no dia 8 de fevereiro de 2017 e, finalmente sancionada pelo Executivo Federal no dia 16 de fevereiro de 2017, dando origem a Lei nº 13.415/2017 que reforma o Ensino Médio no Brasil [36].

Ensinar física nas escolas é uma tarefa desafiadora. Ao tentar inserir o aluno em um mundo onde a tecnologia está ficando cada vez mais acessível às pessoas, a física deveria ficar mais fácil de ser absorvida, isto porque, a tecnologia é uma grande aliada no que diz respeito à obtenção de informação. Porém, entender os princípios básicos de tudo aquilo que direcionou a humanidade para o mundo tecnológico que existe hoje, parece estar se perdendo, isso por que, há pouco interesse em entender estes princípios fundamentais, já que, o aprendiz possui meios tecnológicos mais atrativos de investigar um fenômeno qualquer. Por esta razão, os estudantes acabam perdendo o interesse pela origem e desenvolvimento das descobertas, desviando a sua atenção para outros assuntos.

Ensinar e aprender física envolve conceitos e conceitualização, modelos e modelagem, atividades experimentais, competências científicas e situações que façam sentido. Aprendizagem significativa e outros tópicos que serão abordados nas próximas seções, vários dos quais apesar de não serem novos se constituem em desafios para o ensino da física [37].

A física como uma ciência que estuda a natureza está presente na base dos desenvolvimentos tecnológicos. De acordo com ANJOS [2], a física permeia a vida cidadã. Estando na base das tecnologias de informação e comunicação, das engenharias, das técnicas de diagnósticos e tratamentos usados na medicina.

De acordo com Paulo Freire, estudar seriamente um texto é estudar o estudo de quem, estudando, o escreveu. É perceber o condicionamento histórico-sociológico do conhecimento. É buscar as relações entre o conteúdo em estudo e outras dimensões afins do conhecimento [3].

Os conceitos físicos abordados em salas de aula às vezes não são suficientes para atingir os objetivos de uma aprendizagem. Diante dessa situação, nós nos deparamos com alunos que apresentam inúmeras dificuldades de aprendizagem, pois não conseguem apreender os conceitos físicos trabalhados na sala de aula e ainda menos aplicá-los no seu dia-dia. Em consequência, mostram-se desinteressados, desmotivados e apáticos ao processo pedagógico, assimilando passivamente, quando possível, o que é proposto pelo professor [38, p. 1]. Nesse sentido, as aulas experimentais podem proporcionar um contexto diferente, permitindo buscar formas de ensino que possam despertar a curiosidade e o interesse dos alunos.

Falar sobre um determinado assunto, como ele acontece sem que haja o contato direto com o objeto experimental, deixa o aprendizado muito vago, ainda mais para quem está se deparando com esses conceitos pela primeira vez e, ainda fazer demonstrações matemáticas para comprovar aquilo que ainda não ficou claro. Como sabemos, os conceitos físico escondem certas “armadilhas” diante dos nossos olhos, isso por que, para entender perfeitamente determinados fenômenos físicos, afim de que esse seja compreensivo, precisamos entender três coisas: o fenômeno, a lógica relacionada ao fenômeno e por fim a matemática necessária para a sua completa descrição.

Os conceitos físicos são livres criações do intelecto humano. Não são, como se poderia pensar, determinados exclusivamente pelo mundo exterior. No esforço de entendermos a realidade, em muitos casos, não nos parecemos com o indivíduo que tenta compreender o mecanismo de um relógio fechado [4, p.157].

Para algumas pessoas, aprender física não é uma tarefa fácil. Aprender quais são as semelhanças e as diferenças entre os diversos fenômenos físicos requer tempo e habilidade. Em uma investigação, podemos imaginar um acontecimento real ou mental ao mesmo tempo, partindo do real para o mental simbolicamente é mais fácil do que partir do simbólico para o real. Com essa perspectiva, queremos neste trabalho despertar no aluno um interesse especial pela física. A proposta é construir capacitores a partir de folhas de alumínio e usar papel como material dielétrico. Como mostraremos neste trabalho, um capacitor é composto de dois condutores capazes de manter cargas elétricas separadas por um meio isolante. Acreditamos que os experimentos desenvolvidos ao longo deste trabalho, despertarão nos alunos no futuro, um interesse maior nas aulas de física como um todo.

Nosso objetivo é que o estudante tenha a oportunidade de construir seu objeto de estudo de forma que possa associar este objeto com os conceitos físicos aprendidos em sala de aula com os da sua realidade cotidiana e, com isso, construir uma aprendizagem significativa.

Segundo Ausubel, há três tipos de aprendizagem. Ele destacou como sendo a mais básica a aprendizagem representacional, na qual um indivíduo consegue atribuir significados a símbolos especificamente e aquilo que eles se referem. Baseado nesse pressuposto, neste trabalho, a ideia é colocar o aluno frente a uma descoberta tão importante no mundo tecnológico que foi o capacitor.

A proposta deste trabalho é usar material de baixo custo para construção de capacitores. Medir a capacitância dos mesmos em circuitos construídos em série e em paralelo, fazer os cálculos dos valores obtidos nas associações em série e em paralelo, comparando a teoria com a prática, testando os valores obtidos nas aulas experimentais, visando assim, demonstrar a importância de um dispositivo construído em laboratório para a aprendizagem significativa dos alunos do ensino médio de uma forma geral.

CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM.

Aprendizagem é um processo gradativo e que depende da realidade de cada indivíduo. Pode-se dizer que, aprendizagem é um processo que leva a transformação do indivíduo a partir das habilidades e conceitos adquiridos por meio da aquisição de novos conhecimentos em sua estrutura cognitiva. Para o conhecimento ser construído pelo sujeito são necessárias estruturas capazes de assimilá-lo. Caso contrário, o novo não será significativo para o sujeito, conseqüentemente não será assimilado pela estrutura [39, p.281]. Esse processo depende de cada indivíduo e em alguns casos está associado ao meio em que ele vive.

Podemos dizer que a aprendizagem é a retenção de conhecimentos, é uma organização das ideias na área de conhecimento. Neste contexto, fica claro que tudo que o aprendiz precisa é assimilar e organizar as ideias de forma que ele possa compreender. O importante, contudo, é verificar se os novos conhecimentos estão organizados de forma que eles possam se relacionar com a estrutura cognitiva do aprendiz, dando significado aos novos conceitos, ou seja, melhorando e organizando os novos conhecimentos de forma correta.

Podemos dizer que, o aprendiz já tem certa estrutura cognitiva. Assim, em todo o processo de aprendizagem, é importante organizar os conceitos prévios de forma a fazer conexão com o novo conhecimento. Desta forma, fica claro o fato de que esse processo às vezes não é tão simples para alguns, isso porque, em alguns casos, a aprendizagem depende do meio em que o aprendiz vive, às vezes facilitando e às vezes dificultando o processo de aprendizagem.

A ideia básica da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968, 1978) é a de que se fosse possível isolar um único fator como o mais importante para a aprendizagem cognitiva este seria aquilo que o aprendiz já sabe, ou seja, o conhecimento já existente em sua estrutura cognitiva, conseqüentemente, o ensino deveria levar em conta tal conhecimento e, para isso, seria necessário averiguá-lo previamente [19, p.31].

Conforme citado acima, uma das formas de ensinar, segundo é, partindo daquilo que o aluno já sabe. A dificuldade neste caso ocorre quando o professor não consegue identificar no aluno o ponto de "partida." Portanto, é importante estimular a troca de informação entre o professor e o aluno para que juntos eles possam identificar o ponto de partida mais adequado.

Partindo dessa ideia, o processo de ensino e aprendizagem pode ser mais inclusivo, quando se busca uma perspectiva de ensino e aprendizagem que possam favorecer tanto aluno quanto o professor. Esse processo pode depender de dois fatores, o professor com o planejamento das suas aulas conforme os pontos observados e o aluno por sua vez, contribuindo no processo de aprendizagem com a pré-disposição para aprender os conteúdos propostos.

De acordo com Nérici (1985), o material didático a ser trabalhado no ambiente escolar deve atender as expectativas do aluno [32]. Trata-se inegavelmente de que a realidade desse aluno deve estar associada nesse material. Para Nérici, seria um erro, atribuir algo fora da realidade do aluno. Assim, reveste-se de particular importância que o material deve estar de acordo ou que pelo menos se aproximar da realidade do aprendiz. Sob essa ótica, o autor deixa claro que a aprendizagem ganha particular relevância quando se pensa nesse sentido, levando em conta a realidade do aprendiz.

Conforme mencionado por Nérici, é interessante, aliás, perceber que de uma forma geral, a aprendizagem parece ser um processo complexo. Contudo, há um fato que se sobrepõe a qualquer complexidade, quando se busca no aluno uma conectividade da realidade em que se encontra com o material didático a ser trabalhado.

Dessa forma, o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem pode fluir com mais facilidade, trazendo assim um bom aproveitamento para o aluno e, com isso, não havendo razão para ser tão complexo do ponto de vista geral.

Para Ausubel "o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe (cabe ao professor identificar isso e ensinar de acordo)" [18,p.152].

Segundo o ponto de vista ausubeliano, a primeira e usualmente a mais difícil tarefa é, a identificação dos conceitos básicos da matéria de ensino e, como eles estão estruturados. [18,p.161] Uma vez resolvido esse problema, a atenção pode ser dada a outros aspectos tais como, organizar as atividades sequenciais para dar suporte ao aprendiz.

Moreira (1999) deixa claro que é preciso que o professor entenda os conceitos envolvidos no material a ser ministrado. Diante disso, pode-se considerar que, se houver a falta de entendimento por parte do professor em relação ao material a ser trabalhado, o planejamento pode não atingir os efeitos desejáveis, desmotivando o aprendiz em relação aos conteúdos a ser

aprendido. Espera-se, portanto, que o professor possa estar preparado para essa tarefa de ensinar conteúdos através de conceitos.

Por fim, podemos chegar à conclusão de que a aprendizagem não é uma tarefa fácil. Mesmo que o material seja potencialmente significativo, é preciso potencializar seus conceitos para que haja pré-disposição do aprendiz. Logo, é indiscutível a preparação do professor na área de conhecimento, isso por que, além de conhecer e saber potencializar o material ele tem a missão de transmitir esse conhecimento.

2.1 - Aprendizagem significativa

Segundo Ausubel, uma das características da aprendizagem é que os dois conhecimentos (pré-existente e novo) se relacionam, com isso, tornando os conhecimentos mais eficazes e mais elaborados. Dessa forma, podemos assegurar que o aprendiz obteve uma aprendizagem significativa, absorvendo, relacionando e dando significado ao novo. Esta é a parte mais importante da aprendizagem significativa.

Na ocorrência da aprendizagem, o aprendiz se sente mais "confortável", facilitando novas interações e o avanço na compreensão dos mecanismos envolvidos no processo de aprendizagem.

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos [18,p.153].

O processo de aprendizagem ganha mais significado quando o aprendiz se relaciona o que está aprendendo com aquilo que ele já sabe. Por conta disso, torna o conhecimento adquirido mais abrangente e dá forma aos significados. Moreira deixa claro que em um processo ensino-aprendizagem, há uma hierarquia conceitual e, essa hierarquia faz parte da estrutura cognitiva do aprendiz.

A aprendizagem significativa, por definição, envolve a aquisição de novos conceitos e o surgimento de significados. Estes são, por sua vez, os produtos finais da aprendizagem

significativa. Ou seja, o surgimento de novos significados no aprendiz reflete a ação e a finalização anteriores dos processos relacionados à aprendizagem significativa.

Conforme citado acima, a estrutura cognitiva trata-se de uma hierarquia de conhecimentos, onde, cada assunto aprendido se ancora a conceitos pré-existentes, formando novos conhecimentos de cunho mais elaborados. Trata-se de um conceito que Ausubel o definiu como Subsunçor, ou seja, que vai se modificando a medida que novos conhecimentos são adquiridos pelo indivíduo.

Estes novos conceitos vão se ancorando e formando novas estruturas cognitivas, resultando assim na aprendizagem significativa. Para Ausubel, a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo [18,p.153].

A aprendizagem significativa pode se manifestar no aprendiz de diversas formas, e isso nos leva a pensar que, o conhecimento pode se tornar mais prático quando é fundamentado em uma teoria de aprendizagem, isto se deve ao fato de que, a teoria é uma tentativa de sistematizar a área de conhecimento. O professor por ser o mediador do conhecimento é responsável por preparar seu material didático baseando-o "nessa teoria" e, se tornando o facilitador do conhecimento através desta. Por exemplo, preparando os organizadores prévios de acordo com a estrutura cognitiva do indivíduo, qualquer conhecimento fica mais "fácil" de ser transmitido quando se conhece os conceitos fundamentais envolvidos, se tornando o processo de ensino aprendizagem mais atraente, tanto para quem ensina, quanto para quem aprende. Para Ausubel (1983, p. 70) o resultado da interação entre o que vai ser aprendido e a estrutura cognitiva existente constituem uma assimilação de significados novos e antigos de modo a construir uma estrutura cognitiva mais organizada e diferenciada [19,p.31].

Dessa forma, a aprendizagem significativa será atingida quando o professor for capaz de ensinar conceitos ligando-os na estrutura cognitiva do estudante. Baseando-se nesse princípio, o meio em que o aprendiz vive é levado em consideração para um bom planejamento, o que ajuda a maximizar o campo de observações feitas pelo professor. Com tudo, essas observações, às vezes não são possíveis que sejam feitas em tempo hábil. Isso, devido ao grande número de alunos em sala de aula com estrutura cognitiva diferente, tendo como principal fator, o tempo e o número de aulas programadas.

O que leva à aprendizagem significativa é a interação não-arbitrária e substantiva entre o novo conhecimento e, aquele especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do aluno, mas a ação mediadora do professor é importante para provocar, favorecer, catalisar essa interação [19, p.35]. Uma teoria de aprendizagem por si só não leva o indivíduo a atingir o seu objetivo principal, que é a aprendizagem com significado. Afinal, trata-se apenas de uma teoria de aprendizagem, o que leva o indivíduo a atingir o objetivo de aprendizagem é a ação mediadora do professor. Essa questão só é possível de solucionar quando se tem um material potencialmente significativo, o qual pode despertar no aluno o interesse pelo conteúdo a ser aprendido.

Obviamente este é um longo caminho a percorrer, pois o professor tem que, além de ter os organizadores prévios bem definidos, ser capaz de cativar e favorecer os alunos para que estes possam atingir os objetivos de aprendizagem. Mas nesse caso, o que estaria acontecendo na verdade é uma interação entre professor, aluno e conteúdo a ser aprendido. Conforme explicado acima, a aprendizagem só é significativa quando faz sentido na estrutura cognitiva do aprendiz.

2.2 - Aprendizagem mecânica.

Aprendizagem mecânica é um processo pelo qual o indivíduo armazena a nova informação sem que haja uma interação cognitiva com o conhecimento preexistente. De acordo com Moreira (2009), o novo conhecimento não se incorpora à estrutura cognitiva do aprendiz e, nesse sentido, não há modificação dos seus subsunçores. O aprendiz não dá significados ao que aprende, apenas armazena mecanicamente as informações que recebe. Essa modalidade de aprendizagem pode se tornar potencialmente significativa, dependendo do contexto e da predisposição do indivíduo.

De acordo com Moreira, (1990), a aprendizagem mecânica (ou automática), é pensada como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aluno. Nesse caso, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária. Não há interação entre a nova informação e aquela já existente.

Conforme explicado acima, a aprendizagem mecânica, contudo, pode se tornar significativa se o indivíduo tiver uma predisposição para aprender e, se ele estiver inserido em

um meio onde essa nova informação possa fazer uma conectividade com esse meio, podendo se tornar mais fácil transformar uma aprendizagem mecânica em uma potencialmente significativa. Dessa forma, a nova informação vai se relacionando aos poucos com a realidade do aluno até se tornar potencialmente significativa. Contudo, a distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não é dicotômica. Estes dois tipos de aprendizagem estão em extremos opostos de um mesmo contínuo. Isto significa que não se deve pensar que a aprendizagem é significativa ou mecânica. Há casos intermediários. É possível que uma aprendizagem inicialmente mecânica passe, progressivamente, a ser significativa. [19,p.31].

Espera-se que dessa forma, o processo de ensino e aprendizagem possa ocorrer, seja significativamente ou mecanicamente, mas o mais importante é que esse aprendizado se torne presente na estrutura cognitiva do aprendiz.

Por fim, podemos chegar à conclusão de que aprendizagem também é uma consequência do meio, a realidade do aluno muitas vezes fala por si só. Logo, é indiscutível que o fator mais relevante no processo da aprendizagem é levar em conta aquilo que o aprendiz já sabe [18].

2.3 - Subsunçores

Podemos imaginar os subsunçores como sendo o conjunto de mecanismos que fazem a ponte de ligação entre o novo conhecimento e a estrutura cognitiva preexistente do aprendiz, resultando em uma aprendizagem significativa. De acordo com Moreira (1999) à medida que a aprendizagem começa a ser significativa, esses subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações. Ausubel acredita que os organizadores prévios sejam necessários para a formação de conceitos subsunçores [18,p.155].

Pode-se dizer que o subsunçor serve de ancoragem para relacionar um determinado assunto com aquilo que está sendo aprendido, modificando-o a partir do momento que ocorre a aprendizagem de novos conhecimentos. Para Moreira (2009), este aspecto já existente na estrutura cognitiva do aluno e que pode ser um conceito, uma proposição, uma imagem, um símbolo, enfim um conhecimento específico, com pelo menos alguma clareza que possa diferenciar o que chamamos de Subsunçor.

É interessante afirmar que os subsunçores podem se tornar mais abrangentes e mais desenvolvidos. Isso vai depender de o quanto o assunto trás de informação para o aluno e qual

assunto será assimilado. O Subsunçor deve ser substantivo e não arbitrário em sua relação com o novo conhecimento.

A estrutura cognitiva seria, então, um conjunto de subsunçores e suas inter-relações. A disponibilidade de subsunçores adequados (i.e., especificamente relevantes) é condição necessária para a aprendizagem significativa (mas não suficiente, pois o aprendiz deve apresentar também uma atitude de relacionar os novos conhecimentos aos conhecimentos prévios). [19,p.32].

Por fim, podemos concluir que subsunçores constituem a essência de uma aprendizagem significativa na formação de conceitos. Logo, é indiscutível que prevaleça os organizadores prévios como pré-requisito para fazer a ligação e formar novos conceitos com o novo material a ser aprendido. Quando, não se tem uma ligação com nenhum desses subsunçores, a ponte de ligação entre esses novos conceitos a serem aprendidos, compromete a aprendizagem significativa.

2.4 - Alguns tipos de aprendizagem significativa.

Aprendizagem com significados é, segundo MOREIRA, aquela em que o significado do novo conhecimento vem da interação com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do aprendiz com certo grau de estabilidade e diferenciação [18,p.31]. Este é um fator muito importante dentro de um processo de ensino e aprendizagem. É dando significado as coisas que aprendemos é que podemos abordar e transmitir nossos conhecimentos.

Em seus estudos, Ausubel identificou os seguintes tipos de aprendizagem: representacional, conceitual e proposicional. Com tudo, a aprendizagem representacional e conceitual são pré-requisitos para a aprendizagem proposicional, isso não significa que a proposicional seja a somatória das aprendizagens representacional e conceitual, com isso, podemos destacar cada uma destas aprendizagens da seguinte forma:

- Representacional- é uma aprendizagem de símbolos individuais, ou seja, do que eles representam, por exemplo, uma palavra, uma representação gráfica podem ser o suficiente para fazer a ligação com que os símbolos representam.

- Conceitual – é baseada nos símbolos individuais. Podemos dizer que é uma espécie de aprendizagem representacional, pois se baseia puramente em conceitos associados a símbolos individuais, trazendo significado ao que se aprende. Este tipo de aprendizagem envolve conceitos relacionados ao cotidiano que podem ser desenvolvidos nas interações sociais como também de forma intencional nas instituições de ensino. Segundo MOREIRA (2009) conceitos representa regularidades em objetos, eventos e fenômenos que representam diversidades ao longo de distintas dimensões, mas que compartilham certos atributos, certas características.

- Proposicional – esse tipo de aprendizagem é independente da aprendizagem representacional e conceitual, sendo um dos tipos mais complexos de aprendizagem. Seus significados são dados em forma de proposições; já as ideias neste tipo de aprendizagem podem ser expressas por grupos de palavras combinados em forma de proposições ou sentenças que podem conter mais de um conceito ou significado. Contudo, na opinião de Moreira (2009) as aprendizagens ainda se dividem no que se aprende e no como se aprende. Isso nos leva a pensar que entre essas formas de aprendizagem, o destaque é maior para a aprendizagem de conceitos, a qual ela nos remete a assuntos muito mais abrangentes que, de uma forma geral está ligada a outros tipos de aprendizagens. Essas definições de aprendizagem podem facilitar na transmissão do conhecimento.

