



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

POLO 46

EDUARDO BOTELHO CABRAL

**GERADOR DE ALTA TENSÃO REGULÁVEL (GATR): uma proposta para o
ensino da eletrostática**

Caruaru
2018

EDUARDO BOTELHO CABRAL

GERADOR DE ALTA TENSÃO REGULÁVEL (GATR): uma proposta para o ensino da eletrostática

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional do Ensino de Física da Universidade Federal de Pernambuco, apresentada à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Formação de Professores de Física em nível de Mestrado.

Orientador: Prof. Dr. João Francisco Liberato de Freitas.

Caruaru
2018

Catalogação na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 – 1223

C117g

Cabral, Eduardo Botelho.

Gerador de alta tensão regulável (GATR): uma proposta para o ensino da eletrostática. / Eduardo Botelho Cabral. – 2018.

118 f.; il.: 30 cm.

Orientador: João Francisco Liberato de Freitas.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Mestrado Profissional em Ensino de Física, 2018.

Inclui Referências.

1. Física (Ensino). 2. Aprendizagem ativa. 2. Eletroestática. 3. Geradores. 4. Alta tensão. I. Freitas, João Francisco Liberato de (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2018-454)

EDUARDO BOTELHO CABRAL

GERADOR DE ALTA TENSÃO REGULÁVEL (GATR): uma proposta para o ensino da eletrostática

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Formação de Professores de Física em nível de Mestrado.

Aprovada em: 22/08/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Francisco Liberato de Freitas (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. Charlie Salvador Gonçalves (Examinador Interno)
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Prof. Dr. Luís Arturo Gómez Malagôn (Examinador Externo)
Universidade de Pernambuco – UPE

A minha mãe, Jaci de Lima Cabral, por me dar valores intrínsecos que todo homem de caráter deve possuir, aos meus filhos Eduardo Vitor Botelho Cabral, Edwillamis Vitor Botelho Cabral, neles deposito os conceitos de honestidade, perseverança, confiança, humildade, principalmente os conhecimentos que acumulo em toda minha vida e a Elaine Cristina Vitor Barbosa, pessoa fundamental nesta jornada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Pois é a maior fonte de energia limpa do Universo, o regente de todas as ações dos mortais.

Aos Meus Pais, Adaias Botelho Cabral (in memoriam) e Jaci de Lima Cabral, Pois eles foram os pilares de minha educação social que rege meus valores de honestidade, humildade, paciência e principalmente o desejo de aprender.

Ao Meu orientador Professor João F. L. de Freitas, pelas excelentes ideias na área de eletricidade e seu dinamismo como professor e pesquisador, principalmente por confiar em minha capacidade inventiva e criativa.

Aos Meus Familiares.

Aos amigos do mestrado, Daeme Teles Gonçalves dos Santos, Rodolfo de Luna Oliveira, Rubens Antônio da Silva, José Cícero Diaz da Silva e Sérgio Torres, que sempre nos mantemos unidos, ajudando uns aos outros em todas as etapas de nosso curso.

A Escola Municipal de ensino Fundamental Paulino Menelau e a Escola Estadual de Ensino Médio que permitiu a realização desta pesquisa.

Aos meus colegas de trabalho e amigos da Escola Municipal Paulino Menelau, em especial ao professor Cesar Alexandre por nossas discussões sobre a eletrostática e física, as professora Vanuza Santos e Alcione Barreto, pois deram um grande incentivo nos momentos complicados, A professora Francisca e Cintia por corrigir os textos descrito neste projeto.

Aos Professores que ministraram aulas no mestrado, em especial ao Professor Gustavo, pelas suas espetaculares aulas, que nos levavam a uma viagem ao conhecimento do mudo da Física, nos dando exemplos práticos e teóricos, viajando pela história da ciência.

Aos estudantes da Escola Municipal Paulino Menelau e Escola Professor Antônio Carneiro Leão, pela importante participação deste trabalho.

A CAPES Pelo apoio financeiro por meio da bolsa de estudo concedida e pelo imenso apoio a pesquisa.

RESUMO

Neste trabalho, submetemos uma alternativa metodológica para a inserção de conceitos científicos sobre as características físicas dos fenômenos elétricos relativos à Eletrostática no processo ensino-aprendizagem. Utilizamos um Gerador Regulável de Alta Tensão (GRAT), tipo bobina de Tesla, tendo como base uma potente fonte de tensão variável tipo CC de até 24 Volts e 5 Amperes, e um oscilar de Hartley ZVS funcionando como controlador de alimentação de um *flyback* para geração da alta tensão. A pesquisa foi aplicada e desenvolvida com alunos do nono ano do ensino fundamental em uma escola localizada em Jaboatão dos Guararapes e em outra escola com alunos do 3º ano do ensino médio localizada em Camaragibe, ambas em Pernambuco. Aplicamos o experimento cujo objetivo principal foi promover uma aprendizagem significativa, elucidando por meio de práticas experimentais conceitos da eletrostática e determinando uma relação matemática que permita calcular força elétrica, campo elétrico, potencial elétrico e energia potencial. Nosso equipamento, “o GATR”, é confeccionado com material relativamente de baixo custo, formado por uma caixa eletrônica ligada por meio de um cano de PVC a uma bola de alumínio. Quando o GATR é ligado entre uma esfera de alumínio e o bastão de descarga, gera uma alta tensão que utilizamos para realizar processos de eletrização, verificar as linhas de campo, o vento magnético, o potencial elétrico, a força entre cargas elétricas e a rigidez dielétrica do ar. Essas observações fortalecem nossa compreensão dos conceitos teóricos. A observação e análise desses fenômenos produzidos proporcionam aos estudantes uma enorme motivação e fácil entendimento dos conteúdos abordados, nos quais eles levantam suposições e definem conceitos relevantes aos seus conhecimentos prévios, permitindo assim um ensino aprazível. A presente submissão (proposta) da sequência didática para as atividades de Física, embasada no presente experimento, foi elaborada de tal maneira que os discentes possam trabalhar em equipe, uma metodologia eficaz na qual prevalece o instinto coletivo e cooperativo, ajudando a atingir avanços na construção do conhecimento e na consolidação dos conteúdos apreendidos em Física.

Palavras-chave: ensino de física; gerador regulável de alta tensão; eletrostática; aprendizagem significativa.

ABSTRACT

In this work, we submit a methodological alternative for the insertion of scientific concepts regarding the physical characteristics of electrical phenomena related to Electrostatics in the teaching-learning process. We used a Adjustable High Voltage Generator (GRAT), Tesla coil type, based on a powerful variable voltage source type DC up to 24 Volts and 5 Amperes, and a Hartley ZVS oscillator functioning as a power controller for a flyback to generate high voltage. The research was applied and developed with ninth-grade students from Elementary School in a school located in Jaboatão dos Guararapes and in another school with third-year students from High School located in Camaragibe, both in Pernambuco. We applied the experiment whose main objective was to promote significant learning, elucidating through experimental practices concepts of electrostatics and determining a mathematical relationship that allows calculating electric force, electric field, electric potential, and potential energy. Our equipment, the "GATR," is made of relatively low-cost material, consisting of an electronic box connected through a PVC pipe to an aluminum ball. When the GATR is connected between an aluminum sphere and the discharge rod, it generates high voltage that we use to perform processes of electrification, verify field lines, magnetic wind, electric potential, force between electric charges, and air dielectric strength. These observations strengthen our understanding of theoretical concepts. The observation and analysis of these produced phenomena provide students with enormous motivation and easy understanding of the contents covered, in which they raise assumptions and define relevant concepts to their previous knowledge, thus allowing enjoyable teaching. The present submission (proposal) of the didactic sequence for Physics activities, based on this experiment, was elaborated in such a way that the students can work in teams, an effective methodology in which collective and cooperative instinct prevails, helping to achieve advances in knowledge construction and consolidation of the contents learned in Physics.

Keywords: physics teaching; high voltage regulatory generator; electrostatic; significant learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Representação da Força de interação entre duas cargas puntiformes	24
Figura 2 –	Representação das Linhas de campo elétrico	25
Figura 3 –	Representação da Carga elétrica em movimento sobre a influência da força	26
Figura 4 –	Representação Força elétrica em função da posição	27
Figura 5 –	Gerador de Alta Tensão Regulável (GATR)	34
Figura 6 –	aulas expositivas	38
Figura 7 –	Visão geral das partes e do todo do Gerador de Alta Tensão Regulável (GATR)	66
Figura 8 –	Diagrama de Bloco do Gerador de Alta Tensão Regulável (GATR)	68
Figura 9 –	Bloco Eletrônico e Bloco de Potencial e seus módulos	69
Figura 10 –	Esquema técnico do Bloco Eletrônico	71
Figura 11 –	Esquema eletrônico do Transformador	72
Figura 12 –	Transformador 220 v para 26 V a 5A	73
Figura 13 –	Esquema eletrônico da Placa Retificadora e Placa Placa pronta com Led indicador liga/desliga e cooler para resfriar o bloco eletrônico	74
Figura 14 –	Confecção da Placa Retificadora	75
Figura 15 –	Esquema eletrônico do Regulador de Tensão, Placa pronta e placa recomendada para compra	76
Figura 16 –	Esquema Técnico/Panorâmico do ativador do Flyback e Placa pronta	79
Figura 17 –	ZVS Driver do Ativador do Flyback	79
Figura 18 –	Construção e Montagem da Caixa Eletrônica	79
Figura 19 –	Representação do Flyback na situação de preparação e aplicação no ZVS driver	81
Figura 20 –	Fases da construção do Bloco de Potencial	82
Figura 21 –	Cabelos arrepiados de uma pessoa devido a Eletrização	88
Figura 22 –	Processo experimental do vento elétrico	89
Figura 23 –	Linhas de campo elétrico	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Porcentual de acertos da questão 1	42
Gráfico 2 –	Porcentual de acertos da questão 2	43
Gráfico 3 –	Porcentual de acertos da questão 3	44
Gráfico 4 –	Porcentual de acertos da questão 4	45
Gráfico 5 –	Porcentual de acertos da questão 5	46
Gráfico 6 –	Porcentual de acertos da questão 6	47
Gráfico 7 –	Porcentual de acertos da questão 7	48
Gráfico 8 –	Porcentual de acertos da questão 8	49
Gráfico 9 –	Porcentual de acertos da questão 9	50
Gráfico 10 –	Porcentual de acertos da questão 10	51
Gráfico 11 –	Visão geral da quantidade de acertos por questão no pré- teste/pós-teste	53
Gráfico 12 –	Média Geral de acertos das questões do pré-teste/pós-teste	53

LISTA DE TABELA

Tabela 1 –	Rigidez dielétrica de alguns materiais	30
Tabela 2 –	Lista de Ferramentas	70
Tabela 3 –	Lista de Materiais e componentes Eletrônicos	71
Tabela 4 –	Material necessário para construção do Transformador	73
Tabela 5 –	Componentes Eletrônicos para confecção da Placa Retificadora ..	74
Tabela 6 –	Componentes Eletrônicos da Placa Controlador de Tensão	76
Tabela 7 –	Componentes Eletrônicos necessários para a construção do ZVS driver	77

LISTA DE SIGLAS

CAA –	Centro Acadêmico do Agreste
DDP –	Diferença de Potencial
GATR –	Gerador de Alta Tensão Regulável
MNPEF –	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
OCEM –	Orientações Curriculares para o Ensino Médio
PCNs –	Parâmetros Curriculares Nacionais
SBF –	Sociedade Brasileira de Física
TAS –	Teoria da Aprendizagem Significativa
UFPE –	Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Teoria da aprendizagem significativa	15
2.2	Atividade experimental investigativa e a atividade experimental	17
2.2.1	ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA	17
2.2.2	ATIVIDADE EXPERIMENTAL	19
2.3	Conceitos básicos da eletrostática	22
2.3.1	CARGA ELÉTRICA	23
2.3.2	ELETRIZAÇÃO	24
2.3.3	FORÇA ELÉTRICA	24
2.3.4	CAMPO ELÉTRICO	25
2.3.5	ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA	26
2.3.6	POTENCIAL ELÉTRICO	28
2.3.7	RIGIDEZ DIELETRICA	29
3	METODOLOGIA	32
3.1	Produto educacional	33
3.1.1	O EXPERIMENTO	34
3.1.2	PROPOSTA DIDÁTICA	34
3.1.3	GUIA DO PROFESSOR E DO ALUNO	35
3.2	Escola e turma onde foi aplicado o projeto	35
3.3	Descrição da aplicação da proposta didática	36
3.4	Aplicação da proposta didática no nono ano	36
3.4.1	PROCEDIMENTO DAS AULAS NO NONO ANO	36
3.5	Aplicação da proposta didática no terceiro ano	37
3.5.1	PROCEDIMENTO DAS AULAS NO TERCEIRO ANO	37
4	AValiação DA PROPOSTA DIDÁTICA	40
4.1	Avaliação da pesquisa	40
4.2	Relatos sobre a proposta didática e o experimento	40
4.3	Análise e comentários do questionário avaliativo	41
4.4	ANALISE DOS RESULTADOS DO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE	51
5	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	55
	REFERÊNCIAS	57
	APENDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	61
	APENDICE B – ELETRÔNICA PARA UM GERADOR	62
	APENDICE C – GUIA DO ESTUDANTE	96
	ANEXO A – QUESTIONÁRIO AVALIATIVO DA PROPOSTA DIDÁTICA	109
	ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO (ESCOLA)	114
	ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO (PAI OU RESPONSÁVEL)	115
	ANEXO D – TERMO DE CONSENTIMENTO (MAIOR)	116
	ANEXO E – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM (MENOR)	117
	ANEXO F – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IAGEM (MAIOR)	118

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, foi percebida a desmotivação dos educandos em relação à aprendizagem. Diversas pesquisas buscam atualizar cada vez mais metodologias (acrescentar referências) pedagógicas e didáticas cujo principal objetivo é motivar professores e estudantes e abordar de forma mais clara, simples e significativa os conceitos e ideias que revolucionaram o desenvolvimento científico. De acordo com esse pensamento e com o objetivo de incluir mais uma alternativa no processo de Ensino Aprendizagem, elaborou-se uma atividade experimental que inclui conceitos da Eletrostática.

Durante o nono ano do ensino fundamental, os estudantes têm os primeiros contatos com a física, estudando seus conceitos e aplicações fazendo um paralelo com seu cotidiano, subsequentemente, no terceiro ano do ensino médio há um aprofundamento desses conceitos, leis e equações. O experimento elaborado aborda práticas que elucidam tais conceitos e leis em uma relação empírica que possibilita a averiguação da eletrização, da força elétrica, das linhas de campo elétrico, do potencial elétrico, e da rigidez dielétrica do ar e dos materiais, entre outros relacionados à eletricidade, podendo mensurar por meio de equações alguns desses conteúdos mencionados. Por meio do estudo do comportamento de alguns materiais não condutores e condutores, quando submetido a uma alta tensão revelam fenômenos elétricos que nos submetem à compreensão desses conteúdos. Para tal processo usamos o GATR, cabos condutores, um vasilhame de PVC transparente e adaptado para prender diversas hastes de latão com terminais diferenciados e apropriados para revelar os fenômenos desejados quando adquiridos uma alta tensão, bolinhas de isopor, linhas de costura, óleo condutor, sementes de capim “alpiste”, vela, entre outros adereços.

Diante de uma abordagem mais significativa a respeito dos conceitos aplicados ao experimento, o trabalho baseia-se na utilização de materiais e montagens de baixo custo, tendo em vista os escassos recursos que dispomos, especialmente em escolas públicas, onde esta maneira é extremamente importante. Acredita-se que, dessa forma, o professor tenha a capacidade dele próprio ou junto à gestão escolar, montar e aplicar o equipamento.

O objetivo da pesquisa é desenvolver um equipamento, de fácil acesso aos profissionais da educação, um manual de construção e montagem e um guia de utilização do experimento, e assim, produzir e disponibilizar o material de apoio fundamental à adesão desta proposta pelos professores interessados e que possa utilizar em suas aulas

de física como fator facilitador e motivador da aprendizagem, usando a interatividade dos estudantes entre eles e entre o aparato. Validar se a proposta experimental mostra as características almejadas inovações e interatividade por meio da análise dos resultados dos questionários avaliativos.

Projetar e elaborar sequências didáticas abordando os conteúdos relacionados à eletrostática aplicando o experimento GATR, estudar os fenômenos que revelam a ideia de eletrização, linhas de campo, rigidez dielétrica, observar e trabalhar a força elétrica, o campo elétrico e o potencial elétrico fazendo menção as suas equações por meio de experiências realizadas com o experimento e seus acessórios e entender os conceitos da eletrostática.

Procurando atingir os objetivos recomendados, este trabalho adota a estrutura de seis capítulos. No capítulo um, mostra-se a introdução do assunto, a problemática da pesquisa e a exposição dos objetivos. No capítulo dois, tem-se o referencial teórico em que se fundamenta a pesquisa. O capítulo três Trata da metodologia a qual foi aplicada na elaboração da sequência didática proposta neste trabalho e o ao desenvolvimento do produto educacional, abordando a montagem e a aplicação do produto. O capítulo quatro retrata a avaliação da proposta pedagógica e didática, fazendo uma análise dos resultados. O capítulo cinco refere-se a conclusões e as perspectivas. O capítulo seis compõe as referências. Para encerrar o trabalho, termina-se com os anexos e apêndices. Nos anexos está o produto educacional, que é composto por duas partes, o guia do professor “anexo B”, e o guia do estudante “anexo C”. Nos Apêndices, está o questionário avaliativo e os formulários de autorizações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No presente capítulo, descrevemos os referenciais teóricos que se baseiam este trabalho. Na seção 2.1 abordaremos a teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), fazendo um detalhamento sobre esta teoria numa perspectiva de David Ausubel (AUSUBEL, 1980) e Marcos Antônio Moreira (MOREIRA M. A., 2011); na seção 2.2 se trata da atividade experimental investigativa, usando como parâmetros referenciais Anna Maria Pessoa de Carvalho (Carvalho, 2014); Na seção 2.3 disponibiliza os conceitos da eletrostática a qual respalda a pesquisa.

2.1 Teoria da aprendizagem significativa

A aprendizagem significativa, conceito central da teoria de Ausubel, envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual define como “conceito subsunçor” ou simplesmente “subsunçor”.

Efetivamente, a aprendizagem significativa tem vantagens notáveis, tanto do ponto de vista do enriquecimento da estrutura cognitiva do aluno como do ponto de vista da lembrança posterior e da utilização para experimentar novas aprendizagens, fatores que a delimitam como sendo a aprendizagem mais adequada para ser promovida entre os alunos.

“Essa aprendizagem se caracteriza pela interação entre os novos conhecimentos e aqueles especificamente relevantes já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprender, nessa concepção Ausubel, Novak e Hanesian (1980), afirmam ser primordial o fator para a transformação dos significados lógicos, potencialmente significativos, dos materiais de aprendizagem em significados psicológicos”. (Moreira (2003, p. 2-17).

Moreira (2003), afirma que uma das condições para que ocorra aprendizagem significativa é a predisposição para aprender e há entre a condição e a predisposição uma relação circular, pois a aprendizagem, já ocorrida e internalizada, produz um interesse em aprender, ou uma predisposição que é transformada em atitudes e sentimentos positivos que facilitam a aprendizagem.

Ressaltando-se a visão de Moreira (2003, p.2-17), a teoria de Ausubel é expressa da seguinte forma:

“para conquista de uma determinada estrutura cognitiva como estudo na citada disciplina é compreendido informações e meios onde se possa inferir a noção de aprendizagem maior. Daí o emprego de métodos que situem e ordenem uma série do conteúdo de maneira autêntica e estável da estrutura cognitiva”.

Ausubel propõe que, alunos que não dispõem de subsunçores adequados que possibilitem atribuir significados a novos conhecimentos, se faça uso de organizadores prévios. De acordo com (MOREIRA M. A., 2011, p. 30), “Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e exclusividade em relação ao material de aprendizagem”. Ainda segundo (MOREIRA M. A., 2011, p. 30) “pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação”.

Entende-se como organizador prévio, aquilo que socialize o estudante em que, a partir de um ponto, possa ampliar novos saberes a estruturas cognitivas relacionando aos conhecimentos novos com os pré-existentes, como exemplo, na observação de uma atividade experimental, surgir novos conceitos físicos, em que podem identificar materiais do cotidiano e familiar que auxiliam a construção de conceitos científicos mais aprofundados.

Fator primordial para se concretizar essa aprendizagem, é importante que o aluno tenha desejo e disposição de aprender, junto a essa disposição, um planejamento compatível do professor e que motive o aluno fundamentado em circunstância que façam sentido.

Diante do cenário escolar, onde, políticas educacionais estão focadas em atingir índices sem preocupação relacionada com a melhoria da educação, e, sim, compromissados com metas políticas e financeiras, além, do professor está desmotivado, devido a uma escola despreparada e de uma política educacional inadequada. Neste contexto é importante uma atividade diferenciada.

Neste contexto, encontramos estudantes em nível escolar abaixo do nível desejado, pois estes progrediram sem adquirir o domínio necessário dos conteúdos que dificulta a absorção dos conteúdos decorrentes, que servirão de subsunçores para os novos conhecimentos e que sem esses subsunçores adequados o professor necessita recorrer aos organizadores prévios, fazendo uso do saber com a experiência.

Os conhecimentos essenciais para o entendimento da eletrostática pode ser adquiridos por meio de um simples equipamento elementar, rico em conceitos, pode ser a solução para uma aprendizagem verdadeiramente significativa.

2.2 Atividade experimental investigativa e a atividade experimental

Os textos a seguir introduzem a teoria da aprendizagem significativa (TAS) e a importância da experimentação no ensino da física, no intuito de fundamentar a pesquisa, relacionando a experimentação com o ensino e aprendizagem.

2.2.1 ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA

No decorrer dos estudos, para que a aprendizagem significativa aconteça, é fundamental a presença de características marcantes para colaborar na ação cognitiva do indivíduo. Assim a aprendizagem flui com mais domínio e a estrutura do aprender passa a ter predominância no sentido cognitivo e afetivo. Segundo Moreira (2003, p.2-17):

De acordo com pesquisas no campo da educação básica nos mostram que as atividades experimentais têm sido muito pouco utilizadas como recursos de ensino de Ciências nas escolas brasileiras, tanto no Ensino Fundamental como no Ensino Médio. Por outro lado, outras pesquisas mostram que os professores que realizam experimentos ou atividades experimentais contribuem para fixar os conceitos físicos como afirma Monteiro (2005).

Na concepção dos professores brasileiros, vários seriam os benefícios obtidos com os experimentos nas aulas de ciências, dentre eles, citaram: melhoria a aprendizagem dos conteúdos (GALIZZI e Outros 2001); aumentaria a aprendizagem dos alunos (GIORDAN, 1999); comprovaria teorias; facilitaria a compreensão dos conteúdos, despertaria a curiosidade dos alunos (ARRUDA & LABURÚ, 1998). (p.3).

Sabe-se ainda que no campo da aprendizagem que utilizam a atividade experimental como recurso, não atingiram os objetivos esperados. Isto se deve ao fato da atividade experimental estar relacionada à repetição e a comprovação de teorias provadas, não acrescentando nada de novo como: análise e discussões dos conceitos e fenômenos

da ciência em estudo, procedimentos e resultados obtidos que oportunize ao estudante construir seu próprio conhecimento.

Neste contexto surge a necessidade de uma mudança na postura do professor em relação à utilização de atividades experimentais, oportunizando a participação dos estudantes, que deixam de ser meros expectadores para tornarem-se parte do processo investigativo, utilizando o experimento como recurso de ensino. Nesse sentido corrobora Monteiro (2005) ao descrever depoimento de vários estudiosos, como segue:

Para Terrazan (2000), o uso do experimento didático deverá oportunizar ao estudante a abandonar sua postura passiva frente à aprendizagem. Para isso, faz-se necessário permitir ao mesmo expor ideias sobre o aparato experimental, como também inquiri-lo acerca de soluções problemas. Campanário (2000) por sua vez, menciona que o experimento didático possibilita que se resgate o contexto da produção das ideias. Ou seja, neste contexto temos um espaço de investigação e especulação cognitiva. Villani e Nascimento (2003), por exemplo, analisam a argumentação de estudantes do Ensino Médio durante realização de atividades em laboratório didático, visando compreenderem a influencia dos dados empíricos na aprendizagem. Constataram que a atividade influencia diretamente na argumentação dos estudantes, principalmente quando estes contrapõem com dados resgatados do cotidiano. (MONTEIRO, p.4 e 5,2005).

Para trabalhar com experimentos didáticos Monteiro (2005) ainda apresenta Gil Pérez e Valdés Castro (1996) com algumas alternativas para a prática investigativa.

[...] Apresentar aos estudantes situações abertas e com um nível de dificuldade adequado; favorecer a reflexão acerca da relevância de situações do cotidiano, inclusive das possíveis implicações com Ciência, Tecnologia e Sociedade; potencializar análises qualitativas dos próprios experimentos; colocar-se a emissão de hipóteses como atividade central da investigação científica; possibilitar a análise de resultados [...] (MONTEIRO, p.5,2005).

Além das sugestões mencionadas por Gil e Valdés, um fato importante em um experimento didático é trabalhar as causas do erro que muitas vezes não é investigado nem comentado pelo professor. O professor perde uma oportunidade importante no processo de aprendizagem, passando a ideia de que o resultado é o que tem relevância em uma atividade experimental. O laboratório didático possibilita ao estudante reflexões dos conceitos que estão envolvidos no experimento e também proporciona uma exploração por parte do estudante sobre o experimento como um todo, provocando uma aprendizagem mais consolidada.

Partindo do pressuposto de que o experimento desperta a curiosidade dos estudantes, ressalta-se, o domínio e a segurança que o professor tem do conteúdo torna-se essencial para executá-la bem, utilizando as estratégias e ações metodológicas da prática experimental. Outro aspecto norteador é a investigação da atividade experimental que proporciona ao estudante a observação da problematização com o contexto do cotidiano em que estão inseridos.

2.2.2 ATIVIDADE EXPERIMENTAL

O sistema de ensino brasileiro, especialmente na disciplina de física, tem se deparado com a dificuldade de desenvolver um ensino atrativo, talvez isso esteja relacionado à metodologia aplicada pela maioria das escolas, onde o livro didático tem a função única e exclusiva de transmitir os conteúdos, causando desinteresse e automaticamente baixo rendimento.

Segundo Valadares e Moreira (1998, p.121-135):

O ensino de ciências praticado no Brasil, na grande maioria das escolas de nível médio e fundamental e, em grande extensão, também nas universidades, tem se mostrado pouco eficaz. Com isso, percebe-se que pode estar contribuindo para o estudante se afastar da disciplina de Física e por considerá-la desinteressante e difícil de ser entendida, o que é diretamente relacionado com a maneira de ensinar. A comunidade escolar vê a necessidade de uma nova ferramenta pedagógica onde o ensino seja norteado com aulas criativas que aproximem os conteúdos vistos nos livros didáticos da realidade do aluno, despertando assim o interesse pela Física e contextualizando sua aprendizagem.

No modelo de ensino tradicional das escolas de ensino fundamental e médio, a metodologia aplicada na escola precisa ser repensada, pois este modelo de ensino está sendo visto como distante da realidade do aluno, desta maneira, se tornando menos atrativo. Diante desse desafio, a escola sente a necessidade de inovar políticas públicas que venham a minimizar esse déficit. Uma tendência da rede de ensino é o uso da experimentação, pois ela faz com que o estudante demonstre suas capacidades intelectuais, cognitivas e emocionais. De acordo com os PCNs e as orientações Curriculares para o Ensino Médio, OCEM (2006), a experimentação é a estratégia que contempla diversos assuntos relacionados ao cotidiano, fazendo a relação direta entre teoria e prática, minimizando as barreiras para se obter o conhecimento.

Em consonância com as OCEM, Alves e Stachak (2005, p.1) diz que:

O ato de experimentar no ensino de Física é de fundamental importância no processo ensino-aprendizagem e tem sido enfatizado por muitos autores. Esta ênfase por um ensino experimental adiciona-se importantes contribuições da teoria da aprendizagem em busca da contribuição do conhecimento.

Visto por esta ótica, a experimentação emerge como uma ferramenta fundamental e necessária nas aplicações dos conceitos de física, visto que, ela permite que os alunos possam interagir e assim, faz com que eles saiam de um mundo imaginário para um mundo real e, portanto, despertar nos alunos o interesse pela disciplina. A experimentação surge como um importante instrumento necessário para fazer uma relação entre a teoria e a prática pedagógica.

Deve-se ressaltar que a experimentação no ensino da física deve ser planejada e contextualizada com os conteúdos previstos, para não divergir da metodologia estabelecida.

Nesse contexto Carmo e Schimin (2008, p.1-19), afirmam que:

As atividades experimentais são importantes e relevantes se vinculadas a uma metodologia adequada de discussão e análise do que está sendo estudado, com as aulas práticas/experimentais espera-se que o discente construa um conhecimento significativo e não de memorização, pois ela é uma modalidade pedagógica de vital importância, onde os educandos põem em prática

hipóteses e ideias aprendidas em sala de aula sobre fenômenos naturais ou tecnológicos e que estão presentes em seu cotidiano.

As atividades experimentais têm uma grande importância para Série, Coelho e Nunes (2003, p.39), onde oportuniza aos alunos relacionem os conteúdos e os fenômenos com o mundo empírico. Assim, identificam e constroem meios que permitirão o entendimento do objeto em estudo, sistematizando meios de investigação, propriedade no manuseio dos equipamentos e a discussão do resultado. Neste contexto, o aluno é o indivíduo fundamental na inserção dos atos experimentais.

