



## **UMA PROPOSTA DE ENSINO DE ELETROSTÁTICA COM AUXÍLIO DO GERADOR DE VAN DE GRAAFF**

**José Vlademir Ribeiro Marcondes**

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

Orientador:

**Dr. Carlos Manuel Sánchez Tasayco**

Cuiabá-MT  
Agosto-2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO  
GROSSO

PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA EM REDE NACIONAL - PROFIS  
Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança - Cep: 78060900 - Cuiabá/MT  
Tel : 3615-8788 - Email :

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO : "Uma proposta de ensino de Eletrostática com auxílio do Gerador de van de Graaff"**

AUTOR : *Jose Vlademir Ribeiro Mercendes*

defendida e aprovada em 21/08/2017.

Composição da Banca Examinadora:

---

Presidente Banca / Orientador	Doutor(a)	Carlos Manuel Sanchez Tasayco	<i>[Assinatura]</i>
Instituição :		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	
Examinador Interno	Doutor(a)	PABLO EDILBERTO MUNAYCO SOLORZANO	<i>[Assinatura]</i>
Instituição :		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	
Examinador Externo	Doutor(a)	Geison Jader Mello	<i>[Assinatura]</i>
Instituição :		Instituto Federal de Mato Grosso	
Examinador Suplente	Doutor(a)	Sérgio Roberto de Paulo	<i>[Assinatura]</i>
Instituição :		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	
Examinador Suplente	Doutor(a)	Rogério Junqueira Prado	<i>[Assinatura]</i>
Instituição :		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	

CUIABÁ, 21/08/2017.

### Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M321p Marcondes, José Vlademir Ribeiro.

Uma proposta de ensino de eletrostática com auxílio do Gerador de Van de Graaff / José Vlademir Ribeiro Marcondes. -- 2017  
122 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Dr. Carlos Manuel Sánchez Tasayco.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física em Rede Nacional - PROFIS - Mestrado, Cuiabá, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Aprendizagem Significativa. 2. Aula Experimental. 3. Sequência Didática. I Título.

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

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

Dedico esta dissertação àquelas pessoas que fazem parte da minha vida, à minha amada companheira de todos os momentos, Dina, aos meus filhos Gabriel e Julia; e a meus pais que me deram apoio e incentivo para mais essa realização.

## **Agradecimentos**

Agradeço:

- A Deus pelas oportunidades concedidas na minha vida;
- À minha família, minha querida esposa Dina e meus queridos filhos Gabriel e Julia pelo apoio e compreensão;
- Aos meus pais e irmãos pelo incentivo;
- A meu orientador Prof<sup>o</sup>. Dr. Carlos M. S. Tasayco;
- A todos os professores e a coordenação do Programa de Pós-graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física que contribuíram para formação;
- Aos companheiros do mestrado;
- Aos alunos e equipe gestora da EE Prof. Domingos Ap. dos Santos e EM CPC São José;
- À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

## RESUMO

### UMA PROPOSTA DE ENSINO DE ELETROSTÁTICA COM AUXÍLIO DO GERADOR DE VAN DE GRAAFF

**José Vlademir Ribeiro Marcondes**

Orientador:

**Dr. Carlos Manuel Sánchez Tasayco**

Este trabalho apresenta o relato da utilização de aula experimental com o auxílio do Gerador de Van de Graaff que busca explorar os conceitos introdutórios de eletrostática. Baseado no modelo construtivista seguiu-se os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), com a interação entre teoria e prática para tornar o conhecimento potencialmente significativo na estrutura cognitiva do aluno, em uma proposta metodológica adequada à realidade da escola onde foi desenvolvida a proposta. Foi proposto um material de apoio ao professor, que traz uma organização didática e manual da construção do Gerador de Van De Graaff, além de algumas atividades experimentais a serem desenvolvidas com o gerador, que abordam e exploram os conceitos de Eletrostática de forma interativa. Busca-se, que com o apoio deste material, seja possível estimular os alunos a compreender, questionar e buscar o conhecimento. A proposta metodológica foi desenvolvida em 3 etapas, onde as atividades experimentais foram colocadas em uma sequência didática. O material foi aplicado para alunos do terceiro ano C, turma com 23 alunos do ensino médio do período matutino da Escola Estadual Prof. Domingos Ap. dos Santos, localizada na Praça Francisco Clarion – Núcleo Habitacional São José II, na cidade de Rondonópolis/MT. Como instrumento de orientação, coleta de dados e avaliação, foi utilizado um Pré e um Pós Teste, além do *Diagrama de V*. A análise dos dados coletados teve cunho qualitativo e com base nos dados coletados pode-se observar indícios que o material contribuiu para a motivação dos alunos e a promoção da Aprendizagem Significativa dos conceitos de eletrostática.

**Palavras-chave:** Aprendizagem Significativa, Aula Experimental, Sequência Didática.

Cuiabá-MT  
Agosto-2017

## **ABSTRACT**

### **A PROPOSAL FOR TEACHING ELECTROSTATICS WITH AID OF THE GRAAFF VAN GENERATOR**

**José Vlademir Ribeiro Marcondes**

**Advisor:**

**Dr. Carlos Manuel Sánchez Tasayco**

This work presents the report of the use of experimental class with the help of the Van de Graaff Generator that seeks to explore the introductory concepts of electrostatics. Based on the constructivist model we followed the assumptions of Meaningful Learning Theory (MLT), with the interaction between theory and practice to make knowledge potentially significant in the cognitive structure of the student, in a methodological proposal appropriate to the reality of the school where the proposal. A teacher support material has been proposed, which includes a didactic and manual organization of the Van De Graaff Generator, as well as some experimental activities to be developed with the generator, which approach and explore the concepts of electrostatics interactively. It is sought, with the support of this material, to stimulate students to understand, question and seek knowledge. The methodological proposal was developed in 3 stages, where the experimental activities were placed in a didactic sequence. The material was applied to students of the third year C, class with 23 high school students of the morning period of the State School Prof. Domingos Ap. Dos Santos, located at square Francisco Clarion - São José II Housing Nucleus, in the city of Rondonópolis / MT. As an instrument of orientation, data collection and evaluation were used a Pre and a Post Test, as well as the Diagram V. The analysis of the collected data had a qualitative character and based on the collected data it is possible to observe indications that the material contributed to The motivation of students and the promotion of Significant Learning of the concepts of electrostatics.

**Keywords:** Significant Learning, Experimental Class, Didactic Sequence.

Cuiabá-MT  
Agosto-2017

# Sumário

Capítulo 1	Introdução .....	1
Capítulo 2	Referencial Teórico.....	4
2.1	Aprendizagem Significativa .....	4
2.1.1	Condições para que ocorra a aprendizagem significativa .....	6
2.1.2	Assimilação e assimilação obliteradora.....	7
2.1.3	Diferenciação progressiva e reconcialização integrativa.....	8
2.2	Vê de Gowin.....	8
2.3	Pesquisa qualitativa .....	10
2.4	Um breve histórico da Física .....	12
2.5	Introdução à Eletrostática .....	17
2.5.1	Carga elétrica.....	17
2.5.2	Condutores e isolantes, eletrização e série triboelétrica .....	18
2.5.3	Lei de Coulomb e sua aplicação .....	22
2.5.4	Campo elétrico e linhas de campo elétrico.....	25
2.5.5	Princípio da superposição.....	26
2.5.6	Função da distribuição de cargas.....	27
2.5.7	Campo elétrico devido a distribuição contínua de cargas .....	28
2.5.8	Efeito das pontas e Efeito Corona .....	29
Capítulo 3	Materiais e Métodos .....	32
3.1	Construção do Gerador de Van de Graaff .....	32
3.1.1	Principais materiais .....	32
3.1.2	Montagem.....	35
3.1.3	Funcionamento do Gerador de Van De Graaff.....	38
3.2	Metodologia.....	41
3.2.1	Descrição das etapas.....	42
Capítulo 4	Análise dos resultados .....	50
4.1	Análise dos resultados dos questionários .....	50
4.2	Análise dos resultados dos diagramas V .....	57
4.2.1	Atividade experimental 1.....	60
4.2.2	Atividade experimental 2.....	65
4.2.3	O Gerador De Van De Graaff na atividade experimental .....	71
4.3	Análise dos resultados da etapa III.....	72
Capítulo 5	Conclusão .....	80
Referências Bibliográficas.....		82
Apêndice .....		85
1	Construção e montagem do Gerador de Van de Graaff.....	85
2	Etapas de aplicação do produto .....	93
3	Planos de aula para professor .....	98
4	Referências Bibliográficas.....	107
5	Anexos.....	109

# Capítulo 1

## Introdução

Escolher este tema “Aulas experimentais” tem muita influência pessoal, pois, em meu ensino básico, fundamental e ensino médio, assim como na graduação, este recurso didático foi praticamente inexistente. Além disso, tenho como desafio estimular os alunos a entender melhor a Física.

A pesquisa foi desenvolvida na Escola Estadual "Professor Domingos Aparecido dos Santos". A escola situa-se no estado de Mato Grosso, no município de Rondonópolis, no bairro Conjunto São José II, rua Clementina Duarte Aquino, S/Nº, CEP 78.715-840.

A escola foi criada em 06/12/82 com a denominação de Escola Estadual de I Grau "General Antônio Maria Coelho", oferecia o Ensino Fundamental de V a VIII série, inicialmente funcionava em um barracão emprestado pela empresa COSIC.

Posteriormente passou a oferecer Ensino Médio com habilitação para o Magistério, Técnico em Contabilidade e o Ensino Médio não profissionalizante, e passou à denominação de Escola Estadual de I e II Graus "Professor Domingos Aparecido dos Santos", em 11/12/84, foi autorizada pelo Conselho Estadual de Educação do Estado do Estado de Mato Grosso em 12/09/1989, e reconhecida 15/12/92. Atualmente a escola possui sede própria adequada aos portadores de necessidades especiais, e oferece Ensino Fundamental organizado em Ciclo de Formação Humana (3º ciclo, no período vespertino), Ensino Médio Inovador, no período matutino e vespertino, Ensino Médio Regular, no período Noturno e o Programa Mais Educação, no período matutino.

A unidade escolar possui 19 salas, sendo uma destinada para o Laboratório de Aprendizagem e 18 salas de aula, que em sua maioria contam com a disponibilidade de televisores. Atende, em média, a 1.170 alunos, em sua maioria, provenientes dos bairros vizinhos à escola, e oriundos de famílias de baixa renda.

O corpo docente efetivo da escola é qualificado e, a grande maioria tem especialização em sua área de atuação. A formação continuada na escola se dá nos encontros por área, planejamento coletivo e estudos.

A Proposta Pedagógica segue as Orientações Curriculares do Estado de Mato Grosso e aborda como estratégias de ensino: Projetos Individuais e Coletivos, Aulas de

Campo, Aulas de Laboratório e Oficinas.

A escola apresenta determinadas fragilidades internas, como a falta de professores efetivos, com relação aos alunos, nos deparamos com o desinteresse de alguns alunos e a falta de objetivos, o que gera a indisciplina e a violência escolar, assim observamos que existe um desafio maior em auxiliar esses jovens a encontrar boas perspectivas de futuro.

Com a necessidade de implementar formas diferenciadas de ensinar que possibilitem a aprendizagem, frente às dificuldades encontradas no ensino de Física como o baixo rendimento escolar e a falta de interesse na disciplina, a utilização de aulas experimentais é um ótimo recurso didático a ser trabalhado e, quando bem planejado, é de grande valia ao professor, sendo possível estimular os alunos a fazer perguntas sobre fenômenos e buscar as respostas.

A simples utilização de uma aula experimental já desperta o interesse dos alunos, pois são mais atrativas do que as tradicionais aulas expositivas, que promovem a apresentação de leis e conceitos, que na maioria das vezes não fazem sentido para os alunos, e em muitos casos são priorizados somente o tratamento matemático deixando de lado o fenômeno físico, então a Física se torna um emaranhado de fórmulas difíceis de entender.

Aulas experimentais com enfoque construtivista da aprendizagem significativa têm o potencial de despertar e motivar no aluno o interesse pela Física, pois motivação é um aspecto muito importante e o envolvimento necessário para aprender dependem dela, também possibilita a compreensão dos conceitos e a relação desses com sua realidade, por isso é de fundamental importância um bom planejamento para se obter o aproveitamento desejado.

Porém, somente utilizar a metodologia de aulas experimentais não deve ser visto como salvação para ensino de física, pois existem outros fatores que influenciam o ensino e aprendizagem, como fatores de aspecto metodológico, cognitivo, emocional, cultural e socioeconômico.

O objetivo desse trabalho é uma proposta didática e metodológica motivadora com uma abordagem que possa ser eficaz na utilização de aula experimental para o ensino de conceitos de eletrostática tendo como auxílio o Gerador de Van De Graaff, pode ser positivo para o professor chegar ao objetivo de proporcionar a aprendizagem, sendo desenvolvido à luz do modelo construtivista em uma proposta metodológica adequada à realidade do público alvo, pautada na teoria da aprendizagem significativa,

além de propor ao aluno participação ativa e mostrar que a partir da Física surgem respostas para anseios da humanidade em compreender e explorar fenômenos da natureza. Observar como o aluno recebe e interage com esta proposta, e se houve ou não a consolidação dos conceitos e modelos de Física de maneira significativa.

A organização didática com o uso de aula experimental foi desenvolvida com foco em eletrostática, desenvolvendo os conceitos de carga elétrica, quantização de carga, lei da conservação da carga, princípios da eletrização, condutores e isolantes, processos da eletrização.

Neste trabalho foi elaborado um kit com manual de construção de um *Gerador de Van De Graaff* e um material didático para o ensino de eletrostática em aulas experimentais, com o qual o aluno ao final deste trabalho deverá compreender o fenômeno físico desenvolvido, e que o conhecimento esteja consolidado de forma significativa.

A proposta foi desenvolvida em três etapas conforme objetivos secundários:

A primeira etapa tem como objetivo, mostrar a Física como resposta aos anseios do homem, bem como sua evolução na história em meio aos contextos sociais, além de apresentar e desenvolver as primeiras atividades com o *Vê de Gowin* com intuito de desenvolver a técnica, pois esta será utilizada como ferramenta avaliativa das aulas experimentais. Também, aqui, procura-se conhecer os conhecimentos prévios dos alunos com relação aos conhecimentos de eletrostática.

A segunda etapa tem como objetivo facilitar a compreensão de conceitos de eletrostática relacionando a aula teórica com a aula experimental, analisar os fenômenos eletrostáticos com auxílio do *Gerador de Van De Graaff*, visualizar e entender os conceitos explícitos e implícitos nas atividades, despertar o interesse do aluno pela Física, sua participação e a investigação crítica, proporcionar o trabalho em grupo, de forma a contribuir para a socialização dos alunos proporcionando a troca de ideias para que eles possam observar e questionar, propiciar situações que o aluno consiga manusear materiais e equipamentos em aulas experimentais, preencher o diagrama *Vê de Gowin* modificado em substituição do relatório de laboratório.

Na terceira etapa, avaliar a aceitação da proposta pelos alunos, analisando os pontos positivos e negativos da proposta e as possíveis correções.

## Capítulo 2

### Referencial Teórico

#### 2.1 Aprendizagem Significativa de Ausubel

*David Ausubel*, foi professor Emérito da Universidade de Columbia, Nova Iorque. Médico-psiquiatra de formação dedicou sua carreira acadêmica à psiquiatria educacional. Sendo um representante do cognitivismo, buscou explicar os mecanismos relacionados ao processo de aprendizagem e a estrutura do conhecimento do ponto de vista cognitivista, também os processos de compreensão, transformação, armazenamento bem como o uso da informação envolvida na estrutura cognitiva.

*Moreira e Masini (2006)* destacam que os cognitivistas tratam a aprendizagem como a organização e integração de um material a ser aprendido na estrutura cognitiva, ou seja, armazenar de forma organizada as informações. *Ausubel* apoia-se na premissa da existência de uma estrutura na qual essa organização e integração se processam, e vê a estrutura cognitiva como conteúdo total de ideias de certo indivíduo e sua organização, e o complexo resultante dos processos por meio dos quais se adquire e utiliza o conhecimento, ressalta que a estrutura cognitiva aporta e organiza as informações armazenadas pelo aprendiz conduzindo-o à aprendizagem.

Também se baseiam que à aprendizagem se dá a partir das experiências vividas, a partir do que já existe na estrutura do conhecimento do aprendiz, portanto o fator que mais influencia a aprendizagem significativa é aquilo que o aprendiz já sabe, cabendo ao professor identificar e ensinar de acordo com o que o aprendiz já sabe.