Conforme explicado acima, a aprendizagem depende muito do que se aprende e como se aprende. Dessa forma, nós podemos buscar meios de estimular o aprendiz na compreensão de determinados assuntos. A aprendizagem conceitual, ainda é uma das formas mais interessantes de se aprender. Através dela, o aprendiz pode associar aquilo que ele já sabe e fazer pontes entre diferentes conceitos. Na visão de Ausubel, a aprendizagem por conceitos também é uma forma de aprendizagem representacional que ele o define como sendo a forma mais básica de aprendizagem.

A aprendizagem representacional é o tipo mais básico de aprendizagem significativa, do qual os demais dependem. Envolvem a atribuição de significados a determinados símbolos (tipicamente palavras), isto é, identificação, em significado, de símbolos com seus referentes (objetos, eventos, conceitos). Os símbolos passam a significar para o indivíduo, aquilo que seus referentes significam [18, p.157].

Esperam-se desta forma, que a aprendizagem conceitual por sua vez, possa proporcionar aos estudantes, conhecimentos que sejam representativos, do ponto de vista metodológica, ancorar em sua estrutura cognitiva ligando os subsunçores subsistentes em sua memória. A aprendizagem conceitual é obtida através de conhecimentos essenciais de certa classe de objetos, e é de fundamental importância para a formação de conceitos que serão indispensáveis na formação de novos conhecimentos.

2.5 - O que se aprende.

A aprendizagem é um processo que pode se manifestar de diversas formas no indivíduo, e de acordo com cada indivíduo. Aprendemos com mais facilidade aquilo que nos interessa e que julgarmos ser mais eficaz no momento, assim, o aprender é mudar de "direção", é dar significado as coisas e torná-los mais significantes. De acordo com MOREIRA, para aprender significativamente, o aluno tem que manifestar uma disposição para relacionar, de maneira não-arbitrária e não-literal, à sua estrutura cognitiva, os significados que capta dos materiais educativos, potencialmente significativos [19, p.58].

Cabe ao professor perceber no aluno, o momento em que ocorre a aprendizagem. Muitas vezes a satisfação de assimilar o novo conhecimento se manifesta nos olhares dos alunos, transmitindo assim uma confiança ao interagir com o professor. Para isso, o material didático é sem dúvida um elemento indispensável para a efetivação do ensino e a assimilação dos conceitos pelos alunos, facilitando a comunicação do professor com seus alunos em uma linguagem mais apropriada que possa interagir significativamente.

Para Gowin, o ensino se consuma quando o significado do material captado pelo aluno é o significado que o professor pretende que esse material tenha para o aluno, que é o significado compartilhado no contexto da matéria de ensino. Em uma situação de ensino, o professor atua de maneira intencional para mudar os significados da experiência do aluno, utilizando materiais educativos do currículo [19, p.57].

Conforme citado acima, pode-se dizer que, o professor é o detentor desse procedimento de ensino, isto é, colocar os conceitos de forma correta para que possa facilitar a aprendizagem do aluno. Por outro lado, o aluno deve buscar associar esses conceitos com aquilo que ele já sabe, isto é, para que ocorra a aprendizagem e conseqüentemente a mudança de conceitos. À

medida que o novo conhecimento adquire significados por interação com o conhecimento prévio este se modifica porque adquire novos significados [19, p.34].

É preciso ressaltar que o ensino e a aprendizagem devem buscar uma interação conjunta em sala de aula, de um lado, o professor precisa estar sempre atualizado de forma que, possa contextualizar seus conceitos, tendo em vista que, dessa forma os alunos possam assimilar os conteúdos de forma significativa. Por tanto, os alunos precisam ter pré-disposição para que possam aprender significativamente os conteúdos apresentados. Espera-se dessa forma, que esse processo de ensino e aprendizagens junto com materiais potencialmente significativos possam possibilitar um ambiente agradável tanto de ensino quanto de aprendizagem.

2.6 - Como se aprende.

Aprender é ir além, é perceber algo novo. Por isso o material didático deve estar de acordo com aquilo que aprendiz já sabe, deve estar relacionado com aquilo que queremos transmitir. Aprender é expandir a capacidade de pensar. É poder fazer algo que não podíamos fazer antes. É descobrir um novo caminho, tornando possíveis coisas que antes estavam fora do nosso alcance. Aprender é transformar aquilo que temos em nossa mente, descobrindo novas habilidades e se apresentar para o mundo como um ser pensante e transformador.

Conforme explicado acima, a aprendizagem é um processo pelo qual o indivíduo tem toda liberdade de expor sua forma de pensar, associar ideias e colocar seu ponto de vista sobre o assunto. Assim, o esforço que o aluno terá no processo de aprendizagem será recompensado ao longo do tempo. Esta é uma das maneiras de colocar o que ele pensa e mudar paradigmas relacionados à aprendizagem.

[...] uma das condições para ocorrência da aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não literal. Um material com essa característica é dito *potencialmente significativo*. Esta condição implica não só que o material seja suficientemente não-arbitrário em si, de modo que possa ser aprendido, mas também que o aprendiz tenha disponível em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados [18, p.156].

Fica evidente diante desse quadro que, aprender algo, é poder dar significado as coisas à nossa volta, é interiorizar e estabelecer relações com o mundo exterior. Esse é um processo fascinante que pode ser observado durante a ocorrência de uma aprendizagem significativa. Um material de qualidade que possui um potencial para dialogar com relevância com o conhecimento prévio do aluno tem essa característica, de fazer as ligações com os subsunçores presente na memória do aprendiz. A aprendizagem, por sua vez, deve trazer coisas novas para os alunos, elementos que podem ser relacionáveis com a vida cotidiana do aluno, conteúdo que podem ser assimilados e associados com tarefas pertencentes à rotina, ou que pelo menos aproxime disso.

2.7 - Condições para aprender com significado.

A aprendizagem não deve ser imposta, deve ser algo muito especial que faz com que as pessoas sintam prazer em aprender, que sintam a liberdade de expressar seus conhecimentos, seja através da fala ou da escrita, que possam expor seus pontos de vistas relacionando o que se sabe ao que esta sendo aprendido. O novo conhecimento deve ser relacionável de modo não-arbitrário e substantivo com o conhecimento prévio do aprendiz e este deve adotar uma atitude de aprendizagem para fazer essa relação [19, p.34].

A satisfação de quem aprende é a motivação para continuar aprendendo com mais significado, dando ênfases a todos os conteúdos de aprendizagens. Essa condição para aprender algo, por exemplo, parte da iniciativa de quem prepara os organizadores prévios, alinhando-os conceitualmente com o que deve ser ensinado, da iniciativa e pré-disposição do próprio aprendiz e, que esse material seja potencialmente significativo. O aprendiz deve estar disposto substantivamente para receber novas informações, de forma que estas não sejam impostas [18].

Uma vez que o problema organizacional substantivo (identificação dos conceitos organizadores básicos de uma dada disciplina) está resolvido, a atenção pode ser dirigida para os problemas organizacionais programáticos envolvidos na apresentação e organização sequencial das unidades componentes. Aqui utiliza-se, vários princípios relativos à programação eficiente de como os conteúdos serão aplicáveis, independentemente da área de conhecimento [18,p.161,162].

Uma das formas de fazer isso é o professor estar bem preparado em relação aos conceitos envolvidos, com a disciplina e o conteúdo a ser aplicado, portanto, é importante que o estudante

seja estimulado a aprender. Após ele ter a certeza que isso trará, de alguma forma benefícios para o seu crescimento pessoal, com certeza ele ficará motivado e contribuirá com mais frequência para a ocorrência de uma aprendizagem com qualidade. A explicação para isso, portanto não é de uma parte ou de outra, mas sim de todo o conjunto que envolve o ensino e a aprendizagem. Trata-se de um esforço mutuo onde o interesse tem que perpetuar tanto no ensino quanto na aprendizagem e, principalmente nos organizadores prévios. Por fim, podemos chegar à conclusão de que, ensino e aprendizagem representam um processo onde a dedicação deve prevalecer de ambas as partes. É de fundamental importância lembrar que quanto mais conhecemos, melhor ensinamos e aprendemos. Logo, é indiscutível que o processo de ensino e aprendizagem não se trata de uma simples tarefa, afinal estamos formando cidadãos que irão trabalhar em áreas onde cada vez mais nos colocam a repensar nossos conceitos, principalmente nas questões que envolvem meio ambiente, alimentação e energia renováveis.

CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO CAPACITOR DE PLACAS PARALELAS.

3.1 - Uma breve história da eletricidade

A eletricidade é uma das descobertas mais importantes na evolução da humanidade, com ela foi possível avançar cientificamente em muitas outras áreas de conhecimento, proporcionando uma melhoria na qualidade de vida para todos. A eletricidade foi descoberta por um filósofo grego chamado Tales de Mileto que, ao esfregar um âmbar a um pedaço de pele de carneiro, observou que pedaços de palhas e fragmentos de madeira começaram a ser atraídos pelo âmbar [11].

A palavra eletricidade provém do grego (eléktron) que significa âmbar. Esse fenômeno permaneceu por muito tempo apenas como uma curiosidade, até que por volta do século XVI a palavra eletricidade foi usada por William Gilbert [12], que reconheceu que as propriedades eletrostáticas não eram restritas somente ao âmbar, mas se manifestavam em diversos outros materiais.

Otto Von Guericke inventou o primeiro dispositivo gerador de eletricidade estática [13]. E com esse dispositivo, ele conseguiu a primeira centelha elétrica. Em 1727, Stephen Gray [13] notou que os condutores elétricos poderiam ser eletrizados desde que estivessem isolados [14]. Gray foi o assim descobridor da eletrização por indução, preferencialmente observada em corpos metálicos. Ele explicou também as prioridades de condutores e isolantes. Por outro lado, Charles Du Fay [15], em 1733, descobriu que existiam dois tipos de eletricidade positiva e a negativa. Já por volta de 1745 Ewald Georg von Kleist [16], inventou a primeira garrafa de Leyden, porém seu nome pouco aparece na história, e os créditos são dados ao professor Pieter van Musschenbroek de Leyden [17], holandês que em 1746 descobriu exatamente a mesma coisa, só que dessa vez as notícias da descoberta se espalharam rapidamente pela Europa e pelo resto do mundo.

Apesar de existir uma incerteza de como o aparato original (garrafa de Leyden) era constituída, acredita-se que este era composta por uma garrafa de vidro com água no seu interior, tampada com uma folha perfurada por uma haste metálica que ficava em contato com a água. Quando a garrafa era segurada pelo operador e este tocasse a haste, uma grande quantidade de cargas elétricas era liberada provocando um choque elétrico e, com isso,

descarregando a garrafa. Essa descarga acabou contribuindo para a idéia de caminho seguido pelas cargas responsável pelo aparecimento da corrente elétrica.

A garrafa de Leyden despertou uma série de estudos sobre a quantidade de cargas que poderia ser armazenada em relação ao seu tamanho, com isso, gerou uma série de estudo envolvendo o tipo de vidro, temperatura da água entre outros fatores que poderiam influenciar no armazenamento das cargas, como por exemplo, manter a garrafa totalmente seca na parte externa. Com o passar do tempo, os pesquisadores observaram que não havia a necessidade de colocar água na garrafa, e que também, a parte externa da garrafa não podia estar molhada, com isso, passou-se a usar uma folha metálica interna e externamente da garrafa de Leyden, o que também era mais eficiente.

Com essa descoberta, houve grandes avanços e os fenômenos elétricos foram melhores compreendidos, uma vez que haviam descoberto uma forma de armazenar cargas elétricas.

A garrafa de Leyden foi o primeiro aparelho feito especificamente para armazenar carga elétrica. Até hoje, ela é utilizada para demonstrações de eletrostática em laboratórios, e podemos considerá-la como sendo o primeiro capacitor.

A função mais básica do capacitor é a de armazenar campo elétrico em seu interior por meio da polaridade de cargas elétricas positivas e negativas. Cabe lembrar que desde a descoberta da eletricidade, se tem procurado métodos efetivos para armazenar energia elétrica eficientemente.

A indústria do armazenamento de energia tem evoluído consideravelmente, no intuito de se adaptar aos requisitos e avanços da tecnologia. Atualmente, os sistemas de armazenamento de energia fornecem uma grande variedade de abordagens tecnológicas para gerir o fornecimento de energia e criar uma infra-estruturam energética mais resistente.

O capacitor armazena energia gerada do campo eletrostático por meio do acúmulo de cargas positivas e negativas, em placas separadas por um material dielétrico (material que impede o fluxo de elétrons é denominado de dielétrico) o que os diferencia dos super capacitores, que são separados por uma solução eletrolítica, como ocorre com baterias de automóveis.

Quando comparados com baterias, os super capacitores apresentam ciclo de vida extremamente alto, além de armazenar uma maior densidade de carga. Isto os torna ideais para aplicações que envolvem sistemas de armazenamento de alta potência durante curtos intervalos de tempo.

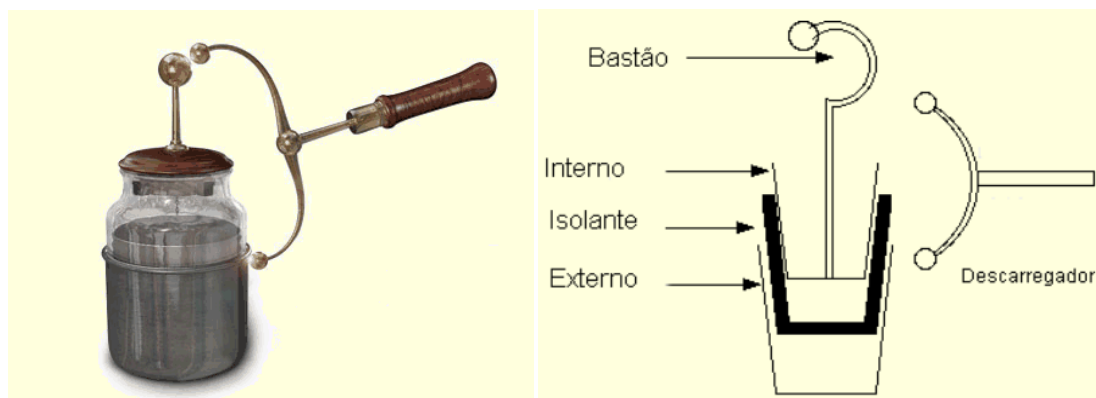


Figura 1: Representação da primeira garrafa de Leyden construída [5].

3.2 - Alguns modelos de capacitores.

Os capacitores os quais podem apresentar diferentes formatos e características físicas, é um componente presente na maioria dos circuitos elétricos e eletrônicos. Além de armazenar cargas elétricas, os capacitores têm outras funções já mencionadas anteriormente.

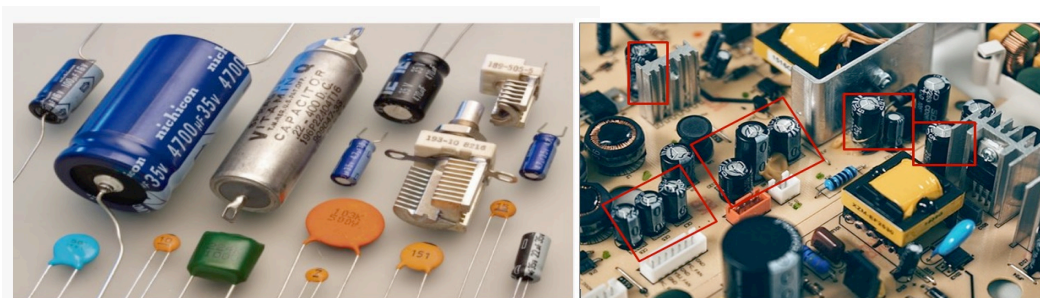


Figura 2: Alguns modelos de capacitores [24].

Um capacitor pode ter diversos formatos geométricos, conforme mostrado na figura acima, porém, seus arranjos de placas seguem os mesmos princípios físicos e, os materiais isolantes podem diferir entre si. De modo geral, os capacitores são conhecidos como

capacitores de placas paralelas. Este é o formato mais simples de ser estudado. A figura a seguir mostra um sistema que possibilita o armazenamento de cargas no formato de placas paralelas, separadas por uma distância d , onde é preenchida por uma camada de material dielétrico.

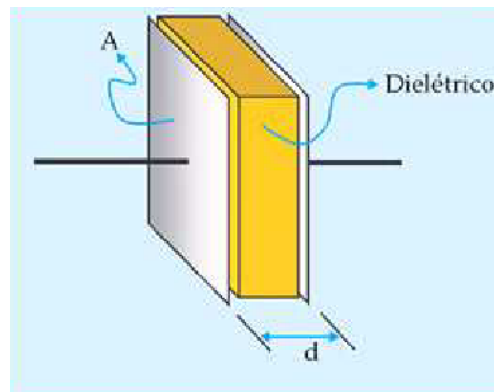


Figura 3: Representação gráfica do dielétrico entre as placas do capacitor. [26]

A construção de um capacitor pode ser feita com placas de materiais metálicos, como folhas de alumínio, colocadas paralelamente entre camadas de um material dielétrico que possui alta resistência elétrica, como o papel, por exemplo. Muitas vezes o capacitor tem um formato cilíndrico, mas a sua placa internamente é retangular e enrolada de tal forma que possa armazenar uma maior quantidade de cargas elétricas. A figura a seguir mostra como é formado um capacitor cilíndrico que possui placas paralelas.

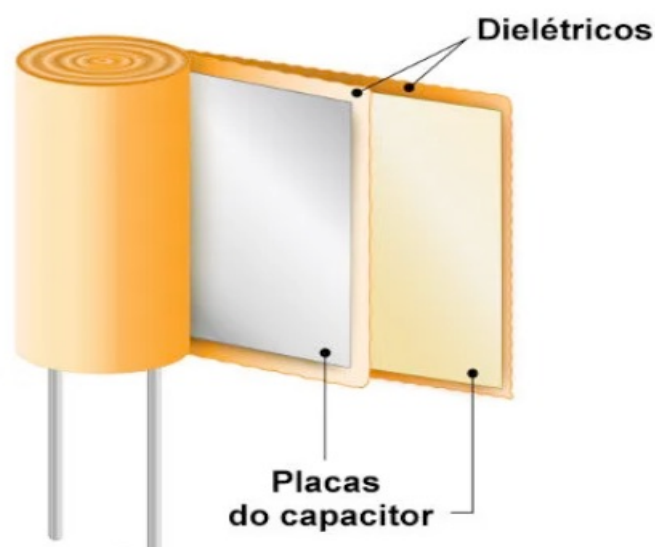


Figura 4: Forma cilíndrica do capacitor de placa paralela [27].

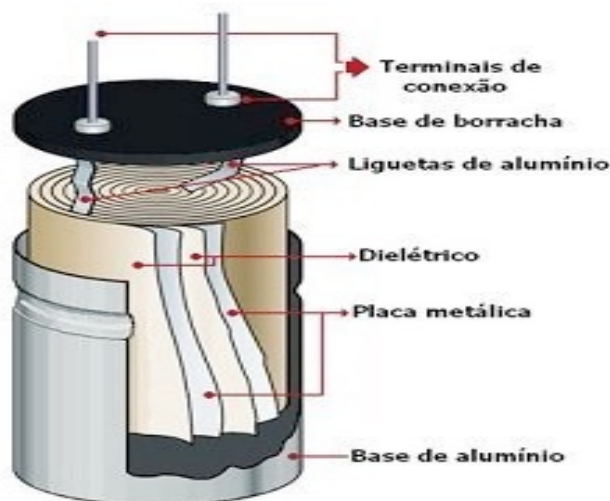


Figura 5: Montagem de um capacitor [33].

3.3 - Capacitor de placas paralelas.

Introdução

Os capacitores são dispositivos utilizados para armazenar cargas elétricas. Esses dispositivos evoluíram ao longo dos tempos para atender as necessidades dos diversos tipos de circuitos elétricos e eletrônicos presentes nos equipamentos elétricos. Seu formato físico consiste basicamente de dois eletrodos e placas que armazenam cargas de sinais opostos. Essas placas geralmente têm formato retangular e estão posicionadas de forma paralela e separadas por uma distância d e contendo um material isolante entre elas.

Os isolantes também são conhecidos como dielétricos, e possuem a capacidade de isolar o transporte elétrico entre as placas, desde que as tensões aplicadas não sejam muito elevadas ou que possa romper suas propriedades dielétricas.

Os isolantes são materiais que não conduzem corrente elétrica. Entre os melhores isolantes ou dielétricos, estão, o ar, vácuo, borracha, cera, goma-laca, vidro, mica, porcelana, óleo, papel seco, fibras testeis, e plástico [40, p. 138].

As cargas ficam armazenadas na superfície das placas. A essa propriedade de armazenar cargas elétricas é chamada de capacitância.