Graças às atividades experimentais, o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das “linguagens”, tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico. Compreende-se, então, como as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Elas permitem o controle do meio ambiente, a autonomia face aos objetos técnicos, ensinam as técnicas de investigação, possibilitam um olhar crítico sobre os resultados. Assim, o aluno é preparado para poder tomar decisões na investigação e na discussão dos resultados. O aluno só conseguirá questionar o mundo, manipular os modelos e desenvolver os métodos se ele mesmo entrar nessa dinâmica de decisão, de escolha, de inter-relação entre a teoria e o experimento (SÉRIE; COELHO; NUNES, 2003).

É perceptível que o ensino da física está intrinsecamente relacionado ao entendimento dos fenômenos da natureza, contudo é preciso que se busquem métodos novos de ensino que facilitem o entendimento por parte dos alunos, nesse contexto Gaspar (2003) aponta:

Mais importante que ensinar determinado conteúdo seria capacitar a mente para aprender esse conteúdo. E capacitar a mente significa estimular e apressar a formação das estruturas mentais para que elas existam quando necessário. Na visão de

Piaget, a atividade experimental adequadamente desenvolvida é a prática pedagógica mais relevante (GASPAR,2003, p. 14).

Essa metodologia aplicada pelo professor possibilita instigar o aluno a construir seu próprio conhecimento, fazendo com que esse aluno deixe de ser um agente passivo, tornando um agente ativo, no processo de ensino aprendizagem.

Diante da introdução teórica educacional abordada e por haver grande dificuldade, nas escolas públicas de nosso país, nas diversas instâncias, em particular, na obtenção e construção de laboratórios de física, em particular para nós, o custo elevado dos equipamentos, e nas dificuldades de uso que alguns experimentos apresentam, vendo que isso acontece em diversas subáreas da física básica. Então, vemos à necessidade de desenvolver equipamentos de baixo custo, em que os professores possam replicá-los e equipar a sua escola (laboratório).

Assim, focaremos nossa atenção num projeto de construção junto com seu manual de utilização prática de um equipamento que possibilite uma forte aplicação no ensino da eletrostática, servindo como base para desenvolver diversas práticas experimentais e por ser fácil de manusear, com uma eletrônica que fornece altas tensões, sendo mais um equipamento eletrostático. Diante disso, desenvolveremos como nossa pesquisa um gerador de alta tensão regulável como uma ferramenta pedagógica que promova uma aprendizagem efetiva, contribuindo para uma nova perspectiva na aprendizagem dos conteúdos da eletrostática.

2.3 Conceitos básicos da eletrostática

Área da eletricidade que estuda o comportamento e as propriedades das cargas elétricas que estão, geralmente, em repouso. Essa energia se modifica quando há movimento de cargas elétricas, à medida que os elétrons começam a se movimentar, gerando uma corrente elétrica.

Eletricidade é um nome dado a um amplo conjunto de fenômenos que de uma forma ou outra estão subjacentes a quase tudo que nos cerca. Desde um relâmpago no céu até o acender de uma lâmpada, desde o que mantém os átomos juntos formando moléculas aos impulsos que se propagam através dos nervos, a eletricidade está por toda parte. Nesta era tecnológica, é importante aprender o básico da eletricidade e como essas ideias básicas podem ser usadas para sustentar e melhorar nosso

conforto, segurança e prosperidade. (Paul – Física conceitual, 2008, p. 373).

Por volta de 600 anos a.C., Thales de Mileto, matemático, astrônomo e filósofo grego, observou que quando o âmbar, uma resina vegetal fóssil, amarelada e translúcida, quando atritado com seda, produz centelhas e adquire o poder de atrair pequenos pedaços de palha. A palavra grega para âmbar é *elektron*, que deu origem às palavras eletricidade, elétron e eletrônica.

Em 1600, William Gilbert, médico da rainha Elizabeth I, foi o primeiro a distinguir claramente entre fenômenos elétricos e magnéticos. Foi ele quem cunhou a palavra eletricidade, derivando-a de "elektron" que significa âmbar em grego.

O inglês William Gilbert (cerca de 1600 d.C.) realizou os primeiros experimentos sistemáticos de eletricidade e magnetismo, conforme descrito no seu livro. Ele inventou o eletroscópio, aparelho que mede os efeitos eletrostáticos.

O cientista e político americano Benjamin Franklin realizou experimentos com eletricidade por volta do ano de 1750, que levou à invenção do para-raios. Franklin formulou a lei de conservação da carga e batizou os dois tipos de carga de positiva e negativa.

A eletrostática apresenta os seguintes princípios:

- Princípio da conservação da carga elétrica: a somatória da carga elétrica de um sistema eletricamente isolado é constante;
- Quantização da carga elétrica: de acordo com esse princípio, a carga elétrica é quantizada, ou seja, sempre um múltiplo do valor da carga elétrica elementar.

2.3.1 CARGA ELÉTRICA

É uma propriedade das partículas elementares que compõem o átomo, sendo que a carga do próton é positiva e a do elétron, negativa. A carga elétrica é uma propriedade das partículas elementares que compõem o átomo.

Vale salientar ainda que essa carga adquirida por um corpo eletrizado é quantizada, ou seja, ela é um múltiplo inteiro da carga elementar.

Sendo a quantidade de carga de um corpo eletrizado, temos:

$$Q = \pm n \cdot e, \quad (2.1)$$

onde $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

2.3.2 ELETRIZAÇÃO

Eletrizar um corpo significa basicamente é produzir um desequilíbrio entre cargas positivas ou negativas, isto se faz por adição ou retirada de elétrons do corpo o que o faz tornar diferente o número de prótons e de elétrons. Podemos classificar os seguintes processos: (i) Atrito; (ii) Condução e (iii) Indução.

2.3.3 FORÇA ELÉTRICA

O cientista francês Charles Augustin de Coulomb, em 1784, usando uma balança de Torção observou que para cargas puntiformes (dimensões desprezíveis), ou seja, quando suas dimensões são pequenas se comparadas com a distância de separação entre elas, os corpos carregados e separados por uma distância r , muito maior que o tamanho de seus corpos, a força de interação entres elas era proporcional a $1/r^2$, isto é, quanto maior a distância menor seria a força entre os corpos eletrizados.

Essa força depende da quantidade de cargas existentes em cada corpo eletrizado, ou melhor, quanto maior a quantidade de cargas elétricas existente entre os corpos, maior seria sua força de interação. Com isso, Coulomb formulou uma lei na qual recebeu o seu nome, lei de Coulomb, onde seu postulado aqui citado por Sears e Zemansky (2009, p.7): “O módulo da força elétrica entre duas cargas puntiformes é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas”. É importante destacar que a força elétrica é uma grandeza vetorial. Coulomb mediu as forças elétrica e magnética utilizando uma balança de torção muito delicada. No mesmo período, o matemático e astrônomo alemão Karl Friedrich Gauss, formulou o seu famoso teorema da divergência.

Desta forma a lei de Coulomb, representado vetorialmente é expressa por:

$$\vec{F}_{Qq} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r_{Qq}^2} \hat{r}_{Qq} = -\vec{F}_{qQ}. \quad (2.2)$$

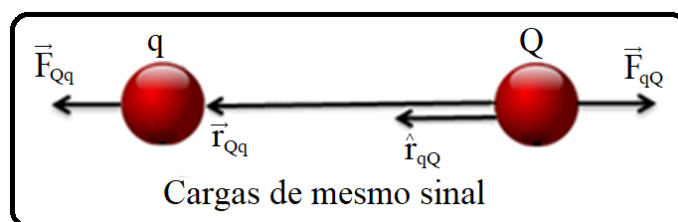


Figura 01 - Representação da Força de interação entre cargas elétrica.

2.3.4 CAMPO ELÉTRICO

Quando um corpo está carregado, ele gera em torno de si, uma região de influência denominada de campo elétrico $\vec{E}$, onde está carga geradora denominamos de carga fonte. Esse campo elétrico é uma grandeza vetorial e varia de ponto a ponto nessa região. Ao colocarmos, nas proximidades desse corpo carregado, uma carga de prova (ou carga teste) q , nela poderá surgir uma força elétrica de atração ou repulsão, dependendo do sinal da carga fonte e da carga teste. Comprovado esse efeito, pode-se concluir que a carga teste sofreu a ação de um campo elétrico gerado pelo corpo eletrizado.

O campo elétrico E produzido em torno de um corpo carregado com carga Q é citado também por Sears e Zemansky (2009, p.13), da seguinte forma: “esse campo elétrico em um dado ponto é igual à força elétrica por unidade de carga teste que atua sobre uma carga teste situada nesse ponto”, ou seja, podemos expressar esse vetor campo elétrico como:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}, \quad (4.5)$$

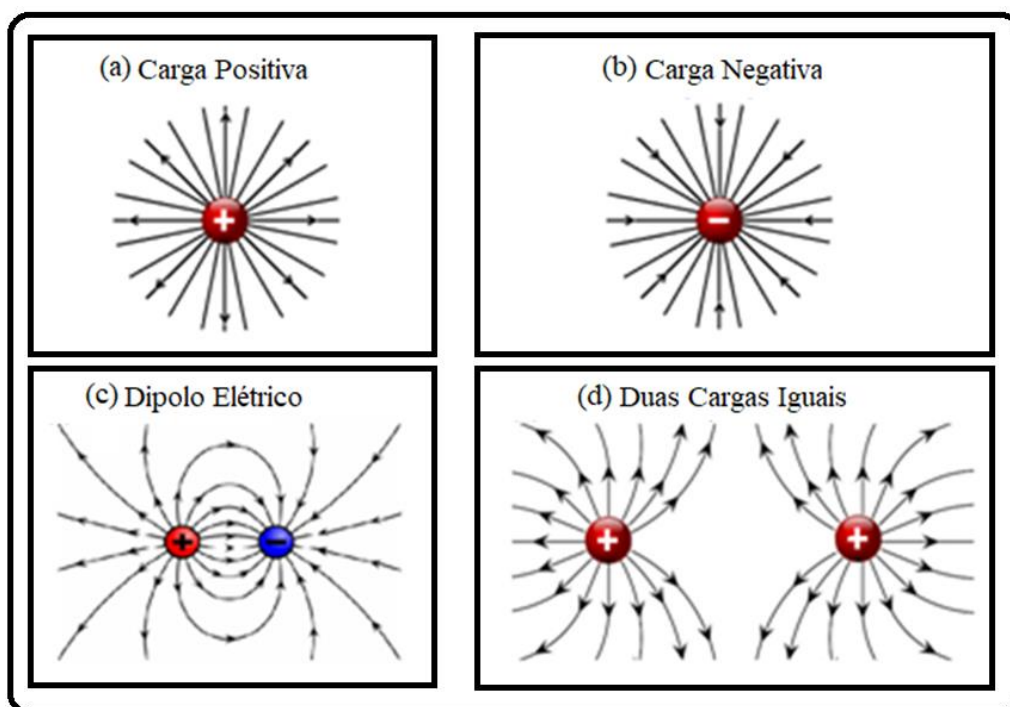


Figura 02 – Representação das Linhas de Campo Elétrico.

A lei de Gauss é a lei que estabelece a relação entre o fluxo do campo elétrico através de uma superfície fechada com a carga elétrica que existe dentro do volume limitado por esta superfície. A lei de Gauss é uma das quatro equações de Maxwell,

juntamente com a lei de Gauss do magnetismo, a lei da indução de Faraday e a lei de Ampère-Maxwell. Foi elaborada por Carl Friedrich Gauss em 1835, porém só foi publicada após 1867.

Convenciona-se que se há mais linhas de campo saindo da superfície do que entrando, o fluxo do campo elétrico através da superfície é positivo e se há mais linhas de campo entrando na superfície do que saindo da mesma, o fluxo é negativo.

É importante ressaltar que a lei de Gauss se torna eficiente apenas em casos em que há simetria. Mais precisamente, nos casos nos quais existe simetria esférica, cilíndrica ou plana.

Fato interessante para lei de Gauss, numa região interna de uma casca esférica carregada com uma densidade de carga, é nulo. Fato que por meio de experiência realizada com o GATR pretende-se justificar, porem em qualquer literatura especifica podemos encontrar a demonstração matematicamente da lei de Gauss.

2.3.5 ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA

A energia potencial elétrica é obtida a partir da interação entre duas cargas, dessa forma, faz-se necessário a discussão da força eletrostática para esse entendimento.

Partindo do fato que essa força eletrostática é conservativa, pode-se expressar a variação da energia potencial, quando uma carga q move-se de um ponto A para um ponto B , sofrendo a interação de uma carga Q , em repouso (supondo nesta situação, que ambas são positivas). A Figura 3 ilustra carga elétrica em movimento sobre a influência da força.

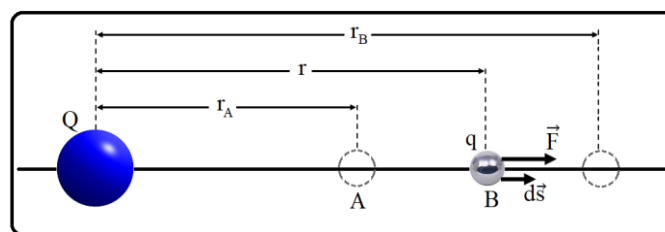


Figura 03 – Representação da carga Elétrica em movimento sobre a influência da Força.

Em se tratando de uma força conservativa, pode-se estabelecer a seguinte relação:

$$\Delta U = U_f - U_i = -W_{if} = - \int_i^f \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad (4.7)$$

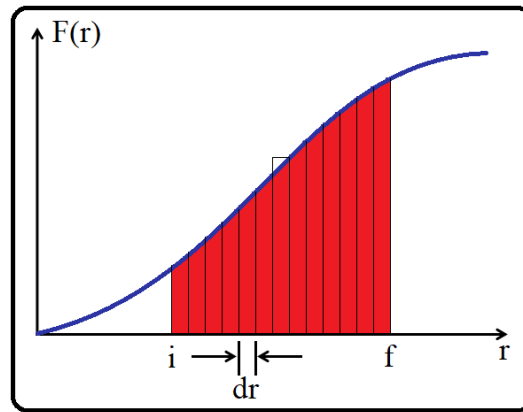


Figura 04 – Representação da Força em Função da Posição

onde U_i energia potencial elétrica inicial, U_f energia potencial elétrica final, ΔU é a variação da energia potencial elétrica, W_{if} é o trabalho realizado pela força $\vec{F}$, No SI, energia potencial elétrica e o trabalho são dados em Joule (J).

Resolvendo a da integral da equação (4.7), que representa o trabalho realizado por uma força elétrica para transportar uma carga elétrica de um ponto inicial (i) até um ponto final (f), indicado através da área abaixo da curva, em destaque na Figura 4.6.

A situação apresentada na Figura 03 foi simplificada, supondo a movimentação de uma carga q de um ponto A para um ponto B, ao longo de uma linha imaginária que une essas cargas. Adotando-se a origem em Q e sendo r a distância relativa entre q e sua origem.

Essa Figura 03, também representa um vetor $d\vec{s}$, tendo um deslocamento infinitesimal ao longo do movimento de A para B. Esse deslocamento $d\vec{s}$ e a força $\vec{F}$ para essa situação estão na mesma direção, ou seja, $\vec{F} \cdot d\vec{s} = F \cdot ds$. A Figura 4, representa um movimento onde, $ds = dr$. Como o movimento está na direção de r, substituindo na equação (4.7), obtém-se:

$$\Delta U = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_A^B F \cdot dr = - \int_r^r \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2} dr , \quad (4.8)$$

Aplicando a equação (4.2).

Integrando, temos:

$$\Delta U = U_B - U_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Qq \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right), \quad (4.9)$$

As condições necessárias para que equação (4.9) ser aceita tem-se que a carga q estiver se aproximando ou se afastando de Q. Desta equação observa-se ainda:

Se $r_B < r_A \rightarrow U > 0$, ou seja, q move-se em direção a Q , então, a energia potencial elétrica aumenta, quando as cargas se aproximam; $r_B > r_A \rightarrow U < 0$, ou seja, q se afasta de Q , então, a energia potencial elétrica diminui, quando as cargas se afastam.

Até agora se considerou a diferença da energia potencial elétrica entre dois pontos, deve-se evidenciar essa energia num único ponto B , escolhendo um ponto A de referência de energia potencial e denominá-la como um valor de referência da energia U_A potencial neste ponto. Claro que, às vezes, é usual adotarmos um ponto de referência que corresponda a uma separação infinita entre essas cargas, então devemos adotar como valor de referência, $U_A = 0$. Dessa forma, pode-se representar o ponto B , onde qualquer ponto de separação for r , com isso a equação (4.9) fica:

$$\Delta U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r}, \quad (4.10)$$

A energia potencial é uma grandeza escalar, podendo assumir valores positivo e negativo, dependendo dos sinais das cargas Q e q , e que o valor dessa energia é definido em relação a um ponto qualquer.

2.3.6 POTENCIAL ELÉTRICO

Adotando uma carga Q , fixa na origem do sistema de coordenadas. Logo em seguida, inserindo uma carga de teste q , onde esta se deslocará de r_A para r_B , sob a ação de uma força da carga Q .

Como carga teste é diretamente proporcional à variação da energia potencial, então, o índice de aumento sofrido pela carga, será o mesmo da variação de energia. A variação dessa energia potencial para esse sistema será definida pela equação (4.9), ou seja, a quantidade $\frac{\Delta U}{q}$, não depende da carga teste (q), sendo apenas propriedade da carga Q . Essa relação foi citada por Halliday *et al.*, onde faz a seguinte afirmação: “Esta quantidade é extremamente útil na análise de uma grande variedade de problemas eletrostático, mesmo que esses problemas impliquem num conjunto mais complexos de cargas reunidas”.

Define-se a diferença de potencial elétrico ΔV , como o quociente entre a variação da energia potencial elétrica ΔU por unidade da carga teste q , ou seja:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q}, \quad (4.11)$$

Assim,

$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q}, \quad (4.12)$$

Ressaltando que o potencial elétrico e a energia potencial elétrica são grandezas escalares e no SI a unidade de potencial elétrico é o volt (V). Baseando na equação (4.7), pode-se escrever a definição da energia potencial, através da relação entre trabalho e energia potencial elétrica, essa relação estabelece a seguinte equação:

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q}, \quad (4.13)$$

sendo W_{AB} o trabalho da força elétrica que Q aplica em q , quando essa carga q move-se de A para B .

Definindo um ponto de referência da energia potencial ($U_A = 0$, devido uma distância infinita entre as cargas), obtém-se anteriormente a equação (4.10), para uma configuração específica, naquele caso, a energia potencial.

De forma análoga, escolhendo um ponto de referência para o potencial (pontos infinitamente distantes de Q), onde nesses pontos o potencial seja nulo, tem-se um potencial elétrico, definido pela seguinte equação:

$$V = \frac{U}{q}, \quad (4.14)$$

sabendo que a energia potencial elétrica para duas cargas pontuais é expressa pela equação (4.10), onde o ponto de referência adotado está no infinito, onde nesse local $U = 0$, e para encontrar o potencial em um ponto qualquer, substitui a equação (4.10) em (4.14), obtemos a expressão:

$$V = \frac{U}{q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}, \quad (4.15)$$

sendo r a distância entre a carga puntiforme Q e o ponto que se deseja calcular o potencial elétrico.

Salientamos que a equação (4.15) é válida, mesmo para os pontos que não estejam alinhados entre A e B .

2.3.7 RIGIDEZ DIELÉTRICA

Para o entendimento da rigidez dielétrica precisamos descrever propriedades de um material isolante e também de um condutor. Mas se tratando de um isolante (ou dielétrico) é possível ele tornar-se condutor?

Esse fenômeno de um isolante se tornar um condutor, pode até parecer impossível, tendo em vista que os isolantes são materiais onde os elétrons estão fortemente ligados

ao seu núcleo e não dispondo de elétrons livres. Se um material dielétrico for submetido a um campo elétrico de baixa intensidade, e a força não for suficiente para desprender os elétrons de seu núcleo, a ponto de torná-lo elétrons livres, esse fenômeno provocará apenas polarização de suas cargas, ou seja, um realinhamento de suas partículas.

No entanto, se a intensidade do campo elétrico for aumentada, a força aplicada sobre os elétrons também sofrerá acréscimo. Essa variação na intensidade do campo elétrico provoca o aumento na intensidade da força que age nos elétrons. Quando essa força for suficientemente grande para arrancar alguns elétrons, devido à quebra da ligação com seu núcleo, esse material passará a ter elétrons livres e, com isso, passa a se comportar como condutor, fenômeno esse denominado de quebra da rigidez dielétrica.

Um material isolante pode ser transformado em condutor. Essa transformação depende apenas da intensidade do campo que é aplicado sobre ele, mas esse fenômeno não pode ser generalizado, se compararmos dois materiais isolantes como a borracha e o ar. A quebra da ligação de seus elétrons com o núcleo não ocorrerá com a mesma intensidade do campo elétrico, pois esses materiais têm estruturas moleculares distintas. Por exemplo, a borracha de neoprene por ter seus elétrons mais fortemente ligados ao núcleo, necessita de um campo quatro vezes maior que o ar, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Rigidez dielétrica de alguns materiais.

Material	Rigidez dielétrica (V/m)
Ar	3×10^6
Baquelita	24×10^6
Borracha de Neoprene	12×10^6
Plexiglas	40×10^6
Papel	16×10^6
Polistireno	24×10^6
Vidro Pyrex	14×10^6
Parafina	10×10^6
Óleo de Transformador	12×10^6
Titano de Estrôncio	8×10^6

Fonte: Tipler e Mosca, 2011.

Dentre os autores que referenciam a interação entre as cargas elétricas, Bonjorno (2010, p.93), faz a seguinte citação: “Quando o ar for submetido a um campo elétrico superior a 3×10^6 V/m, forças elétricas arrancam elétrons dos átomos do meio. Teremos então, uma mistura de íons com elétrons livres, tornando o meio condutor”, dessa forma ocorrerá um movimento de cargas elétricas através do ar. Essa propagação de cargas no

ar é constatada através de experimentos realizados por máquinas eletrostáticas e em nosso estudo por meio pelo gerador de alta tensão regulável (GATR).

3. METODOLOGIA

O presente capítulo aborda a metodologia sugerida e testada da proposta didática produzida neste trabalho, apresenta o produto educacional, logo, descreve-se o ambiente e a forma ao qual o experimento foi realizado, relatando-se o desenvolvimento das atividades propostas e realizadas com os estudantes.

Durante minha carreira de professor tenho comprovado as dificuldades que os estudantes apresentam no ensino e aprendizagem dos conteúdos na disciplina de física.

Em particular as dificuldades dos conteúdos da eletrostática se destacam. Uma das explicações para este fato poderia ser devido à dificuldade que os alunos encontram em entender os conceitos relacionados à eletrostática e a aplicação das equações algébricas nas resoluções dos problemas.

Vários estudiosos no assunto apontam, que métodos inovadores têm se destacado no ensino aprendizagem dos conteúdos Hodson (1998). Assim, com o objetivo de contribuir para o ensino dos conteúdos da eletrostática, desenvolveu-se um Gerador de Alta Tensão Regulável de baixo custo fazendo-se de reciclagem de alguns materiais de fácil obtenção.

A partir de modelo definido e desejado, construímos cada bloco individualizado, fazendo as adequações para atender as necessidades do equipamento dentro das especificações planejada do projeto. De acordo com o desejado, adquirimos os materiais, e demos início aos procedimentos de montagem do gerador. Como esperado, algumas dificuldades surgiram, dentre elas, a eletrônica mais adequada ao sistema, pois em alguns casos os componentes queimavam, provocando a busca de uma nova forma de fazer. Estes problemas foram sanados com imensa pesquisa e bastantes testes de aperfeiçoamento, onde realizamos todas as adequações necessárias para seu funcionamento.

Outra dificuldade que surgiu após o equipamento pronto, foi a ocorrência da descarga na própria carcaça, gerando assim um péssimo funcionamento, ao qual resolvemos, colocando uma blindagem nos bornes de saída do equipamento, isolando definitivamente.

Após comprovada a eficiência na geração de cargas, por exemplo, por meios das descargas elétricas observada ao aproximar o bastão de descarga do gerador em funcionamento, discutiu-se a aplicabilidade como produto educacional e como este facilitaria a transmissão do conteúdo da eletrostática, auxiliando no processo de ensino aprendizagem.

A aplicação do produto requer uma orientação, pois o resultado depende da lisura do método adotado pra nortear a pesquisa. Assim, utilizaram-se quatro tipos de pesquisas: bibliográfica, qualitativa, quantitativa e experimental.

Desta forma, esta pesquisa é bastante utilizada no ensino das ciências, especialmente em física, por ser a área que explica os fenômenos naturais. Apesar de ser bastante difundida entre os professores da área, requer uma atenção especial para a coleta de dados, pois essa coleta deve passar por análise rígida para não influenciar no resultado.

Para avaliação da pesquisa, procedeu-se de duas formas, que são: Uma pesquisa de opinião verbal e/ou escrita que relata a importância do projeto para o processo ensino aprendizagem e sobre o experimento e a proposta didática; a outra consiste em um questionário de avaliação da aprendizagem, que foi aplicado apenas para os estudantes do terceiro ano, que aborda questões sobre os conteúdos da eletrostática, onde o mesmo foi aplicado em duas situações, antes do experimento, visa verificar o que o estudante aprendeu; Após o experimento tem o propósito de verificar o aprendizado e comparar com o resultado anterior, buscando analisar em qual processo o aprendizado é mais efetivo, em ambos os casos, o objetivo é avaliar a correlação dos conteúdos da eletrostática.

3.1 Produto educacional

Este trabalho tem como produto educacional resultante, um Gerador de Alta Tensão Regulável (GATR), ao qual foi confeccionado com materiais de baixo custo e uma ampla aplicação de eletrônica. O processo de montagem e utilização está apresentado no anexo Produto Educacional: Gerador de Alta Tensão Regulável, que consiste em parte integrante dessa dissertação. Com seu uso, vários tópicos da eletrostática e, ainda, estimulando subsunções para a eletrodinâmica, serão trabalhados com estudantes do nono ano do Ensino Fundamental e com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio.

Um teste inicial foi realizado com um grupo de vinte professores da rede Estadual de Ensino de Pernambuco, onde a contribuição foi de grande valia para a melhoria do produto educacional e de fundamental importância para o ajuste da sequência didática, e ainda, foi aceito e apresentado sobre o formato de pôster no II Encontro Interpolos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, realizado no período de 5 a 7 de outubro de 2017 no campus da UFERSA - Mossoró-RN.

3.1.1 O EXPERIMENTO

A figura 5 mostra o experimento, que é feito de material de baixo custo, basicamente os materiais utilizados são: transformador de 220 volts para 30 volts a 5 ampères, retificador de tensão, regulador de tensão, oscilar de Hartley ZVS, flyback, fios, bornes macho e fêmeas, caixa de 18 cm x 18 cm x 12 cm, cano de 75mm, formas esferas de alumínio para velas, um recipiente de plástico de pequena de forma paralelepípedo, hastes da latão que possua em uma de suas extremidades formas pontiaguda, circular, quadrada e de bastão, cabo de alimentação e leds, em alguns casos reutilizamos e/ou reciclamos alguns componente e/ou materiais para o desenvolvimento do projeto que tem como objetivo demonstrar através dos fenômenos do eletromagnetismo propriedades e conceitos da eletrostática.

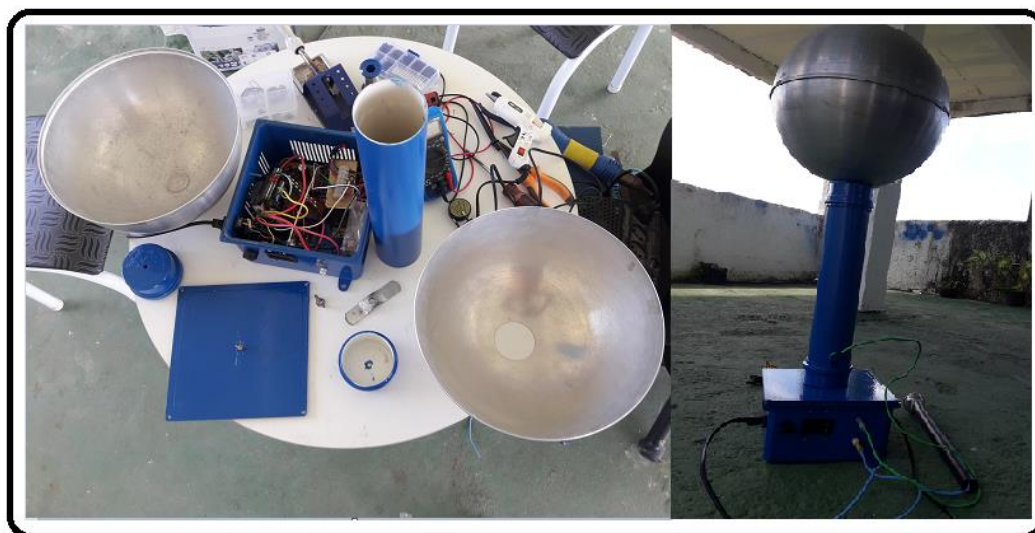


Figura 05 – Gerador Alta Tensão Regulável (GATR).

Este aparato bem mais detalhado no guia do professor, na parte dos anexos.