Conforme *Moreira (1999)*:

O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa, Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo. (*Moreira, 1999, p. 153.*)

Segundo *Moreira e Masini (2006)* para *David Ausubel* a aprendizagem torna-se significativa quando uma nova informação é relacionada com a estrutura cognitiva já existente do aprendiz que ele caracteriza como conhecimento prévio, ou seja, esta nova

informação ancora-se em um subsunçor da estrutura cognitiva do aprendiz, o armazenamento dessas informações é visto dentro de uma estrutura hierárquica na qual elementos mais específicos do conhecimento são ligados a conceitos mais gerais e inclusivos, num ponto de vista altamente organizado. O processo de ancoragem de informações resulta na modificação do subsunçor, portanto os subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem ser abrangentes e bem desenvolvidos ou limitados e pouco desenvolvidos, dependendo apenas da frequência com que ocorre a aprendizagem significativa relacionada a um determinado subsunçor.

Ainda segundo *Moreira e Masini (2006)*, em contraste com a aprendizagem significativa, tem-se a aprendizagem mecânica ou repetitiva. Neste caso não há interação das novas informações com os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva e as novas informações serão repassadas de forma arbitrária e literal sem que exista uma relação do novo conhecimento com conceitos existentes na estrutura cognitiva. Desta maneira o aprendiz atribui pouco ou nenhum significado, pois o novo conhecimento não se relaciona de forma clara e lógica com nenhum subsunçor na estrutura cognitiva. Este novo conhecimento se armazena de forma arbitrária e isolada na estrutura cognitiva, ocorrendo a simples memorização, sem que haja uma interação do novo com o que já está armazenado. Assim o aprendiz não é capaz de expressar o novo conteúdo num contexto diferente do que lhe foi exposto.

Mas se pressupor que não exista conceitos ou subsunçores necessários para o educando adquirir determinado conhecimento, para *Moreira e Masini (2006)*,

“Uma resposta plausível é que a aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informação numa área de conhecimento completamente nova para ele.”  
(Moreira e Masini, 2006).

Ainda segundo *Moreira e Masini (2006)*, vale ressaltar que para *David Ausubel* a aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa são complementares, e consideradas como sendo os extremos de um segmento, no qual a aprendizagem oscila entre esses extremos, da mecânica à significativa. Desta forma a aprendizagem mecânica é importante para o aprendiz que, ao receber informações em uma área nova de conhecimento, acumula essas informações até que os elementos relevantes possam servir de subsunçores à medida que vão ficando mais elaborados e podem servir para

ancorar novas informações. Logo a aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica são consideradas como um contínuo.

E também descrevem que outra maneira de adquirir conceitos é com o desenvolvimento de crianças em idade pré-escolar. Os conceitos são adquiridos principalmente pelo processo de formação de conceitos, ou seja, é a aquisição espontânea de ideias genéricas por meio de experiências empírico-concretas, um tipo de aprendizagem por descoberta. A criança ao atingir a idade escolar já possui uma quantidade de conceitos que permite a ocorrência da aprendizagem significativa por recepção. Após esta etapa os novos conceitos serão adquiridos por assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integradora (Moreira e Masini, 2006).

Em resumo, (Moreira e Masini, 2006), os primeiros subsunçores são adquiridos através da formação dos conceitos, criando condições para a assimilação de conceitos. Com novas aprendizagens significativas os conceitos iniciais terão significados adicionais e novas relações serão estabelecidas.

Tanto a aprendizagem significativa, quanto a aprendizagem mecânica, apresentam dois tipos de aprendizagem: por recepção e por descoberta. E dependem da maneira de como são armazenadas na estrutura cognitiva.

Conforme Moreira, a aprendizagem por recepção ocorre quando o conteúdo a ser aprendido é apresentado ao aprendiz sob a forma final, enquanto na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz. Entretanto, após a descoberta só é significativa se o conteúdo descoberto estabelecer ligações a conceitos subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva. Por recepção ou por descoberta, a aprendizagem será significativa se o novo conteúdo incorporar-se de forma não-arbitrária e não-literal, à estrutura cognitiva (Moreira, 2009).

### *2.1.1 Condições para que ocorra a aprendizagem significativa*

Segundo *Moreira (2009)*, os fatores importantes que viabilizam a aprendizagem significativa são:

- o aluno ter a disposição de aprender;
- que o conteúdo ou material a ser aprendido seja potencialmente significativo e relacionável com alguma estrutura cognitiva.

Se o aprendiz não tem disposição de aprender e sua intenção é somente a memorização arbitrária e literal, mesmo que o conteúdo seja potencialmente significativo, o processo de aprendizagem será sem significado.

Conforme *Moreira e Masini (2006)* a natureza do material, deve ser “logicamente significativa”, de modo que seja relacionada, de forma substantiva, a ideias correspondentemente relevantes que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender. Quanto a natureza cognitiva do estudante, devem estar disponíveis conceitos e subsunções específicos para que o novo material seja relacionável.

Para comprovar se houve ou não a aprendizagem significativa David Ausubel (*Moreira e Masini, 2006*) argumentam, que ao se procurar evidência de compreensão significativa, e evitar a simulação da aprendizagem significativa, a melhor maneira é utilizar questões e problemas que sejam novos e não-familiares que requeiram a máxima transformação do conhecimento. Devem ser escritos de maneira diferente e apresentados em um contexto diferente daquele utilizado em sala de aula. Também sugere que sejam propostas tarefas sequenciais, que dependam uma da outra e não possam ser executadas sem um perfeito domínio da anterior.

### *2.1.2 Assimilação e assimilação obliteradora*

Segundo *Moreira e Masini (2006)*, a assimilação é um processo que ocorre quando um conceito, potencialmente significativo, é assimilado sob um conceito mais inclusivo que já está presente na estrutura cognitiva. A nova informação potencialmente significativa será relacionada com o subsunçor presente na estrutura cognitiva do estudante, a nova informação e o subsunçor são modificados por interação, ou seja, o resultado dessa interação traz um produto interacional chamado de subsunçor modificado.

E destacam que para David Ausubel a assimilação tem efeito facilitador na retenção da informação, descreve a assimilação como uma ancoragem, e durante um período de tempo os novos conceitos permanecem separados de suas ideias âncoras e são reprodutíveis como entidades individuais. O processo de assimilação é importante na aquisição, retenção de significados, e também no mecanismo de esquecimento subjacente das ideias. Com o tempo o novo significado tende a ser reduzido a significados mais estáveis da estrutura cognitiva do aprendiz, este estágio é conhecido como “assimilação obliteradora” (*Moreira e Masini, 2006*).

*Moreira e Masini (2006)*, na assimilação obliteradora a aprendizagem ocorre através do esquecimento da diferenciação do conjunto de ideias detalhadas e de informações específicas do conhecimento, retendo as ideias mais gerais, ou seja, quando o resultado da relação do novo conceito aprendido com os subsunçores é reduzidos a significados mais estáveis das ideias estabelecidas, tornando-se progressivamente mais espontâneas até torna-se um novo subsunçor na estrutura cognitiva.

### *2.1.3 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa*

Conforme *Moreira e Masini (2006)* a diferenciação progressiva é o princípio pelo qual o assunto deve ser programado de forma que as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes e, progressivamente diferenciadas, introduzindo os detalhes específicos necessários. A reconciliação integrativa é o princípio pelo qual a programação do material instrucional deve ser feita para explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças significativas, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes.

Ainda segundo *Moreira e Masini (2006)*, David Ausubel propõe para a diferenciação progressiva, que ao preparar um material, os organizadores devem ser hierarquizados em ordem decrescente de inclusividade, sendo que cada organizador prévio deverá preceder uma unidade correspondente do material. Os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem, tendo como função fazer uma ponte entre o que o aprendiz sabe e o novo conceito, e devem ser hierarquizados em ordem decrescente de inclusividade, partindo dos conceitos gerais para os específicos, devendo ser apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade.

## **2.2 V epistemológico**

*Dr. D. Bob Gowin*, foi professor Emérito da Universidade de Cornell-EUA, atuou em fundamentos da educação, filosofia da educação e estrutura do conhecimento, ficou conhecido pelo seu trabalho com o V epistemológico ou “*V de Gowin*”.

Conforme *Marco Antonio Moreira (2009)*, o *V epistemológico de Gowin* foi proposto como instrumento para estudo do processo de produção do conhecimento, de certa maneira, desempacotar conhecimentos documentados como artigos de pesquisa, livros, ensaios e etc. Gowin propunha cinco questões para analisar conhecimentos

documentados, estas questões constituem uma maneira simples de analisar a produção do conhecimento, mas não é completa. As questões são:

1. *Qual é a questão-foco?* → Pode ser mais de uma questão, ela direciona o trabalho e aponta o caminho a ser investigado, o que deve ser procurado.
2. *Quais são os conceitos-chave?* → São os conceitos necessários de determinada área importantes para compreensão do trabalho investigado.
3. *Quais são os métodos usados para responder a questão-foco?* → Define a sequência de passos, a metodologia usada, ao tipo de coleta de dados realizados.
4. *Quais são as asserções de conhecimento?* → Define qual o conhecimento produzido, as respostas dadas à questão-foco.
5. *Quais são as asserções de valor?* → São os valores do conhecimento produzido referentes à pesquisa.

O V epistemológico de Gowin será usado como um recurso educacional para análise das atividades propostas nesta investigação, recurso este que pode possibilitar ao aluno organizar o saber científico de uma forma clara e coerente. Visto que o diagrama V permite a conexão entre os eventos, fatos e conceitos resultantes da interação dos domínios teórico-conceitual e metodológico, e assim responder questões formuladas sobre eventos ou objetos de estudo que envolvam os domínios.

*Moreira (2009)* apresenta que o lado esquerdo do V de Gowin corresponde ao “pensar”, e se refere ao domínio teórico conceitual. Nesta parte estão os conceitos, princípios, leis, teorias, crenças ou filosofias. No direito o “fazer”, que se refere ao domínio metodológico, nesta estão às metodologias da investigação, os resultados e conclusões. Existe uma interação entre os dois lados, o lado “pensar” guia o lado “fazer”, tudo o que é feito no lado metodológico é guiado pelo teórico-conceitual.

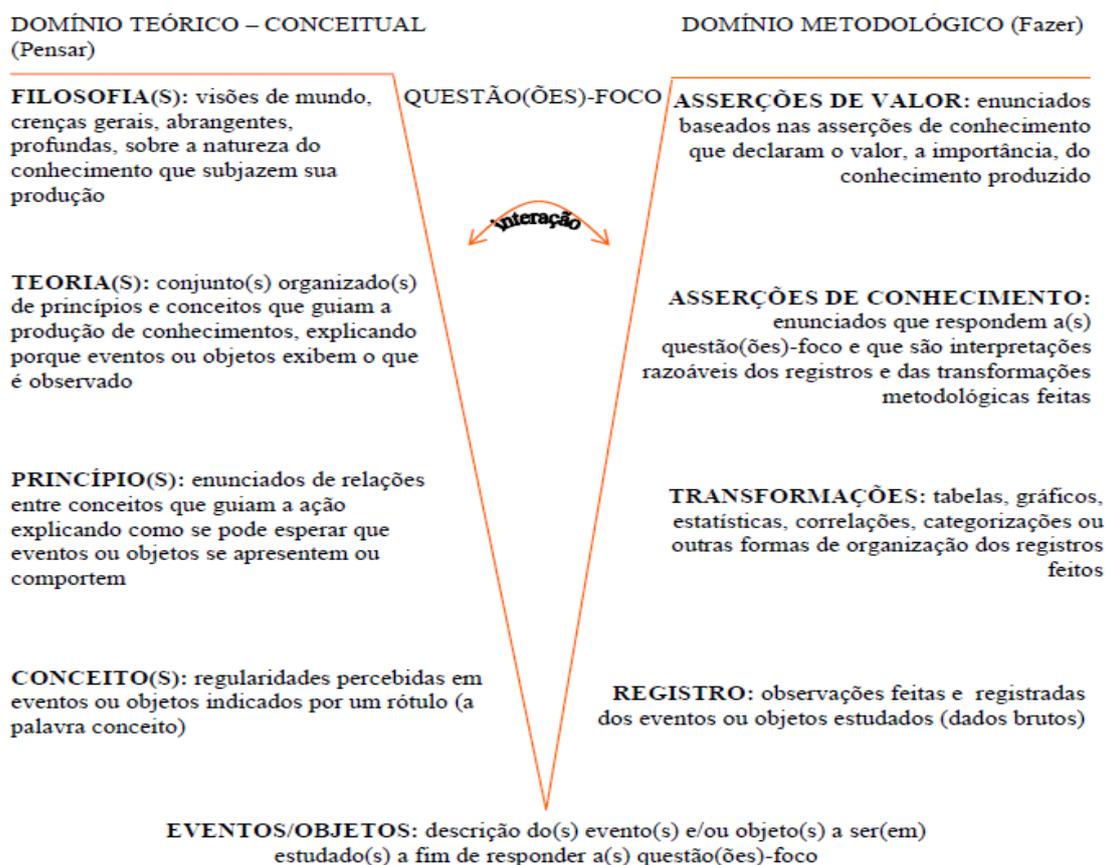


Figura I - Diagrama de V, Vê epistemológico ou Vê de Gowin e seus componentes.

Fonte: Moreira, 2009, p.19.

A estrutura da figura define a relação entre os lados, a questão-foco fica no meio e é a ponte de ligação entre a parte teórica e metodológica pois pode-se dizer que pertence aos dois lados, e deve ser respondida com base no evento que está no vértice, a esquerda apresenta a filosofia, teoria, princípios e conceitos, é onde se localiza aspectos teóricos e conceituais da pesquisa o “pensar”, a direita encontra-se os registros, a transformação dos registros em dados, as asserções de conhecimento e valor, local que se encontra os aspectos metodológicos o “fazer”, *Moreira (2009)*.

Neste trabalho o diagrama será utilizado como um mecanismo de avaliação do ensino nas aulas experimentais, no final de cada atividade experimental, o aluno deverá construir um *diagrama V* ao invés de um relatório que é geralmente utilizado. Tem como objetivo fazer com que o aluno perceba que o conhecimento produzido é resultado da resposta a uma pergunta, dessa maneira o aluno tem a oportunidade de compreender que o conhecimento humano é construído pelo homem e que a base desse conhecimento são as perguntas e não as respostas.

E essas perguntas referem-se aos anseios, aos sonhos e aos questionamentos feitos pelo homem sobre algo e com o auxílio do *Diagrama V* o educando poderá

compreender e identificar quais conceitos e teorias, registros e metodologias podem ser utilizados na construção do conhecimento.

### 2.3 Pesquisa Qualitativa

Optou-se pela pesquisa qualitativa porque o pesquisador estará imerso no fenômeno de interesse, será desenvolvida a pesquisa somente com uma turma, na qual o pesquisador trabalha com aulas de Física. Nesta o pesquisador busca o entendimento interpretativo da realidade construída, através da observação participativa, o pesquisador e sujeitos interagem um com outro por meio de interações sociais, então o pesquisador, através dessa interação, vai construindo interpretações, significados da realidade do sujeito.

A pesquisa qualitativa busca compreender e interpretar determinados comportamentos de um determinado grupo, e tem como objetivo estudar o contexto de uma situação e verificar a viabilidade e aplicabilidade do estudo dentro de um plano elaborado, segunda uma perspectiva.

Segundo *Moreira (2011)*, a pesquisa qualitativa em ensino é um termo usado para designar várias abordagens à pesquisa em ensino, tais como pesquisa etnográfica, participativa, estudo de caso e interpretativa.

Os recursos mais utilizados neste tipo de pesquisa por pesquisadores são as entrevistas semiestruturadas e observação em campo, sendo que o papel do pesquisador é interpretar da melhor maneira possível as informações recebidas, classificá-las, fazer uso de tabelas e sumários, em um enfoque descritivo e interpretativo.

Conforme *Moreira (2011)* ao invés de usar a estatística para apresentar resultados e asserções de conhecimento, o pesquisador narra o que fez e sua narrativa concentra-se não nos procedimentos, mas nos resultados. Suas asserções dependem de sua interpretação e só terão validade para o leitor se este concordar com essa interpretação.