Nesse processo, as cargas são armazenadas nas placas do capacitor criando uma diferença de potencial ou tensão existente entre elas. No capacitor, a capacitância tem a diferença de um farad (F) quando um coulomb (C) de uma carga q causa uma diferença de potencial de um volt (V) entre as placas do capacitor. Cabe lembrar que para carregar um capacitor de forma mais

simples, utiliza-se uma bateria carregada ligada em seus terminais, onde uma de suas placas fica carregada com cargas positiva $+q$ e a outra com cargas negativas $-q$.

A capacitância é uma medida da quantidade de carga que precisa ser acumulada nas placas para produzir uma certa diferença de potencial entre elas. Quanto maior a capacitância, maior a carga necessária [7, p.112].

3.4 - Conceitos associados ao capacitor.

A principal função de um capacitor é armazenar campo elétrico, para isso, basta que seja submetido a uma diferença de potencial em seus terminais para criar uma diferença de potencial.

A diferença de potencial (d.d.p) corresponde ao trabalho realizado para deslocar cargas elétricas entre dois pontos com potencial diferente. O capacitor como conhecemos, também é denominado como condensador elétrico, uma vez que ele armazena energia na forma de campo elétrico que permanece por um período de tempo mesmo que durante esse tempo ele não seja alimentado.

A diferença de potencial é a medida deste trabalho. A diferença de potencial entre dois pontos está relacionada ao trabalho que deve ser feito para mover uma unidade de carga positiva (um Coulomb) de um ponto para outro (i.e. é a energia potencial U da carga) [6,p.1331].

3.5 - Como calcular a diferença de potencial.

A diferença de potencial pode ser entendida como sendo a quantidade física responsável pelo o movimento das cargas elétricas entre as placas de um capacitor. A diferença de potencial (V) se relaciona com o campo elétrico $\vec{E}$ e é definida como sendo o negativo do trabalho exercido pela força elétrica, conforme citado anteriormente. Na equação abaixo, a diferença de potencial entre as placas de um capacitor é dada por,

$$V_f - V_i = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}.$$

Onde o cálculo desta integral deve ser feito ao longo da trajetória que parte da placa negativa até a placa positiva. Além do mais, pode se escolher uma trajetória que coincida com as linhas de campo elétrico, onde os vetores $\vec{E}$ e $d\vec{s}$ têm sentidos opostos. Dessa forma, $\vec{E} \cdot d\vec{s}$

$= -Eds$. Por conseguinte, o lado direito da equação acima torna se positivo e o termo $(V_f - V_i)$ resulta se simplesmente em V quando $V_i = 0$, a diferença de potencial descrita acima fica representada da seguinte forma:

$$V = \int_{-}^{+} E ds.$$

Conforme descrito na equação acima, os sinais - e + indicam que a integração está sendo realizada partindo da placa negativa e indo em direção a placa positiva conforme já mencionado anteriormente.

Podemos representar a energia potencial por unidade de carga como, $\frac{U}{q}$. Assim, a unidade de carga representada em um ponto do espaço é chamado de potencial elétrico e representado pela letra V . Com isso, podemos escrever que,

$$V = \frac{U}{q}.$$

Podemos expressar a diferença de potencial elétrico entre dois pontos da seguinte forma,

$$\Delta V = V_f - V_i = \frac{U_f}{q} - \frac{U_i}{q} = \frac{\Delta U}{q}.$$

Esta equação descreve a energia potencial e é associada a um sistema pela força eletrostática que age sobre uma ou mais partículas para levar de um estado inicial para um estado final. Por causa dessa força eletrostática, um trabalho W é realizado sobre a partícula que associa a energia potencial da seguinte forma.

$$\Delta U = U_f - U_i = -W.$$

Logo, podemos substituir ΔU na equação acima e escrever a diferença de potencial como,

$$\Delta V = V_f - V_i = -\frac{W}{q}.$$

Conforme descrito na equação acima, o negativo do trabalho realizado pela força eletrostática para deslocar uma carga de um ponto para outro é igual a diferença de potencial.

3.6 – Capacitância.

A capacidade de armazenar certa quantidade de cargas elétricas nas placas de um capacitor é denominada de capacitância (C).

Existem capacitores de vários formatos geométricos e valores de capacitância diferentes, porém, todos compartilham algo em comum. Estes consistem basicamente de duas placas paralelas isoladas entre si, e que recebem o nome de condutores por conduzirem eletricidade através das placas quando estas não estão isoladas.

A figura a seguir mostra a representação esquemática de um capacitor de placas paralelas. Nela podemos observar como se organizam essas placas dentro do capacitor. No capacitor, as placas estão separadas por uma distância (d) onde é preenchida com o material dielétrico, ou seja, material não condutor do tipo, cerâmico, borracha, papel e muitos outros.

Entre as placas do capacitor existe uma diferença de potencial V criada pelas cargas armazenadas na placa, como representado na figura abaixo.

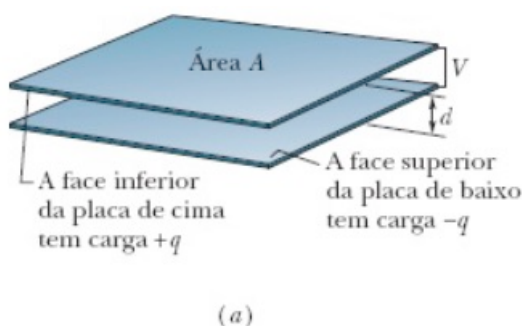


Figura 6: Representação esquemática das placas paralelas do capacitor [7,p.111].

Na figura 3, estão representadas as linhas do campo elétrico que se formam entre as placas paralelas devido a presença das cargas positivas e negativas.

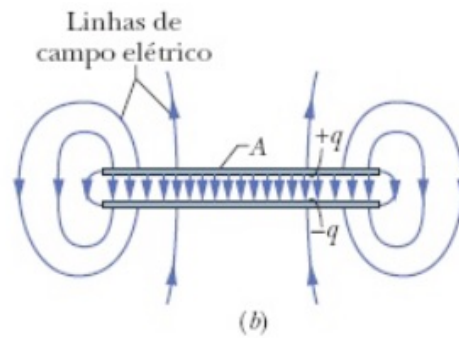


Figura 7: Representação das linhas do campo elétrico entre as placas do capacitor [7,P.111].

O capacitor quando carregado, possui a mesma quantidade de cargas positivas e negativas, denominada de carga absoluta por ser igual em quantidade, porém, de sinais opostos. Portanto, ao mencionarmos a carga q , estamos nos referindo a carga do capacitor, porém, carga líquida de uma das placas. Ou seja, quando um capacitor está carregado, as placas contêm cargas de mesmo valor absoluto e sinais opostos, $+q$ e $-q$. Entretanto, quando nos referimos à carga de um capacitor estamos falando em q , o valor absoluto das cargas de uma das placas (Observe que q não é a carga total do capacitor, a qual é sempre zero) [7].

Os materiais dielétricos são isolantes, o que significa que nenhuma corrente pode fluir através deste material, mesmo quando a tensão é aplicada nos terminais da placa. Isto é verdade para tensões não muito grandes. Entre as placas do capacitor, utiliza-se materiais dielétricos, esses materiais podem ser porcelana, teflon, cerâmica, celulose, papel, mica, e às vezes pode ser até o ar.

Como mencionado anteriormente, a capacidade de armazenar cargas elétricas em um capacitor denomina-se capacitância. A capacitância por sua vez, está associada com a área da placa. Quanto maior a área da placa, maior a quantidade de carga armazenada em um capacitor, portanto, maior será sua capacitância. Dessa forma, a capacitância é uma grandeza física que mede a quantidade de cargas armazenadas no capacitor. Isto quer dizer que a capacitância de um capacitor pode ser determinada por meio da razão entre a carga q armazenada em uma das placas e a tensão aplicada a essas placas,

$$q = CV,$$

onde C é a capacitância e, a sua unidade é o farad (F), q é a carga elétrica e sua unidade é coulomb (C) e por fim, o potencial elétrico (V) é medido em volts (V).

3.7 - Carga do capacitor.

Um capacitor de placas paralelas é carregado pelo processo de transferência de cargas por um circuito fechado ligado em seus terminais e conectado a uma fonte, com isso, surge uma diferença de potencial nos terminais do capacitor, fazendo as cargas se movimentarem passando da placa *a* em direção a placa *b* da figura 8. Uma forma de fazer isso é ligar os terminais do capacitor a uma bateria. A bateria é um dispositivo que mantém uma diferença de potencial nas placas do capacitor. A figura 8 mostra as placas do capacitor ligadas na bateria.

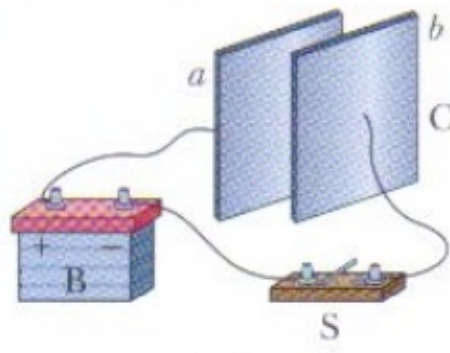


Figura 8: Representação das placas do capacitor ligadas na bateria acionada por uma chave S [7,p.112].

3.8 - Circuito elétrico.

Um circuito elétrico é um conjunto de equipamentos que possibilita a passagem da corrente elétrica. Este, é formado por ligações entre dispositivos elétricos tais como capacitor, resistores, geradores entre outros.

Como mostrado na figura 6, um circuito elétrico ligado aos terminais de uma bateria que possui uma chave S, de forma que quando esta é fechada, ela proporciona o carregamento do capacitor. No circuito, quando a chave está aberta, significa que não existe passagem de corrente elétrica pelos fios, e o capacitor se encontra totalmente descarregado. Neste caso dizemos que o circuito está interrompido.

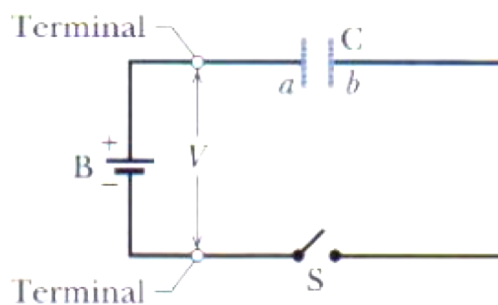


Figura 9: Representação esquemática do circuito elétrico da ligação das placas à bateria [7].

O terminal de maior potencial V no circuito é o terminal positivo, ele se destina a fornecer uma carga positiva, a qual é representada pelo sinal (+). Da mesma forma o de menor potencial é o terminal negativo, representado com o sinal (-), conforme mostrado na figura acima. Assim, cada componente elétrico de um circuito, possui uma simbologia específica associada a ele.

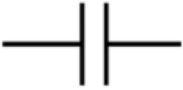
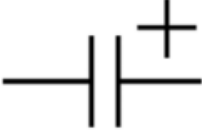
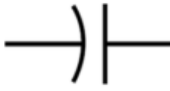
O capacitor, como já mencionado anteriormente, tem como principal função armazenar cargas elétricas. Embora, em um circuito elétrico, além de armazenar cargas, o capacitor tem outras funções, veja a seguir:

- 1) Armazenar cargas para utilização rápida.
- 2) Suavizar saídas de fontes de alimentação.
- 3) Eliminar ondulações na condução de correntes contínuas.
- 4) Filtrar interferências.
- 5) Bloquear a passagem de corrente contínua e permitir a passagem de corrente alternada.

Nos capacitores, as simbologias diferem de acordo com a especificidade de cada capacitor, alguns indicam a polarização e outros não. Dessa forma, quando um capacitor não possui em sua indicação uma polaridade, (positivo ou negativo), pode ser polarizado por qualquer terminal. A tabela a seguir mostra algumas das diversas simbologias existentes para capacitores.

Tabela 1: Simbologias de alguns Capacitores e suas especificações [21,p.10].

Símbolos	Especificação
----------	---------------

	Capacitor com placas não-polarizadas. Pode-se trabalhar com tensões alternadas, positiva e negativa, inverter a tensão tanto para carregar, quanto para descarregá-lo.
	Capacitor polarizado. Possui terminal positivo e negativo, de forma que não podemos inverter a polaridade, caso contrário irá danificar as placas.
	Capacitor com representação do eletrodo externo. Este é um capacitor não polarizado, por não apresentar os sinais de mais (+) e de menos (-), podendo inverter a tensão nos pólos.
	Capacitor eletrolítico polarizado. Este capacitor é projetado para altas correntes. O dielétrico do capacitor é constituído de um revestimento muito fino de óxidos nas placas de alumínio.

Com tudo, o símbolo mais utilizado se baseia em capacitor de placas paralelas e, pode ser representado pelo símbolo $(\text{—}| \text{—})$.

Um capacitor pode ser carregado de diversas formas. Para isso, conectam-se os seus terminais em uma fonte. Uma forma mais simples de fazer isto é ligar os terminais do capacitor em uma bateria, como mostrado na figura 5.

3.9 - Cálculo do campo elétrico.

De acordo com KNIGHT, a lei de Gauss expressa uma propriedade física bem geral dos campos elétricos, a saber, que as cargas criam campos elétricos de tal forma que o fluxo resultante do campo elétrico $\vec{E}$ é igual através de qualquer superfície que envolva completamente as cargas, sem importar a forma ou o tamanho que ela tenha [8,p.865].

Pela lei de Gauss podemos relacionar o fluxo do campo elétrico $\vec{E}$ em pontos sobre uma superfície fechada com a carga q resultante envolvida nessa superfície, ou seja,

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q,$$

onde q representa a carga envolvida na superfície gaussiana A e, a integral fechada do fluxo de campo elétrico que atravessa essa superfície. Em outras palavras, a lei de Gauss relaciona o campo elétrico $\vec{E}$ através de uma superfície gaussiana de área A (superfície fechada), com a carga q envolvida nesta superfície. Assim sendo, nós devemos escolher a superfície gaussiana

de tal forma que possa existir um fluxo de campo elétrico. O caso mais simples ocorre quando o campo elétrico $\vec{E}$ tem módulo constante E , e os vetores $\vec{E}$ e $d\vec{A}$ são paralelos, assim, a equação acima se reduz em:

$$q = \epsilon_0 E A.$$

Nesta equação, A representa a área da superfície gaussiana sobre a qual incide um fluxo de campo elétrico E . Por razões convencionais devemos desenhar a superfície gaussiana de modo que todas as cargas da placa positiva sejam envolvidas, conforme mostrado na figura abaixo.

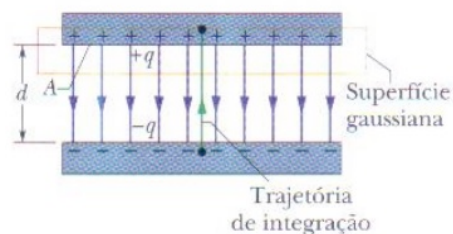


Figura 10: Superfície gaussiana envolvendo a placa positiva do capacitor [7,p.113].

3.9.1 - Capacitores de placas paralelas.

A forma mais simples de um capacitor é o capacitor de placas paralelas. Devido seu formato geométrico, ele pode ser construído com duas placas metálicas paralelamente distantes uma da outra. As duas placas paralelas no capacitor são conectadas à fonte de alimentação (bateria). Ao conectar a placa primária do capacitor no terminal $+V$ da bateria, ela recebe uma carga positiva. Da mesma forma, quando a segunda placa do capacitor é conectada no terminal negativo da bateria, ela recebe uma certa quantidade de carga negativa. Portanto, o capacitor armazena a energia eletrostática gerando entre as placas uma diferença de potencial.

Considerando que as placas paralelas do capacitor sejam muito extensas, de forma que, podemos desprezar os efeitos das bordas das placas, podemos supor que o campo elétrico $\vec{E}$ é constante em toda região entre as placas do capacitor. Sendo assim, podemos escolher uma superfície gaussiana que envolve somente a carga q da placa positiva, dessa forma, podemos escrever que:

$$q = \varepsilon_0 EA,$$

onde A na equação acima é a área da placa do capacitor e ε_0 é a constante de permissividade elétrica do vácuo cujo valor corresponde a $8,85 \times 10^{-12} \text{F/m}$.

Assim podemos escrever a equação do potencial acima da seguinte forma,

$$V = \int_{-}^{+} E ds, = E \int_0^d ds = Ed,$$

Onde d é a distância entre as placas paralelas do capacitor.

Como $q = CV$ e substituindo q na equação acima, temos que,

$$CV = \varepsilon_0 EA.$$

De acordo com integral acima, $V = Ed$ e substituindo o potencial nesta equação temos que,

$$CEd = \varepsilon_0 EA,$$

ou seja,

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}.$$

Dessa forma, conforme descrito na equação acima, a capacitância depende somente da área A da placa e da distância entre as placas, quanto menor a distância, maior a capacitância.

3.9.2 – Capacitor cilíndrico.

Um capacitor cilíndrico é constituído por dois cilindros de metal condutor de comprimento l . Os cilindros estão colocados de forma concêntricas e separados por uma distância d um do outro, onde o cilindro interno possui raio a e está carregado com cargas elétricas positivas $+q$ e, o cilindro externo possui raio b e está carregado com cargas elétricas negativas $-q$.

Podemos dispensar os efeitos de bordas “distorção do campo elétrico” que ocorre nas extremidades dos cilindros se considerarmos que $l \gg b$, assim, as duas placas do capacitor cilíndrico possuem cargas elétricas de módulo igual a q .

Tomando uma seção transversal do capacitor cilíndrico longo e, traçando uma superfície gaussiana cilíndrica de raio r , envolvendo a placa positiva do capacitor cilíndrico, a superfície gaussiana foi escolhida de tal forma que pode ser vista este cilindro longo de comprimento l de perfil conforme a figura 11.

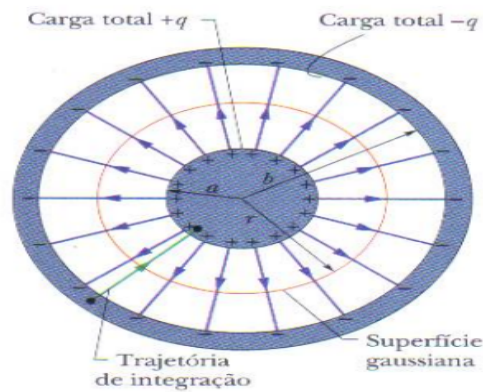


Figura 11: Vista de perfil do capacitor cilíndrico longo [7,p.114].

O fluxo do campo elétrico pode ser relacionado pela lei de Gauss através da equação $\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q$, como vimos no item 3.9. Esta é a integral fechada do fluxo de campo elétrico que atravessa a superfície gaussiana. Assim, aplicando a lei de Gauss, para um capacitor cilíndrico de comprimento l e raio r , podemos obter que:

$$q = \epsilon_0 EA,$$

Onde A é área lateral de um cilindro pode ser escrita como $2\pi rl$, substituindo na equação acima, nós obtemos que, $q = \epsilon_0 E(2\pi rl)$.

Podemos resolver esta equação para obter o campo elétrico E entre os cilindros da seguinte forma:

$$E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 lr}.$$

Para obtermos a capacitância no capacitor cilíndrico, devemos manter uma relação com o potencial elétrico. Como já mencionado no item 3.5, o potencial elétrico pode ser escrito como

$V = \int_{-}^{+} E ds$. Substituindo o campo elétrico E na equação e utilizando o fato de que $ds = -dr$, temos:

$$V = \int_{-}^{+} E ds = -\frac{q}{2\pi\epsilon_0 l} \int_b^a \frac{dr}{r} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 l} \ln\left(\frac{b}{a}\right),$$

ou seja, integrando radialmente de fora para dentro, isto é, de b para a , nesta equação do potencial elétrico, nós podemos determinar a capacitância para um capacitor cilíndrico fazendo a relação com a equação $q = CV$. Assim,

$$C = 2\pi\epsilon_0 \frac{l}{\ln(b/a)}.$$

Os cilindros concêntricos de comprimento l , pela equação acima, podemos observar que assim como o capacitor de placas paralelas, a capacitância dos cilindros concêntricos de comprimento l dependem apenas de fatores geométricos que envolvem o capacitor.

Vemos, portanto, que a capacitância de um capacitor cilíndrico, como a de um capacitor de placas paralelas, depende apenas de fatores geométricos, no caso o comprimento l e os raios a e b [7,p.115].