3.1.2 PROPOSTA DIDÁTICA

No guia do professor está a proposta didática que se baseia nas relações e interações sócio educativas entre os sujeitos envolvidos e o objeto de estudo, onde o professor é o mediador das ações no processo. O trabalho pode ser realizado individualmente, porem propõe-se esta atividade em grupo, onde inicialmente, realizam-se aulas expositivas e dialogadas dos conteúdos que serão estudados, em seguida realiza-se um questionário avaliativo do trabalho. Logo após, realiza-se aulas experimentais

associadas a aulas expositivas e dialogadas, onde os estudantes discutem, manuseiam o experimento, criam situações adversas e a associam com seu dia a dia, fazendo interferências e criando ideias e conceitos sobre o que observou e também relatando sobre o trabalho e sua motivação e participação, isto fica a critério do profissional.

3.1.3 GUIA DO PROFESSOR E DO ALUNO

Este guia tem como objetivo orientar detalhadamente, ao professor ou interessados, como montar e usar o experimento fazendo uso dos acessórios para realizar experiências, bem como, os possíveis ajustes, os cuidados, a segurança e a solução de problemas que possam aparecer, também, a proposta didática e o procedimento nas atividades experimentais.

No guia do estudante, o intuito é de orientar a realização do experimento, como proceder e os cuidados necessários. Os guias estão minuciosamente descritos e detalhados desde o preparo do experimento até a manipulação do experimento.

3.2 Escola e turma onde foi aplicado o projeto

A aplicação da proposta didática se deu em duas escolas, uma de Ensino Fundamental, Escola Municipal Paulino Menelau com uma turma de nono ano, localizada em Candeias na cidade de Jaboatão do Guararapes e outra de Ensino Médio, Professor Antônio Carneiro Leão, localizada em Bairro Novo na cidade de Camaragibe, ambas em Pernambuco.

Na Escola Municipal Paulino Menelau, está se tentando instalar um laboratório de ciências, a mesma já tem um espaço físico pequeno e sem material, porém com muito empenho para a implantação, desfruta de salas de aulas climatizadas. A escola de Ensino Médio tem o espaço físico do laboratório com experimento, porém os experimentos estão sucateados e o laboratório inativado.

O período de aulas na escola de ensino fundamental é distribuído em aulas de 50 minutos cada com um intervalo de vinte minutos após a terceira aula e a mesma funciona em três turnos. Nesta escola realizaram-se as atividades com uma turma de nono ano no turno da tarde e foi aplicada nas aulas de ciências em consonância com uma professora de ciências da escola onde todos concordaram em participar. Na escola de ensino médio, está em transição de escola regular para escola de ensino de tempo integral, porem o trabalho foi aplicado numa turma de terceiro ano do turno da manhã apenas 28 alunos

aceitaram participar da avaliação, porém todos participaram das aulas expositivas e experimentais.

3.3 Descrição da aplicação da proposta didática

A aplicação do projeto foi separada de duas formas, uma para o nono ano do Ensino Fundamental, na qual a avaliação foi realizada por relatos e participação dos estudantes; e a outra para o terceiro ano do Ensino Médio, onde foi realizado um questionário avaliativo, além dos relatos e participação.

3.4 Aplicação da proposta didática no nono ano

A execução da proposta didática ocorreu em cinco aulas, de 50 minutos por aula. Na aula 1 e 2, foi realizado uma aula expositiva com a apresentação do projeto e suas finalidades, os conceitos da eletrostática e apresentado o experimento. Na aula 3, foi mostrado como manusear o equipamento e entregue um roteiro de experiências e medidas de segurança, pois temos alta tensão, e se deu início a experiências. A aula 4, executou-se as experiências. Na aula 5 foi discutido o que haviam observado.

3.4.1 PROCEDIMENTO DAS AULAS NO NONO ANO

A proposta didática iniciou com a participação da professora de ciências, comentando a importância da proposta e se os estudantes estão dispostos a participar ao qual foi aceito, em seguida falou-se sobre os conceitos da eletrostática, carga elétrica, processos de eletrização, materiais condutores e isolantes, força elétrica, campo elétrico, potencial elétrico e rigidez dielétrica. Nesta turma não se explorou a matemática aplicada. No fim da aula foi mostrado o experimento, é explicado como funciona e de que forma foi montado.

Começou-se a aula 3, com a entrega de um manual do estudante, onde está escrito as regras de segurança e um roteiro de experiências, discutido os procedimentos, iniciou as experiências, em grupo, foram manuseando o equipamento e os acessórios na preparação para as experiências. Com tudo pronto, realizou-se a experiência um, que é a quebra da rigidez dielétrica do ar, depois a experiência dois, observação das linhas de campo. No decorrer das atividades, o professor teve que fazer algumas intervenções, porém, isto faz parte da proposta. Houve também, alguns ajustes e observações no

equipamento, tipo regulagem da tensão de entrada, regulagem nos bornes, pois os contatos estavam ruins, prejudicando o funcionamento.

Na quarta aula, continuaram-se as experiências, realizando a experiência três e quatro, onde se observou o potencial elétrico por meio do arco voltaico e a esfera de descarga. Na quinta aula, começou o debate, onde os estudantes relataram o que tinha observado levantando ideias, conceitos e observações, além de relatarem a sua interação e o quanto eles aprenderam e por fim e a importância da aplicação do projeto para o seu aprendizado. Finalizando, foi feito uma avaliação do projeto.

3.5 Aplicação da proposta didática no terceiro ano

A execução da proposta didática ocorreu em 12 aulas, de 50 minutos por aula. Na aula 1 e 2, foi realizado uma aula expositiva com a apresentação do projeto e suas finalidades, os conceitos da eletrostática e apresentado o experimento. Na aula 3 e 4 continuou a aula expositiva da eletrostática. Na aula 5 foi aplicado um questionário avaliativo sobre os conceitos exposto da eletrostática. A aula 6, foi mostrado como manusear o equipamento e entregue um roteiro de experiências e medidas de segurança, pois temos alta tensão, e se deu início a experiências. Nas aulas 7, 8 e 9, se deu continuidade as experiências. Na aula 10 foi discutido o que haviam observado. Na aula 11, aplicou-se novamente o questionário avaliativo. E por fim, a aula 12 foi feito uma avaliação com os estudantes sobre o projeto.

3.5.1 PROCEDIMENTO DAS AULAS NO TERCEIRO ANO

A proposta didática iniciou, com a realização de um contrato didático que firma o elo de corresponsabilidade para que o projeto tenha êxito, em seguida foi apresentada a importância da proposta e como seria executada e se os estudantes estão dispostos a participar, ao qual foi aceito, em seguida falou-se sobre os conceitos da eletrostática, carga elétrica, processos de eletrização, materiais condutores e isolantes.

A aula expositiva continuou e foram apresentados os conceitos de força elétrica, campo elétrico, energia potencial, potencial elétrico e rigidez dielétrica. Durante o processo foi significativamente o domínio matemática aplicada para a resolução das equações referente à eletrostática, este processo foi aplicado nas aulas de 1 a 4.

A figura 6 mostra alguns slides das aulas expositivas.

ESCOLA PROFESSOR ANTÔNIO CARNEIRO LEÃO

ELETROSTÁTICA

PROF. Eduardo Botelho

ELETROSTÁTICA

Ramo da eletricidade no qual são analisadas as propriedades e as interações entre cargas elétricas em "repouso" em relação a um referencial inercial.

PARTES DA ELETROSTÁTICA

- CARGA ELÉTRICA**
 - Eletização
 - Condutores e isolantes
 - Lei de Coulomb "Força"
- CAMPO ELÉTRICO**
 - Conceito de Campo elétrico
 - Campo criado por várias cargas
 - Linhas de Campo
- POTENCIAL ELÉTRICO**
 - Comportamento de um corpo eletrizado
 - Rigidez dielétrica – poder das pontas
 - Diferença de potencial (DDP)
 - Voltagem em campo elétrico
 - Superfície equipotenciais
 - Trabalho elétrico
 - Energia potencial

FORÇA ELÉTRICA

O experimento de Coulomb

Entre nós, cargas negativas, a força elétrica é de repulsão. O mesmo ocorre entre cargas positivas. Porém entre nós e os prótons, cargas de sinais opostos, há a de atração. Quanto mais próximos, mais intensa é a força elétrica.

Charles A. Coulomb (1736 – 1806)

Inventou a balança de torsão para medir a força elétrica entre duas esferas.

Constante de Coulomb $k = 9 \times 10^9 \text{ N/C}^2 \cdot \text{m}^2$

$$F = \frac{k \times q_1 \times q_2}{d^2}$$

Cargas elétricas
Unidade de carga
1 coulomb = 1 C

CAMPO ELÉTRICO

O vetor campo elétrico

Região do espaço ao redor de uma carga Q, onde a força elétrica atua, comprovada por uma carga de prova q.

Como o campo elétrico é um vetor, logo, tem módulo (medida), direção e sentido

NOTAS DE AULAS

Figura 6 – Aulas expositivas.

Na aula 5, aplicou-se um questionário avaliativo para observar o desempenho da aprendizagem, como fase avaliativa da proposta didática.

Iniciou-se a aula 6, com a entrega de um manual do estudante, onde está escrito as regras de segurança e um roteiro de experiências, discutido os procedimentos. Dividimos a turma em grupos de cinco estudantes. Cada grupo foi manuseando o equipamento e os acessórios na preparação para as experiências. Com tudo pronto, cada grupo, realizou a experiência um, que é a quebra da rigidez dielétrica do ar. No decorrer das atividades, o professor teve que fazer algumas intervenções, porem, isto faz parte da proposta. Houve também, alguns ajustes e observações no equipamento, tipo regulagem da tensão de entrada, regulagem nos bornes, pois os contatos estavam ruins, prejudicando o funcionamento.

Nas aulas 7, 8 e 9, retomamos a rodada de experiências, prepararam o equipamento, e cada equipe foi realizando as experiências. A experiência dois, observação das linhas de campo, a experiência três e quatro, onde se observou o potencial elétrico por meio do arco voltaico e a esfera de descarga.

Iniciou-se a aula 10, colocando os alunos em círculo e começou-se o debate, onde os estudantes relatou o que tinha observado, levantando ideias, conceitos, fazendo observações relevantes sobre a proposta e como foi divertido aprender desta forma, além de relatarem a sua interação e o quanto eles aprenderam e a importância da aplicação do projeto para o seu aprendizado.

Reaplicou-se, na aula 11, um questionário avaliativo para observar o desempenho da aprendizagem, como segunda fase avaliativa da proposta didática.

Esta última aula, que foi a aula de número 12, foi destinada para a avaliação da proposta. Os estudantes relataram o quanto às aulas experimentais são prazerosas e estimulantes, tornando mais empolgante à forma de aprender. Relatou também, o quanto eles interagiram e que alguns inicialmente não se sentiu motivados, porém no decorrer das atividades experimentais, se tornaram mais envolvidos e participativos. Falaram que as aulas de física deveriam ser neste formato.

4 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

A concretização da proposta didática e aplicação do produto educacional foram desdobradas por alunos de duas escolas, por meios de realização de experiências, avaliação por meio de relatos verbais e questionário avaliativo referente à aprendizagem dos conteúdos da eletrostática antes e após a aplicação do produto educacional.

4.1 Avaliação da pesquisa

Para avaliação da pesquisa, procedeu-se de duas formas, que são: Uma pesquisa de opinião verbal e/ou escrita que relata a importância do projeto para o processo ensino aprendizagem e sobre o experimento e a proposta didática; a outra consiste em um questionário de avaliação da aprendizagem, que foi aplicado apenas para os estudantes do terceiro ano, que aborda questões sobre os conteúdos da eletrostática, onde o mesmo foi aplicado em duas situações: uma antes do experimento, que visa verificar o que o estudante aprendeu; a outra, após o experimento, que tem o propósito de verificar o aprendizado e comparar com o resultado anterior, buscando analisar em qual processo o aprendizado é mais efetivo, em ambos os casos, o objetivo é avaliar a correlação dos conteúdos da eletrostática.

4.2 Relatos sobre a proposta didática e o experimento

Ao final da aplicação das atividades, foi realizado um debate e uma avaliação do projeto. O espaço foi aberto para questionamentos e avaliação do trabalho, onde perguntas fundamentais foram feitas, onde os que se sentiram mais a vontade responderam. Essas perguntas foram:

I – O manual do estudante que foi distribuído apresenta uma linguagem clara com uma sequência adequada e de fácil entendimento com um roteiro adequado?

A maioria dos estudantes afirmou que sim, indagando algumas observações chegando a concepção, aqui sintetizada pelos estudantes, enunciada a seguir:

“Material empolgante, que nos permite entender claramente, com uma sequência de ações, passo a passo para realização do processo experimental, que nos permite entender como preparar os experimentos e os cuidados com a segurança”. (Estudantes do nono e terceiros anos).

II – O material facilita a execução das atividades experimentais?

Em suma, os estudantes concordaram e responderam sim, onde chegaram a um consenso seguinte:

“Seguindo o roteiro descrito, conseguimos realizar a experiências propostas na atividade, sugeriram algumas duvidas, em relação ao fenômeno apresentado, pois a interpretação é conceitual e não do roteiro”. (Estudantes do nono e terceiros anos).

III – O experimento facilitou a compreensão, por meio dos fenômenos apresentados, dos conceitos relativos à eletrostática, fomentando novas ideias e concepções?

Esta resposta foi de suma importância para êxito do projeto, dentre diversas repostas, onde os estudantes aglutinaram disseram:

“As aulas experimentais, nos uniu para a realização de atividades que nos atraiu, estimulando, propiciando o desejo de estudar, buscando observar e compreender os fenômenos da natureza criando ideias para justificar o que foi observado, fortalecendo os conceitos científicos estudados que é de suma importância para a efetivação do conhecimento sobre a eletrostática”. (Estudantes do nono e terceiros anos).

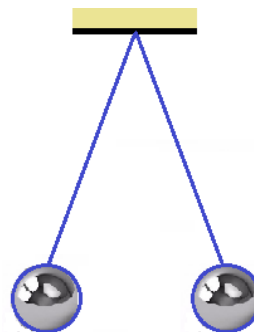
4.3 Análise e comentários do questionário avaliativo

Neste instante são discutidos os resultados obtidos na pesquisa. São mostrados os números percentuais de erros e acertos de ambos os testes, permitindo estabelecer uma comparação e, estimando o crescimento do índice de acertos. Estes questionários abrangeram os fundamentos físicos relacionados aos conteúdos da eletrostática. Além disso, pode-se avaliar a pesquisa no âmbito teórico e experimental.

Faz-se necessário um comentário das questões aplicadas, uma a uma, observando por meio do gráfico que expressa o percentual de acertos do pré e pós-testes, como se segue:

01. Na figura abaixo temos duas pequenas esferas suspensas por fios isolantes estão eletrizadas negativamente e repelem-se mutuamente. Observa-se que, com o tempo, a distância entre elas diminui gradativamente. Pode-se afirmar que isso ocorre porque as esferas, através do ar:

- a) Recebem prótons.
- b) Perdem prótons.
- c) Recebem elétrons.
- d) Trocam prótons e elétrons.
- e) Perdem elétrons.



A questão 01 aborda os efeitos produzidos pelo ar nas esferas suspensas, onde permite ao aluno observar que o sinal da carga determina a repulsão entre elas e que o ar, mesmo sendo um dielétrico, conduz eletricidade descarregando as esferas. Nesta questão, a opção correta é a letra “e”, sendo que no pré-teste houve 7,1% de acertos e no pós-teste 85,7%, representando uma evolução na aprendizagem em 78,6 pontos percentuais, como demonstrado no gráfico 01.

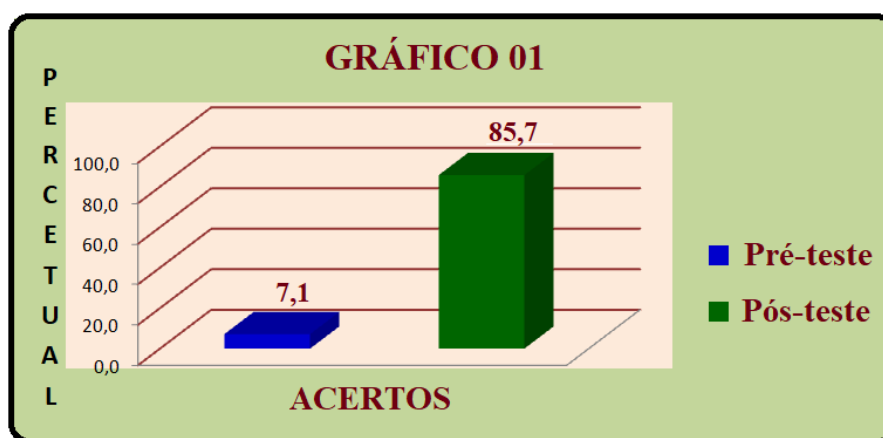


Gráfico 01 - Percentual de acerto da questão 01.

02 (Unifor-CE) Três corpos, A, B, e C, inicialmente neutros, foram eletrizados. Após a eletrização verifica-se que A e B têm cargas positivas e C tem carga negativa. Assinale a alternativa que apresenta uma hipótese possível a respeito dos processos utilizados para eletrizar esses corpos:

- a) A e B são eletrizados por contato e, em seguida, C é eletrizado por atrito com B.
- b) A e B são eletrizados por atrito e, em seguida, C é eletrizado por contato com B.

- c) B e C são eletrizados por atrito e, em seguida, A é eletrizado por contato com B.
 d) B e C são eletrizados por contato e, em seguida, A é eletrizado por atrito com B.
 e) A, B e C são eletrizados por contato.

A questão 02 aborda os processos de eletrização, ao qual caracteriza de acordo com o tipo a carga que cada esfera assumirá após a sua eletrização. Esta questão teve como alternativa correta a letra “C”, onde, no pré-teste houve 10,7% de acertos e no pós-teste, 78,6%, representando uma evolução na aprendizagem em 67,9 pontos percentuais, como demonstrado no gráfico 02.

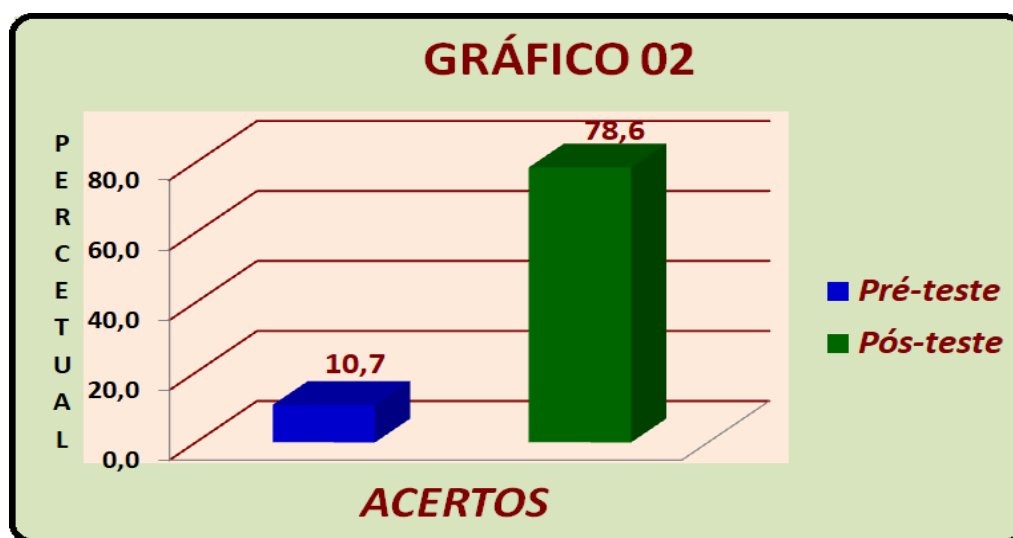
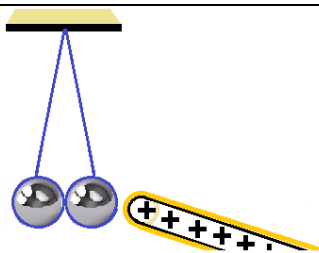


Gráfico 02 - Percentual de acerto da questão 02.

03. Na figura seguinte mostra que duas esferas metálicas, muito leves, estão penduradas por fios perfeitamente isolantes, em um ambiente seco.

Uma barra metálica carregada positivamente é colocada em contato em uma das esferas e depois afastada. Após o afastamento da barra, qual deve ser a situação das esferas, sabendo-se que a carga inicial das esferas é nula?



- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

A questão 03 relata a eletrização de duas esferas leves e suspensas por meio do contato de um bastão carregado positivamente. Esperava-se que os alunos identificassem o fenômeno do posterior afastamento das esferas provocado pelo carregamento das duas esferas com cargas de mesmo sinal, no caso positivo. Nesta questão, a resposta correta é a letra “a”, onde no pré-teste houve 35,7% de acertos e no pós-teste 82,1%, representando uma evolução na aprendizagem em 46,6 pontos percentuais, como demonstrado no gráfico 03.

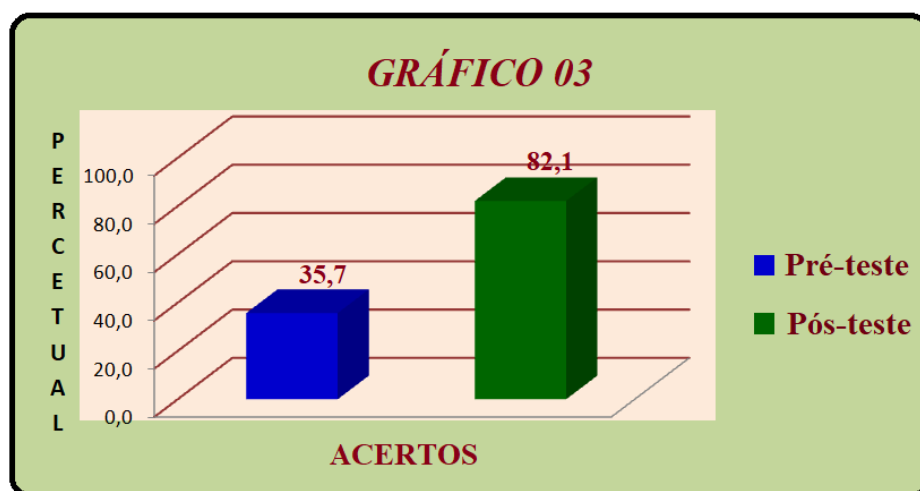


Gráfico 03 - Percentual de acerto da questão 03.

04. (Fatec-SP) Considere as seguintes afirmações:

- I – Na eletrização por atrito, os corpos ficam eletrizados com cargas iguais, porém de sinais contrários.
- II – Na eletrização por contato, os corpos ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal.
- III – No processo de indução eletrostática, o corpo induzido se eletrizará sempre com carga de sinal contrário à do indutor.

São verdadeiras:

- a) Todas as afirmações.
- b) A primeira e a terceira.
- c) A segunda e a terceira.
- d) Somente a primeira.
- e) Somente a segunda.

A questão 04 relata sobre os três tipos de eletrização, onde os estudantes pra resolver tem que ter o conhecimento desses tipos de eletrizações, bem como dos sinais

adquiridos após o processo. Esta questão teve como resposta correta a letra “a”, verificando no pré-teste 53,6% de acertos e no pós-teste 89,3%, representando uma evolução na aprendizagem em 11 pontos percentuais, como demonstrado no gráfico 04.

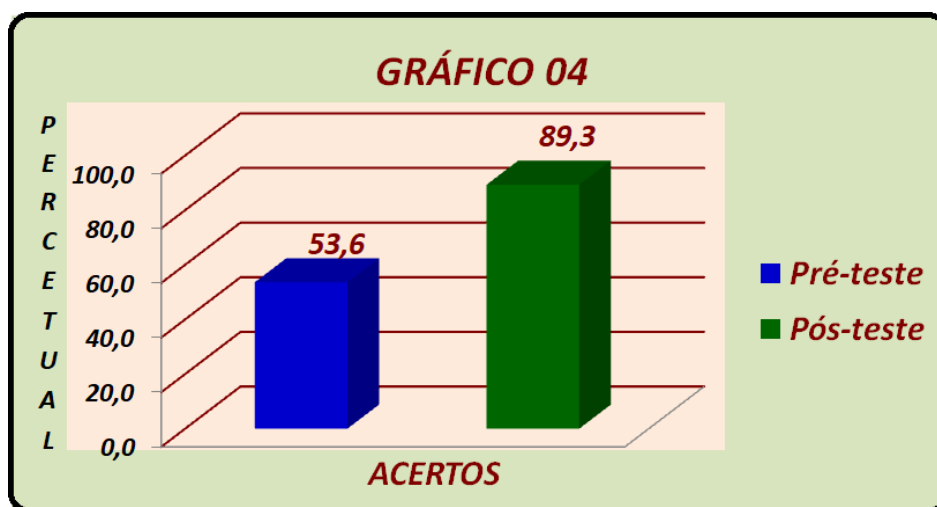
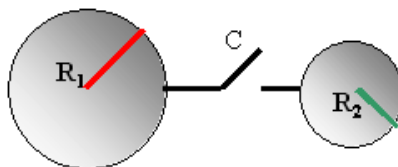


Gráfico 04 - Percentual de acerto da questão 04.

05. Duas esferas de raios R_1 e R_2 , com $R_1 > R_2$, são postas em contato mediante a chave C, conforme a figura. Supondo que a esfera maior esteja carregada negativamente e a menor neutra, pode-se afirmar que:



- (A) haverá passagem de cargas elétricas da esfera de raio R_1 para a de raio R_2 até que ambas apresentem a mesma carga.
- (B) a esfera de raio R_2 se carregará positivamente, enquanto a esfera de raio R_1 se descarrega.
- (C) a esfera de raio R_2 terá maior carga do que a esfera de raio R_1 quando for atingido o equilíbrio eletrostático.
- (D) haverá passagem de cargas elétricas da esfera de raio R_1 para a de raio R_2 até que ambas apresentem o mesmo potencial elétrico.
- (E) o potencial da esfera de raio R_1 será maior do que o potencial da esfera de raio R_2 quando for atingido o equilíbrio eletrostático.

A questão 05 levanta a ideia de potencial elétrico, onde a transmissão de carga se dar por meio de um fio condutor. Nesta situação o estudante precisa conhecer a questão

do equilíbrio eletrostático em termo de cargas elétricas e de potencial elétrico, referente a esferas de raios de medidas diferentes. Esta questão tem como alternativa correta a letra “d”. No pré-teste houve 25% de acertos e no pós-teste 67,9%, representando uma evolução na aprendizagem em 42,9 pontos percentuais, como demonstrado no gráfico 05.

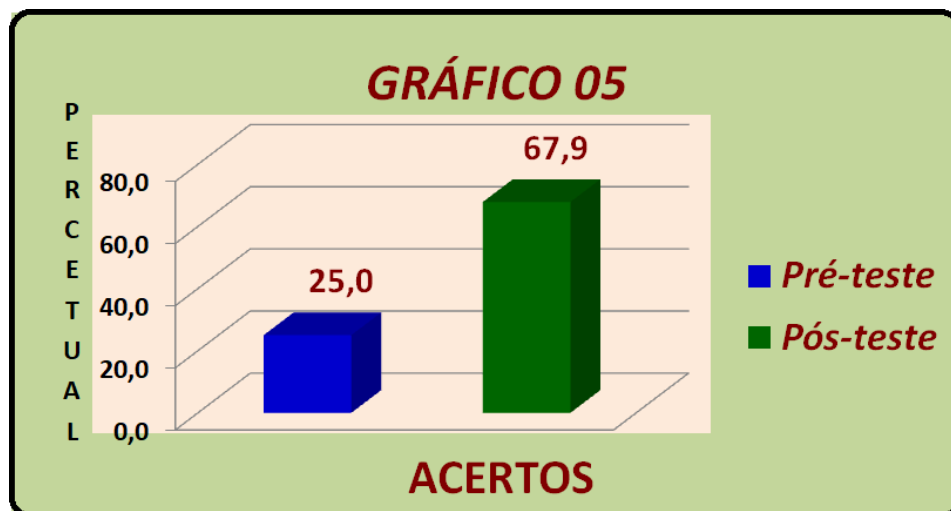
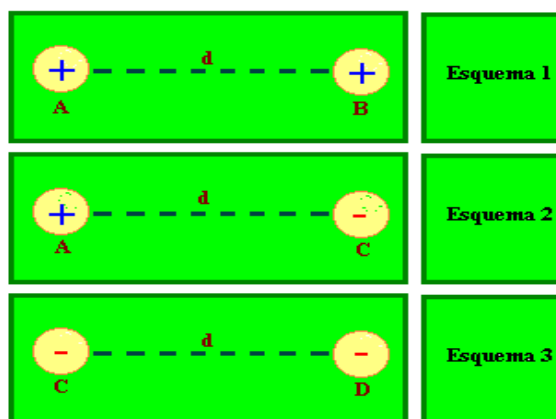


Gráfico 05 - Percentual de acerto da questão 05.

06. (UNIP) Considere os esquemas que se seguem onde A e B representam prótons e C e D representam elétrons. O meio onde estão A, B, C e D é vácuo em todos os esquemas e a distância entre as partículas em questão é sempre a mesma d .



A respeito dos três esquemas, analise as proposições que se seguem:

- I. Em todos os esquemas a força eletrostática sobre cada partícula (próton ou elétron) tem a mesma intensidade.
- II. Em cada um dos esquemas a força sobre uma partícula tem sentido sempre oposto ao da força sobre a outra partícula.
- III. Em cada um dos esquemas as forças trocadas pelas partículas obedecem ao princípio da ação e reação.