*Moreira (2011)* destaca cinco proposições em relação à pesquisa qualitativa:

**Paradigmas/pressupostos** - A realidade é socialmente construída, a realidade depende dos esforços mentais de criar e moldar, o que existe depende da mente humana, a realidade não existe antes da investigação e deixa de existir se o pesquisador abandonar a pesquisa, a verdade é uma questão de concordância. O que é investigado depende do processo de investigação, e os instrumentos são extensões do pesquisador.

**Questões** - Buscam compreender e explicar um fenômeno social através de um estudo detalhado, segundo a perspectiva do autor, tem como foco significados e experiências.

**Métodos** - Utiliza-se da observação participativa, observa os significados individuais e contextuais, interpreta, desenvolve hipóteses e indicadores de baixa inferência.

**Pesquisador** - Está imerso no fenômeno de interesse, é participante. Anota, ouve, observa, registra, documenta, busca significados, interpreta. Procura credibilidade.

**Retórica** - Deve ser persuasiva, descritiva e detalhada. Utiliza-se muito de transcrições, vinhetas, documentos, exemplos, comentários interpretativos. Usa a linguagem cotidiana detalhada o suficiente para evidenciar que são válidas as interpretações dos significados tidos pelo autor.

A pesquisa em educação voltada para ciência pode ser entendida como produção de conhecimento que é o resultado da busca de respostas a perguntas feitas sobre ensino, e o professor em sua formação deve ter um cuidado especial em ocupar-se principalmente com o domínio metodológico da pesquisa e o foco desse domínio deve ser a metodologia qualitativa.

A pesquisa qualitativa se interessa pela interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos, e suas ações em sua realidade, e como instrumento utiliza a observação participativa, pois o pesquisador fica imerso no fenômeno de interesse. Os dados da pesquisa são de natureza qualitativa e devem ser analisados de forma correspondente. O pesquisador deve buscar as universais concretas através de um estudo profundo, e usar a narrativa detalhada para conseguir a credibilidade para seus modelos interpretativos.

## **2.4 Um breve histórico da Eletrostática**

Sabe-se que o homem sempre teve contato com fenômenos naturais elétricos. As primeiras observações sobre eletrostática conforme Halliday e Resnick (1984) se deram com Tales de Mileto por volta do ano 600 a.C., ao observar que um pedaço de âmbar ao ser atritado com lã adquiria a capacidade de atrair pequenos objetos, como pequenos pedaços de palha ou madeira, penas, fiapos de tecidos, etc. O fato de atrair pequenos objetos levou-o a acreditar que o âmbar possuía alma, devido às características comuns de atrair certos objetos este pensamento de atribuir alma a objetos inanimados foi argumentado também aos ímãs.

Estudos arqueológicos mostraram que o âmbar já era conhecido pelo homem muito antes que as observações de Tales, como ornamentos e joias, provavelmente alguns desses artesãos também tenham observado tais características.

Outros estudiosos descobriram que outros materiais também atraíam objetos destaca-se os trabalhos de Willian Gilbert (1544-1603) quem desenvolveu um instrumento, o *Versório*, e verificou que inúmeros materiais possuem a mesma propriedade do âmbar denominando-os de “elétricos”, também chamou de “eletricidade” a propriedade de um corpo ser “elétrico”. Foi o primeiro a usar o termo força elétrica e atração elétrica, esses novos dizeres partem da palavra *elektron* que significa âmbar em Grego.

O *Versório* foi o primeiro instrumento no estudo do fenômeno elétrico, e marca o aparecimento da Eletricidade como ciência, este termo vem da palavra *versorium* que significa instrumento girador.

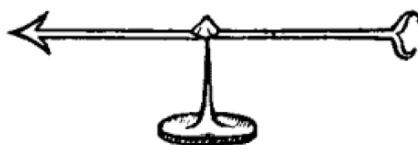


Figura II – Versório de Gilbert  
Fonte: Assis, 2010, p. 38.

Conforme Assis (2010):

O versório é um instrumento que normalmente consiste de duas partes: um membro vertical, que age como um suporte fixo em relação à Terra, e um membro horizontal capaz de girar livremente sobre o eixo vertical definido pelo suporte. Ele é similar a uma bússola magnética em sua construção, exceto pelo fato do membro horizontal não ser magnetizado como ocorre na bússola. Conceitualmente, a habilidade do membro horizontal poder girar livremente significa que este instrumento é muito sensível a torques externos muito pequenos. Portanto, pode ser usado para detectar estes torques da mesma forma como uma bússola detecta o torque magnético exercido pela Terra. (Assis, 2010, p. 38.)

*Otto Von Guericke (1602-1686)* construiu a primeira máquina eletrostática capaz de gerar cargas elétricas por fricção, consistia em uma esfera de enxofre em cima de um eixo, que transformava energia mecânica em energia elétrica estática.



Figura III - Máquina eletrostática de Otto Von Guericke  
Fonte: Assis, 2010, p. 68.

No experimento representado pela figura III, Otto Von Guericke manteve uma penugem flutuando acima da esfera de enxofre atritada.

Segundo Mendonça, os conceitos de condução e indução foram introduzidos por Stephan Gray (1666-1736), que descobriu a existência de materiais condutores e isolantes. *Charles Francis Dufay* (1698-1739) deduziu que havia dois tipos de eletricidade, a vítrea e a resinosa, a eletricidade vítrea produzida através da fricção de uma substância vítrea e a resinosa produzida através de uma substância resinosa, sua teoria ficou conhecida como a teoria dos dois fluidos elétricos (MENDONÇA, 2007).

O condensador conhecido como garrafa de Leyden foi outro instrumento importante para o estudo da eletricidade, e foi o primeiro instrumento capaz de armazenar energia elétrica. Este dispositivo foi inventado na cidade de Leyden na Holanda.



Figura IV – Garrafa de Leyden  
(Disponível em: < <http://thesauronline.museus.ul.pt/ficha.aspx?t=o&id=632>>)

*Benjamim Franklin (1706-1790)* comprovou que os raios são uma forma de eletricidade, e estudou sobre os efeitos da eletricidade em corpos pontiagudos, o que possibilitou a invenção do para-raios. Franklin também estabeleceu os conceitos de eletricidade positiva e negativa, bem como as propriedades de atração e repulsão de corpos carregados.

*Charles Coulomb (1739-1805)*, ao realizar várias experiências com sua balança de torção estabeleceu experimentalmente a lei da força eletrostática, ou seja, determinou a força exercida entre “duas” cargas elétricas, nasce então a Lei de Coulomb, lei que descreve a interação eletrostática entre partículas eletricamente carregadas.

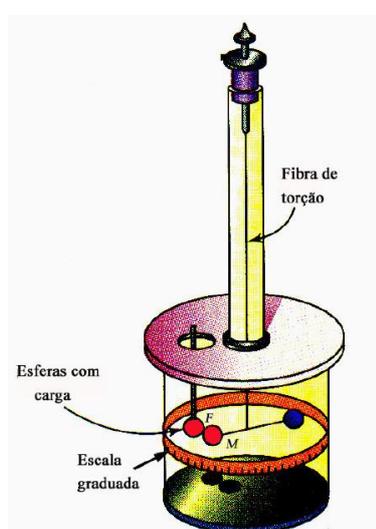


Figura V – Balança de torção de Charles Coulomb  
Fonte: GRAÇA, 2012, p. 11.

*Luigi Galvani* contribuiu com estudos sobre a “eletricidade animal”, observou que as pernas de uma rã morta se contraíram quando casualmente um de seus ajudantes tocou com a ponta de um bisturi nos nervos internos da rã, próximo de um gerador eletrostático que estava liberando centelhas, então iniciou uma série de experimentos para entender o motivo.

*Alessandro Volta (1745 - 1827)* apresentou ao mundo em meados de 1800, o primeiro gerador de eletricidade, baseado na experiência de Galvani, foi um instrumento da maior importância para os estudos da eletricidade, pois abriu caminho para um novo ramo do saber, o Eletromagnetismo, que proporcionaria à humanidade a energia elétrica, uma nova forma de energia (Mendonça, 2007).



Figura VI – Pilha de Alessandro Volta  
(Disponível em: <

<http://www.museudaciencia.pt/index.php?module=content&option=collections&action=stories&idc=8&id=106>>)

Construiu a pilha voltaica, utilizando discos de cobre e zinco empilhados e separados por pedaços de tecidos embebidos numa solução de ácido sulfúrico.

*James Maxwell* sintetizou uma teoria completa e concisa em equações fundamentais do eletromagnetismo conhecidas como as Leis de Maxwell, uma estrutura teórica e matemática que explica os fenômenos elétricos e magnéticos resumida em quatro equações matemáticas, exibidas na Tabela I.

Tabela I - Leis de Maxwell

Na forma integral	Na forma diferencial	Nome
$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{q}{\epsilon_0}$	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	Lei de Gauss para o campo elétrico.
$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$	Lei de Gauss para o campo magnético.
$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \left( \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} + i \right)$	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$	Lei de Ampère-Maxwell.
$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \frac{-d\phi_B}{dt}$	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = \frac{-\partial \vec{B}}{\partial t}$	Lei de Faraday-Lenz

**Lei de Gauss para o campo elétrico** - Estabelece que o fluxo do campo elétrico é proporcional à carga elétrica contida no interior de uma superfície fechada.

**Lei de Gauss para o campo magnético** – Afirma que o fluxo magnético líquido através de uma superfície Gaussiana fechada é sempre nulo, além da inexistência de monopólos magnéticos.

**Lei de Ampère-Maxwell** - Mostra que a circulação do vetor campo magnético ao longo de qualquer trajetória fechada é proporcional a soma da corrente total mais variação temporal do fluxo do campo elétrico que atravessa a superfície limitada pela circulação.

**Lei de Faraday-Lenz** - Estabelece que a circulação do campo elétrico, ao longo de uma trajetória fechada, é proporcional ao valor negativo da variação do campo magnético através da superfície limitada por essa circulação.

## 2.5 Introdução à Eletrostática

### 2.5.1 Carga elétrica

O conceito de carga elétrica como citado em livros de Física é um conceito muito básico e difícil de ser reduzido a outro conceito mais elementar, nos livros de Física de modo geral, trazem a carga elétrica como uma entidade responsável pelos fenômenos elétricos, uma propriedade fundamental associada às partículas que constituem a matéria, uma grandeza física que determina a intensidade das interações eletromagnéticas.

Tendo como a menor quantidade de carga, a carga elementar “ $e$ ” cujo valor calculado é  $1,6021892 \times 10^{-19}C$ . Estabelecida por Benjamim Franklin, a carga pode ser positiva ou negativa, sendo associada aos prótons a carga positiva (+) e aos elétrons a carga negativa (-). Essa designação é arbitrária e anterior ao conhecimento da estrutura do átomo em termos de elétrons, prótons e nêutrons.

Conhecida a estrutura do átomo sabe-se da existência de partículas e subpartículas, mas nesse estudo não há necessidade considerá-las como um todo, considera-se somente os prótons, nêutrons e elétrons as partículas que constituem o átomo.

Nos fenômenos elétricos a carga elétrica apresenta duas propriedades: à conservação de carga e quantização de cargas:

Na conservação de carga, a carga elétrica é uma propriedade inerente à partícula ou portador de carga, não pode ser destruída ou criada, mesmo que a partícula seja destruída as partículas resultantes carregam a mesma quantidade de carga inicial. Esse princípio fundamental pode ser expresso como a soma algébrica de todas as cargas de um sistema isolado nunca se altera. Esta propriedade tem sido confirmada através de

experiências muito precisas, tanto em fenômenos macroscópicos como em microscópicos.

Na quantização de carga, qualquer carga é apresentada sempre como múltiplo da carga elementar “e”, não importa a quantidade de carga na Natureza nem origem. Como consequência, se uma quantidade de carga “q” for transferida, pode-se considerar que foi transportado certo número de partículas “n” conforme  $q = ne$ .

Sendo a carga elétrica uma propriedade fundamental, ela não pode ser expressa em termos de outras grandezas físicas, pois está associada sempre a uma partícula. A interação elétrica ocorre de duas maneiras.

Uma através das forças eletrostáticas entre cargas, na qual se aplica a lei de Coulomb, pois uma partícula ou corpo com carga sentirá a presença da resultante das forças de interação com as demais cargas.

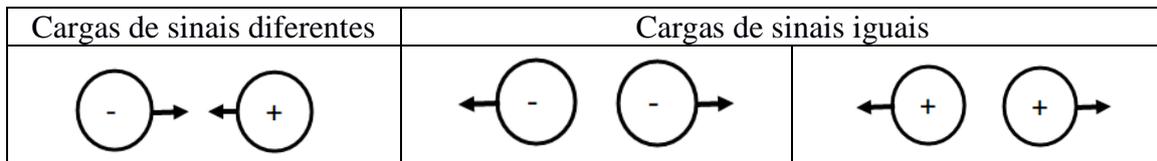


Figura VII – Forças de interação  
Fonte: Elaborada pelo autor

A outra forma, a carga modifica as propriedades do espaço ao seu redor produzindo um campo elétrico, que interage com partículas ou outros campos do mesmo tipo, e propaga-se no meio com a velocidade da luz.

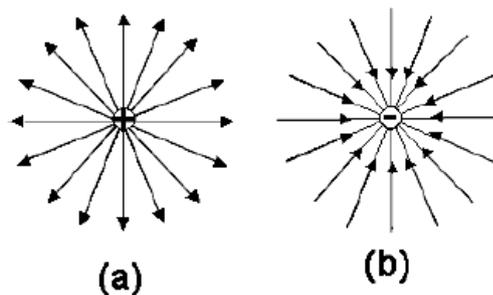


Figura VIII – Representação do campo elétrico de uma carga puntiforme; (a) positiva e (b) negativa.

Fonte: GRAÇA, 2012, p. 18.

### 2.5.2 Condutores e isolantes, eletrização e série triboelétrica

Os materiais são classificados em condutores e isolantes, a diferença de condutividade entre condutores e isolantes é muito grande, tornando fácil sua

classificação, destaca-se que entre os condutores existem os que são melhores condutores do que outros; essa característica também ocorre entre os isolantes, alguns materiais são melhores isolantes que outros, pode-se dizer que os materiais apresentam uma condutividade própria.

Em condutores há elétrons fracamente ligados ao núcleo, são chamados elétrons livres, a camada mais externa, sua camada de valência, possui de 1 a 3 elétrons e formam a camada denominada banda de condução, no qual a energia de ligação que prende os elétrons é muito pequena, permitindo-lhe uma grande mobilidade entre os átomos vizinhos. Dessa forma não conservam excesso de carga por muito tempo, tendendo-se sempre ao equilíbrio eletrostático.

Nos isolantes ou dielétricos os elétrons estão fortemente ligados ao átomo, sua camada de valência está completa ou quase completa, e para que sejam ejetados elétrons é necessária uma quantidade de energia muito alta, portanto quando um corpo estiver com excesso de cargas essa característica faz com que esse corpo leve mais tempo para atingir o equilíbrio eletrostático.

### **Eletrização**

Basicamente entende-se como eletrização o processo de tornar diferente o número de elétrons de um corpo neutro, pode-se resumir os processos de eletrização em dois processos: fricção (atrito e contato) e indução.

A eletrização por atrito ocorre quando friccionamos entre si dois materiais descarregados que podem ser isolantes ou condutores, se for um condutor este deve ser isolado.

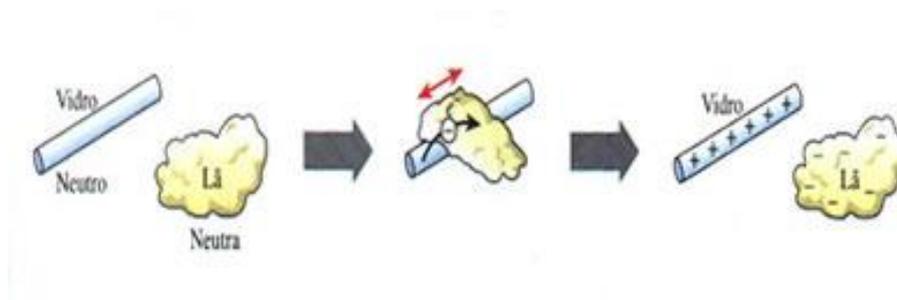


Figura IX – Eletrização por atrito

(Disponível em: < <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/processos-eletrizacao.htm> >)

### Série triboelétrica

É uma sequência de materiais ordenados em função da tendência de se tornarem positivamente ou negativamente eletrizados. Ao atritar dois corpos inicialmente neutros, um corpo A contra um corpo B, alguns elétrons são arrancados de um dos corpos e transferidos para outro corpo, o corpo que perder elétrons ficará positivamente carregado, e ocupará a posição mais acima da tabela, enquanto o que ganhar elétrons ficará negativamente carregado, e ocupará a posição mais abaixo na tabela.