Para o capacitor cilíndrico, o fato das placas estarem muito próximas, podemos dizer que tem o mesmo tamanho, a distância d entre as placas pode ser escrita como $d = b - a$, de forma que podemos escrever que $b = a + d$ assim, $\ln(b/a)$ pode ser escrito como $\ln[(a + d)/a] = \ln(1 + d/a)$. Usando a expansão logarítmica, $\ln(1 + x) = x - \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{3}x^3 - \dots$ ($|x| < 1$) [7,p.382]. Podemos escrever que $\ln(1 + d/a) \cong d/a$, para $\frac{d}{a} \ll 1$. Da equação acima, podemos escrever que,

$$C = \frac{2\pi a l \epsilon_0}{d}.$$

Analisando equação acima, nós podemos observar que $2\pi a l$ corresponde a área da placa do capacitor cilíndrico. Como, as duas placas têm aproximadamente as mesmas áreas e, estão separados por uma distância d , podemos escrever que:

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d},$$

a qual descreve a capacitância do capacitor de placas paralelas. Isso implica que, para efeito de cálculos e estudos, podemos considerar os capacitores construídos neste trabalho como sendo capacitores de placas paralelas.

CAPITULO 4 – DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.

Conforme mencionado anteriormente, a garrafa de Leyden é um dispositivo capaz de armazenar cargas elétricas em seu interior pelo processo de indução, essa invenção é a versão primeira do capacitor, atualmente utilizado em circuitos elétricos.

A garrafa de Leyden confeccionada nesse trabalho serviu somente para demonstrar a origem dos capacitores. O objetivo desse trabalho, por outro lado, foi construir capacitores de papel e medir a capacitância dos mesmos.

A garrafa de Leyden pode ser construída com um pote plástico, cilíndrico, com tampa de material isolante contendo uma placa de metal na parte interna e outra na parte externa, com isso, o próprio pote plástico é um material dielétrico que separa as placas.

Para carregar a garrafa de Leyden, coloca-se um parafuso de metal na tampa, conectado à placa interna por um fio condutor. As cargas a serem armazenadas podem ser geradas por meio do atrito de um pedaço de plástico (PVC) com uma flanela, ou outro dispositivo que possa gerar cargas elétricas.

É importante que a placa interna esteja encostada na parede interna do frasco, isto pode aumentar a quantidade de carga induzida para dentro da garrafa. Para descarregar a garrafa, utiliza-se um pedaço de fio com as extremidades descascadas. Com um pedaço de fita, prende-se uma extremidade do fio na placa externa, de modo que a outra fica livre para ser encostada à parte de cima do parafuso gerando a centelha.

4.1- Construção do primeiro capacitor. A garrafa de Leyden.

Para construir uma garrafa de Leyden, são necessários alguns materiais específicos que possam atender a especificações mínimas para o seu funcionamento. Com isso, podem ser utilizados materiais de baixo custo e que podem ser encontrados com facilidade.

- Lista de materiais para construção da garrafa de Leyden.

1- Pote de plástico tamanho médio podem ser garrafa de água mineral ou qualquer outro frasco que seja de plástico.

2 - Tampa plástica, pode ser confeccionada ou utilizar a própria tampa da garrafa ou outro material que não seja condutor de eletricidade, como madeira seca, plástico, borracha etc.

3 - Um parafuso sextavado para conectar o eletrodo à placa interna do capacitor (haste condutora).

4- Haste metálica de um material que seja um bom condutor, a qual pode ser confeccionada utilizando um fio de cobre ou um arame que não esteja enferrujado.

5- Folhas de papel alumínio para confeccionar as placas do capacitor. Cortar de acordo com as dimensões da garrafa ou frasco que está sendo usado para a construção da garrafa de Leyden.

6 - Tesoura pequena sem ponta.

7 - Régua de 30 cm para medição das peças.

8 - Fita adesiva para fixação das folhas de papel alumínio.

9 - Dois pedaços de fio de 10 cm com as pontas descascadas.

10 - Um pedaço cano PVC, ou uma régua de plástico para carregar o capacitor.

11 - Uma flanela para carregar a barra PVC por atrito.



Figura 12: Materiais necessários para construção da garrafa de Leyden.

4.2 - Montagem da garrafa de Leyden.

1- Fazer um furo na tampa da garrafa para a passagem do parafuso de fixação do eletrodo.



Figura 13: Tampa com furo no centro.

2 - Fixar eletrodo na porca rosqueável do parafuso na parte interna da tampa. (Aqui é conveniente soldar o eletrodo de forma que a porca possa soltar livremente).

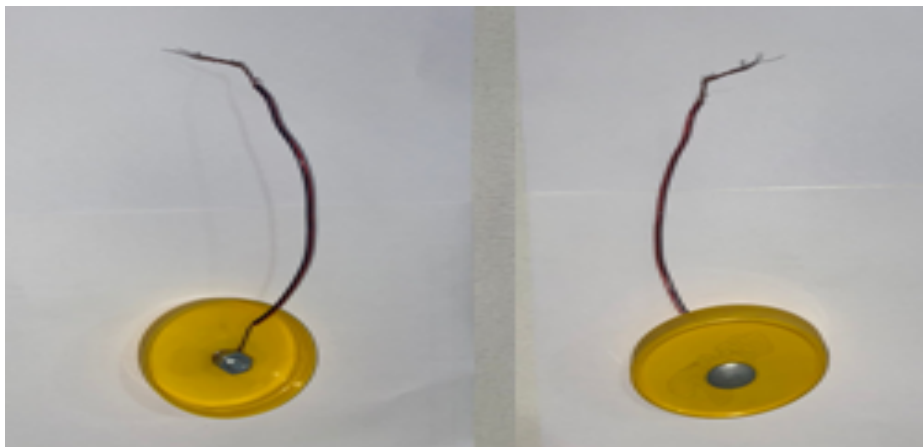


Figura 14: Parafuso acoplado na tampa.

3- Cortar a folha de papel alumínio e prende-la na extremidade do eletrodo com fita adesiva. A folha deve ter pouco menos da metade do tamanho da garrafa.

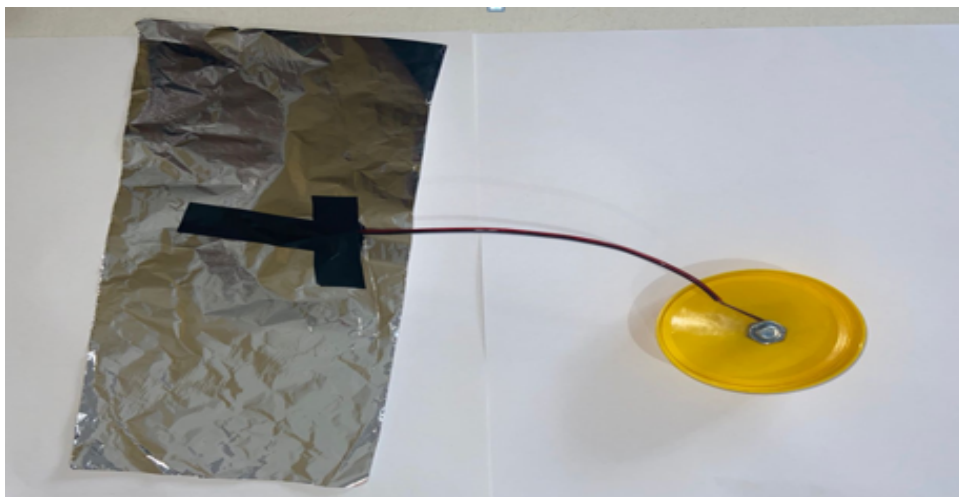


Figura 15: Eletrodo conectado no parafuso e na placa.

4- Enrolar cuidadosamente a folha e introduzir na garrafa com muito cuidado para não amassá-la. Essa folha será a placa interna do capacitor.

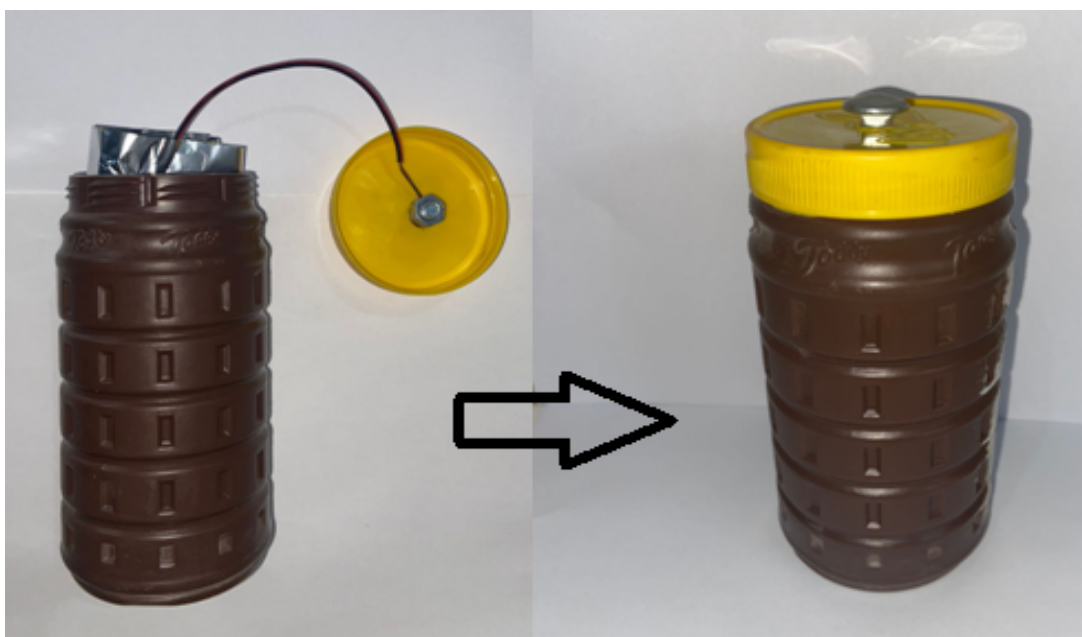


Figura 16: Inclusão da placa interna da garrafa de Leyden.

5 - Cortar outra folha de papel alumínio da mesma dimensão e envolver a garrafa na parte externa, fixando-a bem para que ela não saia do lugar. Essa será a placa externa do capacitor. Essa folha deve ficar em torno de um centímetro acima do fundo da garrafa.

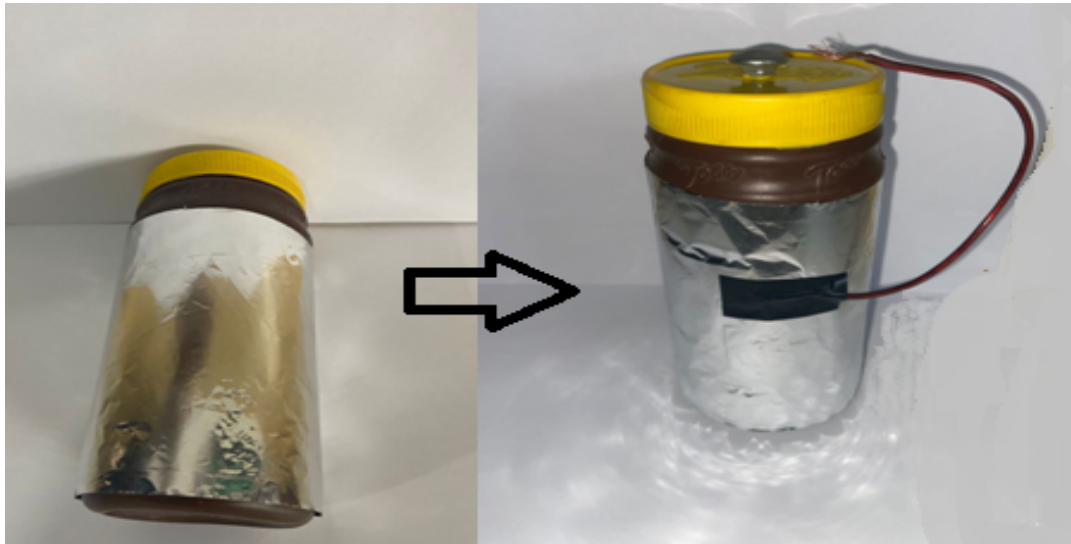


Figura 17: Garrafa de Leyden confeccionada pronta para ser carregada.

4.3 - Rigidez dielétrica de alguns materiais dielétricos.

Os materiais dielétricos podem se tornar condutores acima de um determinado valor de intensidade do campo elétrico. Nesse sentido, o material isolante pode modificar a sua estrutura eletrônica e desta forma conduzir eletricidade. A esse comportamento do dielétrico de conduzir eletricidade dá-se o nome de rigidez dielétrica. Isso depende de cada material dielétrico; a partir do momento que se rompe a rigidez do material ele passa a conduzir eletricidade.

A rigidez dielétrica pode ser considerada a medida da eficiência de um material isolante de suportar uma determinada tensão elétrica. Assim, a rigidez dielétrica é definida como a voltagem por unidade de comprimento (gradiente de voltagem) a qual ocorre a falha do dielétrico, isto é, trata-se do campo elétrico máximo que o dielétrico consegue suportar sem ruptura do material isolante [28,p.589]. A tabela a seguir apresenta a rigidez dielétrica de alguns materiais isolantes.

Tabela 2: Rigidez dielétrica de alguns materiais [29]

Material	Rigidez dielétrica (V/m)
Ar	$3 \cdot 10^6$
Papel	$16 \cdot 10^6$
Teflon	$60 \cdot 10^6$
Borracha	$12 \cdot 10^6$
Porcelana	$12 \cdot 10^6$
Madeira	$\sim 10 \cdot 10^6$
Óleo (transformador)	$20 - 30 \cdot 10^6$

Alguns fatores como temperatura, presença de impurezas e falhas estruturais (em dielétricos sólidos) podem influenciar grandemente a rigidez dielétrica de um material [29].

4.4 - Cálculo da capacitância.

A capacitância é uma grandeza física escalar que mede a quantidade de cargas armazenadas no capacitor. Ela pode ser calculada pela relação entre cargas elétricas e o potencial elétrico entre as placas do capacitor. A unidade de medida da capacitância é o Farad, representada por (F).

$$C = \frac{q}{V}.$$

Onde:

- C corresponde à capacitância expressa em Farad.
- q a carga elétrica armazenada nas placas do capacitor medida em coulomb.
- V o potencial ou tensão elétrica gerada pelas cargas elétricas entre as placas, é medida em volts.

A capacitância também pode ser determinada a partir de fatores geométricos que envolvem o capacitor. Isto é, da área A das placas como também da distância d entre elas. Assim, para capacitores de placas paralelas podemos escrever a seguinte expressão matemática.

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

Onde:

- ε_0 é a permissividade dielétrica, no vácuo o seu valor é de $8,85 \times 10^{-12}$ F/m.
- A é a área das placas (m^2).
- d representa a distância entre as placas (m).
-

4.5 - Cálculo da associação de capacitores em paralelo e em série.

Uma das formas de organizar capacitores é conectá-los mutuamente de modo que sua capacitância total pode ter diferentes valores. Esses valores, dependendo do tipo de ligação entre os capacitores podem variar para mais ou para menos, isso vai depender de como serão ligados entre si. A esses tipos de ligações entre capacitores dá-se o nome de associação de capacitores.

Associação de capacitores em paralelo.

Em uma associação de capacitores em paralelo ligam-se dois ou mais capacitores em diferentes ramos de um circuito elétrico, de forma que cada placa de um capacitor é ligada à placa do outro capacitor e estas são conectadas por um único nó a cada pólo da bateria. A figura a seguir mostra uma associação de três capacitores ligados em paralelo.

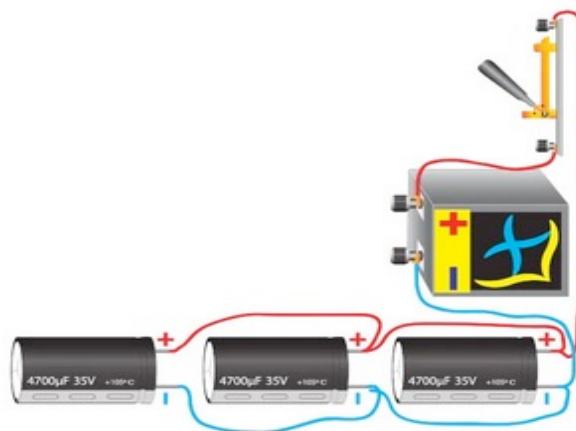


Figura 18: Associação de capacitores em paralelo [30].

Dessa forma, o potencial elétrico é igual para todos os capacitores. A figura a seguir mostra um circuito com capacitores ligados em paralelo.

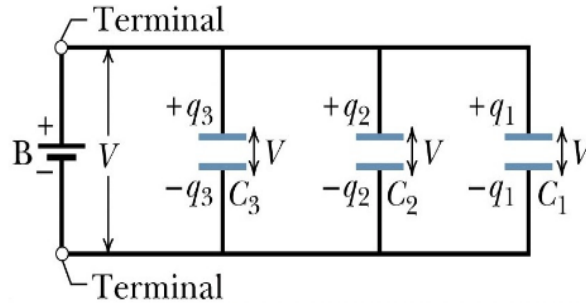


Figura 19: Diagrama do circuito elétrico dos capacitores ligados em paralelo e conectados a uma bateria B [31].

Anteriormente nós vimos que para calcular a capacitância de um capacitor, nós utilizamos a equação,

$$C = \frac{q}{V}.$$

Para obter a capacitância da associação de capacitores em paralelo do circuito da figura acima, podemos calcular a capacitância equivalente C_{eq} de todos os capacitores em paralelo no circuito, isto é, a soma das capacitâncias individuais de cada capacitor, conforme demonstrado abaixo.

Para determinar a carga de cada capacitor, podemos escrever da seguinte forma:

$$q_1 = C_1 \cdot V = q_2 = C_2 \cdot V = q_3 = C_3 \cdot V.$$

A carga total dos capacitores em paralelos pode ser escrita como,

$$q = q_1 + q_2 + q_3 = (C_1 + C_2 + C_3)V.$$

Como todos os capacitores em paralelo têm a mesma diferença de potencial V , a capacitância equivalente pode ser descrita da seguinte forma,

$$C_{eq} = \frac{q}{V} = C_1 + C_2 + C_3.$$

Desta forma, para obter a capacitância equivalente de um determinado número de capacitores, podemos desenvolver a equação para um determinado número de N capacitores da seguinte forma,

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^n C_j,$$

definida para N capacitores em paralelo.

Assim um circuito com N capacitores ligados em paralelo, pode ser substituído por um único capacitor que equivale aos N capacitores do mesmo circuito conforme figura a seguir.

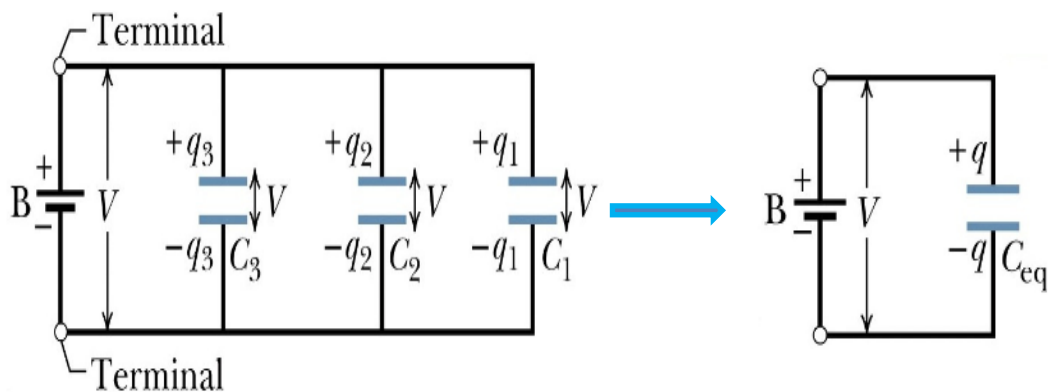


Figura 20: Representação do circuito elétrico da redução de N capacitores ligados em paralelo em um único capacitor equivalente conectado a uma bateria B [31].

No capacitor equivalente, o potencial elétrico V é o mesmo que em cada capacitor, porém, terá a carga total q equivalente à carga dos três capacitores.

Associação de capacitores em série.

Na associação em série, são conectados dois ou mais capacitores no mesmo circuito, um na sequência do outro. Assim, a placa negativa de um capacitor liga-se a placa positiva do outro capacitor, conforme mostrado na figura abaixo.

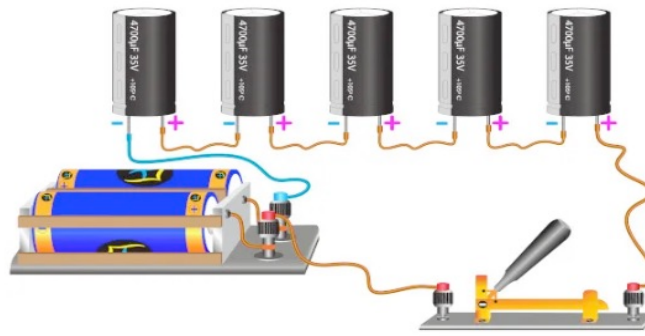


Figura 21: Associação de capacitores ligados em série [30]

Nesse tipo de ligação mostrado na figura acima, as cargas elétricas armazenadas nas armaduras de cada capacitor são iguais. O potencial aplicado nas extremidades do conjunto de capacitores faz estabelecer uma diferença de potencial entre as placas, tornando a quantidade de cargas iguais. Quando uma diferença de potencial V é aplicada a vários capacitores ligados em série, a carga q armazenada é a mesma em todos os capacitores e a soma da diferença de potencial entre as placas dos capacitores são iguais à diferença de potencial aplicada V [7]. A figura a seguir mostra o circuito elétrico de uma associação de capacitores ligados em série e seu circuito equivalente obtido a partir da associação em série. O circuito equivalente representa a mesma capacitância da associação de capacitores associada.