IV. Em todos os esquemas as forças entre as partículas são sempre de atração.

Responda mediante o código:

- a) apenas as frases I, II e III estão corretas;
- b) apenas as frases I e III estão corretas;
- c) apenas as frases II e IV estão corretas;
- d) todas são corretas;

A questão 06 simula o processo de atração e repulsão, bem como as linhas de campo e a intensidade da força elétrica de ação e reação. Esta questão tem como alternativa verdadeira a letra “a” e obteve-se 21,4% de acertos no pré-teste e 46,4% no pós-teste, representando uma evolução na aprendizagem em 25 pontos percentuais, como demonstrado no gráfico 06.

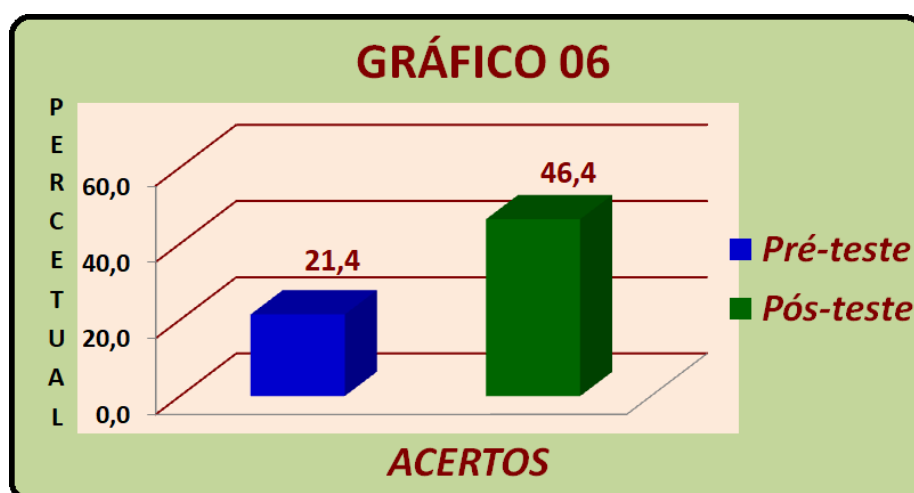
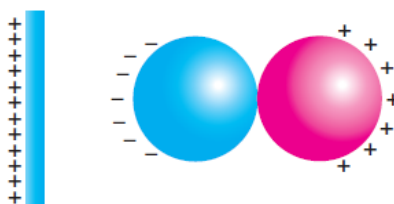


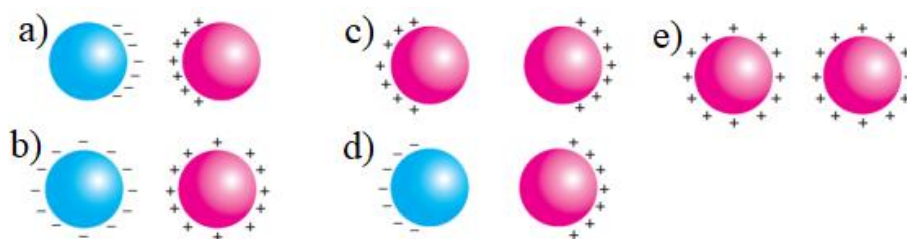
Gráfico 06 - Percentual de acerto da questão 06.

07. Se aproximarmos uma barra eletrizada de duas esferas condutoras, inicialmente descarregadas e encostadas uma na outra, resulta numa distribuição de cargas esquematizada na figura abaixo:



Em seguida sem tirar do lugar a barra eletrizada, afasta-se um pouco uma esfera da outra. Por fim, sem mexer mais nas esferas, remova-se a barra, levando-a para muito longe das

esferas. Nessa situação final, qual a figura que melhor representa a distribuição de cargas nas duas esferas?



A questão 07 demonstra uma situação, em que uma barra eletrizada é aproximada de duas esferas neutras em contato, mantendo essa barra próxima das esferas, separam-se as esferas, e por fim, retira-se a barra da proximidade dessas esferas. Este procedimento permitiu que os alunos identificassem a configuração adequada, distinguindo os processos de contato e indução, bem como, a distribuição das cargas elétricas em uma superfície esférica. A alternativa que correspondia a esta configuração era a letra “b”, constatando 32,1% de acertos no pré-teste e 67,9% no pós-teste, representando uma evolução de 35,8 pontos percentuais no ensino aprendizagem, como ilustrado no gráfico 07.

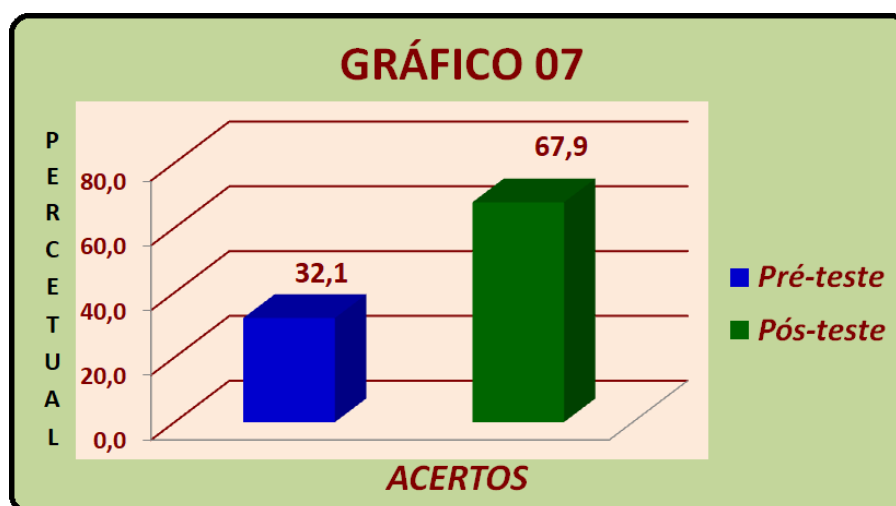


Gráfico 07 - Percentual de acerto da questão 07.

08. Na figura abaixo mostra a mão da garota tocando a esfera eletrizada de uma máquina eletrostática conhecida como gerador de Van de Graaf.

Diante dessa situação são feitas as seguintes afirmações:

I. Os fios de cabelo da garota adquirem cargas elétricas de mesmo sinal e por isso se repelem.

II. O clima seco facilita ocorrência do fenômeno observado no cabelo da garota.

III. A garota conseguiria o mesmo efeito em seu cabelo, se na figura sua mão apenas se aproximasse da esfera sem tocá-la.



Está correto o que se lê em:

a) apenas I b) apenas II c) apenas I e II d) apenas I e III e) apenas II e III

A questão 08 mostra a imagem de uma menina com os cabelos eriçados em contato com uma esfera eletrizada, conhecido como Gerador de Van de Graaff, fazendo três afirmações sobre o fenômeno ocorrido com seus fios de cabelos, esperava-se que o aluno entendesse o processo de contato e indução. Esta questão teve como alternativa correta a letra “c”, tendo 39,3% de acertos no pré-teste e 89,3% no pós-teste, ou seja, 50 pontos percentuais de aumento, como ilustrado no gráfico 08.



Gráfico 08 - Percentual de acerto da questão 08.

09. Um estudante de física durante uma aula experimental atrita um bastão isolante com um tecido. Após o experimento ele verifica que ambos ficam eletrizados. Com relação aos conceitos de física é correto afirmar que o bastão pode ter:

- a) Ganhado prótons e o tecido ganhado elétrons.
- b) Perdido elétrons e o tecido ganhado prótons.

- c) Perdido prótons e o tecido ganhou elétrons.
- d) Perdido elétrons e o tecido ganhou elétrons.
- e) Perdido prótons e o tecido ganhou prótons.

A questão 09 retrata a situação em que um aluno numa aula experimental, atritava um bastão isolante com um tecido, promovendo a eletrização do bastão e do tecido. Buscava-se fazer o aluno entender o processo de eletrização por atrito, bem como a transferência de elétrons. Esta questão teve como alternativa correta a letra “d”, constatando que no pré-teste houve 28,6% de acertos e no pós-teste 67,9%, representando uma evolução na aprendizagem em 39,3 pontos percentuais, como ilustrado no gráfico 09.

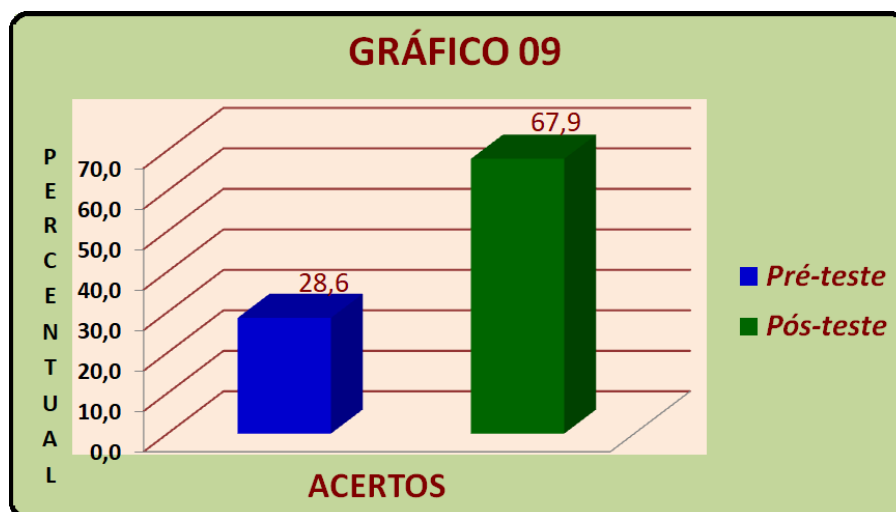


Gráfico 09 - Percentual de acerto da questão 09.

10. (Osec-SP) Qual das afirmações abaixo se refere a um corpo eletricamente neutro?

- a) Não existe, pois todos os corpos têm cargas.
- b) É um corpo que não tem carga positiva nem negativa.
- c) É um corpo com o mesmo número de cargas positivas e negativas.
- d) Não existe, pois somente um conjunto de corpos pode ser neutro.
- e) É um corpo que necessariamente foi alterado.

A questão 10 referiu-se a um corpo eletricamente neutro, que condiz que neste estado a quantidade de cargas positivas é a mesma quantidade de cargas negativas. Nesta questão identificamos como resposta correta a alternativa “c”. Após a aplicação do pré-

teste e pós-teste, foi constatado 50% e 92,9% de acertos respectivamente, representando 42,9 pontos percentuais de crescimento, como ilustrado no gráfico 10.

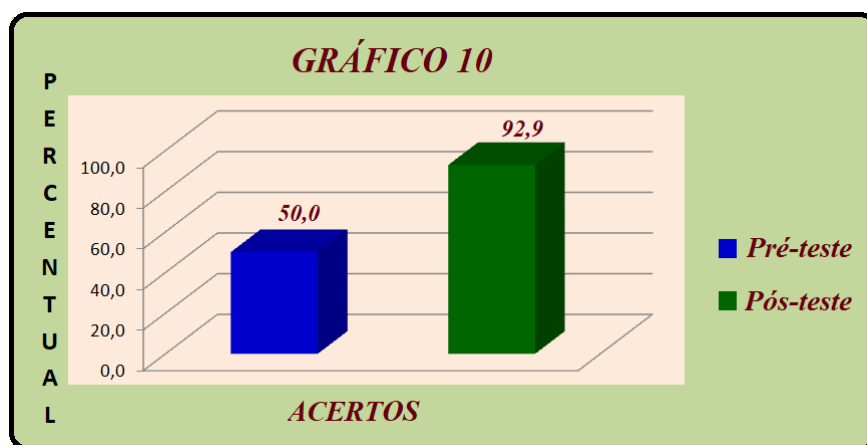


Gráfico 10 - Percentual de acerto da questão 10.

4.4 ANALISE DOS RESULTADOS DO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

A aplicação das questões durante a pesquisa foi de fundamental importância para o direcionarmos relevante às concepções da aprendizagem após a demonstração do Gerador Regulável de Alta Tensão.

Durante a aplicação do pré-teste, percebeu-se o distanciamento entre o conteúdo físico da eletrostática e o conhecimento prévio do aluno, isto foi constatado devido à porcentagem mínima de acertos identificados durante a aplicação deste questionário, observando ainda a distração e a falta de assimilação destes conteúdos ministrados durante as aulas de eletrostática.

Antes da apresentação do experimento, aproveitou-se a oportunidade para falar do Gerador de Alta Tensão Regulável, enfatizando a sua principal finalidade e funcionamento, fazendo uma comparação com os geradores eletrostáticos mais conhecidos. Após esse histórico, apresentou-se o Gerador de Alta Tensão Regulável, feito com material de baixo custo.

Já na apresentação do experimento, observou-se um novo olhar dos discentes em relação à curiosidade em manusear o aparelho e após seu manuseio e interação, ocorreu uma série de questionamentos levantados em relação a eletrização da esfera, a visualização das descargas elétricas “Arco Voltaico” e a visualização das linhas de campo, por meio das experiências que foram realizadas com o uso do mesmo. Neste

momento, aproveitou-se para explicar o fenômeno ocorrido no experimento durante a aula.

Ainda durante a apresentação do gerador, percebeu-se que de início, os alunos ficaram entusiasmados, pois para muitos, essa foi à primeira participação em aulas experimentais com eletrostáticas onde foram visualizados fenômenos extraordinários, nunca visto por eles desta forma e a comparação com os fenômenos semelhantes da natureza. No decurso da aula, aproveitou-se a oportunidade para descrever como foi construído o gerador, explicando cada bloco e principalmente, como ocorre o processo eletrônico e a geração de cargas na cuba de descarga, sempre ressaltando que esse experimento foi construído com material alternativo e de baixo custo, porem alguns componentes eletrônicos deve ser comprado. Após perceberem que os materiais utilizados na construção do experimento eram de fácil aquisição, muitos até alguns deles expressaram o desejo de construir, porem com a participação do autor como orientador da ação.

Em seguida, iniciou-se a explicação dos conteúdos da eletrostática, utilizando o gerador como recurso pedagógico auxiliar. Por meio da utilização do gerador os estudantes entenderam mais significativamente os processos de eletrização, a força elétrica, bem como a influência do campo elétrico e do potencial elétrico. Durante esta aula, foi observado um maior envolvimento dos alunos, pois sempre havia uma relação do conteúdo ministrado com o Gerador Regulável de Alta Tensão.

Durante a aula algumas experiências foram desenvolvidas, foi sugerido que eles interagissem com as experiências, buscando relação com o conteúdo. Durante as experiências, foi pedido aos estudantes que anotassem seus questionamentos e tentassem explicar esses questionamentos, em um debate de indagações de respostas a estes questionamentos. Na medida desse debate, foram realizadas as devidas intervenções.

Ficou evidente que a aula, usando o experimento do Gerador Regulável de Alta Tensão como ferramenta pedagógica, contribuiu com o processo de ensino aprendizagem dos conteúdos da eletrostática, pois durante essa aula, os alunos se sentiram motivados com a explicação do fenômeno ocorrido.

Ao final da apresentação, ao serem perguntados sobre o que eles acharam da aula, foram unânimes ao falarem da importância do gerador na assimilação dos conteúdos de eletrostática, reforçando a necessidade do uso de experimentos, não só em relação a estes conteúdos, mas para todos os conteúdos contemplados no ensino de física, pois, segundo

eles, o experimento os ajudou a compreender o conteúdo abordado despertando um maior interesse na disciplina de Física.

Foi perceptível que o experimento ajudou os alunos a visualizarem o conteúdo, antes abstrato. Pois, a aplicação do pós-teste revelou uma grande evolução no ensino aprendizagem dos conteúdos da eletrostática, constatando estatisticamente através do gráfico “visão geral (gráfico 11)”.

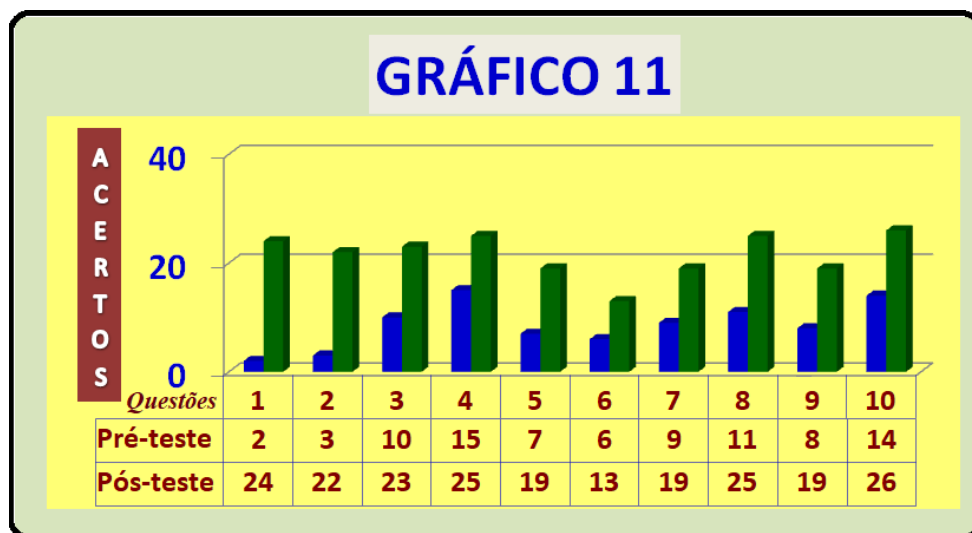


Gráfico 11 – Visão geral da quantidade de acertos por questão no pré e pós teste.

Analisando as questões através de um comparativo dos acertos entre o pré e pós-teste, pode-se, supondo uma relação direta, perceber a evolução da aprendizagem dos alunos envolvidos na pesquisa pelo aumento do número de acertos nos testes. Esta constatação foi fundamentada na média extraída dos questionários (pré e pós-teste) norteadores da pesquisa. Tal constatação é representada através do gráfico 12.

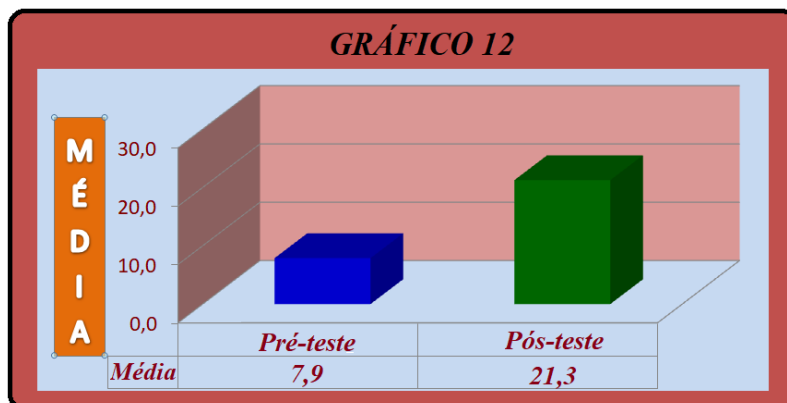


Gráfico 12 – Média geral de acertos das questões do pré e pós-teste.

Analisando o gráfico da média de acerto, verificou-se uma evolução qualitativa na aprendizagem dos alunos envolvidos na pesquisa, onde através da análise dos gráficos houve uma evolução média maior que treze pontos médios. Desta forma, verifica-se que a aula experimental, torna-se prazerosa para os alunos e, além de auxiliar o professor na mediação dos conteúdos, aproxima o conteúdo do educando e ficou claro que aprendizagem foi bem significativa.

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Em um debate sobre máquinas eletrostáticas, observaram-se alguns pontos cruciais para o seu funcionamento, assim, surgiu a ideia de construir um equipamento que tivesse as mesmas características. Pensou-se algo eletrônico, de tal forma que pudesse ser regulável, atingisse altas tensões, assim surgiu o Gerador Regulável de alta tensão o GRAT, onde este equipamento pudesse envolver os conceitos da eletrostática e que possuísse um potencial didático-pedagógico.

Surgiram outros conceitos da eletricidade que podem ser empregados, algo que foi visto durante a pesquisa.

Este trabalho possibilitou desenvolver uma sequência didática alternativa, que ajudará o professor, oferecendo novas possibilidades de atuação pedagógica, através da utilização de ferramentas de produção própria, desenvolvidas com materiais de baixo custo. A possibilidade de criar um produto pedagógico de baixo custo é particularmente interessante, levando-se em consideração as dificuldades financeiras das escolas públicas, muitas vezes sem laboratórios ou equipamentos didático-pedagógicos profissionais.

O material produzido, durante sua aplicação, revelou que a implementação da proposta experimental em aulas de física é bem aceita pelos estudantes, desta forma, verificou-se no decorrer da pesquisa, que os estudantes alcançaram um bom desempenho, interesse e mais motivados. Ainda foi observado que as atividades realizadas provocam uma maior interação entre eles, por conta do desejo de encontrar a resposta em relação ao fenômeno físico, estimulando a participação nas aulas. A metodologia adotada favoreceu um aprendizado investigativo, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa e experimental.

A atividade constituiu-se, igualmente, num importante instrumento pedagógico para a educação, incorporando e motivando a análise científica como linguagem colaborativa nos conceitos térmicos e hidráulicos, agregado a isto o uso de recursos simples e de fácil manuseio, possibilitando o aprimoramento básico que os alunos tinham de ciências.

Nas atitudes demonstradas e nos resultados das avaliações, obtiveram-se indicações de que o trabalho foi bem aceito pelos estudantes, mesmo com a turma de nono ano, que está iniciando com o ensino da física, bem como os estudantes do terceiro ano, que já vivenciou este ensino, o primeiro contato com esses conceitos, de forma prática experimental, é fundamental para a formação de subsunçores, que serão utilizados em sua

vida seja acadêmica ou não. Este revelou, além da motivação para continuar com o desenvolvimento do produto educacional, despertando novos objetivos e desafios, tais como a sua aplicação em outras áreas da eletricidade, ampliar sua utilização em outras escolas e no ensino superior, bem como na formação continuada de professores. A análise das avaliações e do processo experimental possibilitou os ajustes e qualificação deste material, e que, os profissionais que desejarem fazer uso deste material, possam contribuir ainda mais para a evolução deste produto.

Concluindo, cremos que seja importante para os estudantes, em qualquer fase acadêmica, construir conceitos científicos e que possam explorar aspectos mais formais desses conceitos. O produto educacional foi desenvolvido, testado e aplicado com sucesso, mostrando-se atrativo para as aulas de Física, mesmo acreditando que melhorias e outras aplicações possam ser agregadas, que foram observados por estudantes e profissionais da área. Consideramos alcançados os objetivos do projeto e acreditamos que a proposta seja de suma importância e aplicabilidade nas aulas de Física.

No decorrer da aplicação desta proposta, diversas ideias e possibilidade foram surgindo, desta forma novas perspectivas surgiram que segue:

- Produzir vídeos aulas de fabricação do aparato e dos processos experimentais e explicativos;
- Aplicar a metodologia e aparato no ensino da eletrodinâmica;
- Apresentar o aparato em congressos, feira de ciências e outros;
- Promover uma oficina sobre como construir e aplicar o aparato;
- Melhorar o guia do professor e do aluno, acrescentado mais detalhes e fotos explicativas.
- Aperfeiçoar o equipamento para que o mesmo possa ter uma maior aplicação nas aulas experimentais no ensino da eletricidade e magnetismo.

REFERÊNCIAS

A.M.V. Cipelli e W.J. Sandrini, **Teoria e Desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos**, Ed. Érica, pág. 46 a 130, 13a. Ed., 1986.

ALVES, V. C.; STACHAK, M. **A Importância de Aulas Experimentais no Processo de Ensino-Aprendizagem em Física** . XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, p. 1, 2005. Acessado em: 09 de jan. 2015. Disponível em: <<http://biblioteca.cefetbambui.edu.br/publicacoes/fisica/juvenil>>.

ARAÚJO, M. (2003). **Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 176-194.

ARTUSO, A. R.; WRUBLEWSKI, M. **Física** . Curitiba: Positivo, 2013. 12 p.

AUSUBEL, D. P. (1980). **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana.

AUSUBEL, D. P. (1982). **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**.

BAYERL, G. da S. **O ensino de ciências físicas nas series iniciais: O experimento como fator estimulante na aprendizagem**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

BEHRENS, M. A. **O Paradigma Emergente e a Prática Pedagógica**. 2. ed. Petrópolis, RJ: Editora vozes, 2005. 14 p.

Bertini, L. Antonio, Transformadores Teorias, Práticas e Dicas, Copyrightã2003 - Eltec Editora em www.eltec.com.br.

BISCUOLA, G. J.; BOAS, N. V.; DOCA, R. H. **Tópicos de Física III: eletricidade, física moderna**. 15. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

BIZZO, N. **Ciências: Fácil ou Díficil** . São Paulo: Ática, 2000.

BONJORNO, J. R. **Física: eletromagnetismo, física moderna** . 1. ed. São Paulo: FTD, 2010. v. 3. 93 p.

BONJORNO, J. R. **Física: história & cotidiana** . 2. ed. São Paulo: FTD, 2005. 463-465 p.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências** . 3. ed. Florianópolis, Santa Catarina: [s.n.], 2002. v. 19. 15- 33 p.

BUMGE, M. (2008). **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva S.A.

CAMPOS, B. S. et al. **Física para criança: abordando conceitos física a partir de situações-problema** . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, p. 5, 2012.

CIPELLI, Antônio Marco Vicari & SANDRINI, Valdir João. Teoria do desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos . 7.a ed. São Paulo, Érica, 1983, 580pp.

DEGEM SYSTEMS . Fontes de alimentação eletrônicas. Israel, Eletrônica Modular Pantec, c1976, 49pp. ilustr.

FIGINI, Gianfranco. Eletrônica Industrial; circuitos e aplicações. São Paulo, Hemus, c1982, 336pp.

Fonte ajustável 1,2 a $\pm 30V$ /1,5 A – Autor: Clodoaldo Silva - Versão : 05 Ago2011, Clube da Eletrônica, disponível em: <http://www.clubedaeletronica.com.br/>

GASPAR, A. **Experiências de ciências para o ensino fundamental**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2003. v. 3. 14 p.

HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. v. 3. 7-73 p.

HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 1. 166 p.

HODSON, D. (1988). **Experimento na ciência e no ensino de ciências**. *Educational Philosophy and Theory* (Tradução: Paulo A. Porto), 53-66.

I, S. E., C, P. L., C, & C., F. N. (Outubro de 2004). **Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de Física: Uma experiência em formação continuada**. *IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física*.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica** . 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LOPES, B. J. **Aprender e Ensinar Física**. [S.l.]: Fundação Caloute Gulbenkian, 2004.335 p.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) para o Ensino Médio - Brasileiro de Ensino de Física. [S.l.], 2001. 60-84 p. Acessado em: 09 de out. 2015.

MOREIRA, A. (1991). **O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo**. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física.

MOREIRA, M. A. (2011). **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da Física.

SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. **Atividades experimentais de construção da Autonomia de Professores de Física: uma Experiência em Formação continuada** . IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, out 2004. São Paulo: Moraes.

SENAI, Departamento Nacional. Reparador de circuitos eletrônicos; eletrônica básica II. Rio de Janeiro, Divisão de Ensino e Treinamento, c1979 (Coleção Básica Senai, Módulo 1).

SILVA, Pedro A.,; Souza. Pedro P. C. Fontes de tensão reguladas - instituto federal de educação, ciência e tecnologia de santa catarina curso técnico integrado em telecomunicações Área de Conhecimento: Eletrônica Aplicada - São José, outubro de 2012.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros, volume 2: eletricidade e magnetismo**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. v. 2. 125 p.

VALADARES, E. C. **Propostas de Experimentos de Baixo Centrados no Aluno e na Comunidade**. Revista Química Nova na escola, São Paulo, p. 38–40, 2001.

APENDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física	 UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	 Campus AGRESTE	 SOCIIDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
--	---	---	---

GERADOR DE ALTA TENSÃO REGULÁVEL (GATR)

CONSTRUÇÃO, MONTAGEM, UTILIZAÇÃO E APLICAÇÕES.



Caruaru, agosto de 2018.

APÊNDICE B**ELETRÔNICA PARA UM GERADOR DE ALTA TENSÃO REGULÁVEL
(GATR)****GUIA DO PROFESSOR E ESTUDANTE****CONSTRUÇÃO, MONTAGEM, UTILIZAÇÃO E APLICAÇÃO.**

Caruaru, Agosto de 2018

APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O objetivo deste Produto Educacional é de apresentar aos professores e Estudantes um equipamento de fácil acesso e que possibilite práticas experimentais no ensino da física, em partícula a eletricidade.

Neste produto educacional contém um manual de construção e montagem, que o ajudará na produção do equipamento, lhe fornecendo instruções adequadas em seu trabalho de confecção do mesmo, mostrando ferramentas e equipamentos necessários para tarefa; um guia de utilização do experimento, que possibilita a sua utilização nas suas aulas de física como fator facilitador e motivador da aprendizagem, usando a interatividade dos estudantes entre eles e entre o aparato, com uma serie de experiências a serem realizadas em suas aulas, que revelam fenômenos espetaculares relacionados aos conteúdos da física elétrica.

APRESENTAÇÃO

Prezado Professor,

O presente guia tem o objetivo de orientá-lo na construção, montagem e aplicação do Experimento do Gerador Regulável de Alta Tensão para o estudo qualitativo dos fenômenos relacionados a Eletrostática. Para isso, apresentamos na primeira parte deste guia, no capítulo um, uma pequena introdução com alguns aspectos relevantes deste trabalho e suas aplicações em sala de aula. Em um segundo momento, no capítulo dois, está o guia de construção e montagem do experimento, com as ferramentas necessárias, os materiais utilizados na construção e montagem do equipamento. No capítulo três encontram-se os testes e os ajustes. No capítulo quatro abordamos os possíveis problemas que podem surgir, bem como suas causas e soluções. No capítulo cinco é discutida a proposta e sequência didática, divididos em quatro etapas. Em seguida, os apêndices, divididos em duas partes. No apêndice A, elaboramos o roteiro experimental e no apêndice B, trazemos um questionário avaliativo com exercícios de Física relacionados aos conteúdos trabalhados. Destacamos que este trabalho é uma primeira versão e que, provavelmente, contém falhas que escaparam ao nosso olhar. Sendo assim contamos com a contribuição do leitor enviando sugestões ao seguinte endereço:

boteeduardo@hotmail.com

Bom Trabalho!