Através de várias experimentações construiu-se a série triboelétrica dos materiais, que mostra, quando um material for atritado com outro que se situa abaixo dele na tabela, ele se ficará carregado com carga positiva, se for atritado com algum material que se encontra acima dele na tabela, ele se tornará carregado negativamente.

É importante ressaltar que os dois corpos adquirem a mesma quantidade de carga em módulo.

Tabela II - Série triboelétrica

<b>+Positivos</b>
Pele humana seca
Couro
Pele de coelho
Vidro
Cabelo humano
Nylon
Lã
Chumbo
Seda
Alumínio
Papel
Algodão
Aço
Madeira
Âmbar
Níquel, cobre
Borracha
Estanho, prata
Borracha sintética
Polietileno
PVC
Teflon
Borracha de silicone
<b>- Negativo</b>

Existem algumas diferenças nas séries triboelétricas, conforme diversos autores indicam, pois a variedade de substâncias utilizadas e os diferentes processos de fabricação interferem na confecção das séries. Pode-se citar, por exemplo, o vidro, pois existem vários tipos de vidros que são feitos de diferentes materiais e com procedimentos diferentes, fazendo com que alguns tipos de vidro ficam positivos ao ser atritados na mão enquanto outros ficam negativos.

A eletrização por contato ocorre quando encosta-se um material descarregado com outro carregado.

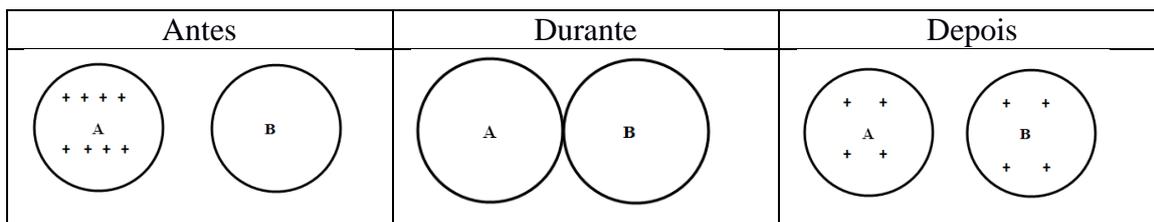


Figura X – Eletrização por contato  
Fonte: Elaborada pelo autor

Assim, dois corpos idênticos, um com carga  $q$  e o outro neutro, após o contato cada um terá uma carga  $\frac{q}{2}$ .

Por indução, a eletrização ocorre quando se aproxima um corpo eletricamente neutro de um corpo carregado ou de um campo elétrico. Isto provocará a separação das cargas, sendo que o corpo continua neutro, pois a soma algébrica do número de cargas continua nula.

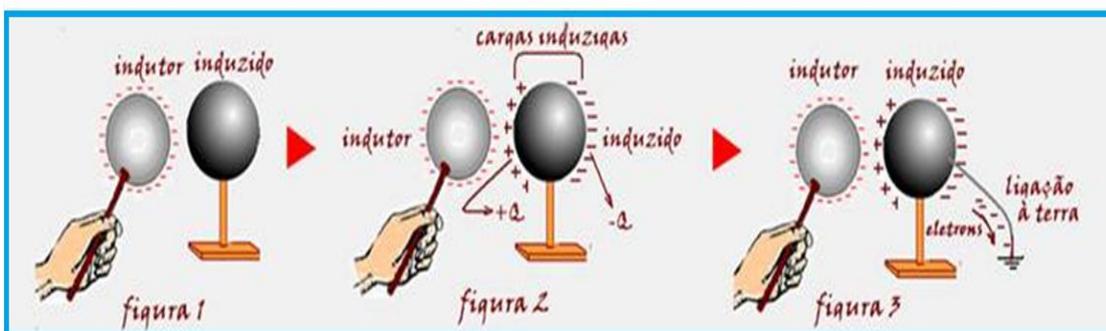


Figura XI – Eletrização por contato

(Disponível em: < <http://fisicaevestibular.com.br/novo/eletricidade/eletrostatica/carga-eletrica-e-processos-de-eletrizacao/>>)

Conforme o exemplo, ao aproximar, sem tocar, um corpo carregado, indutor, de um corpo neutro, induzido, na região do corpo induzido próxima ao indutor, aparecem

cargas de sinal oposto ao da carga do indutor. Essa movimentação de cargas ocorre até apresentarem a distribuição indicada na figura. Sem mexer no indutor, faz uma ligação do induzido à terra e, desfazendo a conexão com a terra e afastando o indutor. Na situação final, as cargas do induzido ficam distribuídas na superfície da esfera, o induzido fica carregado com carga de sinal oposto ao do indutor.

Nos condutores, as cargas elétricas podem mover-se livremente através do material devido aos elétrons livres terem energia de ligação muito pequena, logo tendem ao equilíbrio eletrostático, nos isolantes cujos elétrons estão muito ligados o excesso de cargas é focalizado e o equilíbrio eletrostático leva muito mais tempo .

### 2.5.3 Lei de Coulomb e suas aplicações

Charles Augustin Coulomb comprovou as propriedades das forças elétricas com equipamento que construiu, a balança de torção, com a precisão que o equipamento dispunha.

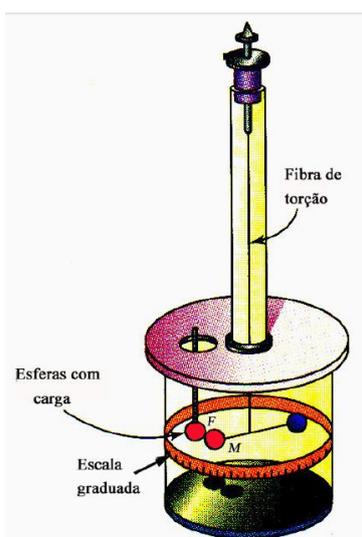


Figura XII – Balança de torção de Charles Coulomb  
Fonte: GRAÇA, 2012, p. 11.

Conforme a figura, a balança de torção possui uma fibra de torção suspensa em um micrômetro sustentando um braço transversal no qual existem duas esferas de mesma massa em suas extremidades que mantêm o equilíbrio horizontal, também um braço rígido com uma esfera fixa. Ao eletrizar a esfera fixa (F), ela transfere carga para esfera móvel (M) e as duas esferas ficam eletrizadas com carga de mesmo tipo, fazendo com que a esfera móvel se afaste, produzindo assim uma torção do fio. Ao diminuir

gradativamente, o ângulo, de torção utilizando o micrômetro verifica-se experimentalmente a função  $\frac{1}{r^2}$ .

A medida da força de Coulomb pode ser feita com a balança de torção, na condição de equilíbrio entre o torque produzido pela força de repulsão ou atração eletrostática  $F_c$  e o torque mecânico de reação produzido pela rotação da fibra de torção, de constante elástica  $\sigma$ ,

$$F_c \cdot b = \sigma \theta,$$

Onde,  $b$  é o braço que sustenta a esfera móvel e  $\theta$  o ângulo de rotação do mesmo.

A primeira constatação de que a interação entre as duas cargas elétricas obedece à lei de força

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

na qual  $r$  é a distância entre os centros de carga e  $F$  é o módulo da força, foi feita por Priestley em 1766, observando que um recipiente metálico carregado eletricamente, não possui cargas na superfície interna e não exerce forças sobre uma carga colocada no seu interior.

Com a construção de equipamentos mais modernos, em 1971, pode-se comprovar que a lei de interação é dada por

$$F \propto \frac{1}{r^{(2+\epsilon)}}$$

e a incerteza de  $\epsilon$  no expoente tem um valor  $|\epsilon| < 3 \times 10^{-16}$  e dessa forma confirma-se a lei do inverso do quadrado da distância.

Mesmo que Coulomb não tenha provado esse resultado rigorosamente, ele sugeriu, e assim pôde chegar a expressão denominada Lei de Coulomb, lei que descreve as forças elétricas entre duas cargas uniformemente distribuídas sobre corpos esféricos com a mesma direção da linha que une o centro das cargas. A força será repulsiva se as cargas tiverem o mesmo sinal e atrativa para cargas de sinais opostos.

A equação expressa que a força é diretamente proporcional ao produto dos módulos das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa;

$$\vec{F}_{AB} = k \frac{q_A q_B}{(r_{AB})^2} \hat{r}_{AB}$$

onde  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,987 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \approx 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$ , chamada constante de Coulomb, e que carrega a influência do meio sobre a força elétrica, onde “ $\epsilon_0$ ” é a constante denominada permissividade do vácuo.

### Aplicação da Lei de Coulomb

A Força entre cargas elétricas pontuais pode ser exemplificada conforme o a figura XIII,

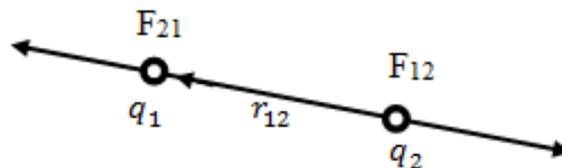


Figura XIII – Interação entre duas cargas  
Fonte: Elaborada pelo autor

que permite analisar a Lei de Coulomb na sua forma vetorial, quando as duas cargas tiverem o mesmo sinal ou sinais contrários, as forças atuam em sentidos opostos, na mesma direção da reta que une o centro das esferas com cargas  $q_1$  e  $q_2$ . O módulo das forças que atuam nas cargas são sempre iguais independente do tipo das cargas.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}_{12}$$

Este problema se torna mais simples se utilizar a forma escalar da Lei de Coulomb, ao escolher a direção das forças sem se preocupar com os sinais das cargas. Para um conjunto de cargas, considerando um sistema estático, para aplicar a lei de Coulomb utiliza-se o princípio da superposição. Utilizando o modelo básico de um átomo de hidrogênio, observa-se que a força elétrica é  $10^{39}$  vezes maior que a força gravitacional entre um próton e um elétron a uma distância igual ao raio de Bohr, o que destaca a importância das forças elétricas que são responsáveis pela estrutura da matéria.

#### 2.5.4 Campo elétrico e linhas de campo elétrico

As cargas elétricas modificam o espaço ao seu redor produzindo um campo vetorial denominado campo elétrico. O vetor campo elétrico pode ser medido utilizando uma carga de prova  $q_0$  que por convenção deve ser muito pequena e supostamente positiva por conveniência, colocado no ponto que quer se medir sentindo a força que atua sobre a carga de prova. O campo elétrico em um dado ponto pode ser definido como:

$$\vec{E} = \lim_{q_0 \rightarrow 0} \left( \frac{\vec{F}}{q_0} \right);$$

onde  $q_0$ , a carga de prova, não pode tender a zero, pois a carga é quantizada, com um limite mínimo da carga de um elétron. Contudo em problemas macroscópicos as cargas normalmente são tratadas como se fosse uma distribuição contínua da função densidade de carga.

O espaço vetorial que representa o campo elétrico pode ser interpretado a partir de interação entre partículas, ao colocar uma carga elétrica no espaço que contém um campo elétrico, essa carga sofrerá a ação de uma força. Assim pode-se interpretar o campo elétrico como mediador das forças entre as cargas elétricas, e nos traz a ideia de ação à distância entre partículas, sem a necessidade de um meio.

Experimentalmente verifica-se que a interação mediada por um campo elétrico ocorre com um tempo limite, indicando velocidade finita para propagação da interação, e essa velocidade limite é a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no vácuo.

#### **Linhas de campo elétrico**

Michael Faraday introduziu uma forma de visualizar a configuração dos campos elétricos, suas propriedades do espaço em torno das cargas elétricas, a ideia era de representar a região em torno das cargas por linhas de campo elétrico, ou seja, traçar curvas que sempre apontam na mesma direção que o vetor campo elétrico.

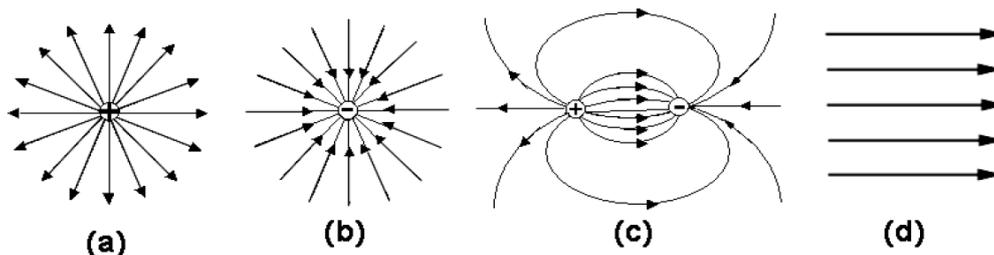


Figura XIV – Linhas de força para diferentes distribuições de cargas  
 Fonte: GRAÇA, 2012, p. 18.

Essas configurações permitem dizer se as linhas convergem ou divergem das cargas, conforme seu tipo de carga, (a) puntiforme positiva, (b) puntiforme negativa, (c) um dipolo elétrico e (d) campo elétrico homogêneo, e esse fato nos permite interpretá-las como sorvedouros ou fontes de campo elétrico.

Ao fazer um corte no plano, de um espaço tridimensional cuja simetria pode ser sintetizada em duas regras:

- As linhas de campo elétrico são sempre tangentes ao vetor força em cada ponto do espaço e nos dá a direção do campo elétrico em cada ponto, e nunca devem se interceptar.
- A intensidade do campo pode ser avaliada por uma grandeza que se denomina fluxo do campo elétrico, que é dado pelo número de linha, por unidade de área, em um plano perpendicular à direção das linhas de campo.

### 2.5.5 Princípio da superposição

Este princípio nos diz que para calcular as forças elétricas  $F$  produzido por várias cargas pontuais sobre uma carga de prova  $q_0$  num ponto qualquer  $P$ .

Calcula-se primeiro a força  $F_1$ , devida apenas a  $q_1$ , em seguida a força  $F_2$ , devida apenas a  $q_2$ , e assim sucessivamente até a  $n$ -ésima carga. Por fim deve-se fazer a soma vetorial de todas as forças individuais:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n$$

Também pode-se fazer a combinação da lei de Coulomb com superposição vetorial de campos. Sendo uma grandeza vetorial e quando há muitas cargas elétricas em uma região do espaço, o campo elétrico resultante em um dado ponto é a soma vetorial de todos os campos, ou forças por unidade de carga, exercida naquele ponto.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$$

Ao aplicar a princípio da superposição a  $n$  cargas que atuam sobre uma carga de prova colocada num ponto P,

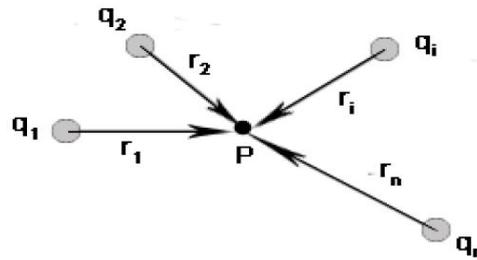


Figura XV - Distribuição de  $n$  cargas atuando no ponto P

Fonte: GRAÇA, 2012, p. 20.

o campo resultante será dado por:

$$\vec{E}_P = \sum_{i=1}^n k \frac{q_i}{|\vec{r}_i|^2} \hat{r}_i = \sum_{i=1}^n k \frac{q_i}{|\vec{r}_i|^3} \vec{r}_i$$

E a força que atua sobre a carga de prova  $q_0$  colocada no ponto P, poderá então ser calculada por

$$\vec{F}_{q_0} = \sum_{i=1}^n k \frac{q_i \cdot q_0}{|\vec{r}_i|^3} \vec{r}_i$$

### 2.5.6 Função de distribuição de cargas

Em determinadas situações é necessário esquecer a característica discreta das cargas, e trabalhar com o conceito de distribuição contínua de carga sobre determinada região, e assim descrever a função densidade da carga  $\rho(x, y, z)$ . O campo criado por uma distribuição contínua de cargas será calculado com o auxílio do princípio da superposição.

Conforme cada caso a distribuição contínua de cargas deve ser dividido em pequenos pedaços, tão pequenos quanto necessário, para que a carga contida em cada um desses pedaços seja tratada como puntiforme.