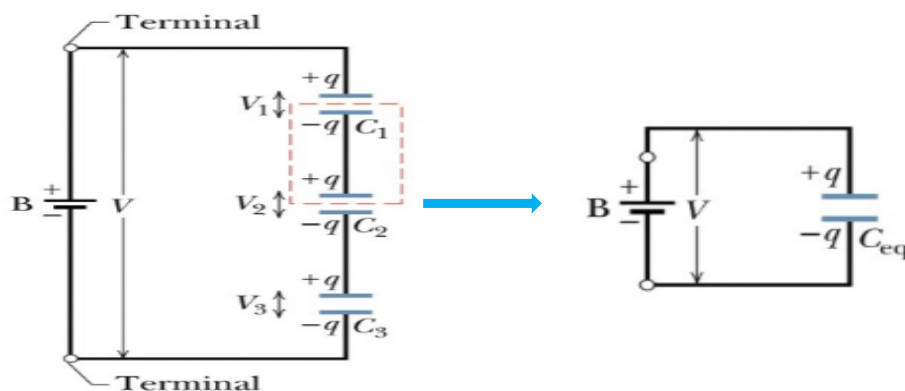


Figura 22: Representação do circuito elétrico da redução de N capacitores ligados em série em um único capacitor equivalente conectado a uma bateria B [31].

Na associação de capacitores em série a carga q armazenada em cada capacitor é a mesma, tanto no circuito ligado em série, quanto no circuito equivalente, porém, a diferença de potencial

do circuito equivalente será igual à soma das diferenças de cada capacitor da associação em série. As equações à seguir mostram como determinar essas diferenças de potencial.

$$V_1 = \frac{q}{c_1}, \quad V_2 = \frac{q}{c_2}, \quad V_3 = \frac{q}{c_3}.$$

Assim, a diferença de potencial total entre os capacitores é a soma da diferença de potencial de cada um dos capacitores que foi fornecida pela bateria.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = q \left(\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3} \right).$$

Podemos escrever a capacitância equivalente da seguinte forma,

$$C_{eq} = \frac{q}{V} = \frac{1}{1/c_1 + 1/c_2 + 1/c_3},$$

ou

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3}.$$

Para N capacitores em série, podemos generalizar da seguinte forma,

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{c_i}.$$

CAPITULO 5 - PRODUTO EDUCACIONAL.

Um produto educacional tem por finalidade elevar o nível de aprendizagem dos alunos em um determinado assunto, é um objeto de conhecimento que pode ser desenvolvido seguindo alguma metodologia didática que possa facilitar a compreensão de conteúdos específicos através de experimento.

O capacitor a ser construído com placas de alumínio e dielétrico de papel, deve ser construído pelos próprios alunos em aulas experimentais os quais em seguida, irão medir a capacitância associada a cada capacitor. Esse procedimento pode ser feito utilizando um capacímetro ou multímetro com capacímetro, os quais podem ser encontrados com facilidade no mercado.

5.1 - Lista de materiais para construção de capacitores.

Uma lista de materiais pode ser entendida como um documento que lista a quantidade necessária de materiais a serem utilizados para construir um produto. Ela é um subsídio para o nosso planejamento na construção do produto, por isso ao fazer uma lista de materiais, devemos listar somente os materiais essenciais para evitar gastos desnecessários na montagem do produto.

- 01 – Uma folha de papel cartão.
- 02 – Folhas de papel A4.
- 03 – Uma régua de 30 cm.
- 04 – Uma tesoura de preferência grande.
- 05 – Um rolo de papel alumínio.
- 06 – Dois metros de fio condutor de cor vermelha de um milímetro.
- 07 – Dois metros de fio condutor de cor preta de um milímetro.
- 08 – Um rolo de fita isolante.
- 09 – Um estilete.
- 10 – Um lápis de formato cilíndrico.
- 11 – Um capacímetro digital ou multímetro digital com capacímetro.



Figura 23: Materiais necessários para construção do capacitor de papel.

5.2 - Montagem dos capacitores.

Para montar os capacitores de papéis, foi utilizada a técnica de enrolamento de papel. Essa técnica permite que as folhas de papel e alumínio fiquem bem próximas uma da outra (apertadas) paralelamente, isso melhora a eficiência do capacitor aumentando a capacitância.

- Cortar as placas (moldes) do papel cartão com a tesoura ou estilete nas dimensões a que se deseja construir as placas do capacitor, anotar as medidas para calcular a área das placas, pode ser anotado na própria placa. A área deve ser calculada em m^2 , obedecendo as medidas do sistema internacional de unidades (SI).



Figura 24: Molde das placas do capacitor feito de papel cartão.

- Cortar as placas de papel alumínio de acordo com o tamanho do molde.

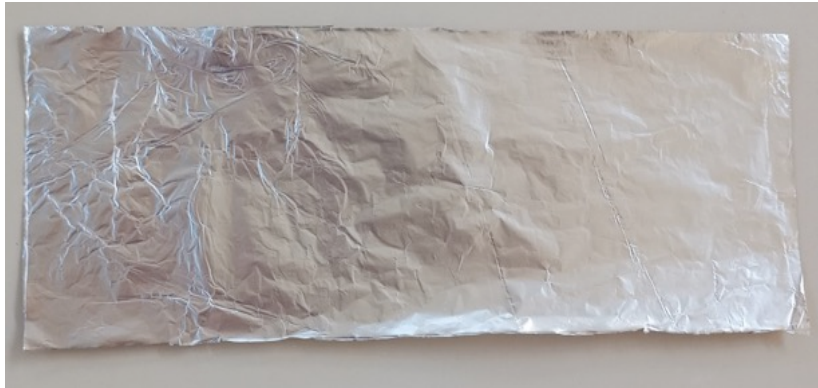


Figura 25: Placa de papel alumínio.

- Cortar as placas de papel A4 que servirão de dielétricos (isolantes) para cada placa de alumínio. Devem ser cortadas três placas de papel A4 para cada par de placas de papel alumínio. Essas placas de isolantes devem ter um centímetro a mais para cada lado da placa de alumínio. Isto vai evitar que a placa de alumínio corra o risco de encostar-se à outra durante o processo de enrolamento, provocando o curto-circuito das placas.

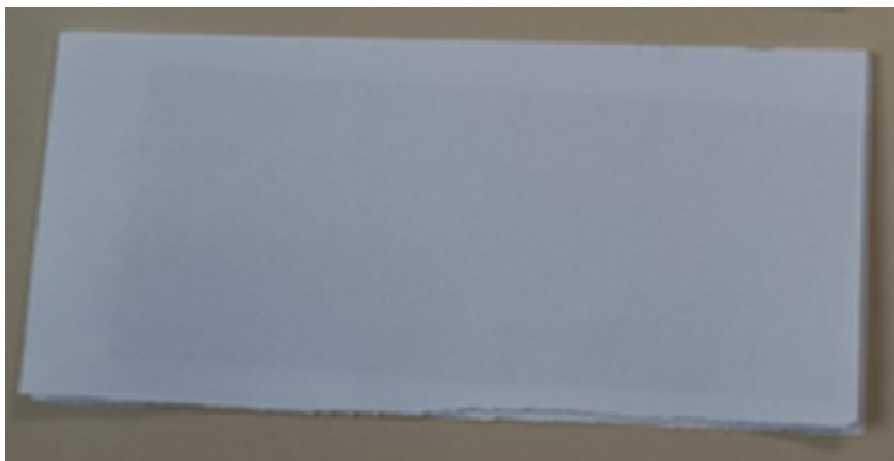


Figura 26: Dielétrico do capacitor feito de papel A4

- Cortar os fios de 1mm em pedaços de 10cm. Deve ser cortado um pedaço da cor preta e pedaço da cor vermelho para cada placa, descascar as duas pontas do fio.

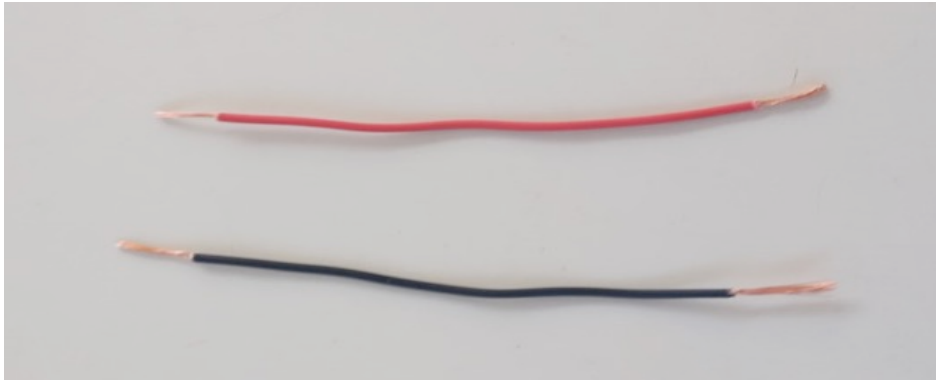


Figura 27: Fios descascados para o capacitor

- Colocar a placa de alumínio sobre a placa de papel A4 centralizando ao meio, deixando sobrar um centímetro para cada lado. Fixar as placas de alumínio com um pedaço de fita isolante.



Figura 28: Fixação das placas no dielétrico.

- Colocar os fios com as pontas descascadas em contato com as placas, um para cada placa e prende a extremidade com um pedaço de fita. Os fios devem, ser colocados nas extremidades contrária de cada placa.



Figura 29: Eletrodos conectados nas placas do capacitor.

- Com um lápis, comece o processo de enrolar os capacitores, essa técnica deve ser realizada com muito cuidado para que os capacitores fiquem bem apertados, caso contrário influenciará no resultado da capacitância.

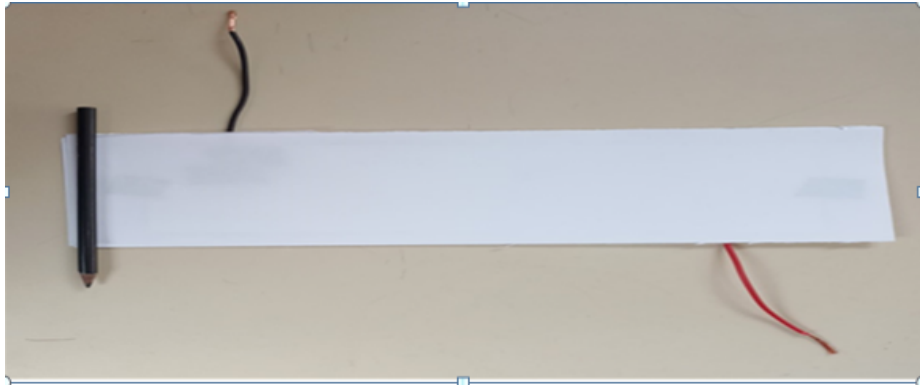


Figura 30: Processo de enrolamento do capacitor.

- Após enrolar o capacitor, prender as bordas das folhas com uma fita isolante para que o capacitor não desenrole.



Figura 31: Capacitor enrolado bem apertado.

- Capacitor montado pronto para medir a capacitância.



Figura 32: Capacitor enrolado bem apertado.

No caso da construção de mais de um capacitor, deve-se numerá-los para identificar a capacitância associada a cada um deles durante os experimentos,

5.3 - Medida da capacitância individual de cada capacitor construído.

A capacitância mede a quantidade de energia eletrostática armazenada nas placas de um capacitor, esses valores de energia podem ser medidos com um capacímetro. Na construção dos capacitores da tabela abaixo foi utilizado um multímetro com capacímetro para efetuar as medidas de capacitância.

Na tabela, podemos observar uma variação dos valores obtidos na medição. Essa variação da capacitância está associada as dimensões das placas do capacitor, isto é, a quantidade de cargas armazenadas é proporcional a área das placas.

Tabela 3: Medidas das capacitâncias.

Capacitor.	Área da placa do capacitor (m^2).	Capacitância (nF).
01	0,0132	3,09
02	0,0161	5,38
03	0,0192	7,45
04	0,0225	8,87

05	0,0260	11,21
----	--------	-------

5.4 - Medida da tensão e capacitância do circuito em paralelo.

Na associação em paralelo, o objetivo é obter a soma dos capacitores conectados paralelamente a uma bateria. O potencial elétrico em cada capacitor igual o potencial elétrico da bateria. Assim, os capacitores se comportam como se fosse um capacitor equivalente, e a capacitância é igual a somatória da capacitância de cada capacitor.



Figura 33: Tensão da bateria do circuito.

O circuito abaixo é formado por cinco capacitores ligados em paralelo entre si, de acordo com os conceitos já mencionados anteriormente, a tensão do circuito deve ser a mesma da fonte (bateria) que alimenta o circuito.

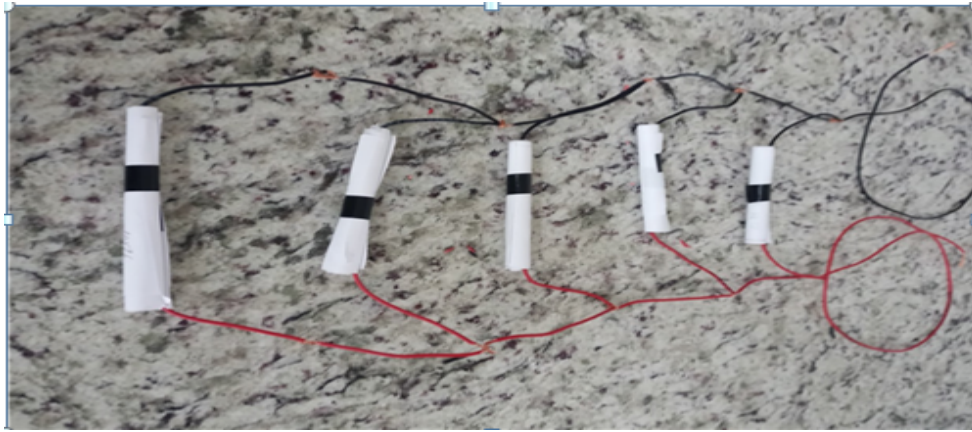


Figura 34:Circuito formado por cinco capacitores ligados em paralelo.

A bateria está conectada ao circuito, a tensão total do circuito é aproximadamente igual a tensão da bateria. Todos os capacitores são submetidos a mesma diferença de potencial igual a da bateria. Conforme descrito acima, o valor obtido do potencial da bateria foi de 8,34V para um valor medido no circuito de 8,31V.

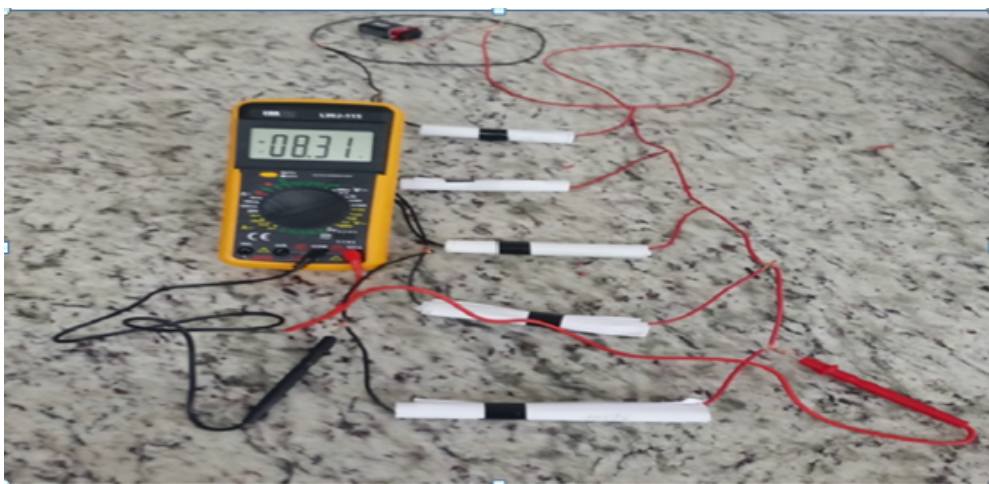


Figura 35:Tensão aplicada ao circuito em paralelo.

A capacitância total do circuito ligados em paralelo deve ser igual a soma das capacitâncias de cada capacitor, tendo em vista que, os cinco capacitores equivale a somatória dos capacitores medidos na tabela acima, correspondendo a 39,9nF.



Figura 36: Medida da capacitância do circuito em paralelo.

5.5 - Medida da tensão e capacitância do circuito em série.

No circuito em série, os capacitores são ligados um após o outro, de forma que conecta um terminal positivo com um terminal negativo, até que o circuito seja formado, assim a capacitância equivalente pode ser determinada tomando como o inverso da soma de cada capacitor. Desta forma, teremos uma capacitância menor no circuito equivalente, isto é, a carga se divide em cada capacitor.

O potencial elétrico do circuito se divide entre os capacitores, de forma que no circuito inteiro teremos um potencial elétrico menor do que a fonte. Para o circuito a baixo, obtemos um potencial de 0,092V.

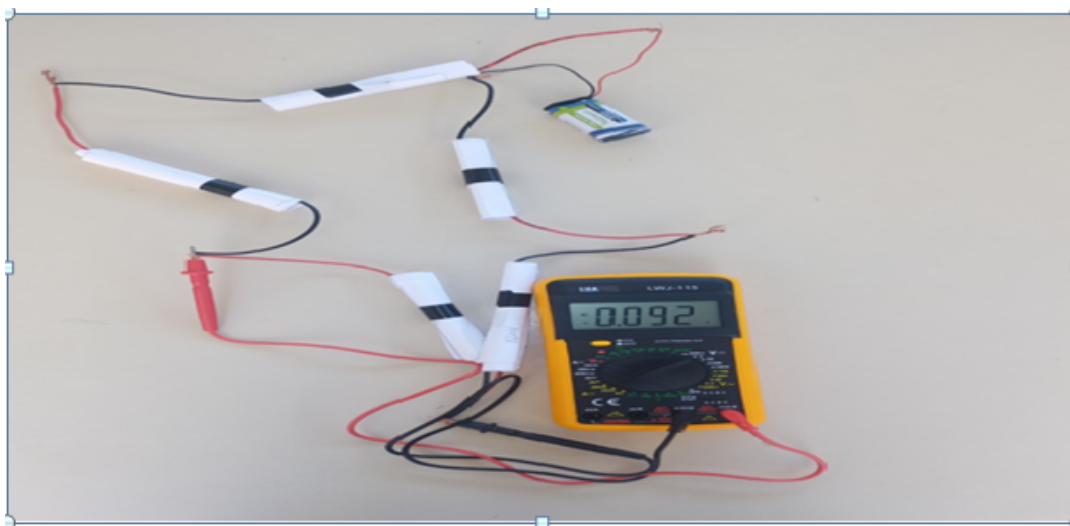


Figura 37: Medida da tensão do circuito em série.

No circuito abaixo, os cinco capacitores estão ligados em série, o capacitor equivalente é o inverso da soma de cada capacitor, reduzindo em uma capacitância menor, o valor obtido nesse circuito corresponde a 0,90 nF.



Figura 38: Medida da capacitância do circuito em série.

5.6 - Medida dos capacitores cortado ao meio e comparação dos resultados.

A capacitância também pode ser determinada através da área da placa do capacitor, assim, a quantidade de cargas também esta relacionada com o tamanho da área da placa do capacitor, bem como a distância entre elas. A tabela abaixo mostra está relação quando

Capacitor.	Número do capacitor.	Área da placa do capacitor (m ²).	Capacitância (nF).
Capacitor sem cortar.	00	0,026	7,27
Capacitor cortado ao meio.	01	0,013	3,44
Capacitor cortado ao meio.	02	0,013	4,11

cortamos um capacitor ao meio.

Tabela 4: Capacitância dos capacitores cortados ao meio.

A grandeza física que mede a quantidade de cargas armazenadas em um capacitor é a capacitância, por sua vez, o capacitor que tem um formato geométrico mais simples é o capacitor de placas paralelas. Esse tipo de capacitor tem em sua expressão matemática uma relação muito importante com capacitância, a área da placa. Quanto maior a área, maior a capacitância.