Caruaru, 2018

Eduardo Botelho Cabral

João F. L. De Freitas.

INTRODUÇÃO

No ensino de eletrostática em diversos níveis de ensino há uma necessidade de geradores de alta voltagem capazes de realçar diversos efeitos elétricos, como por exemplo, linhas de campos, superfícies equipotenciais, capacitância e etc. Assim, há inúmeras aplicações didáticas envolvendo geradores de Van der Graf, porém, estes não são de fácil manuseio e necessitam de experiências e conhecimento técnico do docente para funcionamento a contento. Com base neste contexto desenvolvemos o gerador de alta tensão tipo bobina de Tesla tendo como base uma potente fonte de tensão variável tipo CC de 1,25 Volts até 36 Volts e 10 Ampères, um oscilador de Hartley tipo ZVS, funcionando com um controlador de alimentação de um *flyback* para geração da alta tensão. Nossa proposta nesta construção do gerador é torná-lo o mais acessível possível, para isso usamos material de baixo custo em sua construção, tal como, reciclagem de transformadores de tensão de estabilizadores de voltagem para a fonte de tensão regulável, *flybacks* removidos de televisores/monitores de tubos de imagem, formas esferas de alumínio, que são utilizadas na fabricação de velas e componentes eletrônicos retirados de placas de TV, placa mãe de computadores para a confecção do experimento.

Desenvolvemos este dispositivo para auxiliar nas atividades pedagógicas no Ensino de Física com o objetivo de facilitar o entendimento dos conceitos da eletricidade Tais como: Eletrização, campo eletromagnético, potencial elétrico, linhas de campo, vento magnético, transformador entre outros conteúdos relacionados, aos quais os professores possam realizar algumas experiências com os seus estudantes.

GUIA DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Este guia tem como objetivo lhe orientar nas atividades de construção do equipamento, nos cuidados e segurança, na utilização e nas suas práticas pedagógica e experimental, fornecendo um material didático e prático.

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na construção e montagem do aparato experimental são necessárias, do professor ou técnico de laboratório, um pouco de conhecimento de eletrônica e habilidades mínimas com ferramentas (serra, furadeira e chaves em geral, ferro de solda, e principalmente o desejo de aprender fazendo, adequando o material que dispõe para atingir o objetivo desejado e uma boa capacidade inventiva), na identificação dos componentes e no manuseio para o corte, soldagem, entre outros. Essa primeira consideração não tem como objetivo desencorajar professores que não disponham de muito conhecimento em e habilidades necessárias para a execução do projeto, mas apenas alertá-los para que leiam atentamente este manual e treine o uso das ferramentas ou procure um profissional capacitado. Procuramos elaborar as orientações da maneira mais clara e objetiva possível para que qualquer professor de Física possa segui-las e obter êxito em seus trabalhos.

Nas figuras 01 abaixo mostramos o experimento pronto com alguns detalhes no intuito de motivá-lo neste empreendimento.

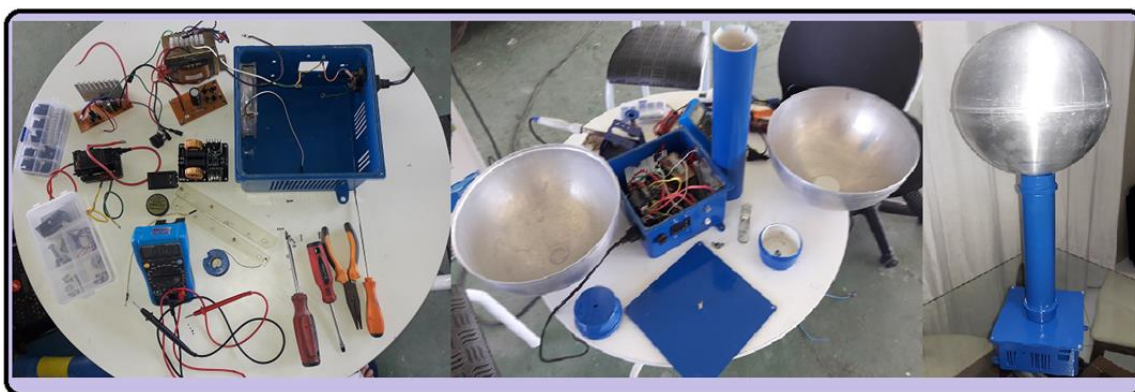


Figura 07 – Visão geral das partes e o todo do Gerador de Alta Tensão Regulável (GATR)

2.2 CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Na intenção de simplificar e torna mais didático o procedimento de construção e montagem, dividiu-se o projeto em etapas (fases). A figura 02 mostra os fases do Gerador Regulável de Alta Tensão, por meio de um diagrama de blocos para detalhar todos os módulos e seus blocos, assim ilustrando sua construção.

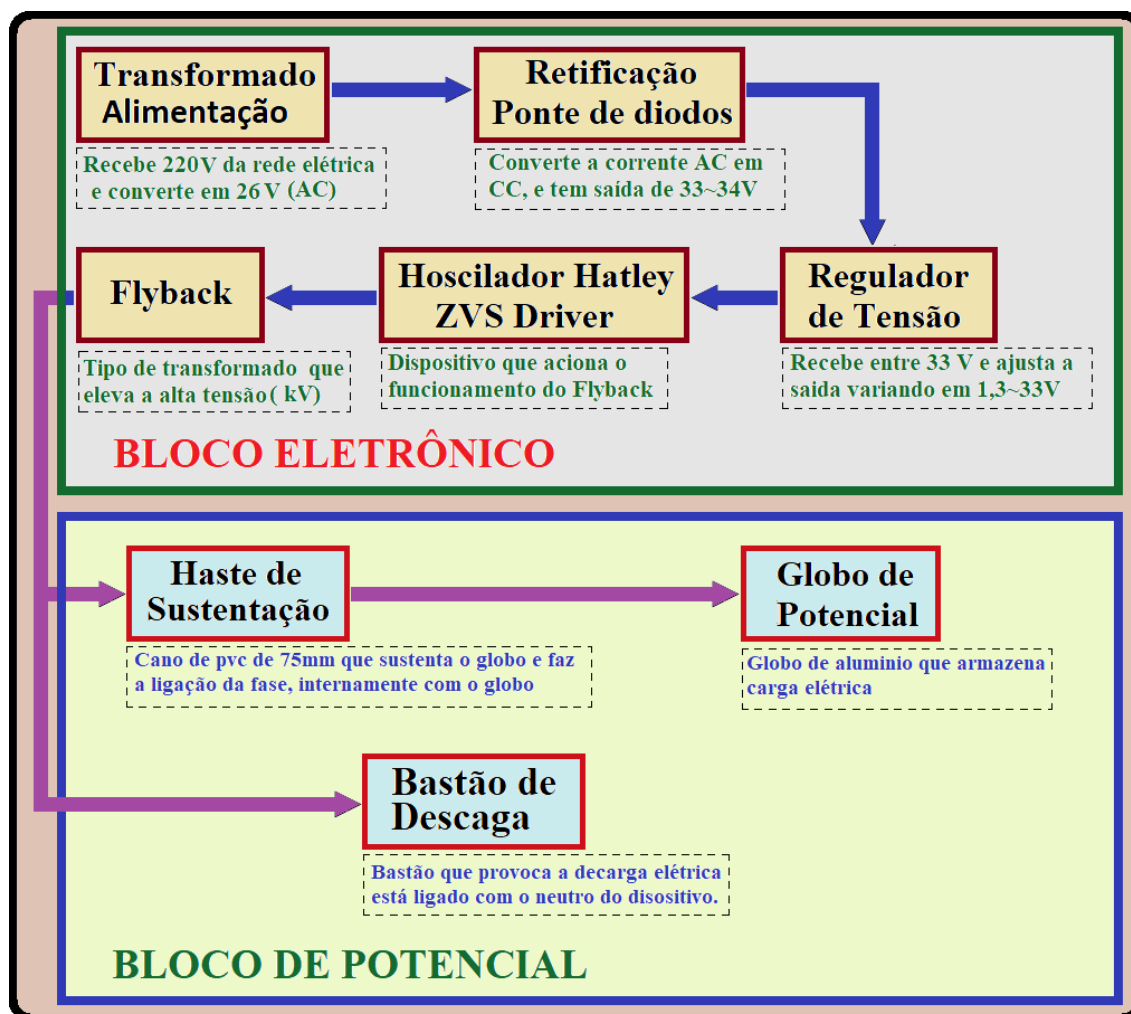


Figura 08- Diagrama de bloco do Gerador de Alta Tensão Regulável (GATR)

O gerador regulável de alta tensão (**GATR**) é composto por 2 (dois) módulos, a caixa eletrônica e a Esfera de descarga elétrica.

A caixa eletrônica ou bloco eletrônico é composta por 4 (quatro) fases, que são:

1 – Alimentação de Tensão com entrada de 110/220 volts e saída Para 24 volts ou 30 volts de 5 amperes ou 10 amperes, no nosso caso, foi usado 30 volts a 5 ampères;

- 2 – Ponte retificadora de Tensão;
- 3 – Regulador de tensão de 1,3 V a 24 ou 36 volts, no nosso caso, usamos 1,3 V – 36 V;
- 4 – Circuito Ativador do Flyback.

A cuba de descarga elétrica é composta por dois compartimentos, o tubo de PVC para sustentação e a esfera de descarga elétrica. A figura 03 mostra os blocos e os módulos do projeto.

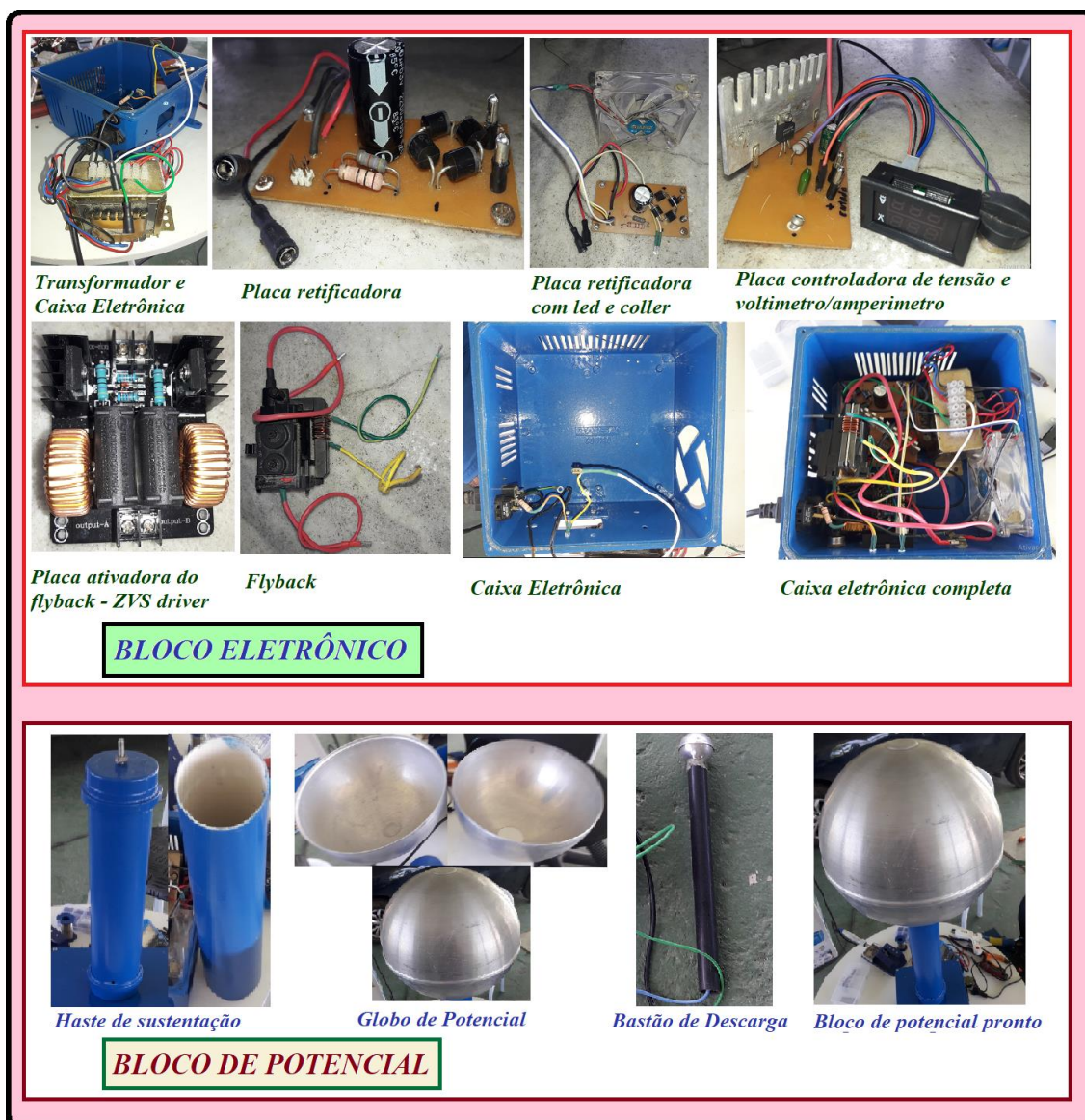


Figura 09 – Bloco Eletrônico e Bloco de Potencial e seus Módulos

Aconselhamos uso de algumas ferramentas necessárias para a construção do equipamento, essas ferramentas estão listadas na tabela 01. Relacionamos os materiais e

componentes eletrônicos necessários para excursão do dos módulos e blocos, aos quais estão na tabela 02.

FERRAMENTAS	
✓ Furadeira;	✓ Chaves de fendas;
✓ Alicate de bico, de corte e normal;	✓ Brocas diversas, para madeira e aço;
✓ Ferro de solda ou estação de solda;	✓ Kit macho e fêmea tarraxa Cossinete
✓ Limas;	✓ Arco de serra

Tabela 02 – Lista de ferramentas

MATERIAIS E COMPONENTES ELETRÔNICOS	
• Placa de Fenolite;	• Diodos retificadores (10 amperes);
• Capacitores eletrolíticos de 22000 μ F de 63 volts, 100 μ F e 63 volts;	• Leds;
• Bornes macho e fêmea (de escolha livre)	• Bola de alumínio de preferência grande, forma de vela (usei de 30 cm de diâmetro);
• Canos de 75 mm (tamanho a gosto);	• Tampões de 75 mm;
• Tinta (cor a escolha);	• Potenciômetro de 5k Ω ou 10 k Ω ;
• Regulador de tensão LM 338 TO	• Capacitor cerâmico de 100 nF = 0,1 μ F;
• Resistores de 47 Ω , 100 Ω , 220 Ω , 270 Ω , 470 Ω , 1 k Ω , 10K Ω ;	• IRFP260 mosfet;
• Indutor;	• Diodo zener de 24 volts;
• Diodo rápido acima de 400 volts;	• 1x 0,68 μ F 250V (ou superior) capacitor ou MKP 0.33 μ F 1200V dois capacitores ressonantes paralelos para alta frequência;
• Fios encapados (número 24 e 14);	• Fios de 2,5 mm;

• Prendedores jacaré (tamanho a gosto);	• Hastes de latão (pode ser uns de solda com maçarico usado por lanterneiro);
• Transformador de 220 V para 30 V a 5 A ou estabilizado queimado;	• Voltímetro / amperímetro digital;
• Cooler	• Dissipadores

Tabela 03 – Lista de Materiais e componentes eletrônicos.

Observação: alguns destes materiais podem ser conseguidos em sucatas eletrônicas, ou adquiridos facilmente em lojas de eletrônica.

2.3 BLOCO ELETRÔNICO

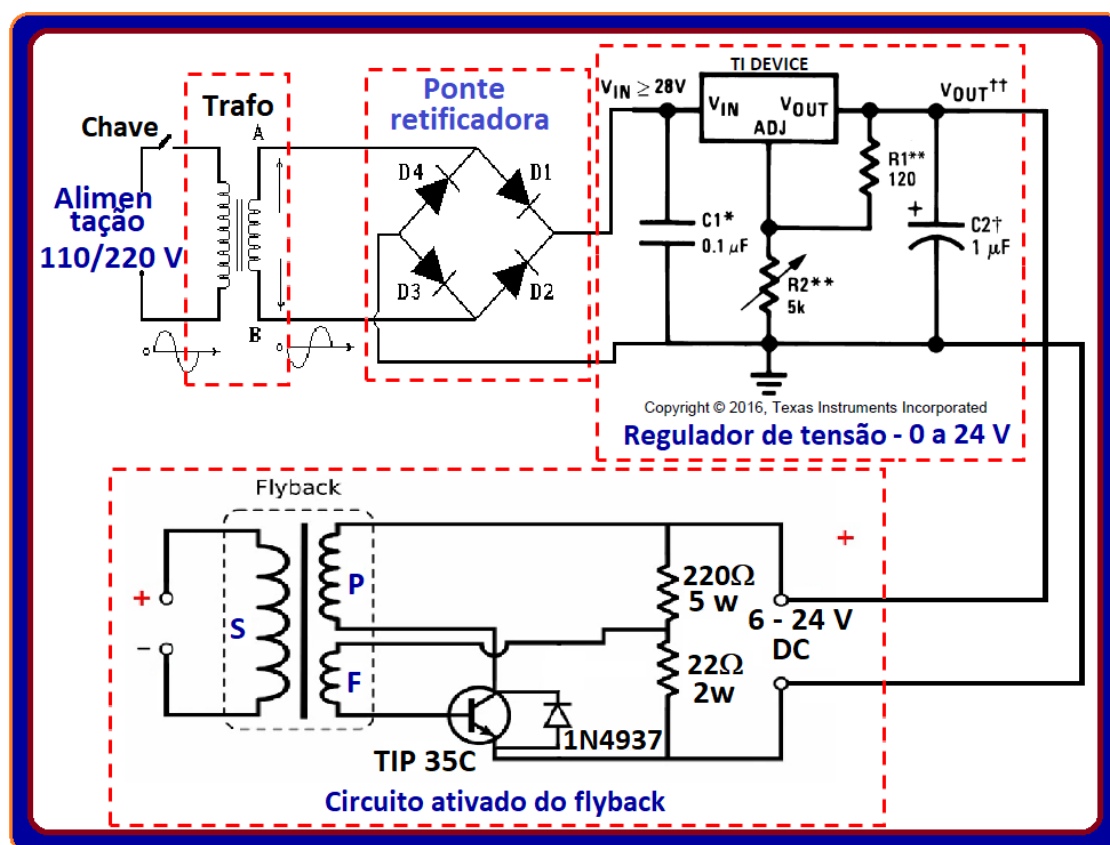


Figura 10 – Esquema técnico do Bloco Eletrônico.

O Bloco Eletrônico ou a Caixa Eletrônica é composto por cinco módulos ou parte, como mostra a figura 04, que são: a alimentação com o uso de transformador de tensão, O módulo retificador ou placa retificadora de corrente AC para CC, O módulo regulador de tensão também chamada de placa reguladora de tensão, módulo ativador do flyback ou a placa do ZVS driver e por fim o flyback, aos quais descreveremos cada módulo a seguir.

2.3.1 ALIMENTAÇÃO

Fornece energia elétrica ao circuito para que o mesmo funcione adequadamente, onde as mesmas podem fornecer corrente alternadas ou continua e inicialmente vem da rede elétrica do usuário.

2.3.2 TRANSFORMADORES OU TRAFOS

Dispositivo destinado a transmitir energia elétrica ou potência elétrica de um circuito a outro, induzindo tensões, correntes e/ou de modificar os valores das impedâncias elétricas de um circuito elétrico.

Teoricamente, um transformador deve transferir toda a potência do primário (enrolamento de entrada) para o secundário (enrolamento de saída).

Um transformador é constituído pelo menos por dois enrolamentos. Na maioria dos casos, esses enrolamentos são independentes, entre si, mas sofrem a ação do campo eletromagnético, que é mais intenso quanto esses transformadores que possuem um núcleo de material ferromagnético.

Dado o esquema de um Trafo, teremos:

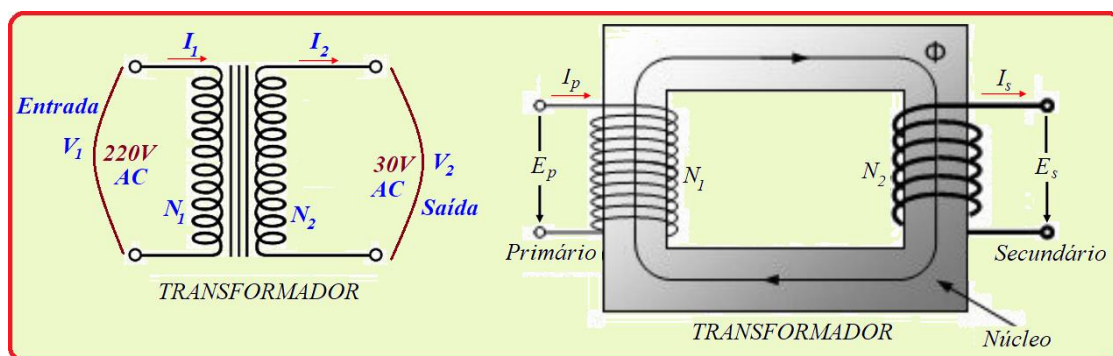


Figura 11 – Esquema eletrônico do Transformador.

Onde: V_1 tensão no primário, V_2 tensão no secundário, I_1 corrente no primário, I_2 corrente no secundário, N_1 numero de espiras do primário, N_2 numero de espiras do secundário.

Na construção do trafo, fizemos uso do material encontrado em um estabilizador queimado, os que utilizamos em computador. Desmontamos todo o estabilizador, e só usamos o transformador que o mesmo possui. Desmontamos totalmente este trafo, cuidadosamente para não danificar o núcleo de ferro.

Usando o próprio fio esmaltado do estabilizador e fazendo uso das técnicas de enrolamento de transformadores, que pode ser encontrado facilmente na internet, reenrolamos o transformador com entrada de 220 V e saída com 26 V e 5 amperes, ao qual usamos no experimento.

Caso não consigam um estabilizador queimado ou usado e pretenda construir um trafo, segue o material necessário para a sua construção, tabela 03:

• Fio de cobre esmaltado (normalmente vendido por quilo ou por carretel)
• Núcleo de chapas de ferro silício (normalmente vendido por quilo)
• Abraçadeira
• Papelão (normalmente vendido por folha).
• Verniz
• Carretel
• Es e Is

Tabela 04 – material necessário para construir um trafo.

Este trafo pode ser comprado em lojas de eletrônica. Sentido de construir, tem o objetivo de aprender, para poder orientar os estudantes se caso queira fazer seu próprio trafo.

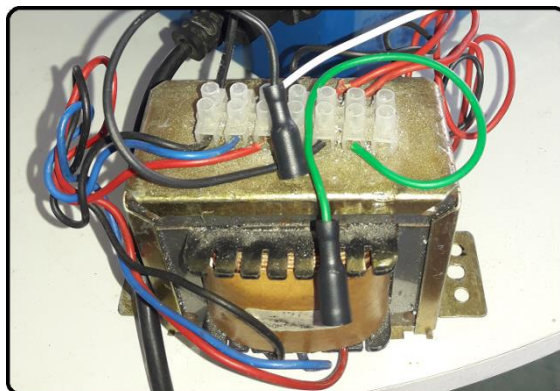


Figura 12 – Transformador 220 V para 26 V a 5 A.

2.3.3 RETIFICADOR DE CORRENTE

Retificador é um dispositivo que permite que uma tensão ou corrente alternada (CA) (normalmente senoidal) que sai do secundário do transformador, seja constante ou transformada, em contínua ondulada, conhecida por corrente contínua (CC).

A obtenção de corrente contínua, a partir da corrente alternada disponível, é indispensável nos equipamentos eletrônicos. Estes, invariavelmente, possuem um ou mais circuitos chamados **Fontes de Alimentação** ou **Fontes de Tensão**, destinados a fornecer as polarizações necessárias ao funcionamento dos dispositivos eletrônicos. Aos circuitos ou sistemas destinados a transformar corrente alternada em contínua damos o nome genérico de **Conversores C.A. - C.C.** (ou em inglês, A.C. – D.C, alternate current – direct current) ou Retificadores de tensão.

A figura 07, mostra um esquema da placa retificadora, com trafo, com o led indicador que esta energizado e cooler de resfriamento do sistema.

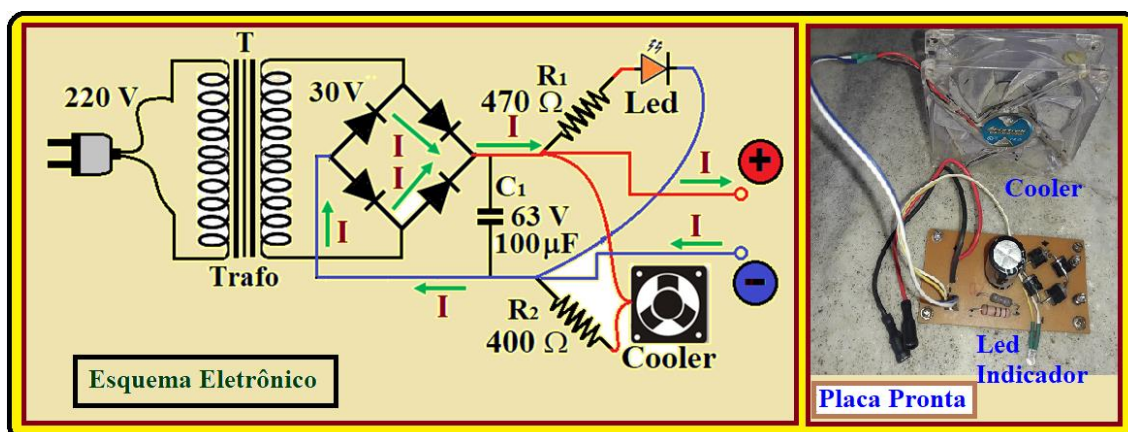


Figura 13 – Esquema eletrônico da Placa Retificadora e Placa pronta com led indicador ligado/desligado e cooler para resfriamento do bloco eletrônico.

A Tabela 04 mostra os componentes usados para a confecção da placa retificadora de tensão.

MATERIAL UTILIZADO
• Resistor de 100 Ω e 1k Ω ;
• Diodo Retificador para 10 Amperes e nomino 400V;
• Capacitor 2200 μ F de 63 volts;
• Cooler

- **Led luminoso**
- **Terminal Conector Elétrico Kits 2.54mm Masculino Feminino Dupont Fio Jumper**
- **Fios 1,0 mm**
- **Bornes Hot 50 X Preto Masculino Feminino Bala Connector Crimp Terminais de Ligação**

Tabela 05 – componentes eletrônicos para confecção da placa retificadora de tensão.

Usou-se uma placa de fenolite de (7 x 10) cm² para a construção da laca, onde desenhamos o circuito, perfurando na posição adequada para cada componente eletrônico. A figura 08 mostra a nossa montagem.

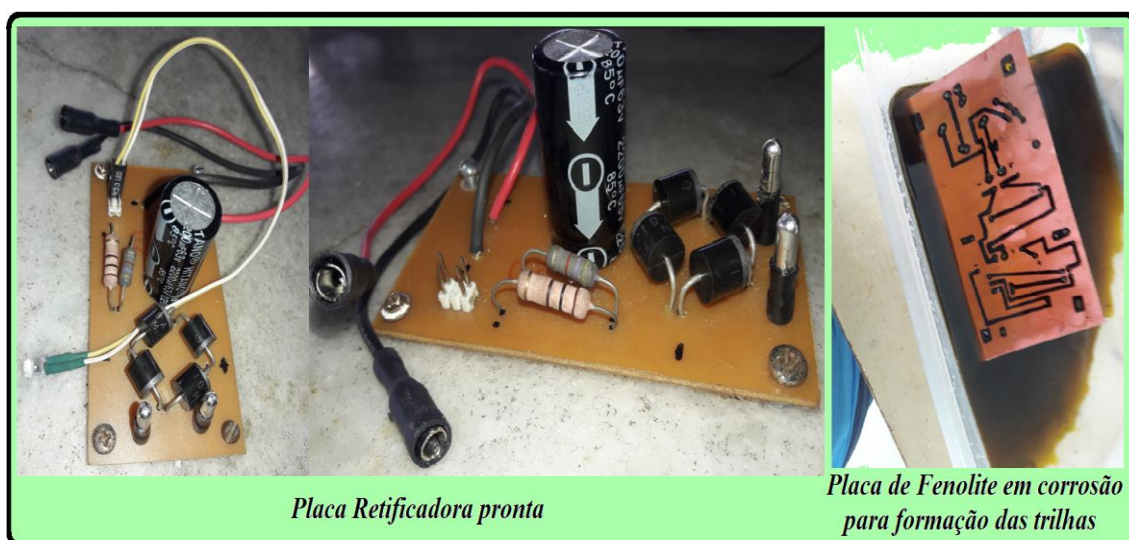


Figura 14 – confecção da placa Retificadora

Obs.: Após a retificação, a tensão de saída corresponde ficou oscilando entre 33V ~ 34 V, tensão adequada para um excelente funcionamento do equipamento, pois como a potencia do equipamento foi projetado em 300 W e a corrente de pico chega 6 A, porem a placa retificadora foi projetado para 10A e a Placa reguladora de tensão tem sua corrente de pico de 8A e potencia de 200 W. Assim o equipamento não sofre risco de queima no seu máximo desempenho.