Considerando uma distribuição linear de comprimento  $l$ , cada um dos pedaços será tratado como

$$\Delta q = \lambda \Delta l$$

onde densidade linear de carga  $\lambda(C/m)$ , unidade de carga por comprimento, será tratada como função constante em cada pedaço elementar chegando ao limite com

comprimento elementar tendendo a zero  $\Delta l \rightarrow 0$ . Como a distribuição é descrita como contínua, substitui-se a somatória do princípio da superposição por uma integração, e assim a carga total sobre a linha pode ser calculada por:

$$\sum_j q_i = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \sum_j \lambda_j \Delta l_i \equiv \int_l \lambda dl$$

Para distribuição superficial  $S$ , temos:

$$\sum_j q_i = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \sum_j \sigma_j \Delta S_i \equiv \int_S \sigma dS$$

onde  $\sigma(C/m^2)$  a densidade superficial de carga.

Em uma distribuição volumétrica  $V$ , temos:

$$\sum_j q_i = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \sum_j \rho_j \Delta V_i \equiv \int_V \rho dV$$

com  $\rho(C/m^3)$  a densidade volumétrica de carga.

### 2.5.7 Campo elétrico devido à distribuição contínua de cargas

O mesmo princípio será utilizado para calcular o campo elétrico, dividem-se em  $n$  elementos, aplicando a cada elemento a Lei de Coulomb, para  $n \rightarrow \infty$  calcula-se o campo pela integral

$$\vec{E} \approx \sum^n \frac{k\Delta Q}{r^2} \hat{r} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum^n \frac{k\Delta Q}{r^2} \hat{r} = k \int \frac{dQ}{|\vec{r}_i|^3} \vec{r} = k \int_V \frac{\rho dV}{|\vec{r}_i|^3}$$

$$\vec{E} = k \int_V \frac{\rho dV}{|\vec{r}_i|^3} \vec{r}$$

Assim ao invés da somatória, temos uma integral de acordo com a forma com que a carga estiver distribuída.

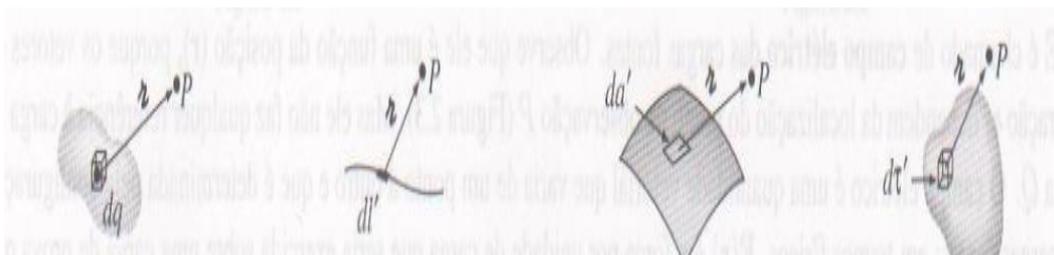


Figura XVI - Distribuição de cargas

Também podemos reduzir um problema tridimensional em linear ou superficial em função da forma da distribuição de carga.

### 2. 5.8 Efeito das pontas e Efeito Corona

Se considerarmos duas esferas metálicas de raios  $r_1$  e  $r_2$  que possuam cargas  $q_1$  e  $q_2$ , a uma distância  $d \gg (r_1 + r_2)$  um do outro, conforme figura.

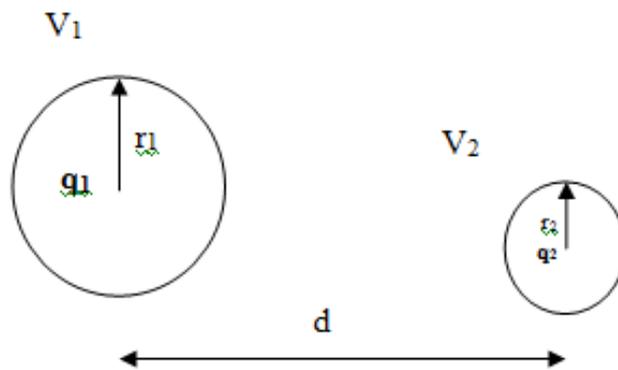


Figura XVII – Esferas de raios  $r_1$  e  $r_2$  e distância

Fonte: Elaborado pelo autor

Os potenciais na superfície de cada esfera são

$$V_1 = \frac{kq_1}{r_1} \quad \text{e} \quad V_2 = \frac{kq_2}{r_2}$$

se ligar as duas esferas com um fio muito fino, que não interfira na distribuição final da carga, haverá uma corrente elétrica no fio até que ambas as esferas estejam em equilíbrio.

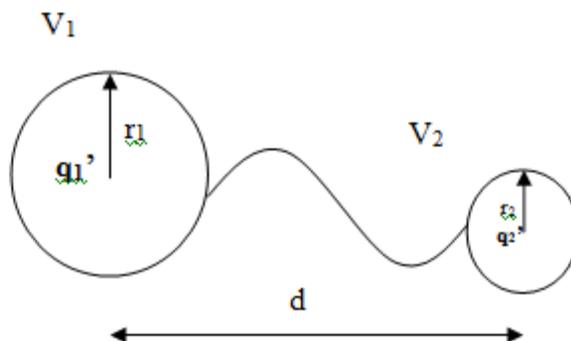


Figura XVIII – Esferas conectadas por um fio

Fonte: Elaborado pelo autor

A nova distribuição será:

$$V = V_1' = \frac{kq_1'}{r_1} \quad \text{e} \quad V = V_2' = \frac{kq_2'}{r_2}$$

logo

$$\frac{kq_1'}{r_1} = \frac{kq_2'}{r_2} \Rightarrow \frac{q_1'}{r_1} = \frac{q_2'}{r_2} \Rightarrow \frac{q_1'}{q_2'} \simeq \frac{r_1}{r_2}$$

Considerando que as cargas elétricas se distribuem na superfície dos corpos condutores, pode-se dizer que essa distribuição de carga produz as densidades de cargas superficiais  $\sigma_1$  e  $\sigma_2$ ,

$$q_1' = \sigma_1 4\pi r_1^2 \quad \text{e} \quad q_2' = \sigma_2 4\pi r_2^2$$

então as densidades de cargas podem ser dadas por:

$$\begin{aligned} \frac{q_1'}{q_2'} \simeq \frac{r_1}{r_2} &\Rightarrow \frac{\sigma_1 4\pi r_1^2}{\sigma_2 4\pi r_2^2} = \frac{r_1}{r_2} \Rightarrow \frac{\sigma_1 r_1^2}{\sigma_2 r_2^2} = \frac{r_1}{r_2} \\ &\Rightarrow \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{r_2}{r_1}. \end{aligned}$$

Observa-se que a densidade de carga é inversamente proporcional ao raio, assim se considerar um corpo com ponta conforme a figura; XIX

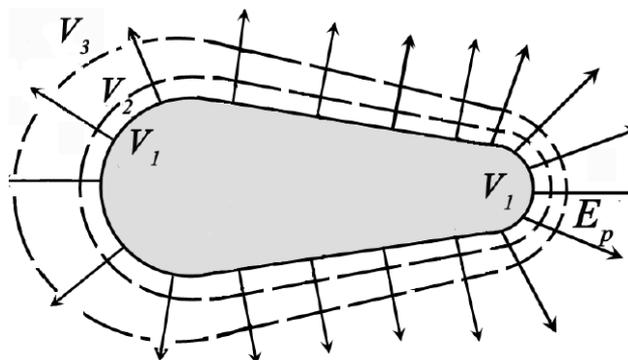


Figura XIX – Densidade de carga

Fonte: GRAÇA, 2012, p. 74.

O campo elétrico na região externa do condutor é associado à distribuição de carga, muito mais intenso na ponta de raio menor, onde as superfícies equipotenciais são mais próximas umas das outras. Esse efeito é conhecido como efeito pontas, e está diretamente associado à intensidade do campo na região da ponta, e não ao valor do potencial.

Se o campo elétrico é muito intenso e for capaz de arrancar elétrons de um metal, produz-se o efeito corona, conforme o livro de Física 3 (HALLIDAY, RESNICK,1984), ocorre que o ar, considerado isolante, um condutor, carregado positivamente, atraíra os íons negativos do ar circundante e, assim, irá lentamente sendo neutralizado. Se o condutor possuir pontas aguçadas, o campo elétrico, próximo a essas pontas, poderá atingir valores elevados. Se esses valores forem suficientemente altos, os íons, ao serem atraídos pelo condutor, adquirirão uma aceleração suficiente para, por colisão com moléculas de ar, produzirem um grande número de novos íons. O ar, assim torna-se muito mais condutor e a descarga devido ao efeito Corona pode ser, então realmente rápida. O ar, em torno das pontas carregadas pode até tornar-se luminoso. Por causa da luz emitida pelas moléculas durante essas colisões.

Este fenômeno é produzido naturalmente no meio de instalações elétricas quando condutores apresentam pontas.

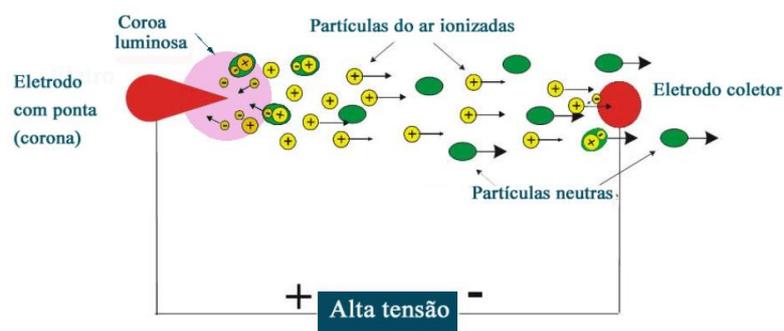


Figura XX – Efeito Corona

Fonte: GRAÇA, 2012, p. 75.

Essa ruptura ocorre no ar quando o campo elétrico atinge  $3 \times 10^6 V/m$  à temperatura ambiente. Essa ruptura pode ser ampliada com a formação em cascata de elétrons de ionização até que ocorra a ruptura catastrófica do ar produzindo uma enorme faísca, descarga atmosférica popularmente conhecida como raios.

## Capítulo 3

### Materiais e Métodos

#### 3.1 Construção do Gerador de Van de Graaff

Basicamente é constituído por um motor, uma correia de borracha (isolante), duas escovas de cobre, uma semiesfera oca de metal, dois roletes um de metal e outro de plástico, uma coluna de apoio para o corpo e uma base. Ao unir todas as peças o gerador fica conforme a foto.



Foto I – Gerador de Van de Graaff

Fonte: Elaborado pelo autor

##### 3.1.1 Principais materiais



Foto II - Roletes e eixos



Foto III - Cúpula



Foto IV – Correias



Foto V - Escovas



Foto VI – Mancais



Foto VII - Polia



Foto VIII - Corpo



Foto IX - Motor e base de madeira

Fonte: Elaborado pelo autor

Na montagem do gerador alguns materiais foram de difíceis de encontrar, sendo que a opção foi adquirir fora da cidade de Rondonópolis, como cúpula (semiesfera oca) foi usada uma forma de alumínio com formato esférico e 20cm de diâmetro, que foi comprada em uma loja virtual que vende utensílios para artesanato, a correia de 5 cm de largura por aproximadamente 50cm de comprimento, foi usada uma correia velha de um Gerador de Van De Graaff mas pode ser substituída por uma faixa elástica mini bands que funcionou muito bem, a sugestão é usar a mais resistente, pois são vendidas em um kit com três com diferentes tensões, estas faixas podem ser encontradas em lojas de materiais esportivos.

Para coluna de apoio utilizou-se aproximadamente 50cm de tubo soldável 110mm, que é encontrado em lojas de hidráulica ou materiais de construção, o motor

de máquina de costura foi adquirido em uma loja que vende e conserta máquinas de costura e o dimmer de ventilador de teto foi comprado em uma loja de eletrônica, para fazer as escovas foi utilizado um pedaço de cabo flexível de cobre 8 mm.

Os roletes, eixos, suportes para os eixos e mancais foram confeccionados utilizando serviço de usinagem em uma tornearia. O serviço de usinagem foi muito difícil de conseguir, tendo sido pesquisadas muitas tornearias, mas somente uma aceitou fazer o trabalho.

Os roletes são cilindros com aproximadamente 4 *cm* de diâmetro por 5,5 *cm* de comprimento com uma abertura central para passar os eixos, deixou-se a região central um pouco mais elevada em relação as extremidades com uma inclinação de aproximadamente 3 a 4 graus, dessa maneira a correia fica centrada sobre o rolete quando o gerador estiver em funcionamento, seu formato ficou conforme a figura.



Figura XXI – Formato dos roletes do gerador

Fonte: Elaborado pelo autor

O rolete inferior, feito de technyl, gira sob comando do motor, através de uma pequena correia que liga a polia do motor a outra polia fixa no eixo do rolete, girando livre nos mancais conectados ao cano e ao suporte feito de technyl.

No rolete superior, de alumínio, foram colocados dois rolamentos 12mm, o rolete gira sobre seu eixo, a base é um pedaço de MDF retangular de 30 × 23cm. As duas escovas foram feitas com pedaços de cabos flexíveis de cobre (fios de eletricidade).

Tabela III – Valor dos materiais

Un.	Materiais	Preço
02	Esferas ocas de alumínio, diâmetro 20 cm e 4 cm	R\$ 35,80
	Frete das esferas	R\$ 16,79
01	Motor de máquina de costura e correia	R\$ 75,00
01	Dimmer de ventilador	R\$ 12,00
04	Rolamentos	R\$ 40,00
06	Parafusos	R\$ 2,00
	Technyl	R\$ 4,00
	Alumínio	R\$ 30,00
	Serviço de usinagem	R\$ 600,00
	Total	R\$ 815,59

O serviço de usinagem acabou elevando muito o custo elevado do gerador, a correia também foi muito difícil de conseguir, e para adquirir uma correia nova seria muito caro, R\$ 419,00 em uma loja virtual especializada, sem incluir o frete. O cano 110 mm e o pedaço de MDF foram doações.

### 3.1.2 Montagem

Na base de MDF foi fixado um tarugo de madeira com dimensões  $10 \times 7 \times 2,5\text{cm}$  com dois parafusos em seguida o motor de máquina de costura (110V; 1,0A; 100 W e 7000 rpm) foi parafusado no tarugo conforme a Foto X.

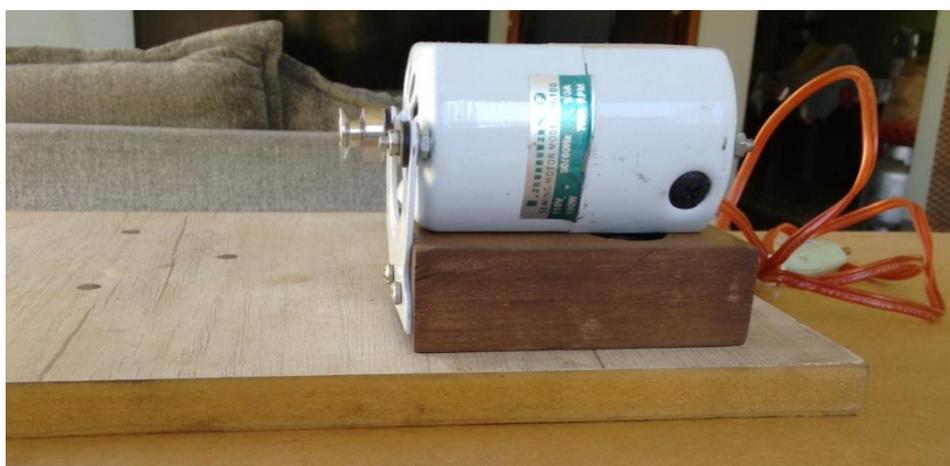


Foto X-Motor e base de madeira  
Fonte: Elaborado pelo autor

O motor foi ligado num dimmer de ventilador de teto, para controlar sua velocidade.

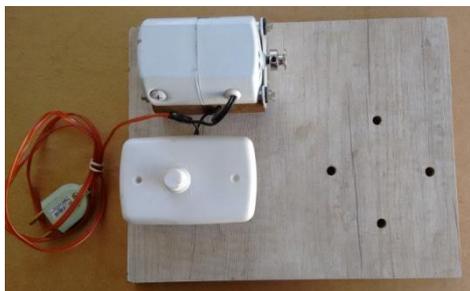


Foto XI - Motor e base de madeira vista superior  
Fonte próprio autor

Na parte da base do cano, foi colocado o suporte dos mancais, os mancais, o rolete de technyl, eixo, polia e correia. Os mancais de alumínio servem de apoio fixo para o eixo no qual fica o rolete de technyl dotado de movimento giratório. Em seu interior há um rolamento no qual gira o eixo. O eixo tem 13 cm, sendo um pouco maior que o diâmetro do tubo, pois na extremidade está fixada uma polia que faz girar o eixo e, na qual trabalha a correia de transmissão do movimento. O conjunto transfere o movimento para o eixo inferior. A escova que ficará em contato com a correia ficará presa por um parafuso, conforme foto.