Conforme mencionado anteriormente, a equação abaixo está definida para capacitor de placas paralelas, nesse caso, a capacitância está relacionado com os fatores geométricos que envolvem a placa do capacitor. Conforme a equação a seguir,

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}.$$

A equação acima mostra que a capacitância depende de uma constante que influencia diretamente no resultado da capacitância do capacitor, a permissividade dielétrica do meio que separa as placas do capacitor. De modo geral, podemos dizer que, quanto maior for a permissividade dielétrica do meio que envolve as placas, maior a sua capacitância, assim, para o capacitor acima foi utilizado o papel como meio dielétrico, com isso, podemos substituir ε_0 por ε_p (*permissividade dielétrica do papel*), e substituindo na equação fica:

$$C = \frac{\varepsilon_p A}{d}.$$

O papel de formato (A4), usado na construção dos capacitores é muito utilizado no ambiente escolar, por isso é de fácil acesso, tem sua espessura definida de acordo com a sua gramatura e varia entre 90g e 115g. Conforme a tabela abaixo, sua espessura está entre 0,08 mm a 0,10 mm.

Tabela 5: Especificação de gramatura e espessura de papel [34].

Tabela de espessuras	
<i>Couché (brilho/fosco)</i>	
gramatura	espessura da folha
80	0,06 mm
90	0,08 mm
115	0,10 mm
150	0,14 mm
170	0,15 mm
230	0,21 mm
<i>Off-set / Reciclato</i>	
gramatura	espessura da folha
75	0,10 mm
90	0,12 mm
120	0,16 mm
150	0,20 mm
180	0,24 mm
240	0,32 mm

Para comprovação dos valores especificados na tabela acima, foram feitas várias medidas da espessura do papel (A4) usando um Paquímetro digital conforme especificados abaixo. O paquímetro digital é utilizado para leitura rápida, é livre de erro de paralaxe e ideal para controle estatístico [41, p.119].



Figura 39: Medida da espessura das folhas individuais.



Figura 40: Medida da espessura das dez folhas juntas.

Foram realizadas dez medidas em dez folhas de papel (A4) aleatórios, em seguida, foram medidas às dez folhas juntas de uma só vez. Conforme a tabela abaixo, os resultados obtidos não sofreram grandes variações, para efeito de cálculo, o valor médio foi fixado em 0,09 mm.

Tabela 6: Medida da espessura das folhas de papel A4.

Número da folha.	Valor medido em (mm).
01	0,09
02	0,09
03	0,08
04	0,09
05	0,08
06	0,08
07	0,09
08	0,08
09	0,09
10	0,09
Valor médio.	0,086

Considerando que a distância entre as placas do capacitor seja igual à espessura do papel A4 em toda a extensão da placa e, usando um valor médio de 0,09 mm como sendo a distância entre as placas, em metros, juntamente com os valores obtidos na tabela acima podemos determinar o valor de ϵ_p da seguinte forma,

$$\epsilon_p = \frac{Cd}{A} = \frac{(7,27 \times 10^{-9}) \cdot (9 \times 10^{-5})}{26 \times 10^{-3}} = 2,52 \times 10^{-11} \frac{F}{m}.$$

A permissividade dielétrica de um material pode ser escrita como $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$, em que ε_0 é a constante dielétrica do vácuo e vale $8,85 \times 10^{-12}$ F/m e, ε_r é a permissividade relativa do material, em muitos casos, leva o nome de constante dielétrica relativa. De acordo com a tabela abaixo, a constante dielétrica relativa ε_r do papel seco é 2,5.

Tabela 7: Constantes dielétricas relativas de alguns materiais.

Material.	Constante dielétrica (ε_r)
Vácuo.	1,0
Ar.	1,0006
Teflon.	2,0
Papel (seco).	2,5
Poliestireno.	2,5
Borracha.	3,0
Óleo (transformador).	4,0
Mica.	5,0
Porcelana.	6,0
Vidro.	7,5
Óxido de tântalo.	30,0
Água (destilada).	80,0
Cerâmica.	7500,0

Figura
referência

adaptada da
[35,p.230].

Para encontrar a constante de permissividade do papel, basta multiplicar 2,5 pela permissividade dielétrica no vácuo.

Assim,

$$\varepsilon = 2,5 \cdot (8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}) = 2,21 \times 10^{-11} \frac{\text{F}}{\text{m}}.$$

Comparando os dois valores, podemos dizer que os dados foram bem satisfatórios, chegando bem próximo dos valores obtido no experimento.

Pode-se afirmar que a capacitância é proporcional a área das placas e inversamente proporcional à distância entre as placas. Conforme a tabela acima, observa-se que os valores da capacitância do capacitor (00) de placas paralelas ao ser medido a capacitância, obteve-se um valor de 7,27nF, esse valor, refere-se a uma área de 0,026m² da placa do capacitor. Considerando que a distância entre as placas sejam a mesma para todos os capacitores, ao dividir esse mesmo capacitor ao meio, obteve-se uma área de 0,013m² para cada parte do capacitor. Ao medir a capacitância de cada parte individualmente, obteve um valor muito próximo do capacitor principal quando somada as duas partes, o que satisfaz a exigência do experimento. Veja as figuras abaixo.

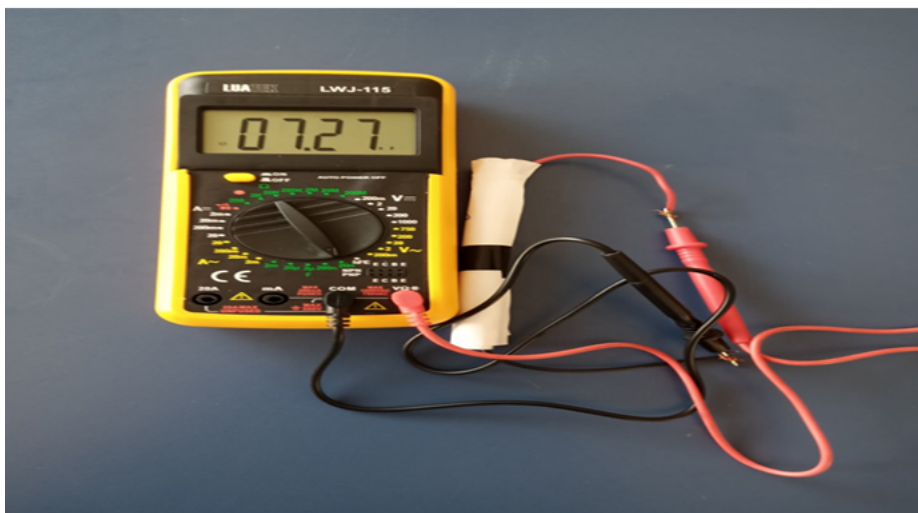


Figura 41: Capacitor sem cortar.

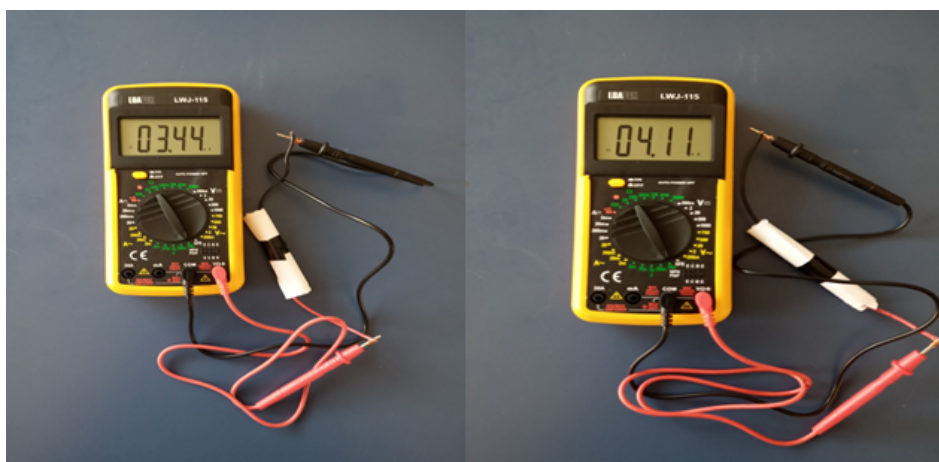


Figura 42: Capacitores cortados ao meio.

CAPITULO 6 - APLICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD).

6.1 - Conceitos de uma sequência didática.

Podemos conceituar uma sequência didática como sendo um procedimento com várias atividades conectadas. Ou seja, um conjunto de atividades planejadas e articuladas com intenção de atingir um objetivo didático partindo da perspectiva daquilo que o aprendiz já sabe ou, que deveria fazer parte da formação básica desse indivíduo. Sendo assim, devemos identificar aquilo que ele já sabe para dar significado a sua aprendizagem. Então, é preciso assumir que uma sequência didática, além de ser uma excelente ferramenta de trabalho, ela é também um meio de organizar os conhecimentos a serem trabalhados em sala de aula para que facilitem a aprendizagem.

Podemos dizer que uma sequência didática é uma forma de sequenciar o conteúdo a ser aprendido, isso torna o entendimento mais fácil permitindo fazer conexões com os demais conceitos envolvidos. Nesse contexto, fica claro que, no âmbito escolar, a sequência didática pode produzir um aprendizado de qualidade, desde que seja aplicada de forma correta e fazendo conexão com os subsunçores associados.

Uma das formas de fazer isso é partindo do conceito mais simples para que possa dar significado à sequência didática, particularmente no caso em que o conceito não seja bem desenvolvido, o entendimento fica comprometido, podendo não alcançar os objetivos de quem aprende. Conforme explicado acima, é importante estimular e buscar a melhor forma de entendimento para obter êxito na formação da sequência didática. O caminho para isso passa por entender e fazer as conexões de forma correta. De acordo com FRANCO (2021,p.431), escrever uma sequência didática é colocar em prática aquilo que desejamos alcançar em nosso propósito.

A melhor maneira de compreender esse processo de organizar metodologicamente uma sequência didática é, considerar que uma atividade está interligada a outra. Não se trata de um processo aleatório, isto porque os raciocínios lógicos das atividades estão interligados para dar sentido um ao outro. É pertinente trazer à tona que sem essa visão, a sequência didática se torna inadequada não atingindo o seu verdadeiro objetivo.

Logo, é indiscutível a importância dessa ferramenta para podermos melhorar nossos índices educacionais bem como para atingir as metas impostas pelos sistemas educacionais.

Nesse sentido, é primordial que essa ferramenta seja cada vez mais aperfeiçoada e, readaptada de acordo com cada instituição de ensino.

6.1.1 - Sequência didática.

Descrição das atividades das aulas programadas.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA			
Construção de capacitores de placas paralelas			
Número de aulas	Recurso Didático	Descrição das atividades	Produção
1	Aula Expositiva (Quadro ou Projetor).	- Aplicar os conceitos envolvidos em capacitor de placas paralelas.	- Fazer anotações no caderno. - Esclarecer dúvidas que surgirão durante a explicação.
2	- Vídeo: demonstração da garrafa de Leyden. - https://youtu.be/xFZ8mbHRSto?t=14 Verificação do nível de aprendizagem sobre capacitor de placas paralelas. (Pré-teste).	- Assistir o vídeo de apresentação da garrafa de Leyden. - Aplicar pré-teste relacionado ao capacitor.	- Fazer anotações e tirar dúvidas que surgirão durante a apresentação do vídeo. - Responder o questionário de acordo com que foi aprendido na explicação teórica sem a interferência direta do professor.
3	Aula experimental (Laboratório).	- Preparar o material para construção de diversos capacitores de placas paralelas.	- Cortar as placas em diversos tamanhos. - Montar os capacitores de acordo com o tamanho das placas. - Medir a capacitância de cada capacitor. - Fazer as anotações dos valores obtidos.
4	Aula experimental (Laboratório).	- Montar circuitos em série e medir a capacitância.	- Fazer as anotações dos valores obtidos. - Analisar os dados e associar com os conceitos relacionados ao circuito em série.
5	Aula experimental (Laboratório).	- Montar circuitos em paralelo.	- Fazer as anotações dos valores obtidos. - Analisar os dados e associar com os conceitos relacionados ao circuito em paralelo.

6	Aula experimental (Laboratório).	- Cortar um capacitor ao meio. - Medir as capacitâncias de cada parte, em série e em paralelo.	- Analisar os valores obtidos. - Fazer comparação com o resultado da capacitância do mesmo capacitor antes de cortar.
7	Aula Expositiva (Quadro ou Projetor).	- Aplicar questionário (teste) para verificar o nível de aprendizagem.	-Responder questionário teste.

6.2 - ROTEIROS PEDAGÓGICOS

6.2.1 - Local de desenvolvimento e aplicação do produto educacional.

Ensinar é um processo dinâmico tanto para quem ensina quanto para quem aprende. Ensinar física possibilita o aluno conhecer e entender com mais clareza os fenômenos da natureza e compreender um pouco mais como eles acontecem. Para ensinar, podemos recorrer às práticas experimentais. Desta forma, a aula fica mais atraente e proporcionando aos alunos uma interação com os fenômenos envolvidos; isso por que eles podem ver e tocar objeto de estudo e entender melhor o mundo em que estão inseridos.

O professor por sua vez, deve levar o aluno a entender que a física está presente no nosso dia-a-dia. Isso faz parte da nossa rotina diária. O entendimento de física pode tornar nossas tarefas mais fáceis de serem executadas. Assim, uma das formas de fazer com que os alunos entendam alguns conceitos físicos é levando experimentos para sala de aula. Isso porque ajuda no desenvolvimento do aluno, motivando-o pela busca de novas descobertas e associando-o com sua rotina diária. É muito comum ouvirmos relatos de alunos associando coisas que presenciou no trabalho ou até mesmo nas ruas com a física; mesmo sem ter o devido conhecimento eles buscam uma resposta que possa trazer algum tipo de esclarecimento para ele. Nesse sentido, as aulas experimentais podem auxiliar para introduzirmos novos conceitos físicos, propiciando um entendimento de qualidade.

O produto educacional foi aplicado na Escola Estadual Dr. Mário de Castro, que está localizada na Avenida Integração Três no bairro Pedra 90 Cuiabá Mato Grosso. A escola trabalha com alunos na modalidade de ensino fundamental e médio, sendo que no fundamental, a faixa etária é de 9 a 14 anos de idade e no ensino médio alunos acima de 14 anos de idade.

O produto educacional foi desenvolvido e aplicado aos alunos da terceira série do ensino médio, isso porque, para ter um bom aproveitamento no entendimento de capacitor, o aluno devera já possuir em sua estrutura cognitiva os conceitos de cargas elétricas, bem como outros conceitos associados ao eletromagnetismo, campo elétrico, força elétrica e potencial elétrico. Os alunos dessa série já possuíam esses conceitos.

Na realização do trabalho em laboratório, foi necessário fotografar os alunos na montagem do capacitor, porém as imagens dos alunos foi parcialmente modificada colocando-se uma tarja preta sobre os olhos dos alunos.

A Escola Estadual Dr. Mário de Castro funciona em dois prédios, sendo um inaugurado recentemente onde funciona nos três períodos (matutino, vespertino e noturno) sendo nos dois primeiros períodos com a modalidade de ensino fundamental do sexto ao nono ano e no período noturno com ensino médio da primeira à terceira série do ensino médio. No prédio antigo, a modalidade de ensino corresponde ao ensino fundamental do quarto ao quinto ano, somente nos períodos matutino e vespertino.

Em todas as modalidades de ensino, a Escola Estadual Dr. Mário de Castro possui uma totalidade de dois mil alunos matriculados nos dois prédios, sendo uma das maiores escolas da região sul de Cuiabá. Por ser uma região periférica de Cuiabá, o Pedra 90 fica cerca de 16 km de distância do centro de Cuiabá, a população local chega em torno de cem mil habitantes. A escola possui uma estrutura ampla, com laboratório de física ainda em fase de montagem, porém, sendo possível a prática de alguns experimentos.



Figura 43: Foto da Escola Estadual Dr. Mário de Castro.6.2.2 - Diagrama sequencial das aulas.

As aulas foram aplicadas de acordo com a sequência didática a abaixo. Durante a execução deste trabalho, foram utilizadas sete aulas, desde a aplicação dos conceitos até a obtenção do

resultado final. Porém, o professor na aplicação do produto pode reajustar o cronograma de atividades para um tempo menor, contudo, isso vai depender do tempo de aula e quantidade de alunos em sala de aula. Baseado nesses fatores, o tempo de aula pode ser bem flexível e adaptado de acordo com cada realidade escolar.

Tabela 8: Sequência das aulas aplicadas

Aula 01	Conceitos associados ao capacitor.
Aula 02	Vídeo demonstrativo garrafa de Leyden.
Aula 03	Montagem dos capacitores.
Aula 04	Montagem dos capacitores em série.
Aula 05	Montagem dos capacitores em paralelo.
Aula 06	Capacitor cortado ao meio.
Aula 07	Diagnóstico da ocorrência de aprendizagem.

6.3 - APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.

6.3.1 - Aula 01.

Durante a aplicação desta aula, foram feitas várias indagações aos alunos sobre o tema

Conceitos associados ao capacitor					
Aulas.	Método.	Atividade.	Objetivos Específicos.	Produção dos alunos.	Tempo de execução.
I	- Aula Expositiva (Quadro ou Projetor).	- Aplicar os conceitos envolvidos em capacitor de placas paralelas.	- Saber o que é um capacitor.	- Fazer anotações no caderno. - Esclarecer dúvidas relacionadas ao conteúdo.	- 45 minutos.
			- Entender qual é a principal função do capacitor.		
			- Entender os conceitos envolvidos no capacitor.		
			- Compreender as equações que envolvem capacitor.		
			- Aprender a calcular a capacitância.		

capacitor. As perguntas foram feitas aleatoriamente e de forma simples, com intenção de descobrir de alguma forma algum subconsciente associado ao capacitor.

A principal função do capacitor é a de armazenar cargas elétricas. Esta propriedade foi a principal intenção em fazer indagações aos alunos fazendo perguntas relacionadas ao dispositivo, constituindo uma tentativa de buscar ou introduzir de alguma forma o conceito, “armazenar”.

O objetivo era descobrir o que eles sabiam antes que pudessemos dar início a aula propriamente dita. Isso foi importante para despertar a curiosidade dos alunos como um todo. Uma das perguntas feitas foi: o que é capacitor? Nesse momento, a sala permaneceu em silêncio, pois percebi que eles estavam tentando buscar uma resposta para essa pergunta. Após alguns instantes em silêncio, as respostas foram surgindo. Alguns me responderam, era alguma coisa de energia, outros disseram ter a ver com gerar alguma coisa relacionada com a rede elétrica. Com isso foi possível perceber que, mesmo sem conhecer o dispositivo propriamente dito, muitos conseguiram dar algumas respostas, mesmo que erroneamente, tinham algum sentido para eles. Nesse momento foi possível introduzir os conceitos associados ao capacitor.

Durante a exposição os alunos começaram me responder que já tinham visto um capacitor em uma placa eletrônica, mas não sabiam que se tratava de um capacitor. Isso foi muito importante, porque assim foi possível dar significado a aula e despertar o interesse dos alunos. Com isso, a aula passou a ter mais sentido. Partindo desse pressuposto, segundo Ausubel, temos que partir daquilo que o aluno já sabe e dar significado aos seus conhecimentos. Segundo Ausubel, a essência do processo de aprendizagem significativa reside em que idéias expressas simbolicamente são relacionadas de uma maneira não-arbitrária e não-literal com aquilo que o aprendiz já sabe, ou seja, com algum aspecto existente, e especificamente relevante, de sua estrutura cognitiva preexistente, como uma imagem, um símbolo já significativo, um conceito ou uma proposição [19, p.32].

Podemos afirmar que a aula inicial atraiu a atenção dos alunos e eles começaram a pensar além dos limites da sala de aula. Sendo assim, o objetivo da aula havia sido alcançado.

6.3.2 - Aula 02.

Vídeo demonstrativo garrafas de Leyden.					
Aulas.	Método.	Atividade.	Objetivo.	Produção dos alunos.	Tempo de execução.
II	- Vídeo: demonstração da garrafa de Leyden. https://youtu.be/xFZ8mbHRSto?t=14	- Assistir o vídeo de apresentação da garrafa de Leyden.	- Conhecer o contexto histórico do capacitor.	- Fazer anotações e tirar dúvidas que surgirão durante a apresentação.	15 minutos.
			- Compreender a evolução do capacitor ao longo dos tempos.		
			- Entender como o capacitor foi construído pela primeira vez.		30 minutos.

	- Verificação do nível de aprendizagem sobre capacitor de placa paralela. (Pré-teste).	- Aplicar pré-teste relacionado ao capacitor.	- Verificar o nível de aprendizagem antes da aula experimental.	- Responder o questionário de acordo com que foi aprendido na explicação teórica sem a interferência direta do professor.	
--	--	---	---	---	--



Figura 44: : Evolução dos capacitores.

Para conhecer um pouco mais sobre a física relacionada aos capacitores, foram apresentados aos alunos em sala de aula alguns modelos de capacitores de tamanho diferente, onde estes puderam tocar e observar os seus formatos. Como consequência, alguns alunos questionaram o que tinha dentro do capacitor, sendo assim, o momento certo para falar das placas paralelas e como elas se comportavam dentro do capacitor.