2.3.4 MÓDULO REGULADOR DE TENSÃO

A figura 09 mostra o esquema eletrônico do regulador de tensão e a placa reguladora pronta.

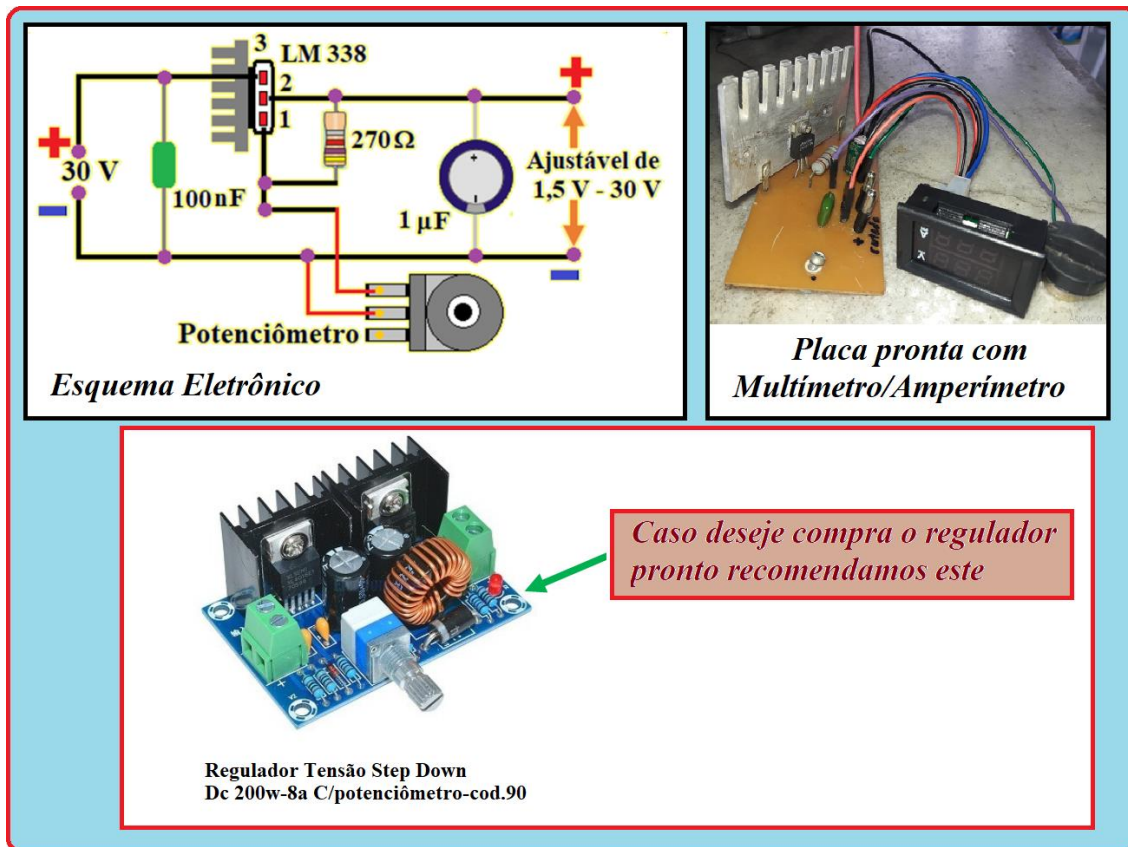


Figura 15 – Esquema eletrônico do regulador de tensão, Placa pronta e placa recomendada para compra.

A tabela 06 apresenta os componentes usados para a confecção da placa reguladora. Caso compre a placa pronta, adquira junto o multímetro e amperímetro digital.

COMPONENTES ELETRÔNICOS
• Capacitor cerâmico de 100 nF = 0,1 μF
• Capacitor eletrolítico de 100 μF
• Potenciômetro de 5 kΩ
• Resistor de 270 Ω
• Regulador de tensão LM 338 TO

- **Multímetro e Amperímetro digital**
- **Fios de 1,5 mm**
- **Conectores macho e fêmea**

Tabela 06 – Componentes eletrônicos da placa controladora de tensão.

Um regulado de tensão pode ser adquirido, caso não queira construir o seu, porém aconselha-se comprar um com potencia acima de 200 watts, pode ter as referências do regulador de tensão step down apresentado na figura 09.

2.2.5 MÓDULO ATIVADOR DO FLYBACK

Tem a função de fazer o flyback funcionar mesmo não estando numa placa de TV e usando uma bobina externa a ele, aplicada em seu núcleo de ferrite.

Este dispositivo tem a função de fazer funcionar o flyback fora da placa de TV. Neste caso usamos o driver ZVS flyback, que é muito eficiente para transformador. Foi recentemente inventado por Vladmiro Mazilli, (*Hapidin et AL. 2017*). Ele usa comutação de tensão zero ressonante (também conhecida como ZVS) para acionar o transformador flyback. Isso significa que os MOSFETs são projetados para alternar (ligado ou desligado) quando a tensão entre eles se torna zero.

Como os comutadores do MOSFET quando não há tensão entre eles, ele gera muito pouco calor, a única fonte de calor é causada pela resistência interna do MOSFET. O drivers de flyback do ZVS permite que você execute seus transformadores flyback por períodos de tempo muito maiores antes do superaquecimento do MOSFET. Usando um MOSFET adequado e de boa qualidade, é possível usar o driver de flyback ZVS por um período muito longo. (Hapidin et AL. 2017)

A tabela 07 mostra os componentes usados para fazer ZVS drive, vê a seguir:

COMPONENTES ELETRÔNICOS

- Resistências 2x 470Ω 2W– 5W;

• Resistores 2x 10kΩ ¼ W;
• 2 diodos zener de 12v ~ 24 v ¼ W
• 2x 400 volts de diodos rápidos - Recomendamos o diodos UF4007.
• Indutor – Remendamos que o indutor tenha uma indutância de 47μH a 200μH, avaliado em 10A ou mais. Usamos um indutor de um computador PSU encontrado na fonte de alimentação da CPU, porém, podemos simplesmente fazer nosso próprio indutor, para isso enrolamos 20 voltas em torno de um toróide de ferrite usando fio esmaltado calibre 16 AWG.
• 1x 0,68μF e 250v (ou superior) capacitor ou MKP 0.33UF 1200V dois capacitores ressonantes paralelos para alta frequência. Este capacitor deve ser bipolar e deve ser de boa qualidade, como MKP ou MMC.
• 2x IRFP260 MOSFET
• 2x pequeno dissipador de calor
• 2 Bornes KF301-2P KF301-5.0-2P KF301 Parafuso 2Pin 5.0 mm Alfinete PCB Terminal de Parafuso Do Bloco Conector

Tabela 07 – Componentes eletrônicos necessários para construir o ZVS driver.

Foi usado também: estanho, fios grossos, conectores, caneta permanente, placa de fenolite e ferro de solda.

A partir do esquema mostrado na figura 10 a seguir, desenha-se na placa de fenolite e perfura os locais onde serão acoplados os componentes.

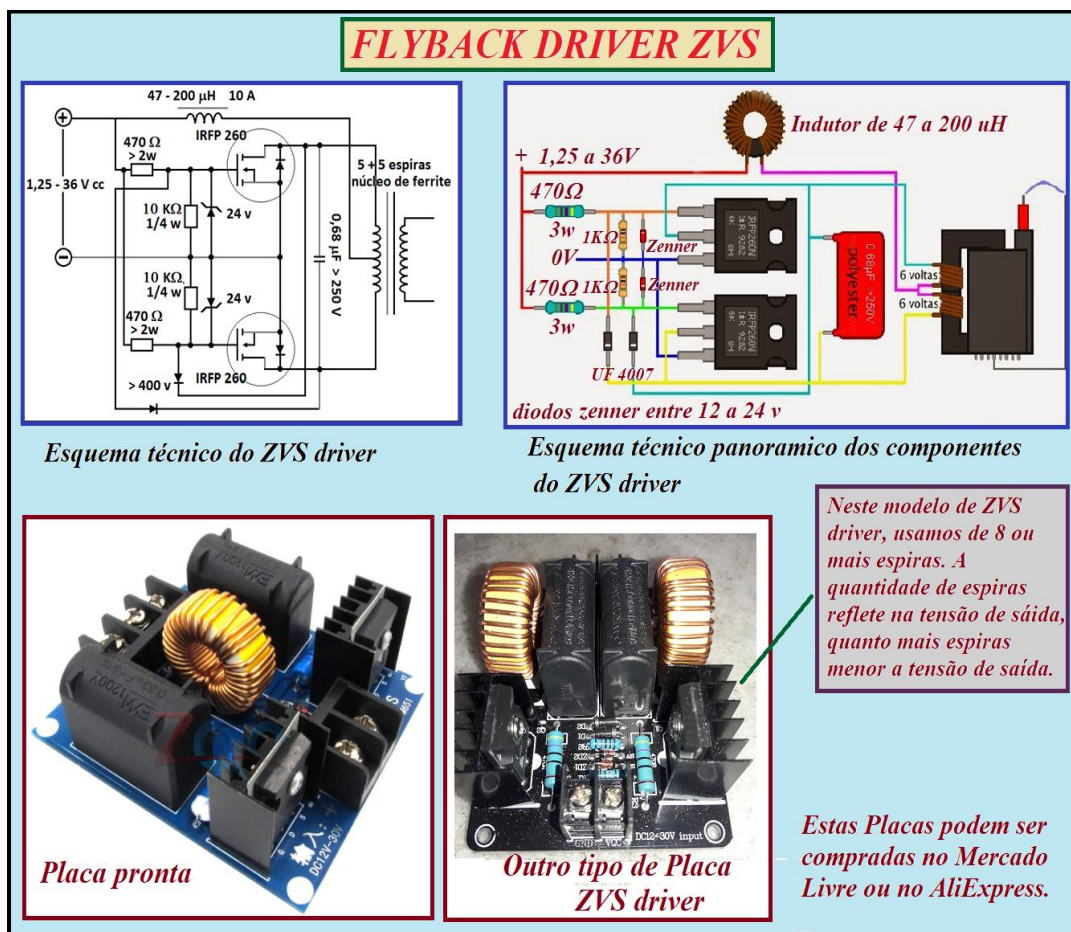


Figura 16 – Esquema técnico/panorâmico do ativador do flyback e placas prontas

Recomenda-se que as vias sejam mais grossas, para suporta a corrente possa passar pelo circuito e que coloque bornes na entrada e saída do equipamento.

As espiras que serão colocadas no núcleo de ferrite do flyback, em sua parte externa, deve ser 5 + 5 voltas, porém pode-se adicionar ou remover espiras para desempenho diferente. A entrada de voltagem para o acionador também pode afetar o número de espiras necessárias. A figura 11 a seguir, mostra uma imagem representativa do drive pronto.

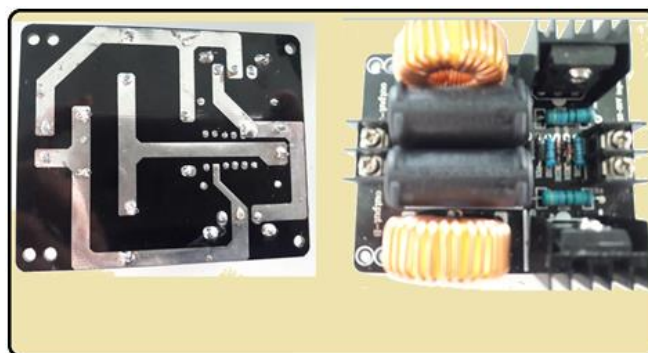


Figura 17 – ZVS driver Ativador do Flyback

2.2.6 PERIGOS DOS DRIVERS ZVS FLYBACK

Os drives de flyback são bastante poderosos, principalmente o drive de flyback ZVS, e também, muito perigosos. Podemos obter facilmente, várias centenas de watts no transformador flyback e tensão da ordem de quilo volts, com uma corrente de saída variando entre 50mA a 7,0 A, que é muito acima da taxa letal que é 10mA.

Recomendamos bastante cuidado ao construir e/ou usar um drive ZVS, pois a sua alta tensão e a corrente podem causar danos irreparáveis a sua vida. Deve-se ter os cuidados adequados com a corrente elétrica e tensão, um conhecimento suficiente de eletrônica para poder reproduzir e utilizar o drive ZVS.

2.2.7 CONFECÇÃO DA CAIXA

Na construção da caixa onde ficará os blocos eletrônicos e o flyback, fez-se uso de uma caixa de alumínio, com dimensões de 20 cm X 20 cm X 8 cm, com tampa, porem, pode-se usar outro material, recomendamos que o material seja isolante. Fez-se necessário abrir rosca, fendas e janelas, para a fixação desses componentes. A figura 12 mostra o processo de preparação até o ponto final de construção que foi com a pintura.

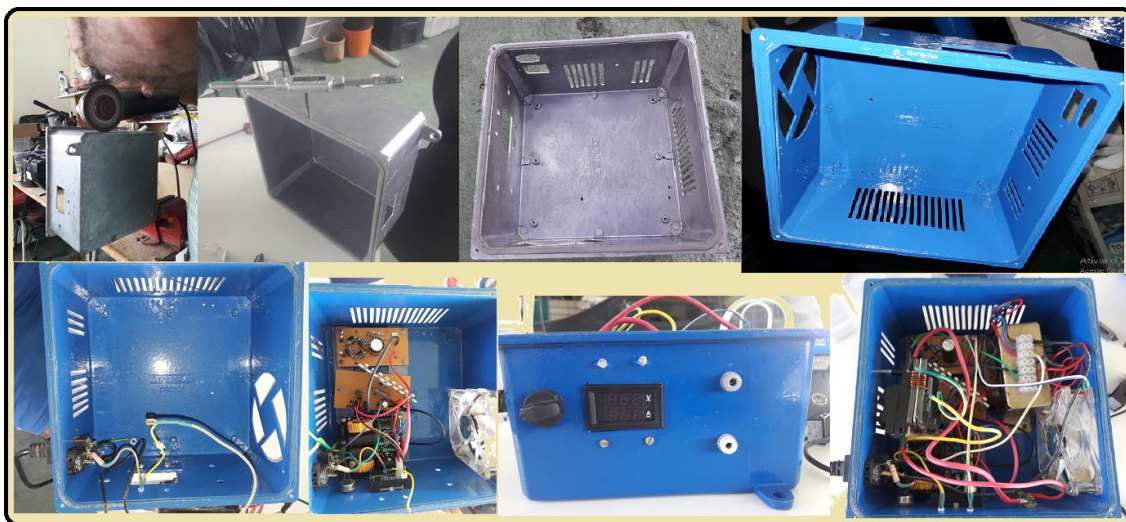


Figura 18 – construção e montagem da caixa eletrônica.

A figura 13 mostra o flyback e as etapas de preparação para ser usando com os dois tipos de drive ZVS.

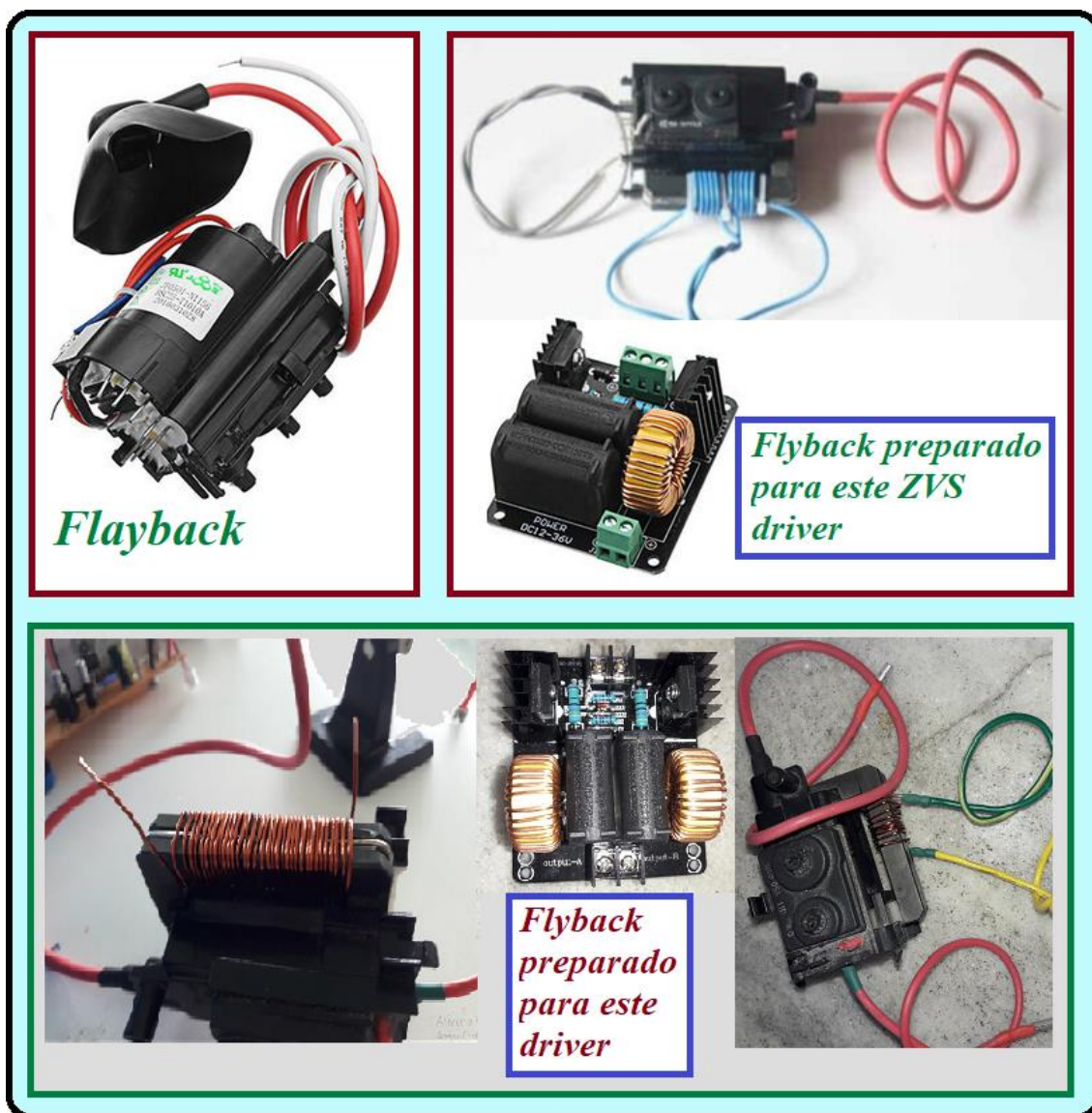


Figura 19 – Representação do flyback nas situações de preparação e aplicação no ZVS driver.

2.4 BLOCO DE POTENCIAL

O Bloco de Potencial ou cuba de descarga elétrica é composto por duas partes: A haste de sustentação e o globo de descarga. A figura 14 mostra este bloco.

A haste de sustentação foi construída com um pedaço de cano de diâmetro de 75 mm e dois tampões de mesmo diâmetro, que é encontrado em armazém de construção, com um comprimento entre 50 cm a 80 cm, mas, pode ser construindo de diversas formas e usando qualquer outro material, onde esta haste é presa na tampa da caixa eletrônica e prende o globo de descarga, com parafusos, porca comum ou porca borboleta. A figura 14 mostra as partes do bloco de potencial em fase de construção.



Figura 20 – Fases da construção do Bloco de Potencial

Colocou-se um borne na haste de sustentação para fazer a ligação entre a Caixa eletrônica e o globo de descarga, onde o fio de ligação com globo fica por dentro da haste. Colocamos nos terminais do cano dois tampões para vedar e ao mesmo tempo servir como apoio para a sustentação na base e no globo de descarga.

Para o globo de descarga ou bloco de potencial, usou-se uma forma de fazer velas de cera, que pode ser encontrado no mercado livre.

3 **GUIA DE USO E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS COM O GERADOR DE ALTA TENSÃO REGULÁVEL.**

O Gerador Regulável de Alta Tensão possui a capacidade de elevar pequenas tensões para grandes diferenças de potencial devido a sua eletrônica e um transformador flyback, que emite por meio de um fio condutor uma alta tensão para o globo de descarga que acumula uma grande quantidade de cargas elétricas, produzindo fenômenos naturais espetaculares, um deles é romper a rigidez dielétrica do ar, formando um arco voltaico quando se aproxima o bastão de descarga. Consequentemente, descargas elétricas idênticas a pequenos raios são produzidas. Estas descargas possuem fenômenos visuais muito atrativos e possibilitam ao professor trabalhar em sala de aula vários conceitos relacionados, como carga elétrica, eletrização por contato e por indução, acúmulo de carga elétrica, capacitância, linhas de campo, potencial elétrico, campo elétrico, ddp e a compreensão dos mecanismos das tempestades.

Devido ao custo elevado, as máquinas eletrostáticas não estão facilmente disponíveis em sala de aula, mas apenas em espaços de difusão científica. Em consequência, poucos alunos do Ensino Fundamental e Médio têm acesso a sua utilização e aos conceitos físicos de eletrostática que podem ser aprendidos através do funcionamento destas máquinas.

Neste capítulo, sugerimos uma série de experiências que podem ser facilmente desenvolvidas em sala de aula. O objetivo deste trabalho é fornecer subsídios para os professores e estudantes trabalharem um gerador deste tipo, porém, de custo relativamente baixo. Demonstrar em Feiras de ciências, espaços alternativos de divulgação científica, dentre outros. Uma atividade com poucos recursos, que desenvolve no professor e nos estudantes a busca de novos conhecimentos, alimentando novas ideias que são produzidas, beneficiados com a construção deste Gerador.

As experiências realizadas com este gerador podem ser realizadas em qualquer ambiente, porém, apresenta melhor resultado em dias secos ou em salas com ar condicionado, assim o fenômeno produzido será mais visível e com maior intensidade. O professor pode ter exposto previamente ou não os conteúdos sobre carga elétrica, os processos de eletrização, campo e força elétrica, recomendamos que o mesmo faça antes, porém a decisão fica a cargo de seu planejamento.

Recomendamos que o professor tenha os devidos cuidados, pois se trata de alta tensão, os cuidados são:

- Isolar adequadamente os componentes eletrônicos, cabos, bornes, e a caixa eletrônica, tendo-se em vista a segurança das pessoas, a prevenção de incêndios e a operação contínua do sistema.
- Instalar o botão de liga/desliga no local de boa visualização, pois em caso de choque, incêndio, pane elétrica entre outros possa ser desligado imediatamente.
- Sempre ao manusear o equipamento esteja bem isolado, ou seja, com um calçado, de preferência de borracha, com solado bem grosso.
- Instruir os estudantes sobre as regras de segurança e os cuidados que os mesmos devem ter bem como os procedimentos em caso de choque, incêndio ou danos com alguns deles.
- Não deixar manusear os acessórios experimentais com o equipamento ligado.

3.1 NO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO

No processo de construção, que é uma das etapas da confecção do equipamento, fazem-se as seguintes recomendações:

- Use sempre ferramentas adequadas;
- Verifique sempre se a tensão elétrica fornecida pela companhia elétrica corresponde à tensão apropriada para o uso do ferro de solda e do trafo, entre outros equipamentos eletrônicos, e sempre, manter desligada quando não tiver usando, para isso, faça uso de um interruptor, ligado na rede onde vai usar, pode ser na extensão elétrica;
- Cuidado com o ferro de solda para não se queimar;
- Use óculos de proteção, pois capacitores podem explodir e lançar fagulhas em seus olhos.
- Use luvas de proteção, caso use esmerilhadeira, serra, entre outras ferramentas do tipo;
- Cuidado com o drive ZVS, quando for testar, pois quando junto ao flyback emite altas tensões. Recomenda-se que sempre use e/ou pegue com materiais isolantes ou manuseie nas partes isolantes, tipo fios encapados e de capa grossa.

3.2 NO MANUSEIO DO EQUIPAMENTO

No uso do equipamento, ou seja, no seu manuseio, fazem-se necessários alguns cuidados e recomendações, ao quais listamos a seguir:

- Nunca manuseie ou ajuste os acessórios condutores com o equipamento ligado;
- Não abra a tampa do equipamento;
- Em caso de choque, desligue rapidamente o interruptor liga/desliga que fica na parte lateral do painel;
- No momento em que um estudante estiver com a mão no globo de descarga, não toque no mesmo, a não ser com a autorização do professor;
- Não coloque a mão dentro da cuba de experiências;
- Siga as instruções deste manual

Observação: Em caso de dúvida, pergunte ao professor.

3.3 OBJETIVOS:

No uso do Gerador de Alta Tensão Regulável (GATR) e na realização de experiências apontamos alguns objetivos que se deseja alcançar, aos quais relacionamos a baixo, porém, o professor poder verificar outros objetivos.

- ✓ Identificar os processos de eletrização através do GERADOR DE CARGA.
- ✓ Verificar a região de campo elétrico em torno do gerador com uma bolinha de isopor (eletroscópio de pêndulo).
- ✓ “Carregar” eletricamente um aluno isolado sobre um banco de plástico e verificar as consequências da eletrização.
- ✓ Mostrar através de um pêndulo duplo a força elétrica quando é eletrizado pelo GERADOR DE CARGAS.

3.4 EXPERIENCIA I - ELETRIZANDO MATERIAIS

Os materiais tem o poder de serem eletrizados, que é um desequilíbrio em suas cargas elétricas. Com o uso do GATR faz a eletrização de alguns destes materiais, esta eletrização pode ser duas maneiras: contato ou indução. Durante sua execução aparecerá uma força de natureza elétrica. Em sua realização, recomendamos que siga as normas de segurança e o passo a passo descrito na seção 3.4.1 - Procedimento Experimental e utilizem os materiais a seguir:

- Um gerador de Cargas;
- Duas bolinhas de isopor de 10 mm de diâmetro;
- Plásticos de sacola de colocar verduras, picados;
- Linha de costura;
- Um banquinho de plástico ou de madeira, ou qualquer suporte isolante para fazer o isolamento.

3.4.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Este procedimento deve ser realizar num ambiente propício de preferência climatizado, com pouca umidade no ar, com as mãos limpas e secas e que, durante sua realização, siga o passo a passo descrito a baixo.

- I. Inicialmente, com o gerador desligado, aproxime a bolinha de isopor, amarrado em uma linha, do mesmo e veja o que acontece.
- II. Em seguida, coloque seu antebraço muito próximo, sem tocar no gerador, ainda desligado, e veja o que acontece.
- III. A partir de suas observações faça suas conclusões.
- IV. Ligue o GERADOR DE CARGAS, deixe ligado.
- V. Aproxime a bolinha de isopor pendurado numa linha, sem tocar no gerador ligado, observe agora o que acontece. Faça isso a diferentes distâncias do gerador ligado.
- VI. Amarre, separadamente, duas bolinhas de isopor com linha de costurar e de mesmo tamanho. Coloque as duas bolinhas de isopor, segurando pelas linhas na mesma mão e observe o que acontece.

- VII. Peça para que os participantes desta prática escreva um relatório sobre esta atividade, onde eles devem expressar o que foi observado e relacionar com os conhecimentos sobre eletrização que os mesmos estudaram.

Observação: Estas experiências podem ser feitas antes ou depois que forem ensinados os conceitos de eletrização, caso seja depois, mantenha todos os seis passos; caso seja antes, modifique o passo seis retirando a parte de relacionar com os conhecimentos sobre eletrização, que ira competir ao professor utilizar os relatórios para enriquecer a sua aula sobre eletrização.

3.5 EXPERIÊNCIA II – ARREPIANDO OS CABELOS

Esta é uma experiência clássica, muito aplicada nos museus de ciências e em laboratórios que possuem geradores de Van de Graaff ou outras máquinas de eletrostática. Como se trata de uma experiência que necessita de um isolamento adequado, recomendamos que siga as normas de segurança e o passo a passo descrito na seção 3.5.1 - Procedimento Experimental utilizando os materiais a baixo:

- Gerador de cargas
- Banco de plástico ou de madeira

3.5.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Este procedimento pode ser realizar em qualquer ambiente, porém, num ambiente propício de preferência climatizado, com pouca umidade no ar, com as mãos limpas e secas, tem melhores resultados, segue a baixo o passo a passo para a sua realização.

- I. Escolha um estudante de cabelos finos, lisos, limpos e secos;
- II. Aproxime o seu antebraço sem tocar no gerador ligado, observando o que acontece.
- III. Peça para o estudante colocar as duas mãos sobre o globo de descarga.
- IV. Ligue o gerador de cargas, coloque o estudante escolhido sobre o banco de plástico ou de madeira e peça para que ele aproxime o braço no globo de descarga e observe o que acontece.

- V. Desligue o globo de descarga e descarregue com o bastão de descarrego; com o aluno escolhido sobre o banco isolante, peça pra que ele coloque as duas mãos sobre o globo. Em seguida legue o globo de descarga e observe o que ocorre;
- VI. Faça uma fila de estudantes de mãos dadas e um desses alunos toque com a ponta do dedo no estudante que está em contato com o globo de descarga. Observe o que ocorre.
- VII. Peça para que os participantes desta prática escreva um relatório sobre esta atividade, onde eles devem expressar o que foi observado e relacionar com os conhecimentos sobre eletrização que os mesmos estudaram.

Nestas experiências, utilizando o gerador de cargas, o objetivo é que os estudantes conclua que um corpo, ao acumular carga elétrica, distribui pelo espaço uma grandeza física que é o fluxo de cargas elétricas entre o corpo carregado e um determinado ponto ou corpo, caso algumas condições sejam obedecidas tais como o rompimento da rigidez dielétrica do ar.