Foto XII – Vista da parte inferior  
Fonte: Elaborado pelo autor

Na extremidade superior do tubo foi colocado o suporte no qual o eixo é preso por dois parafusos. Neste conjunto o eixo é fixo, e nos dois extremos do rolete de alumínio tem um rolamento que facilita o movimento do rolete. Há dois suportes de apoio da cúpula, sendo que cada suporte contém um furo para colocar a escova. Deve-se

escolher qual o melhor suporte para fixar a escova, e o conjunto deve ficar conforme foto XIII.



Foto XIII – Vista da parte superior

Fonte: Elaborado pelo autor

O tubo deve ser fixado no MDF, também com dois parafusos, após colocar a correia que passa pela polia do motor e da polia do eixo do rolete da base, conforme foto:



Foto XIV – Vista da correia do motor

Fonte: Elaborado pelo autor

Após colocar a cúpula, e o gerador de Van de Graaff está pronto.



Foto XV – Gerador de Van de Graaff

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.1.3 Funcionamento do Gerador de Van De Graaff

Ao ligar o motor, devido ao contato do rolete inferior (de technyl) com a tira de borracha por atrito, o cilindro e a correia são eletrizados. Devido ao contato do rolete inferior com a tira de borracha a superfície do rolete captura elétrons da correia, o rolete fica com excesso de elétrons, ou seja, carregado com cargas negativas enquanto a superfície interna da correia de borracha ficará com falta de elétrons, carregada com cargas positivas.



Figura XXII – Atrito do rolete e correia e suas respectivas cargas

(Disponível em:

[http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99\\_Explor\\_Eletrizacao/paginas%20htmls/Van%20de%20Graaff.htm](http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Van%20de%20Graaff.htm))

Pelo fato da correia ter uma área maior que a área do rolete, ao distribuírem-se as cargas, a densidade superficial de cargas no rolete é maior que densidade na correia. Em consequência como o campo elétrico entre o rolete e a escova torna-se mais intenso. O fato da densidade superficial de cargas da face interna da correia ter pouca intensidade pode ser ignorada para as explicações posteriores, basicamente sua função é manter o rolete eletrizado.

Conseqüentemente os elétrons livres das pontas da escova serão repelidos deixando a pontas carregadas com cargas positivas, sendo a densidade de carga elétrica positiva muito intensa na superfície das pontas, as forças elétricas modificam as moléculas do ar imersas no campo, transformando-as em plasma condutor, o ar imerso nesse campo elétrico fica ionizado, devido ao poder das pontas que ao gerar um campo elétrico muito intenso é capaz de arrancar elétrons de moléculas de ar, fazendo surgir nesta região surge uma mistura de íons positivos de moléculas de ar e elétrons livre. Os elétrons serão atraídos pelas pontas positivas e os íons positivos pelo rolete como entre o rolete e as pontas está à correia, os íons se batem na correia e uma grande quantidade adere a sua superfície externa, e com o movimento da correia são levados para a extremidade superior, a correia protege o rolete de modo que ele não perca totalmente sua carga e com o movimento outras partes da correias estão sujeitas ao mesmo processo, mantendo a carga elétrica do cilindro.



Figura XXIII – Os íons positivos são levados para a extremidade superior

Figura: Elaborada pelo autor

A correia carrega as cargas positivas para cima por dentro do cano até a parte superior, as cargas positivas da correia atraem cargas negativas que são expelidas pelas pontas da escova para a correia, ocorrendo o processo contrário ao da parte inferior, o ar imerso no campo e ionização do ar que surge nessa região faz com que os elétrons sejam atraídos pela correia que os absorve deixando-a sem cargas, neutra ela desce iniciando todo o processo.

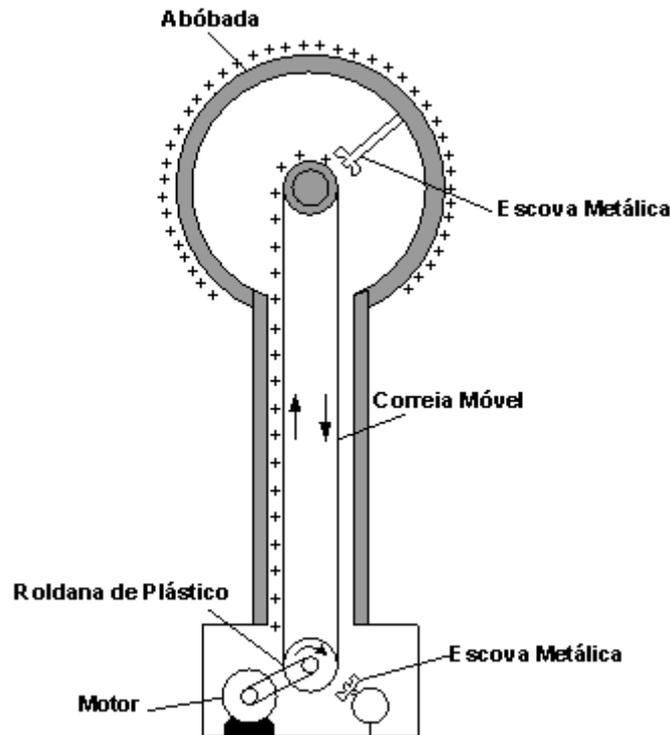


Figura XXIV – Os íons positivos são levados para a extremidade superior

(Disponível em:

<[http://macao.communications.museum/por/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2\\_3\\_7\\_VanGraafGenerator.html](http://macao.communications.museum/por/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2_3_7_VanGraafGenerator.html)>)

A escova superior, por sua vez, está em contato com a parte interna da cúpula, a qual acumula cargas positivas, essas cargas espalham-se pela superfície externa da cúpula, carregando o gerador, é como se toda a carga positiva da correia fosse transferida para a cúpula. O campo elétrico da esfera inicia um processo de ionização do ar, que ao atingir o valor de  $3 \cdot 10^6$  V/m quebra a rigidez dielétrica do ar, limitando o acúmulo de cargas na esfera.

Conforme a equação;

$$V = 3,1 \times 10^6 V/m \times R$$

Sabe-se que o raio da cúpula do gerador é de 0,1 m, e atinge carga máxima aproximada de  $V = 3,1 \times 10^5 V$ , pois o condutor não é perfeitamente esférico.

### 3.2 Metodologia

A proposta metodológica para a utilização do material deve estar em consonância com os fatores que condicionam a Teoria de Aprendizagem Significativa, sendo que esta teoria pressupõe:

- que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo e tenha relação com algum subsunçor presente na estrutura cognitiva do aluno;
- que o aluno manifeste disposição a aprender e relacionar o novo material de maneira substantiva a sua estrutura cognitiva.

Ao desenvolver o trabalho partindo de conhecimentos mais gerais para os mais específicos buscando dar significado ao material e ao conteúdo trabalhado.

Sabe-se que a aula experimental por si já estimula os alunos, pois é um ambiente diferente do usual, onde o aluno terá a possibilidade de manusear materiais, neste caso o gerador Van de Graaff.

Dessa forma ao instigá-los em busca do empenho no desenvolvimento das atividades para que ele seja capaz de construir seus conhecimentos, e despertar o encanto pela Física.

Conforme Moreira e Masini (2006), Ausubel destaca que a aprendizagem significativa é progressiva, isto é, os significados são captados e internalizados progressivamente, portanto a escolha de uma linguagem adequada e a interação entre professor e aluno é muito importante.

Assim a proposta metodológica foi desenvolvida em três etapas, uma introdutória, a aula experimental e a pós-experimental.

**Primeira etapa** – busca verificar os conhecimentos pré-existentes do aluno sobre os fenômenos de eletrostática, abordar a temática em sala de aula antes de ir para o laboratório, relacionar os conceitos físicos com os conhecimentos prévios do aluno e apresentar o contexto histórico em que foi desenvolvido este conhecimento.

Moreira e Masini (2006), destacando que Ausubel os organizadores prévios serão a ligação entre o que o aluno sabe e os conceitos propostos. Um dos princípios propostos por Ausubel é a diferenciação progressiva, neste princípio as ideias mais gerais da matéria de ensino devem ser apresentadas progressivamente e diferenciadas

em termos de detalhes, nesta abordagem o que é mais relevante deve ser introduzido desde o início e retomado periodicamente.

**Segunda etapa** – A execução da atividade experimental, sendo realizada em grupos possibilitando a cooperação, socialização e diálogo entre os alunos em cada grupo, nesta etapa será manuseado o equipamento com atividades propostas, o aluno terá a possibilidade de confrontar seus conhecimentos prévios e o conhecimento físico teórico trabalhado com o fenômeno prático.

**Terceira etapa** – A conclusão, destinada para discussão dos resultados obtidos na atividade experimental, e a avaliação dos alunos sobre a viabilidade do trabalho proposto.

Conforme Moreira e Masini (2006 p.27) o subsunçores mais amplos, bem estabelecidos e diferenciados, ancoram-se às novas ideias e informações e possibilitam sua retenção. Entretanto, o significado das novas ideias, no curso do tempo, tende a ser assimilado ou reduzido pelos significados mais estáveis das ideias estabelecidas. Após a aprendizagem, quando esse estágio obliterador da assimilação começa, as novas ideias tornam-se, espontânea e progressivamente, menos dissociadas da estrutura cognitiva até não ser mais possível reproduzi-las isoladamente e pode-se dizer que houve esquecimento.

### *3.2.1 Descrição das etapas*

#### **3.2.1.1 Primeira etapa**

A primeira etapa foi desenvolvida em 6 aulas de 55 minutos. Como estratégia utilizou-se apresentação de vídeos, aula expositiva e dialogada. O material utilizado foi o data show, notebook, lousa e giz.

Na atividade 01 da primeira etapa utilizou-se uma aula com 55 minutos, foi proposto aos alunos que respondessem dois questionários abertos, com liberdade de discutir com seus pares para responder as questões. Os alunos foram orientados a serem honestos na resposta às questões apresentadas, independente ao fato do professor da turma ser o autor da pesquisa. Em relação ao questionário II, os alunos foram orientados a não utilizar a internet nem seu material para responder as questões, devendo utilizar somente os próprios conhecimentos para responder a esse questionário. Vale destacar que a classe na qual foi desenvolvida a pesquisa já teve aulas sobre eletrostática nos primeiros bimestres.

O questionário I teve como objetivo analisar qual a visão do aluno quanto às aulas de Física e sua relevância, ao ensino e aprendizagem. Neste questionário foram propostos 5 questões contendo 6 perguntas.

#### Questionário I

01	Você gosta das aulas de Física? Acredita que a Física é de alguma maneira relevante para sua vida?
02	Como você descreveria suas aulas?
03	Você consegue compreender bem os conceitos físicos apresentados durante a aula?
04	Caso tenha dificuldades, o que você considera ser um obstáculo para aprender Física?
05	Como você acredita que deveriam ser as aulas de Física?

Com o questionário II composto por 10 perguntas, buscou-se identificar quais os conhecimentos prévios do aluno.

Segundo Moreira e Masini (2006), David Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios que sirvam de âncora para nova aprendizagem que levem ao desenvolvimento de subsunçores que facilitem a aprendizagem.

Os organizadores prévios são os conceitos introdutórios que serão apresentados antes do próprio material a ser aprendido. Sua função é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber.

#### Questionário II

01	O que é carga elétrica?
02	Quais os tipos de carga?
03	O que você entende por carga elementar?
04	Descreva o princípio de atração e repulsão entre cargas elétricas.
05	O que significa eletrizar um corpo?
06	Quais são os processos de eletrização? Descreva-os.
07	O que é campo elétrico?
08	O que você entende por condutores e isolantes?
09	O que é a Lei de Coulomb?
10	Defina linhas de força, ou linhas de campo.

Com base nas respostas foi possível fazer o planejamento das aulas, e apontar um caminho mais adequado para o desenvolvimento da pesquisa.

A atividade 02 da primeira etapa foi desenvolvida em duas aulas. Como o Vê de Gowin foi utilizado como um recurso educacional para avaliação e análise das atividades propostas, foi necessário fazer uma interação do aluno com o diagrama V. O primeiro passo foi apresentar ao aluno o Diagrama V como um mecanismo que lhes possibilitará organizar o saber científico de forma coerente e clara. Foi exposto o que é o Diagrama V, suas etapas de construção, a relação entre o pensar e fazer. Este passo foi importante para que o aluno tivesse a oportunidade de conhecer a metodologia e desenvolver a técnica de construção do Diagrama V. Para esta construção do diagrama foram desenvolvidos dois exercícios de maneira a trabalhar a técnica de construção do Vê.

Como primeiro exercício de construção do Diagrama V sugeriu-se um trabalho em grupo, com no máximo quatro integrantes, no qual cada grupo deveria construir seu Vê. Foi proposto aos alunos assistir um pequeno vídeo de 4 minutos e construir o Diagrama V. Para a construção do Diagrama V foi disponibilizado aos alunos tempo para discutir entre os participantes do grupo, entre os grupos e também tiveram a possibilidade de buscar auxílio do professor para construção do Diagrama V.

Como segundo exercício de construção do Diagrama V foi proposto outro vídeo, cada um dos alunos deveria construir um Vê e entregar ao professor, a proposta era para que cada aluno fizesse o seu Diagrama V individualmente, sabido que neste exercício os alunos teriam a liberdade de discutir entre seus pares.

Conforme Mendonça, Cordeiro e Kiill (2014) deve-se priorizar a aprendizagem significativa estabelecendo uma relação entre a Teoria da Aprendizagem Significativa e o diagrama V, e ao ressaltar que todos os elementos do Vê contribuem para atribuição de significados ao conhecimento que está sendo construído, pois auxiliam na seleção dos acontecimentos e dos objetos a serem investigados e dos registros a serem feitos.

Atividade 03 da primeira etapa, esta foi desenvolvida em uma aula, trabalhou-se uma aula expositiva e dialogada sobre a evolução histórica traçando uma linha do tempo sobre o desenvolvimento da Física com a possibilidade do aluno conhecer e discutir em quais contextos históricos houve a construção dos conhecimentos do eletromagnetismo, bem como sua importância para a humanidade, tendo em vista evidenciar os conceitos físicos que envolvessem a eletrostática e não a investigação sobre a história.

Conforme os PCNs + (2002), o exercício histórico dá aos estudantes uma oportunidade de questionar e compreender melhor os processos sociais, econômicos e culturais passados e contemporâneos e, além disso, auxilia a construir uma visão das Ciências da Natureza associada a outras dimensões da vida humana.

Atividade 04 da primeira etapa utilizou-se duas aulas teóricas expositivas sobre os conteúdos específicos de eletrostática, optou-se em fazer um apanhado dos conceitos físicos relevantes à pesquisa. Nestas aulas foram utilizadas como estratégia aulas expositivas e dialogadas, utilizou-se data show, notebook caixas de som.

Devido alguns problemas com os equipamentos, não foi possível desenvolver estas atividades em sala como é usual. Assim da segunda até a quarta atividade as aulas foram ministradas na sala de vídeo, um ambiente bem diferente da sala de aula, pois o ambiente utilizado é climatizado e equipado com cadeiras estofadas. Um ambiente muito mais agradável do que a sala de aula, na qual há somente 4 ventiladores, dentre os quais dois só é possível ligar quando o calor é muito intenso, e quando isso ocorre as aulas ficam prejudicadas devido ao barulho provocado pelos ventiladores.