O uso de materiais físicos nas estratégias pedagógicas é muito importante para estimular o interesse dos alunos, pois estes desenvolvem o raciocínio e o pensamento lógico, interagindo na mente do aluno para formar novos subsunçores. Além disso, os materiais podem criar um ambiente que propicia novas descobertas e investigações que contribuem para o

desenvolvimento do aluno em adquirir conhecimentos, desenvolvendo novas competências e habilidades para aprender e enriquecer os seus conhecimentos.

A seguir apresentamos um questionário voltado ao estudo dos conceitos relacionados às propriedades físicas do capacitor elétrico. As perguntas foram pensadas e elaboradas de forma aleatória numa tentativa de fazer com que os alunos pudessem entender os conceitos que envolvem a física do capacitor e sua importância nos equipamentos elétricos.

O questionário foi aplicado a uma turma de 27 alunos que puderam responder sem a interferência ou a ajuda do professor e sem consultar nenhum material, livro ou equipamentos eletrônicos, etc.

1) O que é um capacitor? Faça uma breve descrição sobre esse dispositivo, como ele é constituído.

Resposta esperada: É um dispositivo elétrico que tem como principal função armazenar cargas elétricas. Sua forma mais simples é composta de duas placas paralelas separadas por dielétrico.

2) Qual a principal função do capacitor?

Resposta esperada: Armazenar energia elétrica.

3) O que tem entre as placas de um capacitor?

Resposta esperada: Entre as placas de um capacitor é preenchido com um material dielétrico.

4) O que significa a capacitância (C) do capacitor?

Resposta esperada: é a capacidade que um capacitor tem de armazenar cargas elétricas.

5) Um capacitor foi eletrizado com carga $q = 12 \text{ nC}$ e assim, a diferença de potencial entre suas armaduras é $V = 3,0 \text{ volts}$.

a) Qual a capacitância do capacitor?

Resposta esperada: $C = \frac{q}{V} = \frac{12 \times 10^{-9}}{3,0} = 4 \times 10^{-9} = 4 \text{ nC}$.

b) Qual será a diferença de potencial entre as placas se o capacitor for eletrizado com carga $q' = 48 \text{ nC}$?

$$V' = \frac{q'}{C} = \frac{48 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-9}} = 12 \text{ V}.$$

6) Armazena-se, entre as placas de um capacitor, uma quantidade de carga igual a 2 mC , sob uma energia potencial elétrica de 1 mJ . Assinale, entre as alternativas abaixo, aquela que apresenta corretamente a sua capacitância.

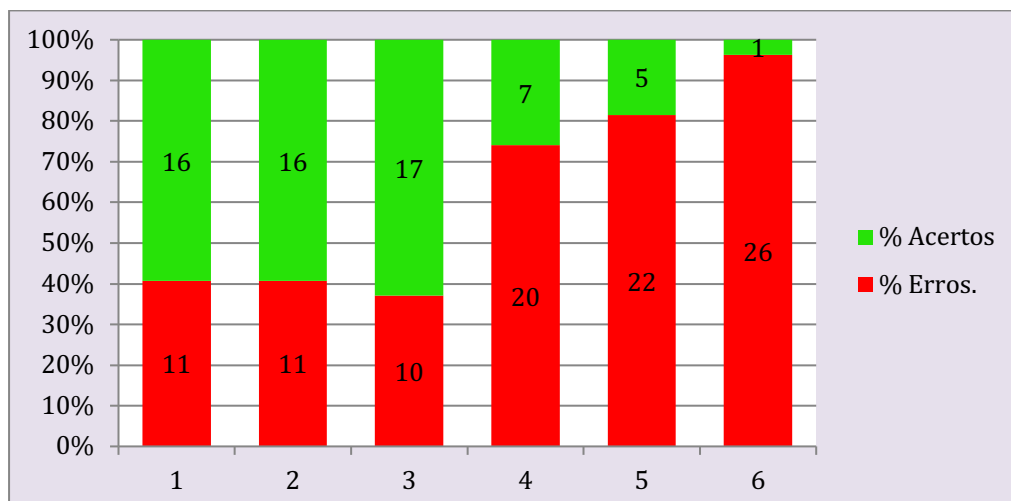
Resposta esperada:

$$V = \frac{q^2}{2C} = 1 \times 10^{-3} = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{2C} = 2C = \frac{(4 \times 10^{-6})}{1 \times 10^{-3}} = C = 2,0 \times 10^{-3} \text{ F} = 2,0 \text{ mF}$$

a) $5,0 \text{ nF}$ b) $10,0 \text{ } \mu\text{F}$ c) $2,0 \text{ mF}$ d) $20,0 \text{ pF}$ e) $2,0 \text{ } \mu\text{F}$

Avaliação do pré-teste.

Na aplicação do pré-teste observou-se muita dificuldade em alguns alunos, principalmente nas questões que envolvem cálculo com notação científica. Apesar dos conceitos físicos relacionados ao capacitor já tivessem sido apresentados em sala de aula e, por ser um dispositivo de pouca visibilidade no cotidiano, devido a sua instalação ficar geralmente na parte interna dos equipamentos e circuitos elétricos, foram poucos os alunos que já tinham visto esse dispositivo e os que já tinham visto, não sabiam exatamente a função do capacitor.



No Gráfico 1, podemos observar que nas questões 1 a 4 os alunos tiveram um total de acertos entre 30 e 60% dos alunos que fizeram o pré-teste. Porém, nas questões que envolvem cálculo matemático esse percentual caiu drasticamente, mostrando uma deficiência dos alunos principalmente nos cálculos que envolvem notação científica em potência de dez. Pela análise do gráfico acima, ficou evidente essa deficiência, mostrando que ao aplicar os conceitos relacionados à capacitância, devem-se reforçar principalmente os conceitos relacionados à notação científica.

6.3.3 - Aula 03

Montagem dos capacitores.					
Aula.	Método.	Atividade.	Objetivo.	Produção dos alunos.	Tempo de execução.
III	Laboratório de Física.	- Aula experimental.	Preparar o material para a montagem do capacitor.	- Cortar as placas em diversos tamanhos.	- 45 minutos
				- Montar os capacitores de acordo com o tamanho das placas.	
				- Medir a capacitância de cada capacitor.	
				- Fazer as anotações dos valores obtidos.	

Essa aula foi importante para os alunos irem de encontro com a prática, muitos deles já estavam ansiosos para o momento de preparar o material para a experimentação. É nessa hora que observamos a importância que uma aula de laboratório pode proporcionar para a aprendizagem dos alunos.

Uma aula experimental representa o encontro da teoria com a prática, ou seja, aquilo que é tratado em sala de aula pelo professor passa a ser comprovado em razão da prática experimental, seja no laboratório ou na própria sala. Uma atividade experimental visa o contato direto do aluno com os materiais pertencentes ao experimento. No ensino de física esse contato é fundamental, devido ao fato da física ser uma ciência que explica fenômenos relacionados à natureza. No contexto educacional, a prática experimental não é somente testar uma teoria. Ela deve servir de ponte cognitiva para entender outras teorias e, assim, ajudar na formação de conceitos relacionados a subsunçores que já fazem parte da estrutura cognitiva do aprendiz. Nas aulas experimentais, percebe-se que os alunos ficam mais atentos ao assunto, com isso, há uma maior interação com o conteúdo aplicado, contextualizando a atividade com perguntas relacionadas ao tema em estudo, como aquelas apresentadas no pré-teste.



Figura 45: Construção dos capacitores no laboratório de Física.

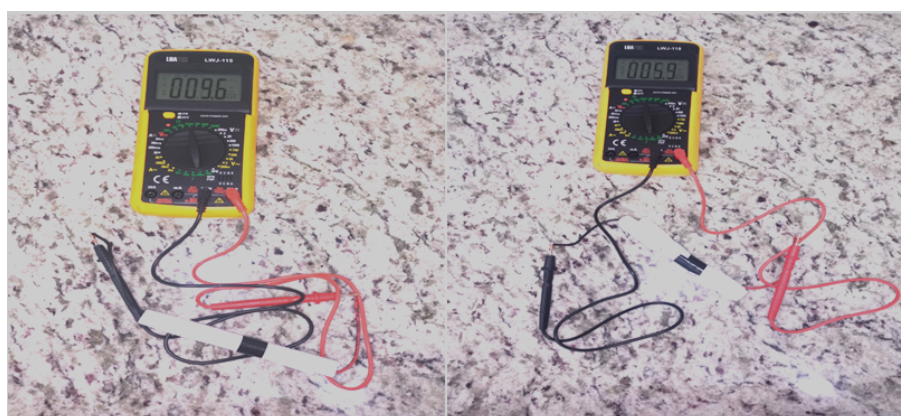


Figura 46: Medida individual dos capacitores.

6.3.4 - Aula 04

Montagem do circuito em série.					
Etapas.	Método.	Atividade.	Objetivo.	Produção dos alunos.	Tempo de execução.
IV	Laboratório de Física.	- Aula experimental.	Montar circuitos em série.	- Fazer as anotações dos valores obtidos.	45 minutos.
				- Analisar os dados e associar com os conceitos relacionados ao circuito em série.	

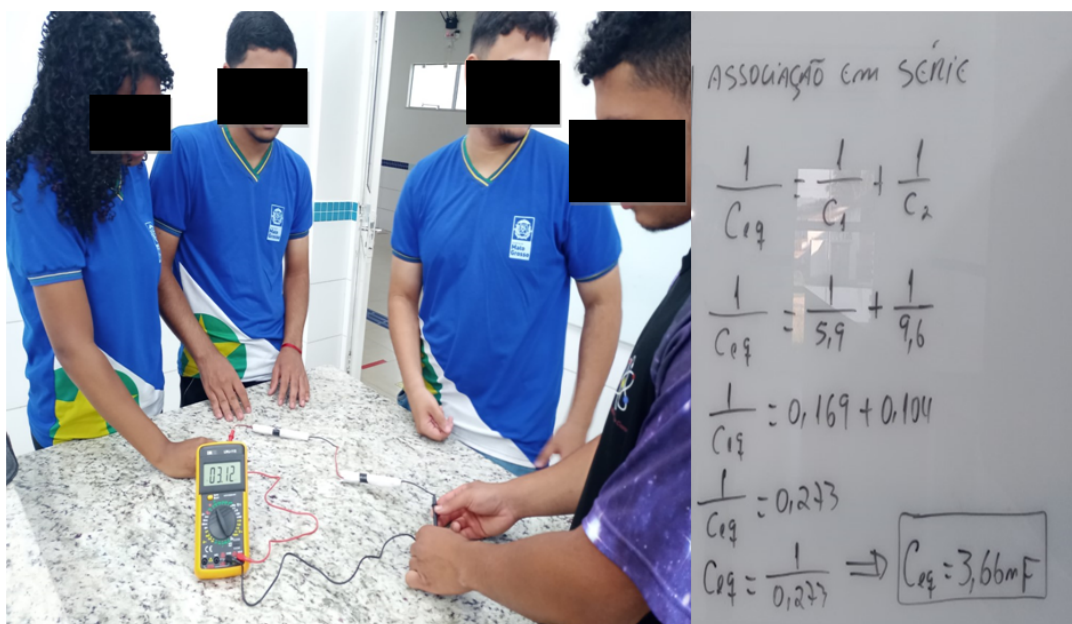


Figura 47: Medida da associação de circuito em série à esquerda e o cálculo da capacitância equivalente à direita.

No procedimento experimental em sala de aula, foram construídos dois capacitores e medidos as capacitâncias de cada capacitor pelos próprios alunos.

Para medir a capacitância de dois ou mais capacitores ligados em série foram conectados os terminais positivos com os terminais negativos, conforme já indicado anteriormente no diagrama de circuito elétrico, veja figura 26. A fotografia acima mostra como os capacitores estão conectados, bastando ligar um fio vermelho com um fio preto, até fechar o circuito e conectar cada ponta do circuito no capacímetro para efetuar a leitura.

A figura 26 à direita, mostra a obtenção da capacitância equivalente a partir dos valores medidos de cada capacitor individualmente. Devido ao capacitor carregar e descarregar muito

rápido, (o fenômeno ocorre em fração de segundos) os valores medidos em relação aos valores calculados para os mesmos capacitores em série, não são tão precisos conforme o esperado, havendo uma pequena variação nas casas decimais, mas que não compromete o resultado final do experimento. Os valores medidos nos dois capacitores em série foi de 3.13nF, para um valor calculado de 3,66 nF.

6.3.5 - Aula 05.

Montagem do circuito em paralelo.					
Etapas.	Método.	Atividade.	Objetivo.	Produção dos alunos.	Tempo de execução.
V	Laboratório de Física.	- Aula experimental.	Montar circuitos em paralelo	- Fazer as anotações dos valores obtidos. - Analisar os dados e associar com os conceitos relacionados ao circuito em série.	45 minutos

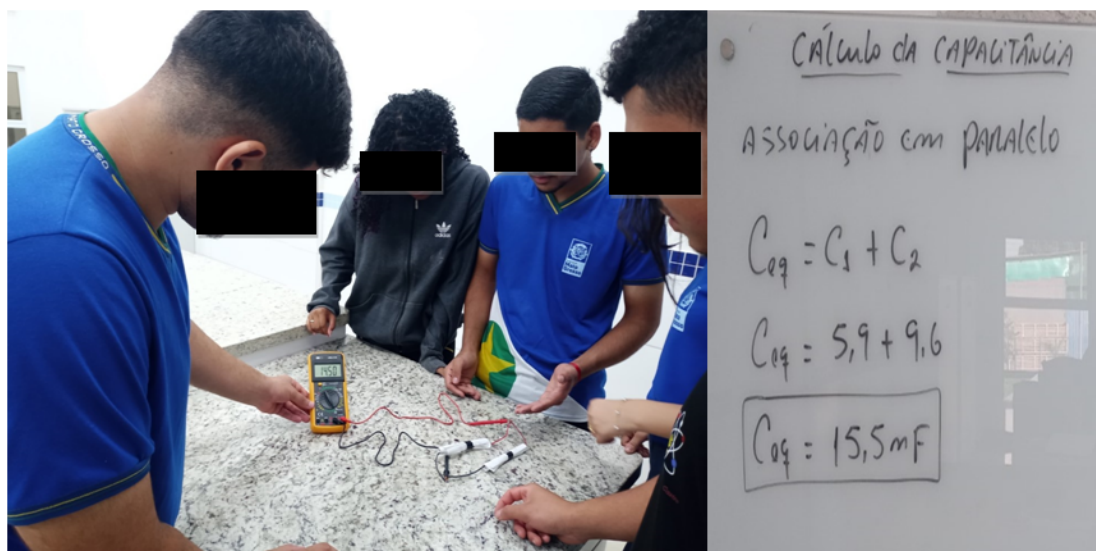


Figura 48: Medida da associação de circuito em paralelo à esquerda e o cálculo da capacitância equivalente à direita.

No circuito em paralelo, a ligação é feita da seguinte forma: ligam-se os pólos positivos dos capacitores paralelamente aos pólos negativos e, depois, conecta-se o dispositivo no capacímetro para fazer a medição. A capacitância equivalente é calculada somando-se os valores medidos individualmente de cada capacitor da associação em paralelo. Para os capacitores acima o valor medido foi 14,5nF para um valor calculado de 15,5nF, havendo assim, uma pequena diferença, como mencionada anteriormente.

6.3.6 - Aula 06.

Capacitor cortado ao meio.					
Etapas.	Método.	Atividade.	Objetivo.	Produção dos alunos.	Tempo de execução.
VI	Laboratório de Física.	- Aula experimental	- Cortar um capacitor ao meio.	- Analisar os valores obtidos.	45 minutos
			- Medir a capacitância das partes em série e em paralelo.	- Fazer comparação com o resultado da capacitância do mesmo capacitor antes de cortar.	

Essa aula foi utilizada para comparar a capacitância levando em consideração a geometria das placas, foi medida a capacitância de um capacitor, dividido a placa ao meio para comprovar a teoria.

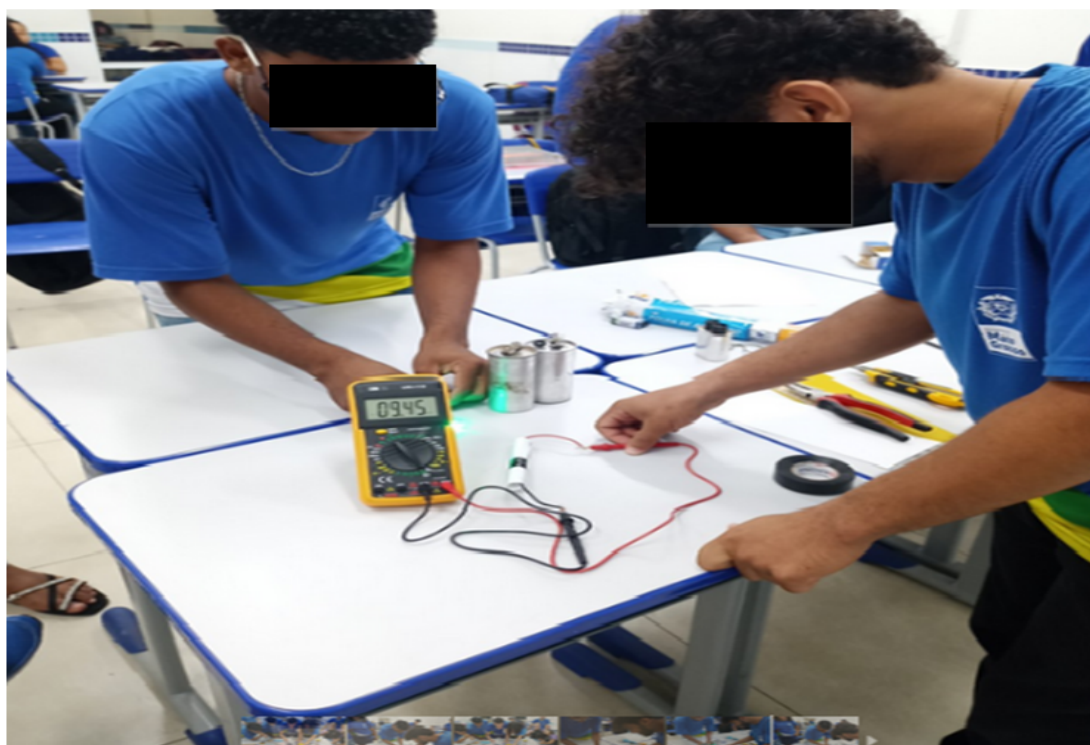


Figura 49: Capacitor sem cortar.

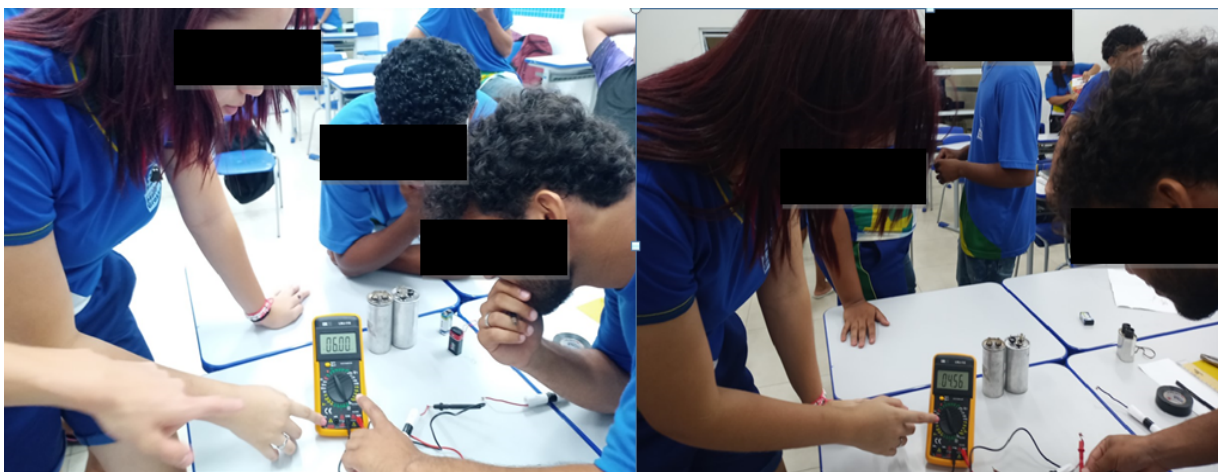


Figura 50: Capacitores cortados ao meio.

6.3.7 - Aula 07

Diagnóstico da ocorrência de aprendizagem					
Etapas.	Método.	Atividade.	Objetivo.	Produção dos alunos.	Tempo de execução.
VII	Verificação do nível de aprendizagem sobre capacitor de placa paralela, (teste).	- Aplicar teste após a aplicação do produto educacional.	- Diagnosticar a ocorrência da aprendizagem.	- Resolver o questionário aplicado como pré-teste.	- 45 minutos.