Figura 21 – Cabelos arrepiados de uma pessoa devido à eletrização.

Após a experiência, sugerimos que o professor lance a seguinte pergunta para os estudantes: “*Como vocês podem explicar o fato do estudante não tomar choque enquanto manteve contato com o globo de descarga para arrepiar o seu cabelo, já que esse gerador em funcionamento é capaz de produzir faíscas*”? ou ainda: “*por que sai faíscas do globo*”

de descarga quando uma pessoa ou objeto metálico se aproxima dele?”, ressaltando que o potencial elétrico quebra a rigidez dielétrica do ar, devido a diferença de potencial entre o corpo e o globo de descarga.

Com relação aos cabelos o professor pode explicar que não há diferença de potencial elétrico entre o estudante e a máquina, porém antes o professor deve esperar se algum estudante irá manifestar a sua opinião.

Desta forma o professor pode rever os conceitos de potencial e campo elétrico. Lembramos que o professor já introduzira anteriormente estes conceitos na parte expositiva da aula.

3.6 EXPERIÊNCIA III – VENTO MAGNÉTICO

Esta experiência mostra um deslocamento de ar, provocado por fenômeno elétrico, chamado vento elétrico, ou sopro elétrico. Na sua realização faz-se necessário seguir as normas de segurança, o passo a passo descrito na seção 3.6.1 – Procedimento Experimental e usar os materiais a seguir:

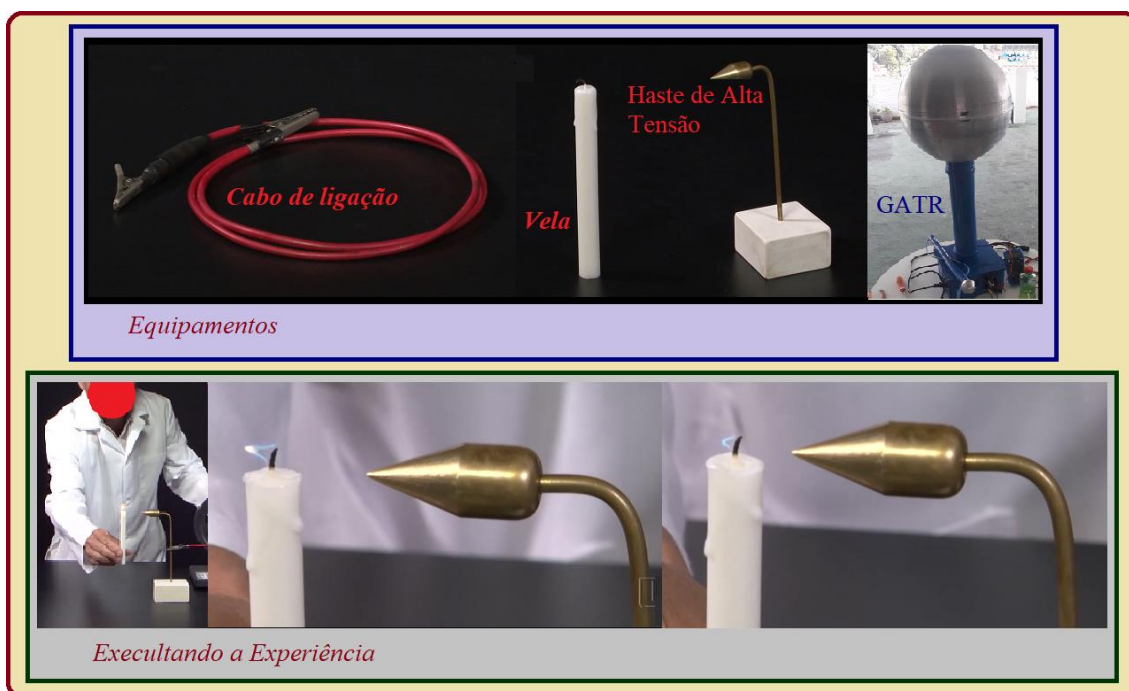


Figura 22 – Processo experimental do vento elétrico.

- Gerador de cargas;
- Uma vela;
- Fósforo ou isqueiro.

3.6.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Em qualquer ambiente pode ser realizado esta experiência, porém, num ambiente climatizado com pouca umidade no ar sem ventilação, ele terá melhor resultado. Recomendamos que siga o passo a passo a seguir:

- I. Ligue o gerador de cargas;
- II. Acenda a vela com o fósforo ou isqueiro;
- III. Aproxime a vela acesa do globo de descarga do gerador de cargas;
- IV. Observe o que acontece;
- V. Descreva as suas observações e conclusões em relação ao fenômeno apresentado.

O objetivo desta experiência é mostrar o vento elétrico que ocorre devido ao intenso campo elétrico que atua nas moléculas dos elementos que constituem o ar nas proximidades da chama.

3.7 EXPERIÊNCIA IV – LINHAS DE CAMPO

Esta experiência é muito interessante, pois as sementes “alpiste”, quando submetida à alta tensão e submersa em óleo comestível, revelam uma polarização muito interessante, mostrando um fenômeno elétrico, que não cabe neste momento explicar, porém, o realize e descreva tudo que você observar. Em sua prática, recomendamos que obedeçam as normas de segurança e o passo a passo descrito na seção 3.7.1 – Procedimento Experimental e use os materiais a seguir:

- Gerador de Cargas;
- Bolinhas de isopor;
- Papel-alumínio;
- Fita adesiva;
- Um recipiente de vidro ou de plástico;
- Óleo de cozinha;
- Dois fios condutores;
- Sementes de grama (à venda em floricultura) ou alpiste;
- Duas placas metálicas planas ou duas hastes de metal.

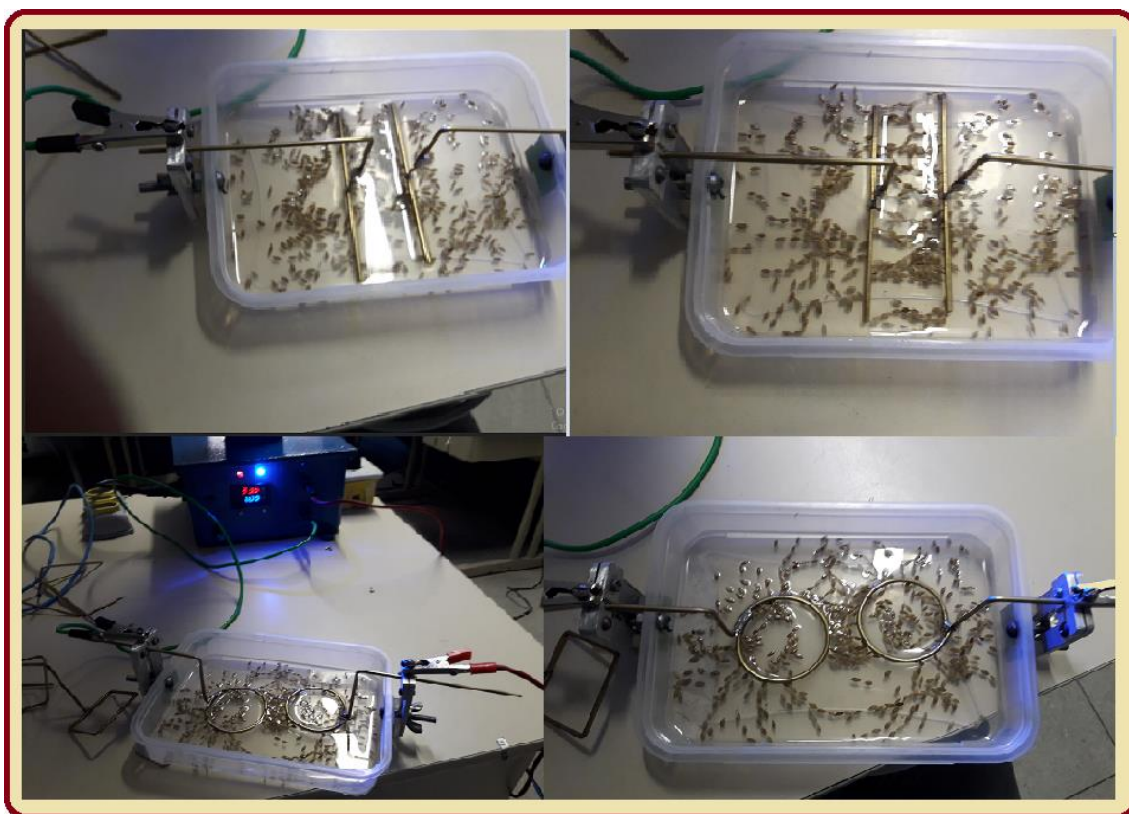


Figura 23 – Linhas de campo elétrico.

3.7.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Esta experiência pode ser realizada em qualquer ambiente, mas, recomendamos realizá-la num ambiente climatizado com pouca umidade no ar, pois ela terá um melhor resultado. Aconselhamos que tenha cuidado em manusear as hastes de condução e que siga o passo a passo a seguir:

- I. Coloque o óleo de cozinha no recipiente de vidro ou plástico
- II. Coloquem no recipiente com óleo, as sementes ou alpistas e espalhe sobre todo recipiente;
- III. Fixe as placas ou as hastes metálicas nas bordas do recipiente, de tal forma que elas fiquem em lados opostos e conecte-a, por meio de fios condutores, com o globo de descarga em uma e na outra com o bastão de descarrego.
- IV. Na extremidade que fica em contato com o óleo de cozinha, coloque uma bola de isopor envolvida com o papel alumínio.
- V. Ligue o gerador de cargas e observe o que acontece.

VI. Descreva as suas observações e conclusões em relação ao fenômeno apresentado.

O objetivo desta experiência é mostra uma grande diferença de potencial que será produzida entre as bolinhas de isopor, estabelecendo um campo elétrico na região entre elas que fará que as sementes de grama se orientem, obtendo uma configuração de um dipolo elétrico. Se utilizarmos placas paralelas, podemos obter uma configuração de um capacitor. Se usarmos um anel cilindro oco podemos mostrar que no interior da superfície fechada o campo elétrico será nulo.

3.8 TESTES E AJUSTES.

Durante o processo de construção, houve algumas modificações no projeto tais como os ajustes de potência para o potenciômetro, pois o mesmo, quando testado, queimava, quando atingia a tensão máxima de 33 v – 36 v; outro problema foi com relação ao ativador do flyback, Pois ao ser testando queimava o TIP 35 C e por fim, houve a descarga na própria carcaça da caixa eletrônica.

Depois de corrigido os problemas o equipamento ficou pronto, porém ao utilizar nas experiências, o potenciômetro, deve ser ajustado para a tensão desejada. Com esse ajuste a intensidade do fenômeno fica regulável de acordo com a potência aplicada.

3.9 SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Certos problemas contribuíram para o mau funcionamento do equipamento. Um dos problemas foi com a parte eletrônica, que ao colocar o equipamento pra funcionar queimava os componentes. No bloco regulador de tensão, nos primeiros testes, o capacitor estourava em sua potência máxima, pois a capacitância é superior e que o mesmo suportava. Corrigimos aumentando pra 100 μ F, nos teste seguinte, queimava os potenciômetros, corrigimos com um banco de diodos.

Depois de corrigido o problema com o bloco regulador da tensão apareceu problemas, nos testes seguintes, com o bloco ativador do flyback, pois começou a queimar o circuito integrado TIP 35 C, que é um dos principais componentes para a ativação do flyback, tentou-se corrigir o problema, porém foi mais vantajoso a troca da eletrônica usada, pela a atual deste projeto o “ZVS”.

Nos testes seguinte, depois de corrigidos os erros da eletrônica, apareceu um problema crucial, que foi certo curto circuito, como a caixa usada para colocar os módulos

eletrônicos é de alumínio, que um condutor e por se tratar de alta tensão, os polos de alta tensão descarregava na própria carcaça, e não deixava isso acontecer no globo de descarga e nem no bastão de descarrego. O problema foi corrigido, abrindo uma grande fenda na parte de alumínio e prendendo o local com uma placa de fenolite sem a lâmina de cobre, presa a qual é isolante e neste local, colocamos os bornes. Deste momento em diante o funcionamento está a 100%.

3.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

A atividade experimental ocupa um papel importante e crucial no desenvolvimento da ciência. Um fator que dificulta essas atividades é a ausência de laboratórios de ciências em muitas unidades de ensino, atrelado a isso vem à escassez de experimentos e roteiros experimentais, embora se venha desenvolvendo pesquisas nesta área. Assim esquecem que sem o experimento, a Física torna-se mera filosofia e se distancia de sua vocação para produzir tecnologia.

O ensino de física quando abordado com o auxílio de experimento aproxima os conteúdos dos educandos, estreitando a relação do ensino e aprendizagem e consequentemente promovendo uma aprendizagem significativa e prazerosa.

Desenvolver equipamentos experimentais e roteiros de experiências é de suma importância para o desenvolvimento da ciência equipando as escolas e consequentemente a implementação de laboratórios. Deste forma desenvolvemos o Gerador de Alta tensão Regulável (GATR) e um roteiro de construção, de experiências e práticas pedagógicas, onde esses mecanismos conseguisse juntar a praticidade dos conteúdos da eletrostática à eficiência no ensino aprendizagem, foi a razão propulsora para desenvolver a presente guia, fazendo com que o Gerador de Alta tensão Regulável (GATR), construído com material de baixo custo, possa ser eficaz na mediação dos conceitos da eletrostática.

Assim cabe ao leitor desta obra se sensibilizar e usar este como uma fonte inspiradora para a execução e aplicação deste guia em suas práticas pedagógica, construindo o equipamento como a ajuda e participação efetiva de seus estudantes.

Concluimos que este material desenvolvido será de grande importância para o desenvolvimento da ciência em nosso país, e que, ajudará em equipar as escolas e também auxiliar aos profissionais da educação, em particular aos professores de físicas e estudantes desta disciplina acadêmica, em sua prática pedagógica experimental e

conceitual, gerando uma aprendizagem significativa e estimulante produzindo novos conhecimentos e/ou novas ideias.

REFERÊNCIAS

ALVES, V. C.; STACHAK, M. **A Importância de Aulas Experimentais no Processo de Ensino-Aprendizagem em Física** . XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, p. 1, 2005. Acessado em: 09 de jan. 2015. Disponível em: <<http://biblioteca.cefetbambui.edu.br/publicacoes/fisica/juvenil>>.

ARAÚJO, M. (2003). **Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 176-194.

BAYERL, G. da S. **O ensino de ciências físicas nas series iniciais: O experimento como fator estimulante na aprendizagem**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

CARVALHO, DAMIÃO de S. **Utilização Do Gerador Eletrostático De Van De Graaff, De Baixo Custo, Na Aprendizagem Dos Conceitos Da Eletrostática**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal De Roraima, 2016.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências** . 3. ed. Florianópolis, Santa Catarina: [s.n.], 2002. v. 19. 15- 33 p.

SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. **Atividades experimentais de construção da Autonomia de Professores de Física: uma Experiência em Formação continuada** . IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, out 2004.

VALADARES, E. C. **Propostas de Experimentos de Baixo Centrados no Aluno e na Comunidade**. *Revista Química Nova na escola*, São Paulo, p. 38–40, 2001.

Fonte ajustável 1,2 a $\pm 30V$ /1,5 A – Autor: Clodoaldo Silva - Versão : 05 Ago2011, Clube da Eletrônica, disponível em: <http://www.clubedaeletronica.com.br/>

Silva Jr, Pedro A.,; Souza. Pedro P. C. FONTES DE TENSÃO REGULADAS - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM TELECOMUNICAÇÕES Área de Conhecimento: Eletrônica Aplicada - São José, outubro de 2012.

CIPELLI, Antônio Marco Vicari & SANDRINI, Valdir João. Teoria do desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos . 7.a ed. São Paulo, Érica, 1983, 580pp.

DEGEM SYSTEMS . Fontes de alimentação eletrônicas. Israel, Eletrônica Modular Pantec, c1976, 49pp. ilustr.

FIGINI, Gianfranco. Eletrônica Industrial; circuitos e aplicações. São Paulo, Hemus, c1982, 336pp.

SENAI/ Departamento Nacional. Reparador de circuitos eletrônicos; eletrônica básica II. Rio de Janeiro, Divisão de Ensino e Treinamento, c1979 (Coleção Básica Senai, Módulo 1).

A.M.V. Cipelli e W.J. Sandrini, **Teoria e Desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos**, Ed. Érica, págs. 46 a 130, 13a. Ed., 1986.

Bertini, L. Antonio, Transformadores Teorias, Práticas e Dicas, Copyrightã2003 - Eltec Editora em www.eltec.com.br.

Hapidin,D. A.;Saleha, I.; Munir, M. M.; Khairurrijala. Design and Development of a Series-Configuration Mazzilli Zero Voltage Switching Flyback Converter as a High-Voltage Power Supply for Needleless Electrospraying. Procedia Engineering (ELSEVIER) Vol. 170, pag 509-515 (2017).

APÊNDICE C**GUIA DO ESTUDANTE****ELETRÔNICA PARA UM GERADOR REGULÁVEL DE ALTA TENSÃO
(GRAT)****GUIA DO ESTUDANTE
UTILIZAÇÃO E APLICAÇÃO EXPERIMENTAL.**

Caruaru, Agosto de 2018

4.1 APRESENTAÇÃO

Prezado Estudante,

O presente guia tem o objetivo de orientá-lo na execução do Experimento do Gerador de Alta Tensão Regulável e a realização de experiências para o estudo qualitativo dos fenômenos relacionados a Eletrostática. Para isso, apresentamos neste guia uma breve apresentação deste equipamento, os cuidados ao manuseá-lo e os procedimentos experimentais destacamos que este trabalho é uma primeira versão e que, provavelmente, ocorram fatos que ainda não foram observadas, e que suas observações serão de suma importância para o aprimoramento do equipamento e da execução das experiências apresentadas e na descoberta de novas ideias de novos experimentos, pois solicitamos que façam as suas anotações de suas observações no processo experimentais revelados pelos fenômenos apresentados durante as experiências, em seguida faça um relatório simples sobre o que você viu e procurando explicar. Sendo assim contamos com a sua contribuição e dedicação para que este tenha êxito em sua vida acadêmica.

O professor

4.2 APRESENTAÇÃO DO GERADOR DE ALTA TENSÃO REGULÁVEL (GATR)

O Gerador Regulável de Alta Tensão possui a capacidade elevar pequenas tensões para grandes diferenças de potencial devido a sua eletrônica e um transformado flyback, que emite por meio de um fio condutor uma alta tensão para o globo de descarga que acumula uma grande quantidade de cargas elétricas, produzindo fenômenos naturais espetaculares, um deles é romper a rigidez dielétrica do ar, formando um arco voltaico quando se aproxima o bastão de descarga.

Este equipamento é composto de um cabo de alimentação ao qual liga o equipamento à rede elétrica; uma chave liga/desliga localizada perto do plugue de alimentação. No painel frontal têm-se os seguintes componentes: um led luminoso vermelhos, para indicar que o cabo de alimentação foi ligado, ficando aceso; um led luminoso azul que quando aceso indica que a chave foi ligada acionando o sistema de ventilação e voltímetro e amperímetro, assim liberando energia para o sistema; um botão que ajusta a tensão liberada para as outras partes do sistema; um voltímetro e amperímetro que mostram a tensão e a corrente que está sendo acionada durante o funcionamento; dois bornes, onde um é fase e o outro é terra, pra a conexão com os acessórios, globo de descarga e bastão de descarrego. Um kit de experimentos, ao qual se chama de acessórios, composto por cabos de ligações com plugues e prendedores jacaré; uma cuba de experiências; bastões de latão, que é condutor com formas pontiagudas, hastes, circunferência e quadradas sempre em pares, uma vela, bolas de isopor, um carretel de linha, papel alumínio, uma pequena chave de fenda.

As experiências realizadas com este gerador podem serem realizadas em qualquer ambiente, porem apresentam melhores resultados em dias secos ou em salas com ar condicionado, assim os fenômenos produzidos será mais visível e com maior intensidade.

Cuidados que o estudante deve ter durante o manuseio do equipamento e realização das experiências, pois se trata de alta tensão.

- Nunca manuseie ou ajuste os acessórios condutores com o equipamento ligado;
- Não abra a tampa do equipamento;
- Em caso de choque, desligue rapidamente o interruptor liga/desliga que fica na parte lateral do painel;

- No momento em que um estudante estiver com a mão no globo de descarga, não toque no mesmo, a não ser com a autorização do professor;
- Não coloque a mão dentro da cuba de experiências;
- Siga as instruções deste manual

Observação: Em caso de dúvida, pergunte ao professor.

4.3 OBJETIVOS:

No uso do Gerador de Alta Tensão Regulável (GATR) e na realização de experiências apontamos alguns objetivos que se deseja alcançar, aos quais relacionamos a baixo, porem, o professor poder verificar outros objetivos.

- ✓ Identificar os processos de eletrização através do GERADOR DE CARGA.
- ✓ Verificar a região de campo elétrico em torno do gerador com uma bolinha de isopor (eletroscópio de pêndulo).
- ✓ “Carregar” eletricamente um aluno isolado sobre um banco de plástico e verificar as consequências da eletrização.
- ✓ Mostrar através de um pêndulo duplo a força elétrica quando é eletrizado pelo GERADOR DE CARGAS

4.4 EXPERIÊNCIA I - ELETRIZANDO MATERIAIS

Os materiais tem o poder de ser eletrizado, que é um desequilíbrio em suas cargas elétricas. Com o uso do GATR faz a eletrização de alguns destes materiais, esta eletrização dá-se por duas maneiras: contato ou indução, em durante sua execução aparecerá uma força de natureza elétrica. Assim sua realização, recomendamos que siga as normas de segurança e o passo a passo descrito na seção 4.4.1 - Procedimento Experimental e utilizem os materiais a seguir:

- Um gerador de Cargas;
- Duas bolinhas de isopor de 10 mm de diâmetro;
- Plásticos de sacola de colocar verduras, picados;
- Linha de costura;

- Um banquinho de plástico ou de madeira, ou qualquer suporte isolante para fazer o isolamento.

4.4.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Este procedimento deve ser realizado num ambiente propício de preferência climatizado, com pouca umidade no ar, com as mãos limpas e secas e que, durante sua realização, siga o passo a passo descrito a baixo.

- I. Inicialmente, com o gerador desligado, aproxime a bolinha de isopor, amarrado em uma linha, do mesmo e veja o que acontece.
- II. Em seguida, coloque seu antebraço muito próximo, sem tocar no gerador, ainda desligado, e veja o que acontece.
- III. A partir de suas observações faça suas conclusões.
- IV. Ligue o GERADOR DE CARGAS, deixe ligado.
- V. Aproxime a bolinha de isopor pendurado numa linha, sem tocar no gerador ligado, observe agora o que acontece. Faça isso a diferentes distâncias do gerador ligado.
- VI. Amarre, separadamente, duas bolinhas de isopor com linha de costurar e de mesmo tamanho. Coloque as duas bolinhas de isopor, segurando pelas linhas na mesma mão e observe o que acontece.
- VII. Peça para que os participantes desta prática Elaborem um relatório sobre esta atividade, onde eles devem expressar o que foi observado e relacionar com os conhecimentos sobre eletrização que os mesmos estudaram.

Observação: Estas experiências podem ser feitas antes ou depois que forem ensinados os conceitos de eletrização, caso seja depois, mantenha todos os seis passos; caso seja antes, modifique o passo seis retirando a parte de relacionar com os conhecimentos sobre eletrização, que irá competir ao professor utilizar os relatórios para enriquecer a sua aula sobre eletrização.

4.5 EXPERIENCIA II – ARREPIANDO OS CABELOS

Esta é uma experiência clássica, muito aplicada nos museus de ciências e em laboratórios que possuem geradores de Van de Graaff. Como se trata de uma experiência que necessita de um isolamento adequado, recomendamos que siga as normas de segurança e o passo a passo descrito na seção 4.5.1 - Procedimento Experimental utilizando os materiais a baixo:

- Gerador de cargas
- Banco de plástico ou de madeira

4.5.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Este procedimento pode ser realizar em qualquer ambiente, porem, num ambiente propício de preferência climatizado, com pouca umidade no ar, com as mãos limpas e secas, tem melhores resultados, segue a baixo o passo a passo para a sua realização.

- I. Escolha um estudante de cabelos finos, lisos, limpos e secos;
- II. Aproxime o seu antebraço sem tocar no gerador ligado, observando o que acontece.
- III. Peça para o estudante colocar as duas mãos sobre o globo de descarga.
- IV. Ligue o gerador de cargas, coloque o estudante escolhido sobre o banco de plástico ou de madeira e peça para que ele aproxime o braço no globo de descarga e observe o que acontece.
- V. Desligue o globo de descarga e descarregue com o globo de descarrego; com o aluno escolhido sobre o banco isolante, peça pra que ele coloque as duas mãos sobre o globo. Em seguida legue o globo de descarga e observe o que ocorre;
- VI. Faça uma fila de estudantes de mãos dadas e um desses alunos toque com a ponta do dedo no estudante que está em contato com o globo de descarga. Observe o que ocorre.
- VII. Peça para que os participantes desta prática Elaborem um relatório sobre está atividade, onde eles devem expressar o que foi observado e relacionar com os conhecimentos sobre eletrização que os mesmos estudaram.

Nestas experiências, utilizando o gerador de cargas, o objetivo é que os estudantes conclua que um corpo, ao acumular carga elétrica, distribui pelo espaço uma grandeza física que é o fluxo de cargas elétricas entre o corpo carregado e um determinado ponto ou corpo, caso algumas condições sejam obedecidas tais como o rompimento da rigidez dielétrica do ar.



Figura 15 – Cabelos arrepiados de uma pessoa devido a eletrização

Após a experiência, sugerimos que o professor lance a seguinte pergunta para os estudantes: “*Como vocês podem explicar o fato do estudante não tomar choque enquanto manteve contato com o globo de descarga para arrepiar o seu cabelo, já que esse gerador em funcionamento é capaz de produzir faíscas*”? ou ainda: “*por que sai faíscas do globo de descarga quando uma pessoa ou objeto metálico se aproxima dele?*”, ressaltando que o potencial elétrico quebra a rigidez dielétrica do ar, devido a diferença de potencial entre o corpo e o globo de descarga.

Com relação aos cabelos o professor pode explicar que não há diferença de potencial elétrico entre o estudante e a máquina, porém antes o professor deve esperar se algum estudante irá manifestar a sua opinião.

Desta forma o professor pode rever os conceitos de potencial e campo elétrico. Lembramos que o professor já introduzira anteriormente estes conceitos na parte expositiva da aula.

4.6 EXPERIENCIA III – VENTO ELÉTRICO

Esta experiência mostra um deslocamento de ar, provocado por fenômeno elétrico, chamado vento elétrico, ou sopro elétrico. Na sua realização faz-se necessário seguir as normas de segurança, o passo a passo descrito na seção 4.6.1 – Procedimento Experimental e usar os materiais a seguir:

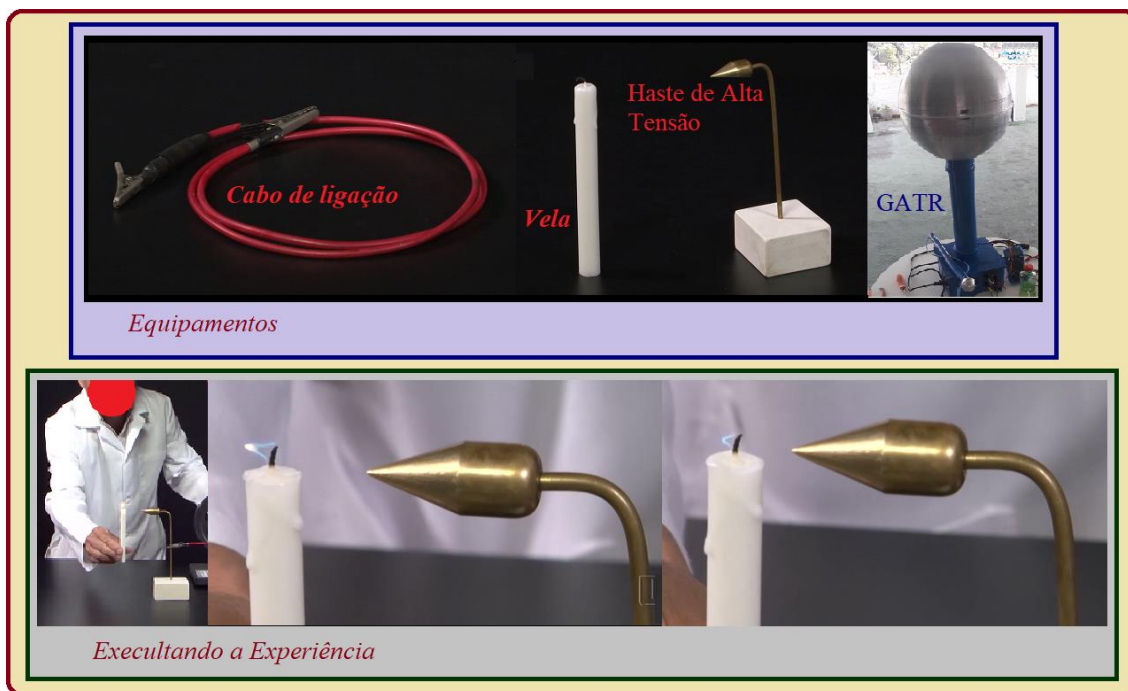


Figura 16 – Processo experimental do vento elétrico

- Gerador de cargas;
- Uma vela;
- Fósforo ou isqueiro.