Quadro: planejamento da primeira etapa

<b>Primeira etapa</b>	<b>Atividade 1</b>	Objetivo	Identificar os conhecimentos prévios dos alunos. Verificar a visão do aluno quanto às aulas de Física, e à relevância dos conhecimentos físicos em suas vidas. Verificar as possíveis dificuldades referentes à disciplina.
		Duração	1 hora-aula de 55 minutos.
		Data	13/09/2016
		Formato	Questionário semiestruturado.
		Descrição	Cada aluno deveria responder os questionários propostos individualmente.
	<b>Atividade 2</b>	Objetivo	Apresentar o diagrama Vê, e desenvolver a técnica da construção do diagrama Vê.
		Duração	2 horas-aula de 55 minutos cada.
		Data	19-20/09/2016
		Formato	Aula expositiva.
		Descrição	Explicar o que é o diagrama Vê de Gowin e como trabalhar com o diagrama. Nesta os alunos construíram dois Diagramas V ao analisar dois vídeos.
	<b>Atividade 3</b>	Objetivo	Reconhecer a Física bem como o eletromagnetismo como construção humana aos seus anseios, sonhos, dúvidas e necessidades, bem como seu aspecto histórico e suas relações dentro do contexto cultural, social, político e econômico. Compreender o papel da Física na evolução dos meios tecnológicos, sua dinâmica com a evolução humana e do conhecimento.
		Duração	1 hora-aula de 55 minutos.
		Data	26/09/2016
		Formato	Aula expositiva.
		Descrição	Nesta aula foi descrito uma linha do tempo apresentando contribuições que estudiosos proporcionaram à Física e as Ciências como um todo.
	<b>Atividade 4</b>	Objetivo	Discutir a interação entre as cargas. Estudar fenômenos eletrostáticos, processos de eletrização. Observar efeitos de atração e repulsão entre as cargas elétricas. Compreender o fenômeno do campo eletrostático. Entender o conceito de eletrostática, os princípios de conservação de carga. As principais características de condutores e isolantes.
Duração		2 horas-aula de 55 minutos cada.	
Data		27/09/2016 e 03/10/2016	
Formato		Aula expositiva.	
Descrição		Apresentar os conceitos de matéria, carga elétrica e campo elétrico suas características, propriedades e representação.	

### **3.2.1.2 Segunda etapa**

Nesta etapa foi desenvolvida a atividade experimental com a utilização do Gerador de Van De Graaff em duas aulas, nas quais trabalhou-se os conceitos introdutórios de eletrostática, como relatório utilizou-se o Diagrama V, e cada aluno entregou um Vê para cada aula experimental.

A primeira aula experimental da segunda etapa foi desenvolvida no laboratório de ciências, trabalhou-se o conceito de campo elétrico e corpo eletrizado, nesta atividade os alunos tiveram a oportunidade de interagir com o Gerador de Van de Graaff sentir o campo gerado, observar as descargas elétricas. Para a realização desta atividade os alunos utilizaram um roteiro da aula, um Diagrama V e o gerador de Van de Graaff, o diagrama foi entregue na aula seguinte.

A segunda aula experimental da segunda etapa foi desenvolvida em sala de aula, trabalhou-se os princípios de atração e repulsão, processos de eletrização, condutores e isolantes, foram desenvolvidos três experimentos, nesta os alunos tiveram a oportunidade de observar alguns fenômenos eletrostáticos como os processos de eletrização, princípios de atração e repulsão e processos de eletrização, linhas de campo. Para a realização desta atividade os alunos utilizaram o roteiro da aula, um Diagrama V, o Gerador de Van de Graaff, eletroscópio caseiro, tiras de alumínio, pedaços de fios de eletricidade, papel picado e fita adesiva, nesta o diagrama preenchido foi entregue no final da aula.

Quadro: planejamento da segunda etapa de atividades experimentais

<b>Segunda etapa</b>	<b>1ª aula experimental</b>	Objetivo	Mostrar o comportamento das cargas elétricas na superfície externa da esfera condutora e descargas elétricas. Proporcionar a interação do aluno com o equipamento. Compreender o conceito de campo elétrico e como ocorrem as descargas elétricas (raios) na natureza ou equipamentos elétricos.
		Duração	1 hora-aula de 55 minutos.
		Data	04/10/2016
		Formato	Aula experimental.
		Descrição	Os alunos fizeram a interação com o gerador, observaram o campo elétrico e as descargas eletrostáticas, preencheram o diagrama V.
	<b>2ª aula experimental</b>	Objetivo	Identificar os processos de eletrização, estudo dos princípios de atração e repulsão. Observar as linhas de campo.
		Duração	1 hora-aula de 55 minutos.
		Data	11/10/2016
		Formato	Aula experimental.
		Descrição	Os alunos observaram o comportamento das tiras de alumínio do eletroscópio quando feito a interação com o gerador, também o comportamento de papel picado que foi colocado sobre a cúpula do gerador e depois quando este foi ligado, e das tiras de papel alumínio coladas na cúpula do gerador antes, durante e depois de liga-lo. E preencheram o diagrama V.

### 3.2.1.3 Terceira etapa

Terceira etapa foi desenvolvida em uma aula, que foi destinada para uma discussão com os alunos sobre os resultados obtidos, houve uma discussão informal e aberta sobre o desenvolvimento da proposta, os alunos fizeram suas colocações acerca da proposta, descreveram qual parte mais lhe chamou atenção, se conseguiram observar e compreender alguns dos conceitos trabalhados.

Conforme a Teoria de Aprendizagem Significativa os subsunçores mais amplos, se bem estabelecidos e diferenciados, ancoram-se às novas ideias e informações e possibilitam sua retenção.

Foi proposto outro questionário de opinião, com o objetivo de analisar pontos que poderiam ser melhorados na proposta, as dificuldades encontradas pelos alunos e como se sentiram ao trabalhar com o Vê de Gowin.

### Questionário III

01	Qual sua opinião sobre as aulas de Física no formato proposto com aula experimental?
02	Você conseguiu compreender os conceitos físicos apresentados? Consegue descrevê-los?
03	Em relação ao “relatório”, qual sua visão sobre este formato, o Vê de Gowin?
04	O conteúdo foi desenvolvido em três partes, histórica, conteúdo específico de física e experimental. a) Qual delas você achou mais interessante? b) Qual delas você mais considera a mais importante? Por quê?
05	Comparando a proposta com o modelo tradicional de aula, você observou algum avanço para o processo de ensino e aprendizagem?

Conforme Moreira e Masini (2001 p.27) o significado das novas ideias, no curso do tempo, tende a ser assimilado ou reduzido pelos significados mais estáveis das ideias estabelecidas. Após a aprendizagem, quando esse estágio obliterador da assimilação começa, as novas ideias tornam-se espontânea e progressivamente, menos dissociadas da estrutura cognitiva até não ser mais possível reproduzi-las isoladamente.

Na ocorrência do estágio de assimilação obliteradora não se considera que o subsunçor voltou ao seu estado original, considera-se uma consequência natural da assimilação, o resíduo da assimilação obliteradora é um subsunçor modificado que pode interagir com outros subsunçores dependendo de sua relevância.

### Quadro: planejamento da terceira etapa

<b>Terceira etapa</b>	<b>Atividade 1</b>	Objetivo	Discutir os resultados obtidos. Observar a aceitação da proposta.
		Duração	1 hora-aula de 55 minutos.
		Formato	Questionário semiestruturado.
		Data	17/10/2016
		Descrição	Os alunos deveriam responder individualmente as questões propostas.

## Capítulo 4

### Análise dos Resultados

Neste capítulo serão analisadas as atividades desenvolvidas, quantificando e analisando os questionários e diagramas respondidos pelos alunos. Nesta análise foram utilizados gráficos e tabelas.

A pesquisa foi desenvolvida no 3º ano C, matutino, turma que iniciou o ano com 37 alunos e terminou, com 24 alunos, uma turma com dificuldades de comportamento devido a falta de motivação e interesse, muitos alunos durante o processo de desenvolvimento da proposta não tiveram uma frequência satisfatória, por este motivo foram considerados 17 alunos os quais participaram de todas as atividades para fazer a análise dos resultados.

#### 4.1 Análise dos resultados dos questionários da etapa I

##### Questionário I.

Este questionário teve como objetivo analisar qual a visão do aluno quanto às aulas de Física, o ensino/aprendizagem e sua relevância.

	Não	Sim	Não muito	Não respondeu
01) Você gosta das aulas de Física?	4	11	2	2
Acredita que a Física é de alguma maneira relevante para sua vida?	4	10	–	3



Algumas respostas dos alunos escolhidas ao acaso. Vale destacar que as respostas foram transcritas na íntegra conforme exposto pelos alunos. Resposta:

Aluno 1: - *Gosto, pode ser que seja relevante para minha vida mas ainda não sei.*

Aluno 4: - *Eu particularmente não gosto de nada que envolva números. Acredito que sim que a física é e vai ser relevante para minha vida. Porém não me atraí.*

Aluno 5: - *Sim. Com certeza terá uso na minha vida.*

Aluno 6: - *Gosto das aulas de física, apesar da física fazer parte do cotidiano, creio não utilizar ela muito em minha vida.*

Aluno 12: - *Não, não gosto das matérias de exatas. Sim a física esta em nosso cotidiano.*

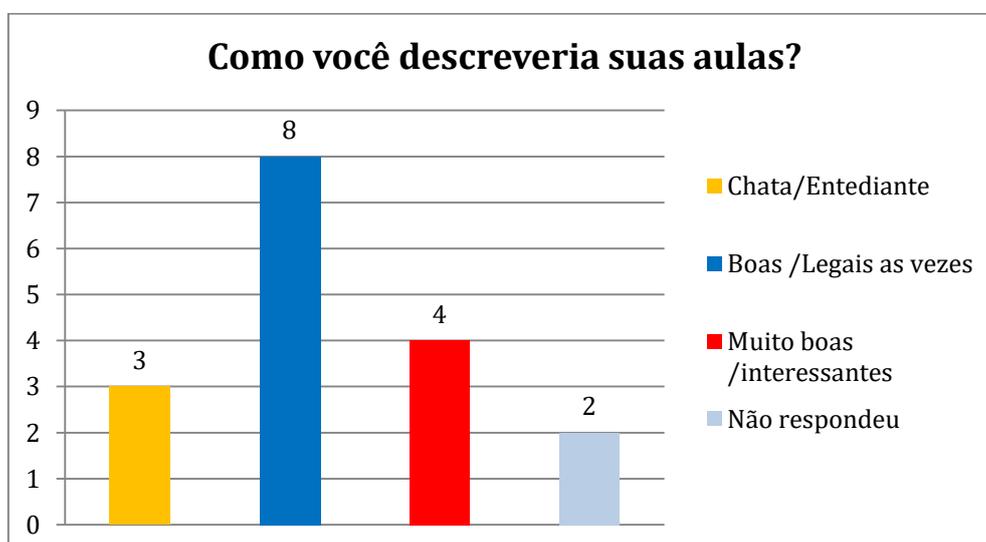
Aluno 15: - *Sinceramente não, talvez seja porque tem cálculos e tai uma coisa que eu não gosto muito, ou melhor, nem um pouco. Acredito que não.*

Aluno 19: - *Sim. Creio que sim.*

Aluno 22: - *Sim. Depende do curso superior que vou cursar.*

Observa-se que a maioria dos alunos diz que gosta da disciplina de Física e acreditam que de alguma maneira a Física é importante para suas vidas, com base nas respostas, nota-se que os alunos acreditam que a Física é algo que está distante de suas vidas, e apresentam dificuldades de enxergar que os fenômenos físicos estão presentes no cotidiano.

	Chata/Entediante	Boas /Legais as vezes	Muito boas/ interessantes	Não respondeu
02) Como você descreveria suas aulas?	3	8	4	2



Aluno 1: - *Acho as aulas interessantes.*

Aluno 4: - *Minhas aulas não são do agrado do professor nem um pouco, mas vou procurar me esforçar.*

Aluno 5: - *Boa. Porém falta comprometimento da turma.*

Aluno 6: - *Legais as vezes, gosto mais da aula quando entendo o conteúdo, do contrário acho chata.*

Aluno 12: - *Sou um pouco distraída e o professor vive chamando minha atenção.*

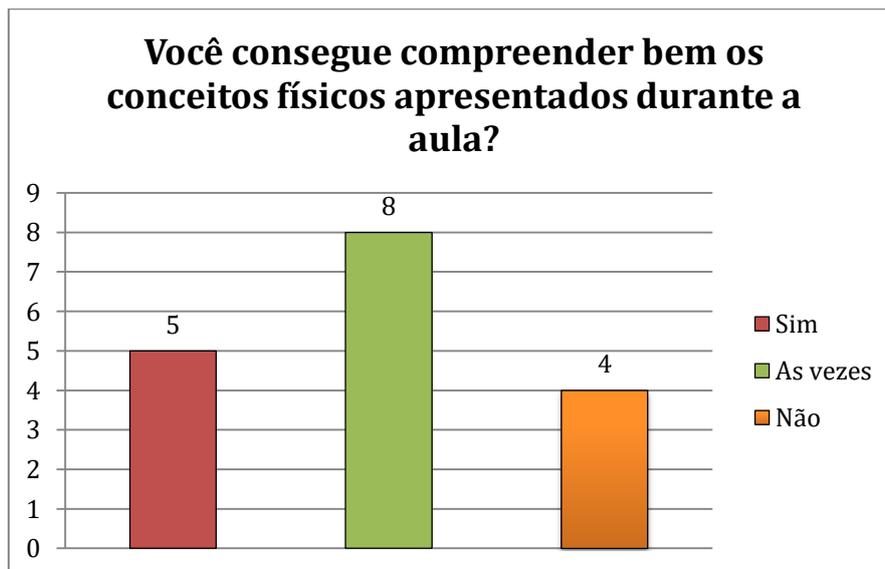
Aluno 15: - *Como não gosto da matéria, as aulas acabam sendo chatas.*

Aluno 19: - *Muito boas. Muito bem explicadas.*

Aluno 22: - *Produtivas, pois estou conseguindo compreender a matéria.*

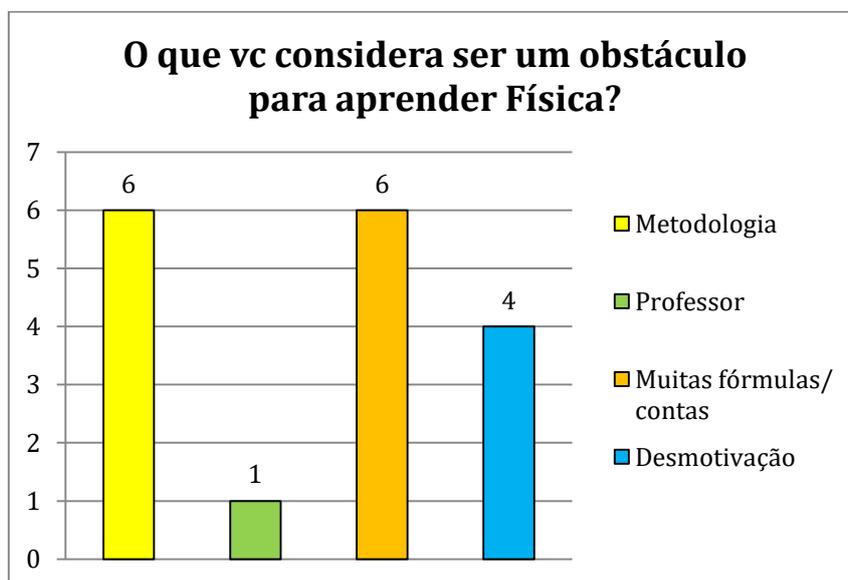
Observa-se que o aluno 4 e 12 não entenderam a pergunta, ou seja não responderam, o aluno 15 não gosta da disciplina, considerando os dados acredita-se que os alunos geral gostam das aulas.

	Sim	Às vezes	Não
03) Você consegue compreender bem os conceitos físicos apresentados durante a aula?	5	8	4



Oito alunos descreveram que conseguem compreender os conceitos físicos, e quatro encontram certa dificuldade em aprender Física, o que é normal, apenas 4 descreveram que não conseguem compreender os conceitos, de modo geral os alunos apontaram alguns motivos que dificultam sua aprendizagem. Para facilitar a análise dividiu-se em quatro itens conforme a questão 4.

04) O que você considera ser um obstáculo para aprender Física?	Metodologia	6
	O professor	1
	Muitas fórmulas / contas	6
	Desmotivação	4



Entre os itens mais citados como obstáculos para o aprendizado de física foram: **a metodologia e as fórmulas e contas**, observa-se que os alunos anseiam por uma metodologia que facilite o aprendizado, apontam o excesso de fórmulas e a Matemática como também sendo um dos vilões que dificultam seu aprendizado, muitos alunos não tem os requisitos básicos matemáticos necessários para a disciplina, não só operações matemáticas, mas também a interpretação de texto, e muita dificuldades em interpretar os enunciados das questões. Cabe ao professor e a escola, no decorrer do ano, propor meios para tentar sanar as dificuldades encontradas com a falta de requisitos necessários, em cada tema estudado.