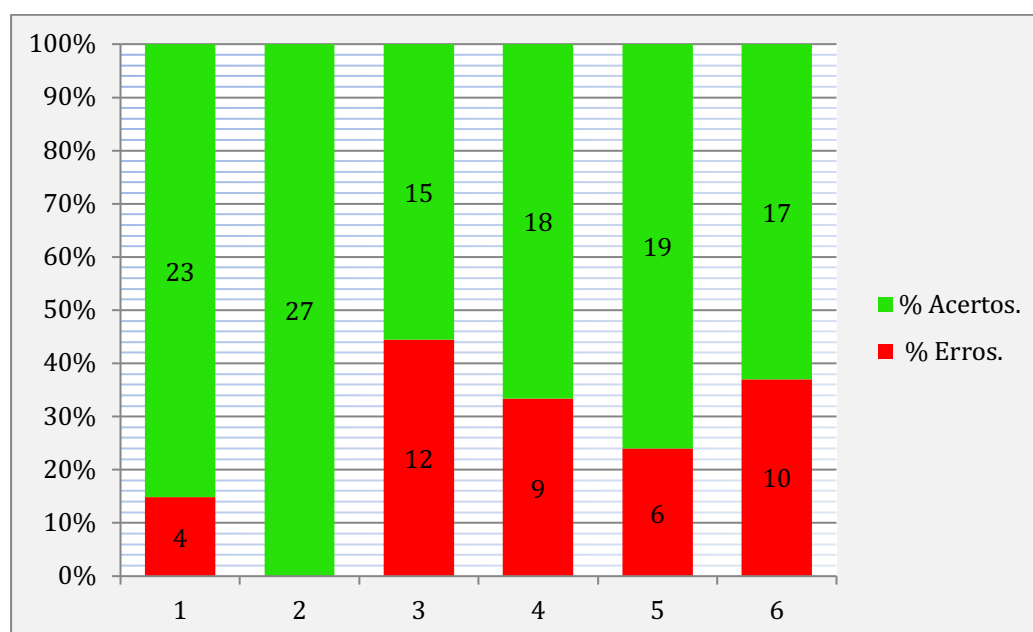
Fazer a verificação da ocorrência da aprendizagem é de fundamental importância para avaliar o nível de aproveitamento ocorrido por parte dos alunos após uma intervenção pedagógica. Dessa forma, espera-se que o aluno tenha melhorado seu aprendizado em relação a determinados conceitos abordados. Na elaboração de um produto educacional, esse tipo de diagnóstico serve para avaliar tanto o aluno com o seu nível de aprendizado, quanto à qualidade e a aplicabilidade do produto educacional. Dessa forma, podemos verificar a eficácia na apresentação e desenvolvimento do conteúdo, Assim, podemos melhorar se necessário para que os alunos consigam desenvolver seus conhecimentos e habilidades a partir de um produto educacional. O gráfico a seguir, indica que o objetivo foi alcançado, não com toda a totalidade de acerto, mas com valor satisfatório que pode ser melhorado.

Após a aplicação dos conceitos relacionados ao capacitor de placas paralelas para os alunos da terceira série do ensino médio, foi realizado um pré-teste para identificar o nível de aprendizagem dos alunos relacionados aos conceitos propostos, isto é, antes de ser introduzida

a prática. Neste pré-teste, observou-se um percentual maior de erros nas questões que envolviam cálculos matemáticos do que nas questões teóricas. Os valores obtidos na avaliação de pré-teste não foram muito satisfatórios, como já era esperado, 16 alunos dos 27 avaliados acertaram as três primeiras questões e, nas questões 4,5 e 6 com um número menor de acerto, conforme mostrado no gráfico 01, o que mais contribuiu para o menor número de acerto nessas questões 4,5 e 6, foram os conceitos matemáticos que envolvem as mesmas, dificultando no desenvolvimento dos cálculos pela maioria dos alunos que contribuíram respondendo o questionário.

Após a aplicação do produto educacional e da realização dos experimentos em laboratório, os alunos tiveram uma melhora tanto nas questões teóricas quanto nas questões envolvendo cálculos. Nas três primeiras questões, conforme mostrado no gráfico 2, a questão com maior destaque ficou para a questão de número 2, onde todos os alunos que fizeram o teste acertaram, e nas três últimas questões, onde maioria dos alunos acertaram.

Gráfico 2: Resultado do teste após a aplicação do produto educacional.



De forma geral, essa evolução foi bastante satisfatória e corresponde com o esperado, o avanço obtido na compreensão dos conceitos que envolvem o capacitor, conforme apresentado no gráfico 1 e 2, podemos observar que os alunos que fizeram o teste conseguiram assimilar de forma satisfatória os conteúdos propostos, cabendo ainda ajustes que possam resultar no

melhoramento e no desenvolvimento da prática para trazer resultados ainda melhores, isto é, baseado na realidade de cada escola.

O gráfico 1 e 2, quando comparados, mostra a evolução dos resultados dos alunos em termos percentuais, como pode ser observado nos gráficos, os alunos tiveram um melhor desempenho nas questões 2,4,5 e 6 após a aplicação do produto educacional, onde essas questões foram as que tiveram maior evolução após o experimento.

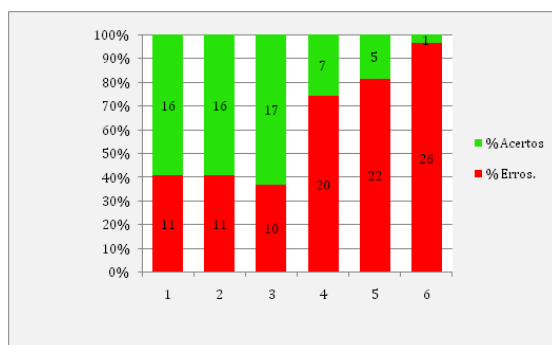


Gráfico 1

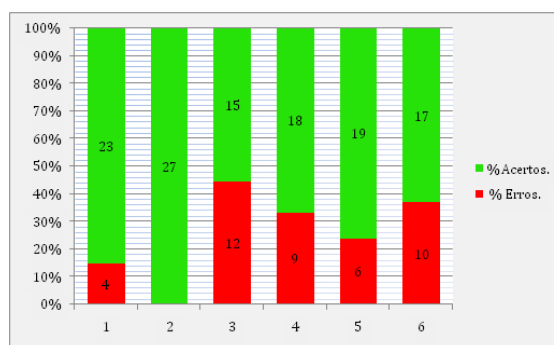


Gráfico 2

6.3.8 - Avaliação dos resultados, qualitativo e quantitativo.

O ato de avaliar é um processo pelo qual podemos verificar os resultados da prática pedagógica. Quanto a abordagem metodológica, a avaliação da aprendizagem deve conjugar as abordagens qualitativa e quantitativa, dependendo, do objetivo da avaliação [42, p.175].

É a verificação dos objetivos alcançados dentro das expectativas pré-estabelecidas, podendo-se fazer ajustes tanto no roteiro quanto no experimento em si, culminando no melhoramento da prática e no nível de aprendizagem dos alunos. Em termos da avaliação qualitativa, os resultados foram satisfatórios, de acordo com o resultado do pré-teste e as análises gráficas, mostrando que houve uma evolução do aprendizado, cabendo ainda alguns ajustes para ser alcançado o melhor nível de aprendizagem possível. Na avaliação quantitativa, os resultados obtidos foram conforme esperado, ou seja, o número de questões respondidas no pré-teste teve um aumento considerado após a aplicação do produto educacional, em algumas questões, chegando a um percentual bem elevado de acertos, comprovando assim, a ocorrência de aprendizagem após a aplicação do produto educacional.

CAPITULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO.

A física por ser uma das ciências mais antigas, abrange uma vasta área de conhecimentos, podendo explicar fenômenos que vão desde as estruturas atômicas à origem do universo.

Neste trabalho, foi possível mostrar a evolução do capacitor desde a sua origem, a garrafa de Leyden, até os dispositivos modernos que temos hoje. Esta evolução não foi apresentada de uma forma aprofundada tecnologicamente, mas, apenas envolvendo os principais conceitos físicos relacionados ao capacitor.

A sua evolução, trouxe também o aperfeiçoamento do dispositivo, podendo ser encontrado em diversos tamanho e formatos para serem utilizados nos circuitos elétricos e eletrônicos. Porém, os principais conceitos ainda são objeto de estudo e trazem consigo muitas informações que ainda é desconhecida por muitos professores e alunos do ensino médio.

Ensinar física sempre foi uma tarefa que demanda um esforço muito grande, tanto por parte do professor para expor os conceitos físicos relacionados ao tema a ser discutido durante as aulas, quanto para os alunos entenderem os conteúdos que por muitas vezes, não conseguem compreender a matéria.

Isso se deve ao fato de os alunos não conseguirem relacionar conceitos associados aos fenômenos físicos. Desta forma eles acabam perdendo o interesse e a motivação para aprender física.

Por outro lado, o professor por sua vez, também acaba perdendo a motivação, mostrando insatisfação na elaboração do planejamento das aulas e nas escolhas dos organizadores prévios.

Por outro lado, a falta de estrutura nas escolas também é um fator agravante que pode interferir no processo de ensino aprendizagem, em muitas escolas, a infra-estrutura escolar é precária, deixando a desejar, desde itens básicos, como fornecimento de água até o local de funcionamento inadequado de sala de aula e, até mesmo na localização e funcionamento da escola.

Diante de todas as dificuldades que podem ser encontradas nas escolas, acredita-se que ainda é possível fazer um ensino de qualidade, para isso, busca-se modelos de ensino-aprendizagem que sejam mais adequados à realidade dos alunos. Uma das maneiras de se fazer isso é recorrer às diversas teorias de aprendizagem existentes que possam dar suporte e auxiliar na busca por uma melhor qualidade do ensino.

Isso não quer dizer que uma teoria de aprendizagem por si só resolve o problema, é uma tentativa de descrever em método que possa facilitar o processo de ensino e aprendizagem. No contexto educacional, na aplicação de atividades em sala de aula, a grande preocupação para

quem ensina é fazer o objeto de estudo ter um significado lógico para o aluno, já que muitas vezes o conteúdo é colocado de forma abstrata, sem o menor significado e acabam se tornando somente mais um texto para copiar entre muitos outros.

Encima disso, é necessário preparar os organizadores prévios para servir de recursos instrucionais, potencialmente significativos para formar pontes cognitivas no sentido de facilitar a aprendizagem. Com tudo isso, ainda tem a questão da pré-disposição, sendo um dos fatores fundamentais na aprendizagem, se o aluno não obtiver uma pré-disposição para aprender, ensinar acaba se tornando ainda mais difícil, isso por que, o conhecimento prévio é baseado em informações que guardamos em nossa estrutura cognitiva e, pode ser acionado quando for necessário, mas para isso tem de haver a pré-disposição do aluno para externar esses conhecimentos prévios para fazer a ponte entre o novo conhecimento.

Portando, acredita-se que este trabalho contribuiu muito para a aprendizagem dos alunos e, ao mesmo tempo, trouxe uma motivação á mais para poderem ter uma melhor participação nas aulas. Na forma como foi feito a abordagem, o aluno pode por si só ir construindo o seu conhecimento, fazendo perguntas relacionadas às suas dúvidas, potencializando assim seus objetivos intelectuais. Esta é uma das características fomentadas pelas aulas experimentais.

A experimentação é um dos aspectos que devem ser explorados com mais frequência no ensino de ciências. Além de ajudar o aluno a entender melhor o fenômeno, potencializando seu conhecimento e suas habilidades, a aula experimental traz uma motivação a mais, propiciando a investigação científica e associando os experimentos com muitas atividades que são realizadas no cotidiano de cada um.

Uma das coisas que prendeu muito a atenção dos alunos e fez com que eles tivessem uma melhor participação nas aulas experimentais foi a apresentação do vídeo sobre a garrafa de Leyden. Por estar diretamente relacionado ao conteúdo do experimento, este vídeo aumentou a expectativa dos alunos em montar o capacitor e medir a capacitância dos mesmos.

Isto demonstra como uma aula experimental além de proporcionar um melhor entendimento do assunto por parte do aluno ouve uma motivação a mais, melhorando a participação dos alunos nas aulas teóricas.

Outro fator que foi fundamental na participação dos alunos nas aulas de física foi o encorajamento dos mesmos antes que fossem expostos os conceitos, dessa forma, a contextualização do tema foi um fator fundamental para haver o interesse pelo assunto proposto. Até porque, dependendo do assunto, para muitos não têm muita importância, já que não fazem parte do seu cotidiano.

O professor por sua vez, deve dispor de informações além daquilo que o livro didático propõe para levantar questões que sejam relevantes para atrair a atenção dos alunos. Para termos sucesso na realização das atividades, um bom planejamento se faz necessário, ele funciona como um caminho para atingirmos resultados satisfatórios, é uma técnica que abrange a maioria das atividades que realizamos.

Em todos os aspectos de nossas vidas o planejamento tem o objetivo estratégico para atingir o melhor resultado possível, aquilo que estamos almejando alcançar. Um planejamento bem elaborado possibilita melhores resultados no tempo esperado. O sucesso deste trabalho se deu por conta do planejamento bem-sucedido, assim, foi possível realizar o experimento dentro do prazo programado com um bom aproveitamento de aprendizagem pelos alunos, conforme mostrado nos gráficos acima.

A maior dificuldade que alunos tiveram foi nas questões que envolvem equações e formulações matemáticas, por isso é importante que sejam trabalhados esses conceitos matemáticos juntos com os conceitos físicos para ajudar os alunos a melhorar os resultados e diminuir a lacuna de aprendizagem em relação ao conteúdo aplicado, por exemplo, a física de capacitores de placas paralelas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] - [UFJF- CAPACITORES]. <<https://www.ufjf.br/fisica/files/2013/10/FIII-04-01-Capacitores.pdf>>. Acesso 25/9/2022
- [2] - ANJOS, Antonio Jorge Sena dos. Ensino de Física: Os significados atribuídos às expressões matemáticas. Curitiba Appris, 2020.
- [3] - FREIRE, Paulo. Ação cultural para a liberdade e outros escritos. Paulo Freire. 14. ed. ver. Atual. – Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.
- [4]- OLIVA, Alberto. Ciência e Ideologia: Florestan Fernandes e a formação das Ciências Sociais. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1997.
- [5] - [SALA DE FÍSICA- GARRAFA DE LEYDEN].
<<http://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/leyden.html>>. ACESSO 25/09/2022.
- [6]- KANDEL, Erik R. Princípios de Neurociências . 5ª edição. AMGH Editora Ltda. 2014.
- [7]- HALLIDAY, DAVID; RESNICK, R. Fundamentos de física. Eletromagnetismo / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker. Rio de Janeiro : LTC, 2009.
- [8] - KNIGHT,Randall D. Física: Uma Abordagem Estratégica, Eletricidade e Magnetismo. Artmed Editor S.A. Porto Alegre RS, 2009.
- [9] - PEDROSO, PINTO; Luciano Soares, José Antônio. Práticas Experimentais para o Ensino de Ciência. Curitiba PR: Editora Bagai, 2021.
- [10]- NUSSENZVEIG, Herch Moysés: Curso de Física básica, Eletromagnetismo,2.Ed. São Paulo SP. Editora Blucher, 2015.
- [11]- FORP USP: HISTÓRIA DA ELETRICIDADE.
https://www.forp.usp.br/restauradora/pg/metrologia/metrologia_eletric/hist_elet.htm.
ACESSADO EM: 24/29/2022.
- [12]- [BLOG FORNELL.] <https://blog.fornell.com.br/2020/01/14/historia-da-eletricidade-william-gilbert/>ACESSO 25/9/2022.
- [13] - WIKIPÉDIA. https://pt.wikipedia.org/wiki/Otto_von_Guericke. ACESSADO 25/09/2022.
- [14] - WIKIPÉDIA. https://pt.wikipedia.org/wiki/Stephen_Gray. ACESSO 25/09/2022.
- [15] - WIKIPÉDIA. https://pt.wikipedia.org/wiki/Charles_Du_Fay. ACESSO 26/09/2022.
- [16] - WIKIPÉDIA. https://www.wikiwand.com/pt/Ewald_Georg_von_Kleist. ACESSO 26/09/2022.

- [17] - WIKIPÉDIA. https://pt.wikipedia.org/wiki/Pieter_van_Musschenbroek. ACESSO 26/09/2022.
- [18]- MOREIRA, Marco Antonio. Teorias de Aprendizagem. EPU,1999.
- [19] - MOREIRA, Marco Antonio. Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. 1º Ed. Porto Alegre, 2009.
- [20] – SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Eletricidade. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2014. V.2.
- [21]- BARBOSA. Robson Passos. Eletrônica IV, CETAN, (Centro de educação Tecnológica do Amazonas) 2016.
- [22] - OLIVEIRA, Maria Marly. Sequência Didática Interativa no processo de formação de professores. Petrópolis RJ. Ed. Vozes, 2013.
- [23] - FRANCO, Luiz Gustavo. Ciência em Contexto. Proposta para construir espaços-tempos de ciência na Escola. São Paulo. Na Raiz, 2021.
- [24] – P & R, AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL-2022. <http://blog.perautomacao.com.br/tipos-de-capacitor/>. Acesso 05/10/2022.
- [25] – [CURTO CIRCUITO] – 2022.< <https://curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20IoT/o-que-e-um-capacitor>>. Acesso 05/10/2009.
- [26] – [CORAL, UFSM]- 2010. < <http://coral.ufsm.br/cograc/rot08.pdf>>. Acesso em 05/10/2022.
- [27] – [MUNDO EDUCAÇÃO] - Capacitores-2022. disponível em <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/capacitores.htm>>.Acesso em 05/10/2022.
- [28] – SMITH e HASHEMI. William F. e Javad. Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais. AMGH Editora Ltda. Porto Alegre RS. 2012.
- [29] – [MUNDO EDUCAÇÃO] – rigidez dielétrica 2022. <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/a-rigidez-dieletrica.htm>>. Acesso em 06/10/2022.
- [30] – [MUNDO EDUCAÇÃO] – CAPACITORES.
- <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/associacao-capacitores.htm>> . Acesso em 8/10/2022.
- [31] – [USP – CAPACITÂNCIA]. <http://fma.if.usp.br/~mlima/teaching/4320292_2012/Cap4.pdf> . Capítulo 4. Acesso em 8/10/2022.
- [32] – NÉRICI. Nerici, Imideo (1985) Educação e Ensino. Educação e Ensino. Ibrasa. Instituição Brasileira de Difusão Cultural Ltda. São Paulo - SP. 1985.

[33] – [DESTERRO Eletricidade].

<<https://www.desterroeletricidade.com.br/blog/eletrica/como-funcionam-os-capacitores/>>.

Como funciona o capacitor. Acesso em 16/10/2022.

[34] – [E.DISCIPLINA – USP] – FAUUSP Curso de Design.

<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5315415/mod_resource/content/1/FAUUSP%2020-1%20AUT%202518%20aula%2007%20papeis.pdf>. Acesso em 18/03/2023.

[35]– SADIKU, MUSA, ALEXANDER. Análises de Circuitos Elétricos com aplicação.

Matthew N. O. , Sarhan M. , Charles K. AMGH Editora Ltda. 2014.

[36] – SILVA. Edna Maria Lopes da Silva, O NOVO ENSINO MÉDIO: IMPACTOS NA ESCOLARIZAÇÃO DA JUVENTUDE BRASILEIRA. Conedu. VII congresso nacional de Educação.

[37] – MOREIRA, Marco Antonio Moreira. Desafios no ensino da física. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 43, suppl. 1, e20200451 (2021)

[38] – LEONEL. André Ary. Nano ciência e nanotecnologia em ação: uma proposta de ilha interdisciplinar de nacionalidade com o ensino de tópicos de física moderna e contemporânea. 1 ed. Curitiba, Editora Appris 2020.

[39] – Frezza. Júnior Saccon, Tania Beatriz Iwaszko Marques. A evolução das estruturas cognitivas e o papel do senso comum. Revista eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas. Vol 2, 2009.

[40] – Jr. Louis E. Frenzel. Eletrônica Moderna. Fundamentos, Dispositivos, Circuitos e Sistemas, 2015.

[41] – SENAI. Instrumentação geral. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. SENAI-SP Editora, 2015.

[42] – Lima. Elizabeth Miranda de lima, Luciana Marinho do Nascimento, Luciete Basto de Andrade Albuquerque. Educação e Cultura face aos desafios do mundo moderno e contemporâneo. Letra Capital Editora LTDA 2014.

[43] – Carvalho. Ricardo Egydio de Carvalho e Ana Paula Morinelli Amaral da Silva. Capacitor Cilíndrico Excêntrico. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, no. 3, Setembro, 2002.