4.6.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Em qualquer ambiente pode ser realizado esta experiência, porem, num ambiente climatizado com pouca umidade no ar sem ventilação, ele terá melhor resultado. Recomendamos que siga o passo a passo a seguir:

- I. Ligue o gerador de cargas;
- II. Acenda a vela com o fósforo ou isqueiro;
- III. Aproxime a vela acesa do globo de descarga do gerador de cargas;
- IV. Observe o que acontece;

V. Descreva as suas observações e conclusões em relação ao fenômeno apresentado.

O objetivo desta experiência é mostrar o vento magnético que ocorre devido ao intenso campo elétrico que atua nas moléculas dos elementos que constituem o ar nas proximidades da chama.

4.7 EXPERIENCIA IV – LINHAS DE CAMPO

Esta experiência é muito interessante, pois as sementes “alpiste”, quando submetida à alta tensão e submersa em óleo comestível, revelam uma polarização muito interessante, mostrando um fenômeno elétrico, que não cabe neste momento explicar, porem o realize e descreva tudo que você observar. Em sua prática, recomendamos que obedçam as normas de segurança e o passo a passo descrito na seção 4.7.1 – Procedimento Experimental e use os materiais a seguir:

- Gerador de Cargas;
- Bolinhas de isopor;
- Papel-alumínio;
- Fita adesiva;
- Um recipiente de vidro ou de plástico;
- Óleo de cozinha;
- Dois fios condutores;
- Sementes de grama (à venda em floricultura) ou alpiste;
- Duas placas metálicas planas ou duas hastes de metal.

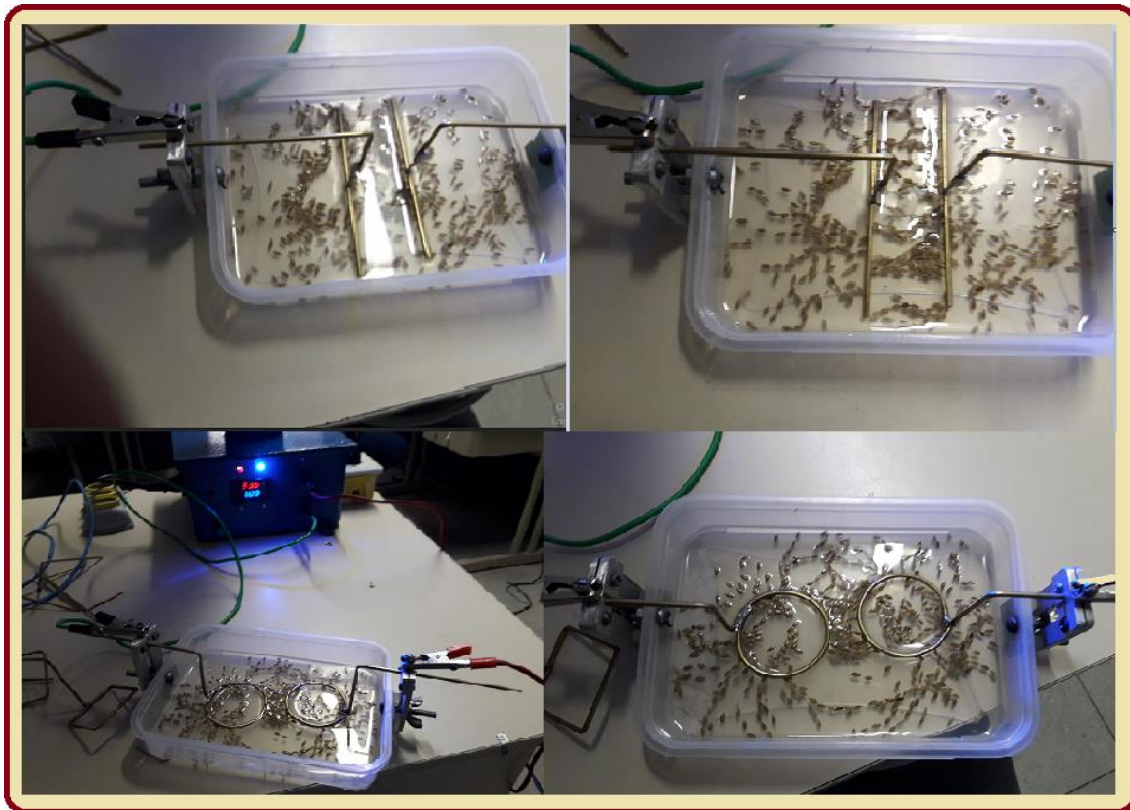


Figura 17 – Linhas de campo elétrico.

4.7.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Esta experiência pode ser realizada em qualquer ambiente, mas, recomendamos realiza-la num ambiente climatizado com pouca umidade no ar, pois ela terá um melhor resultado. Aconselhamos que tenha cuidado em manusear as hastes de condução e que siga o passo a passo a seguir:

- I. Coloque o óleo de cozinha no recipiente de vidro ou plástico;
- II. Coloquem no recipiente com óleo, as sementes ou alpistas e espalhe sobre todo recipiente;
- III. Fixe as placas ou as hastes metálicas nas bordas do recipiente, de tal forma que elas fiquem em lados opostos e conecte-a, por meio de fios condutores, com o globo de descarga em uma e na outra com o globo de descarrego;
- IV. Na extremidade que fica em contato com o óleo de cozinha, coloque uma bola de isopor envolvida com o papel alumínio;
- V. Ligue o gerador de cargas e observe o que acontece;

- VI. Descreva as suas observações e conclusões em relação ao fenômeno apresentado.

O objetivo desta experiência é mostrar uma grande diferença de potencial que será produzida entre as bolinhas de isopor, estabelecendo um campo elétrico na região entre elas que fará que as sementes de grama se orientem, obtendo uma configuração de um dipolo elétrico. Se utilizarmos placas paralelas, podemos obter uma configuração de um capacitor. Se usarmos um anel cilíndrico podemos mostrar que no interior da superfície fechada o campo elétrico será nulo.

4.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

A atividade experimental ocupa um papel importante e crucial no desenvolvimento da ciência. Um fator que dificulta essas atividades é a ausência de laboratórios de ciências em muitas unidades de ensino, atrelado a isso vem à escassez de experimentos e roteiros experimentais, embora se venha desenvolvendo pesquisas nesta área. Assim esquecem que sem o experimento, a Física torna-se mera filosofia e se distancia de sua vocação para produzir tecnologia.

O ensino de física quando abordado com o auxílio de experimento aproxima os conteúdos dos estudantes, estreitando a relação do ensino e aprendizagem e consequentemente promovendo uma aprendizagem significativa e prazerosa.

Desenvolver equipamentos experimentais e roteiros de experiências é de suma importância para o desenvolvimento da ciência equipando as escolas e consequentemente a implementação de laboratórios. Desta forma desenvolvemos o Gerador de Alta tensão Regulável (GATR) e um roteiro de construção, de experiências e práticas pedagógicas, onde esses mecanismos conseguisse juntar a praticidade dos conteúdos da eletrostática à eficiência no ensino aprendizagem, foi a razão propulsora para desenvolver o presente guia, fazendo com que o Gerador de Alta tensão Regulável (GATR), construído com material de baixo custo, possa ser eficaz na mediação dos conceitos da eletrostática.

Assim cabe ao leitor desta obra se sensibilizar e usar este como uma fonte inspiradora para a execução e aplicação deste guia em suas práticas pedagógicas, onde os estudantes junto ao seu professor possa construir este equipamento para auxiliar a compreensão dos conceitos da eletrostática com a realização de experiências. Assim

recomendamos ao estudante que a sua dedicação é de suma importância para a construção deste equipamento, bem como o seu empenho na realização das atividades proposta neste guia e nas orientações do seu professor.

Concluimos que este material desenvolvido será de grande importância para o desenvolvimento da ciência em nosso país, e que, ajudará em equipar as escolas e também auxiliar aos profissionais da educação, em particular aos professores de físicas e estudantes desta disciplina acadêmica, em sua prática pedagógica experimental e conceitual, gerando uma aprendizagem significativa e estimulante produzindo novos conhecimentos e/ou novas ideias.

REFERÊNCIAS

ALVES, V. C.; STACHAK, M. **A Importância de Aulas Experimentais no Processo de Ensino-Aprendizagem em Física** . XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, p. 1, 2005. Acessado em: 09 de jan. 2015. Disponível em: <<http://biblioteca.cefetbambui.edu.br/publicacoes/fisica/juvenil>>.

ARAÚJO, M. (2003). **Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 176-194.

BAYERL, G. da S. **O ensino de ciências físicas nas series iniciais: O experimento como fator estimulante na aprendizagem**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências** . 3. ed. Florianópolis, Santa Catarina: [s.n.], 2002. v. 19. 15- 33 p.

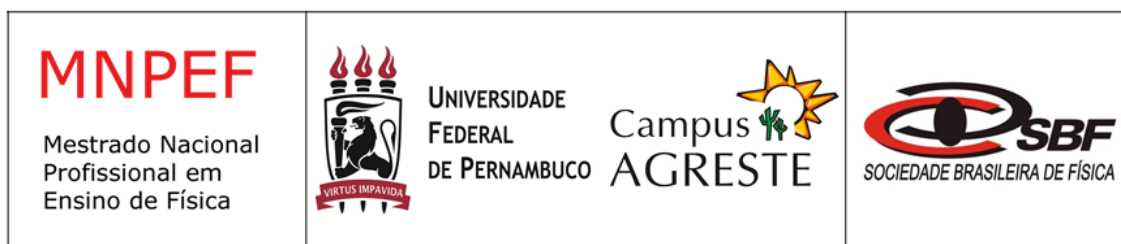
SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. **Atividades experimentais de construção da Autonomia de Professores de Física: uma Experiência em Formação continuada** . IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, out 2004.

VALADARES, E. C. **Propostas de Experimentos de Baixo Centrados no Aluno e na Comunidade**. *Revista Química Nova na escola*, São Paulo, p. 38–40, 2001.

ANEXOS

ANEXO (A)

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO DA PROPOSTA DIDÁTICA

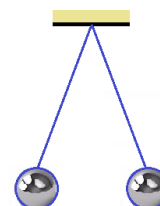


Mestrando: Eduardo Botelho Cabral

Orientador: Prof. Dr. João F. L. De Freitas.

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

01. Na figura abaixo temos duas pequenas esferas suspensas por fios isolantes estão eletrizadas negativamente e repelem-se mutuamente. Observa-se que, com o tempo, a distância entre elas diminui gradativamente. Pode-se afirmar que isso ocorre porque as esferas, através do ar:



- a) Recebem prótons. b) Perdem prótons. c) Recebem elétrons.
d) Trocam prótons e elétrons. e) Perdem elétrons.

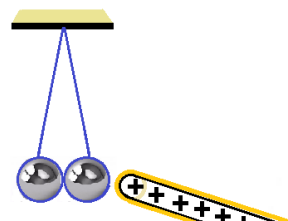
02. (Unifor-CE) Três corpos, A, B, e C, inicialmente neutros, foram eletrizados. Após a eletrização verifica-se que A e B têm cargas positivas e C tem carga negativa. Assinale a alternativa que apresenta uma hipótese possível a respeito dos processos utilizados para eletrizar esses corpos:

- a) A e B são eletrizados por contato e, em seguida, C é eletrizado por atrito com B.
b) A e B são eletrizados por atrito e, em seguida, C é eletrizado por contato com B.
c) B e C são eletrizados por atrito e, em seguida, A é eletrizado por contato com B.

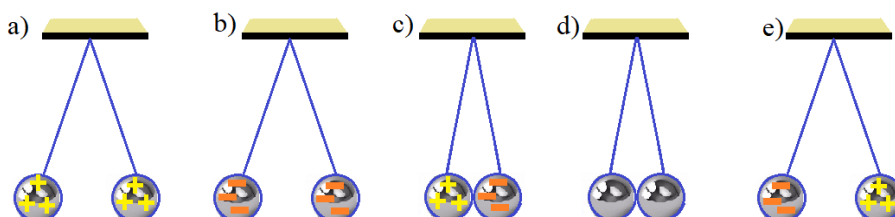
d) B e C são eletrizados por contato e, em seguida, A é eletrizado por atrito com B.

e) A, B e C são eletrizados por contato.

03. Na figura seguinte mostra que duas esferas metálicas, muito leves, estão penduradas por fios perfeitamente isolantes, em um ambiente seco.



Uma barra metálica carregada positivamente é colocada em contato em uma das esferas e depois afastada. Após o afastamento da barra, qual deve ser a situação das esferas, sabendo-se que a carga inicial das esferas é nula?



04. (Fatec-SP) Considere as seguintes afirmações:

I – Na eletrização por atrito, os corpos ficam eletrizados com cargas iguais porém de sinais contrários.

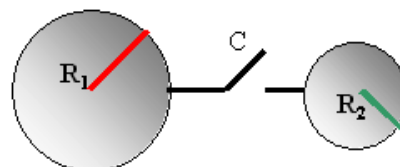
II – Na eletrização por contato, os corpos ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal.

III – No processo de indução eletrostática, o corpo induzido se eletrizará sempre com carga de sinal contrário à do indutor.

São verdadeiras:

- a) Todas as afirmações. b) A primeira e a terceira. c) A segunda e a terceira.
d) Somente a primeira. e) Somente a segunda.

05. Duas esferas de raios R_1 e R_2 , com $R_1 > R_2$, são postas em contato mediante a chave C, conforme a figura. Supondo que a esfera maior esteja carregada negativamente e a menor neutra, pode-se afirmar que:

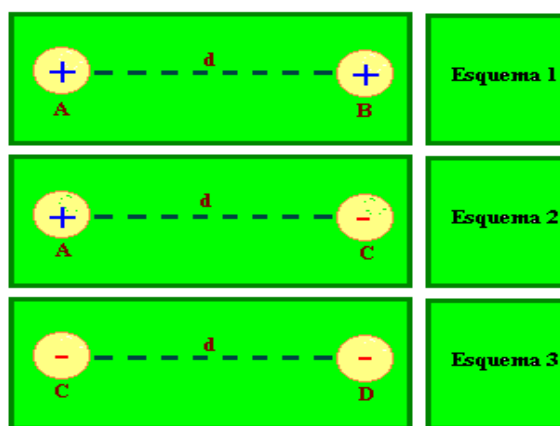


(A) haverá passagem de cargas elétricas da esfera de raio R_1 para a de raio R_2 até que ambas apresentem a mesma carga.

- (B) a esfera de raio R_2 se carregará positivamente, enquanto a esfera de raio R_1 se descarrega.
- (C) a esfera de raio R_2 terá maior carga do que a esfera de raio R_1 quando for atingido o equilíbrio eletrostático.
- (D) haverá passagem de cargas elétricas da esfera de raio R_1 para a de raio R_2 até que ambas apresentem o mesmo potencial elétrico.
- (E) o potencial da esfera de raio R_1 será maior do que o potencial da esfera de raio R_2 quando for atingido o equilíbrio eletrostático.

06. (UNIP) Considere os esquemas que se seguem onde A e B representam prótons e C e D representam elétrons. O meio onde estão A, B, C e D é vácuo em todos os esquemas e a distância entre as partículas em questão é sempre a mesma **d**.

A respeito dos três esquemas, analise as proposições que se seguem:

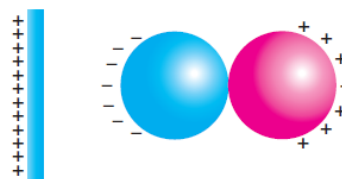


- I. Em todos os esquemas a força eletrostática sobre cada partícula (próton ou elétron) tem a mesma intensidade.
- II. Em cada um dos esquemas a força sobre uma partícula tem sentido sempre oposto ao da força sobre a outra partícula.
- III. Em cada um dos esquemas as forças trocadas pelas partículas obedecem ao princípio da ação e reação.
- IV. Em todos os esquemas as forças entre as partículas são sempre de atração.

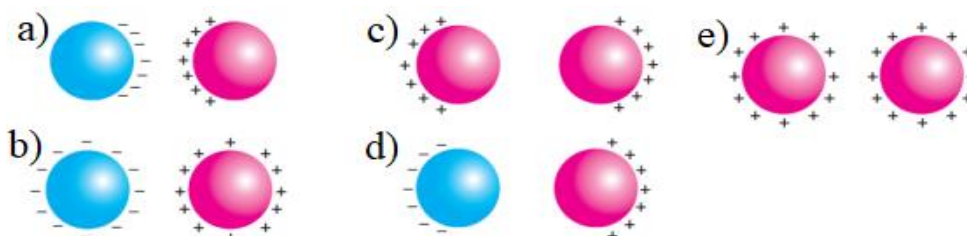
Responda mediante o código:

- a) apenas as frases I, II e III estão corretas; b) apenas as frases I e III estão corretas;
 c) apenas as frases II e IV estão corretas; d) todas são corretas;

07. Se aproximarmos uma barra eletrizada de duas esferas condutoras, inicialmente descarregadas e encostadas uma na outra, resulta numa distribuição de cargas esquematizada na figura abaixo:



Em seguida sem tirar do lugar a barra eletrizada, afasta-se um pouco uma esfera da outra. Por fim, sem mexer mais nas esferas, remova-se a barra, levando-a para muito longe das esferas. Nessa situação final, qual a figura que melhor representa a distribuição de cargas nas duas esferas?



08. Na figura abaixo mostra a mão da garota tocando a esfera eletrizada de uma máquina eletrostática conhecida como gerador de Van de Graaf.



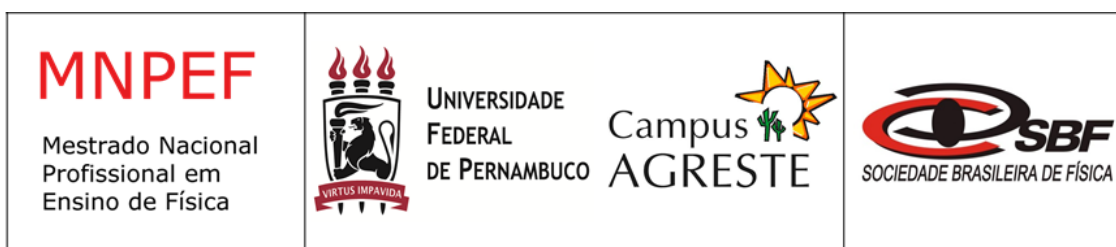
Diante dessa situação são feitas as seguintes afirmações:

- I. Os fios de cabelo da garota adquirem cargas elétricas de mesmo sinal e por isso se repelem.
- II. O clima seco facilita ocorrência do fenômeno observado no cabelo da garota.
- III. A garota conseguiria o mesmo efeito em seu cabelo, se na figura sua mão apenas se aproximasse da esfera sem tocá-la.

Está correto o que se lê em:

- a) apenas I b) apenas II c) apenas I e II d) apenas I e III e) apenas II e III

09. Um estudante de física durante uma aula experimental atrita um bastão isolante com um tecido. Após o experimento ele verifica que ambos ficam eletrizados. Com relação aos conceitos de física é correto afirmar que o bastão pode ter:

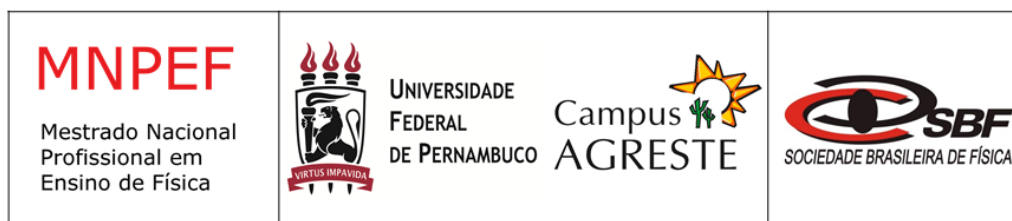
ANEXO B TERMO DE CONSENTIMENTO (ESCOLA)**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO****Mestrado Profissional de Ensino de Física – SBF****CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE, POLO 46/CARUARU.**

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, a Escola Municipal **PAULINO MENELAU**, ciente dos procedimentos propostos, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e do explicado, firma seu **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO** de concordância quanto à realização da pesquisa sobre a construção do Gerador Regulável de Alta Tensão com material de baixo custo, elaborada pelo Prof. Exp. Eduardo Botelho Cabral. Fica claro que a instituição, através de seu representante legal, pode, a qualquer momento, retirar seu **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO** e deixar de participar do estudo alvo da pesquisa, caso haja alguma divergência dos objetivos ou finalidade do projeto ora apresentado, ficando ciente que todo trabalho realizado torna-se informação confidencial, guardada por força do sigilo profissional.

Por ser a expressão da verdade, assino o presente para que possa surtir os efeitos legais desejados.

Recife – PE, _____ de _____ de 2018

Assinatura e carimbo do representante da instituição

ANEXO C TERMO DE CONSENTIMENTO (PAI OU RESPONSÁVEL)**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO****Mestrado Profissional de Ensino de Física – SBF****CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE, POLO 46/CARUARU.**

Senhor pai/responsável, meu nome é EDUARDO BOTELHO CABRAL, residente na Rua Expedicionários Eurides Fernandes, 146, no bairro da UR 7 Vázea, na cidade do Recife - PE, (Tel: 81 98693 – 4543). Atualmente, sou professor de Física na rede estadual de ensino do Estado de Pernambuco, estudo na Universidade Federal de Pernambuco, cursando o Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física, e estou concluindo o curso de mestrado.

Para a obtenção do diploma, a universidade exige que façamos uma Dissertação que tem como objetivo oferecer estratégias pedagógicas para a melhoria do processo de ensino aprendizagem em Física referente aos conceitos de eletrostática, utilizando o experimento do gerador Regulável de Alta Tensão construído com materiais de baixo custo para os alunos do 3º Ano do ensino médio. Para tanto, gostaria de ministrar algumas aulas sobre o conteúdo com aplicação do experimento e fazer algumas perguntas, ao seu (a) filho (a), por meio de dois questionários, um sobre o tema acima citado e outro sobre o perfil do aluno.

Aproveitando o ensejo, informo que as respostas obtidas através dos questionários, servirão único e exclusivamente para a concretização da pesquisa, pois para a conclusão da dissertação, faz-se necessário a tabulação e exposição das respostas para posterior defesa da Dissertação, no entanto, para resguardar a identidade do (a) aluno(a) pesquisado(a), irei identificá-lo(a) através de códigos, com a finalidade de não expor o(a) educando(a).

Informo ainda que durante a pesquisa seu (a) filho (a) estará sob os meus cuidados e, para elaborar a pesquisa necessito de seu consentimento. Gostaria que assinassem o campo abaixo e devolvessem este termo para escola.

Nome do aluno (a): _____

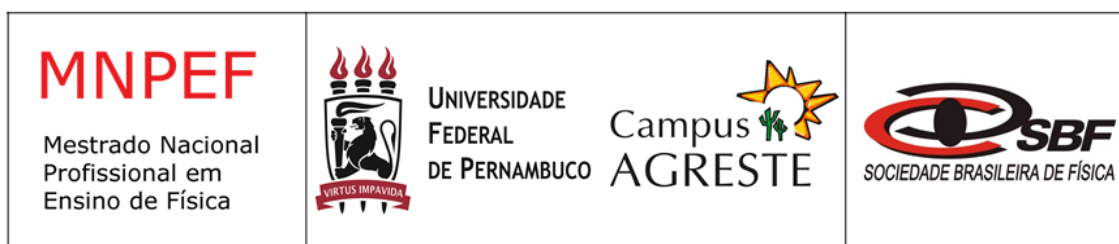
Pai ou responsável: _____

Fone: _____

Autorizo meu (a) filho (a) a participar da pesquisa. ☐

Não autorizo meu (a) filho (a) a participar da pesquisa. ☐

Recife – PE, _____ de _____ de 2018

ANEXO D TERMO DE CONSENTIMENTO (MAIOR)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Mestrado Profissional de Ensino de Física – SBF

CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE, POLO 46/CARUARU.

Senhor Estudante, meu nome é EDUARDO BOTELHO CABRAL, residente na Rua Expedicionários Eurides Fernandes, 146, no bairro da UR 7 Vázea, na cidade do Recife - PE, (Tel: 81 98693 – 4543). Atualmente, sou professor de Física na rede estadual de ensino do Estado de Pernambuco, estudo na Universidade Federal de Pernambuco, cursando o Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física, e estou concluindo o curso de mestrado.

Para a obtenção do diploma, a universidade exige que façamos uma Dissertação que tem como objetivo oferecer estratégias pedagógicas para a melhoria do processo de ensino aprendizagem em Física referente aos conceitos de eletrostática, utilizando o experimento do gerador Regulável de Alta Tensão construído com materiais de baixo custo para os alunos do 3º Ano do ensino médio. Para tanto, gostaria de ministrar algumas aulas sobre o conteúdo com aplicação do experimento e fazer algumas perguntas, a você estudante, por meio de dois questionários, um sobre o tema acima citado e outro sobre o seu perfil.

Aproveitando o ensejo, informo que as respostas obtidas através dos questionários, servirão única e exclusivamente para a concretização da pesquisa, pois para a conclusão da dissertação, faz-se necessário a tabulação e exposição das respostas para posterior defesa da Dissertação, no entanto, para resguardar a identidade do (a) aluno (a) pesquisado (a), irei identificá-lo (a) através de códigos, com a finalidade de não expor o (a) educando (a).

Informo ainda que durante a pesquisa você estará sob os meus cuidados e, para elaborar a pesquisa necessito de seu consentimento. Gostaria que assinassem o campo abaixo e devolvessem este termo para escola.

Recife – PE, _____ de _____ de 2018

Estudante _____ Fone: _____

ANEXO E TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM (MENOR)

 Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física	 UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  Campus AGRESTE	 SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
---	--	---

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Mestrado Profissional de Ensino de Física – SBF

CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE, POLO 46/CARUARU.

Eu _____, brasileiro (a), portador do RG nº _____, CPF nº _____, residente à _____ Av./Rua _____ nº _____, Bairro _____, na cidade _____, nos estado de Pernambuco, responsável legal dos estudante _____, brasileiro, menor de idade. Venho por meio deste AUTORIZAR o uso da imagem de meu/minha filho(a) para fins educacionais na Dissertação do Prof. Eduardo Botelho Cabral, Mestrando no Ensino Profissional de Física, na UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, cujo título de pesquisa é: **ELETRÔNICA PARA UM GERADOR REGULÁVEL DE ALTA TENSÃO** CONSTRUÍDO COM MATERIAL DE BAIXO CUSTO PARA AUXILIAR A APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS FÍSICOS RELACIONADOS À ELETROSTÁTICA, orientado pelo Prof. Dra. João F. L. De Freitas. A presente autorização é concedida a título gratuito, abrangendo o uso da imagem acima mencionada em todo território nacional, exterior, inclusive em qualquer tipo de mídia.

Fica ainda **autorizada**, de livre e espontânea vontade, para os mesmos fins, a cessão de direitos da veiculação das imagens não recebendo para tanto qualquer tipo de remuneração.

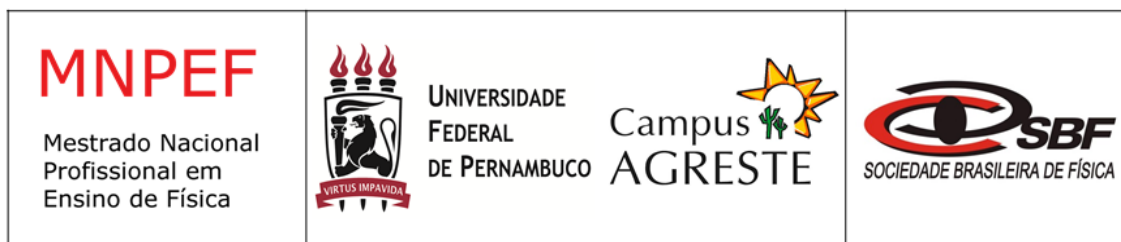
Por esta ser a expressão da minha vontade declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à imagem ou a qualquer outro, e assino a presente autorização em 02 vias de igual teor e forma.

Recife – PE, _____ de _____ de 2018

Por seu Responsável Legal

Telefone para contato: _____

Estudante _____ Fone: _____

ANEXO F TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM (MAIOR)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Mestrado Profissional de Ensino de Física – SBF

CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE, POLO 46/CARUARU.

Eu _____, brasileiro (a), maior de idade, portador (a) da Cédula de identidade RG no. _____ / _____, inscrito no CPF sob no _____, residente à Av/Rua _____, no. _____, Bairro _____, na cidade _____ no estado de Pernambuco. AUTORIZO o uso da minha imagem para fins educacionais na Dissertação do Prof. Eduardo Botelho Cabral, Mestrando no Ensino Profissional de Física, na UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, cujo título de pesquisa é: **ELETRÔNICA PARA UM GERADOR REGULÁVEL DE ALTA TENSÃO CONSTRUÍDO COM MATERIAL DE BAIXO CUSTO PARA AUXILIAR A APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS FÍSICOS RELACIONADOS À ELETROSTÁTICA**, orientado pelo Prof. Dra. João F. L. De Freitas. A presente autorização é concedida a título gratuito, abrangendo o uso da imagem acima mencionada em todo território nacional, exterior, inclusive em qualquer tipo de mídia.

Fica ainda **autorizada**, de livre e espontânea vontade, para os mesmos fins, a cessão de direitos da veiculação das imagens não recebendo para tanto qualquer tipo de remuneração.

Por esta ser a expressão da minha vontade declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à imagem ou a qualquer outro, e assino a presente autorização em 02 vias de igual teor e forma.

Recife – PE, _____ de _____ de 2018

Assinatura

Telefone para contato: _____