A **desmotivação**, é algo notório nas aulas, acredita-se que os itens anteriores podem ser alguns dos motivos que causam a desmotivação, mas a desmotivação é um problema que já vem sendo discutido na educação, são vários fatores que causam a

desmotivação, podemos destacar situações mais gerais como desequilíbrio social e econômico, sistema educacional que não viabiliza condições necessárias para o bom funcionamento das escolas, desvalorização dos profissionais da educação, desestruturação familiar, os atrativos oferecidos pelas tecnologias e mídias, falta de valores e ideais.

O **professor**, esta colocação é devido à relação professor-aluno que nesta situação teve muita influência, uma boa parte da turma se distraiam com facilidade e apresentavam distúrbios comportamentais, também não tinham compromisso com a aprendizagem, viam a escola como ponto de encontro, relutavam em fazer as atividades ou tentavam dormir durante a aula, devido a esse comportamento foi necessário abordagens diferentes, como aulas de reforço e atividades experimentais, houve avanço, porém não atingiu a totalidade da classe, conforme respostas dos alunos eles próprios concordavam com a falta de comprometimento da turma.

Destacam-se algumas causas descritas pelos alunos.

Aluno 1: - *Minha falta de atenção prejudica bastante.*

Aluno 4: - *Acredito que por ser muitas fórmulas fica difícil.*

Aluno 5: - *A preguiça.*

Aluno 6: - *O jeito que o professor explica.*

Aluno 12: - *Não acho difícil.*

Aluno 15: - *Talvez a maneira de como o conteúdo esteja sendo explicado.*

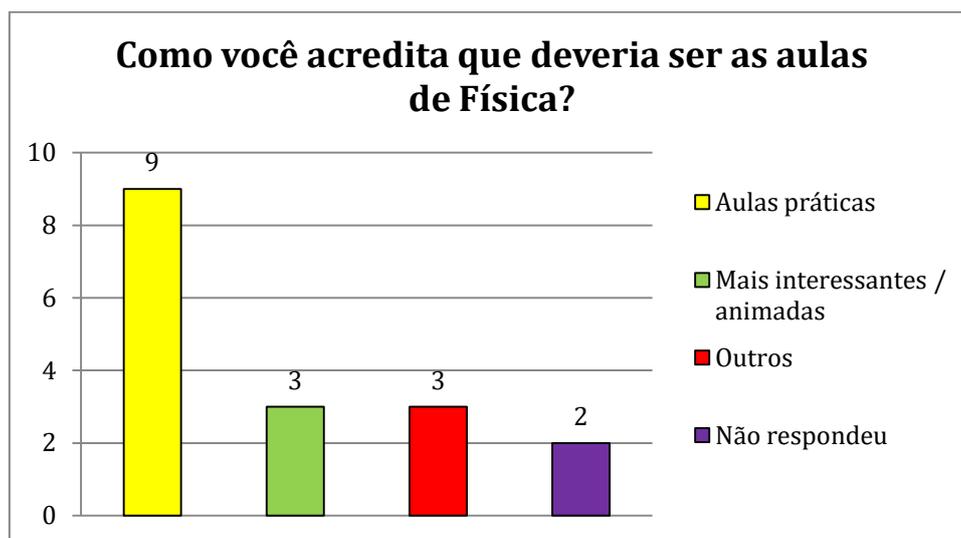
Aluno 19: - *As fórmulas.*

Aluno 22- *A explicação rápida.*

Conforme Moreira e Masini (2006), a aprendizagem significativa pressupõe que para que ocorra a aprendizagem de maneira satisfatória, é necessário que o aluno manifeste disposição para aprender.

E a motivação é um aspecto importante desse processo, que pode despertar no aluno entusiasmo, esforço, persistência na realização das tarefas, superando desafios e desenvolvendo habilidades.

05) Como você acredita que deveria ser as aulas de Física?	Aulas práticas	9
	Mais interessantes / animadas	3
	Outros	3
	Não respondeu	2



Observa-se o desejo dos alunos por alguma mudança nos processos de ensino, almejam aulas mais motivadoras, nove alunos acreditam que a utilização de **aulas práticas** pode contribuir para melhorar seu desempenho, acreditam que a aula de Física ficaria mais atrativa, despertando a curiosidade e o interesse em estudar Física.

Segundo Pinho-Alves (2000) a ligação laboratório didático e o processo de ensino-aprendizagem de Física continua a ser alvo de polêmica, sendo considerado por muitos como a solução dos problemas do ensino de Física e por outros como mero elemento do contexto metodológico, de modo geral, o laboratório didático sempre esteve presente e foi alvo de profundas discussões sobre seu papel no contexto do ensino.

Aluno 1: - *Deveria ter um pouco de aula prática.*

Aluno 4: - *Não deveria mudar em nada, só os alunos que deveriam mostrar mais interesse.*

Aluno 5: - *Deveria ter mais comprometimento da turma e aulas práticas.*

Aluno 6: - *Bom. Seria mais viável se o professor explicasse bastante o conteúdo, não apenas no quadro, mas em forma de aulas práticas também. Após passar diversos exercícios e acompanha sua execução.*

Aluno 12: - *Deveria haver mais interesse dos alunos.*

Aluno 15: - *Com aulas que despertem curiosidade, com aulas práticas talvez, mas de maneira que pudéssemos compreender porque assim tornaria a aula mais produtiva.*

Aluno 19: - *Do modo tradicional.*

Aluno 22- *Ter mais aulas práticas.*

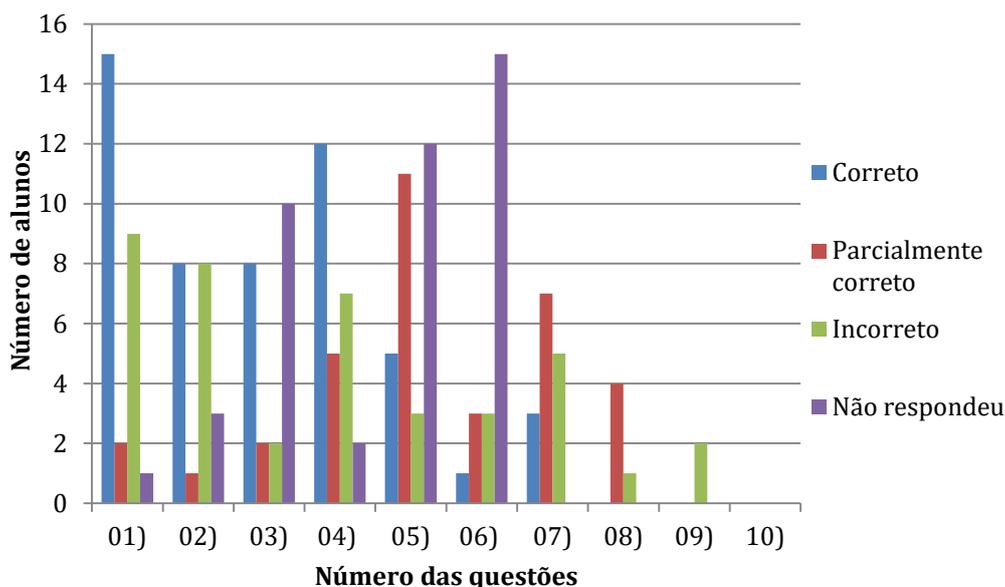
O uso da experimentação como estratégia é uma possibilidade de promover o apreço pela Física, de forma dinâmica, atrativa e que desperte a vontade em adquirir e buscar o conhecimento. Porém nem todas as atividades devem ser agradáveis e prazerosas, a motivação deve ser complementada com métodos eficazes, ou seja, estratégias que promovam a aprendizagem.

## Questionário II

Buscou-se identificar quais os conhecimentos prévios do aluno, e com base nas respostas fazer o planejamento das aulas e apontar um caminho a seguir para o desenvolvimento da pesquisa.

Conforme Ausubel recomenda que após conhecido os conhecimentos prévios, defini-se os organizadores prévios, materiais introdutórios que serão apresentados antes do próprio material a ser aprendido, e que sirvam de ancora para a nova aprendizagem, desenvolvendo os conceitos subsunçores e facilitando a aprendizagem posterior .

Perguntas	Correto	Parcialmente correto	Incorreto	Não respondeu
01) O que é carga elétrica?	15	2		
02) Quais são os tipos de carga?	8		9	
03) O que você entende por carga elementar?	8	1	8	
04) Descreva o princípio de atração e repulsão entre cargas elétricas?	12	2	2	1
05) O que significa eletrizar um objeto?	5	5	7	
06) Quais são os processos de eletrização? Descreva-os.		11	3	3
07) O que é campo elétrico?	1	3	3	10
08) O que você entende por condutores e isolantes?	3	7	5	2
09) O que é a Lei de Coulomb?		4	1	12
10) Defina linhas de força.			2	15



Conforme o gráfico a primeira questão teve o maior número de acerto, 15 alunos responderam corretamente, seguida pela questão quarta com 12 acertos. Foram as duas questões que tiveram um número de acertos satisfatórios, 2 em 10 questões. Porém nestas respostas observa-se a utilização de respostas prontas ou decoradas, as outras questões os alunos apresentaram a dificuldade ou não souberam expor suas ideias e a compreensão de alguns conceitos.

Durante o desenvolvimento da atividade, nota-se uma preocupação por respostas “corretas” e uniformes, ou seja, a busca por respostas prontas ao recorrer aos conceitos físicos decorados. Pode-se destacar aqui que a aprendizagem mecânica, por memorização é ineficiente, os alunos decoram definições e fórmulas, leis e conceitos sem compreender, sem saber como usá-las para resolver situações problema.

Ausubel define, aprendizagem mecânica como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, nesta situação a nova informação é armazenada de forma arbitrária sem que haja interação entre a nova informação e aquela já armazenada. Moreira e Masini (2006).

## 4.2 Análise dos resultados da etapa II

Nesta etapa foram aplicadas as aulas experimentais, os PCNs+ (2002) propõem a experimentação esteja sempre presente ao longo do processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir e garantir a

construção do conhecimento do aluno, desenvolver sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável e não aceitar respostas prontas, retomando o papel da experimentação e atribuindo-lhe maior abrangência, para além das situações convencionais da experimentação no laboratório. Também destacam que experimentar pode assumir um significado mais abrangente, como a observação de situações e fenômenos presentes no cotidiano do aluno, pode ser em casa, na rua, na escola ou no trabalho, como a construção de aparelhos simples ou o ato de desmontar algum equipamento tecnológico, além de envolver desafios nos quais o aluno tem a possibilidade de estimar, quantificar, ou buscar soluções para problemas reais.

Neste item será analisado os diagramas produzidos nas atividades experimentais 1 e 2:

- Atividade 1: campo elétrico e comportamento de cargas elétricas estáticas na superfície externa de um condutor, descargas elétricas no gerador e descargas atmosféricas.
- Atividade 2: processos de eletrização, princípios de atração e repulsão e linhas de campo.

Os critérios de avaliação dos diagramas foram realizados conforme alguns critérios sugeridos por Gowin e Alvarez, eles propõe um conjunto de valores de 0 a 4 pontos, podendo ser alterado conforme aspectos do diagrama V serão considerados mais importantes ou enfatizar a aquisição de capacidades pré-definidas.

Conforme Novak e Gowin quando o aluno utiliza o Diagrama V, o aluno reconhece a interação existente entre o que já conhecem e os novos conhecimentos que estão a produzir e que pretendem compreender. À utilização do “Vê” estimula a aprendizagem significativa porque ajuda a compreensão do processo mediante o qual os seres humanos produzem o conhecimento.

### **Critérios de avaliação**

<b>Questão-foco</b>	
0	Não é identificada nenhuma questão-foco.
1	É identificada uma questão-foco parcialmente correta, falta inclusão de conceitos e/ou princípios ou não sugere o acontecimento principal.
2	É identificada uma questão-foco, inclui conceitos a serem utilizados, sugere o acontecimento principal.

<b>Teoria</b>	
0	Não é identificada nenhuma teoria.
1	É identificada uma teoria, mas não relaciona domínio conceitual com a questão-foco.
2	É identificada uma teoria que relaciona domínio conceitual com a questão-foco e o procedimento.

<b>Princípios</b>	
0	Não é identificado nenhum princípio.
1	Princípios são identificados e relevantes com a teoria.

<b>Conceitos</b>	
0	Não é identificado nenhum conceito.
1	São identificados conceitos, mas estão parcialmente relacionados com a questão-foco ou o procedimento.
2	São identificados conceitos e estão relacionados com a questão-foco ou o procedimento.

<b>Procedimentos</b>	
0	Não é identificado nenhum procedimento.
1	O procedimento é identificado, mas não está relacionado com a questão-foco.
2	O procedimento é identificado e está relacionado com a questão-foco.

<b>Resultados e registros</b>	
0	Não são identificados nenhum resultado ou registro.
1	São identificados resultados e/ou registros, mas sem relação com a questão-foco e o procedimento.
2	São identificados resultados e/ou registros, e fazem relação com a questão-foco e o procedimento.

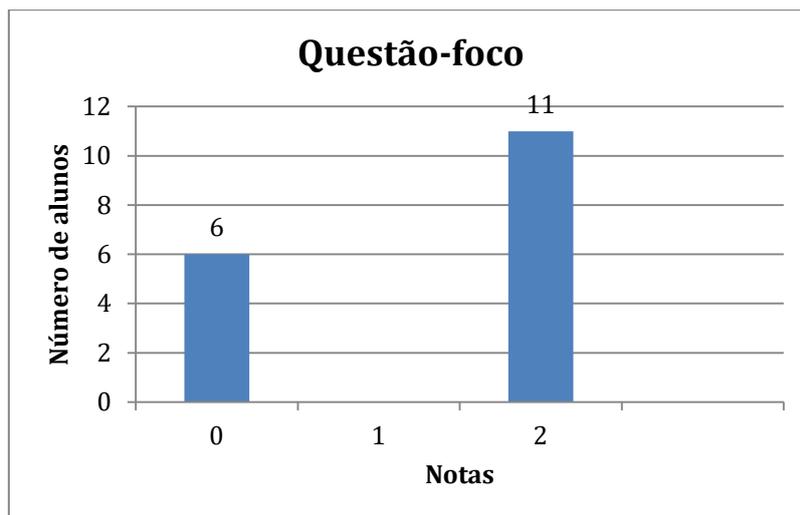
<b>Asserções de conhecimento</b>	
0	Nenhuma resposta a questão-foco é identificada.
1	As respostas não tem relação com a questão foco ou com os dados registrados
2	As respostas fazem relação com a questão foco ou com os dados registrados

<b>Asserções de valor</b>	
0	Não são identificados valor ao conhecimento.
1	Os valores são inconsistentes com a questão-foco.
2	Os valores são consistentes com a questão-foco, e coletados nos registros e resultados.

David Ausubel (Moreira e Masini, 2006, p.24) argumenta, que ao se procurar evidência de compreensão significativa, e evitar a simulação da aprendizagem significativa, a melhor maneira é utilizar questões e problemas que sejam novos e não-familiares que requeiram a máxima transformação do conhecimento. Devem ser escritos de maneira diferente e apresentados em um contexto diferente daquele utilizado em sala de aula.

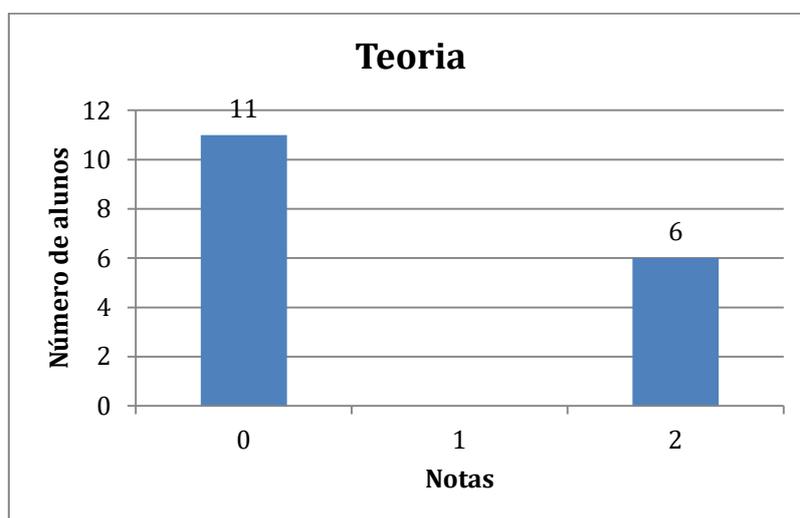
#### *4.2.1 Atividade experimental 1*

No item Questão-foco 11 alunos conseguiram elaborar uma Questão-foco que abordasse o domínio conceitual e que estivesse relacionado com o Procedimento e 6 não conseguiram elaborar.

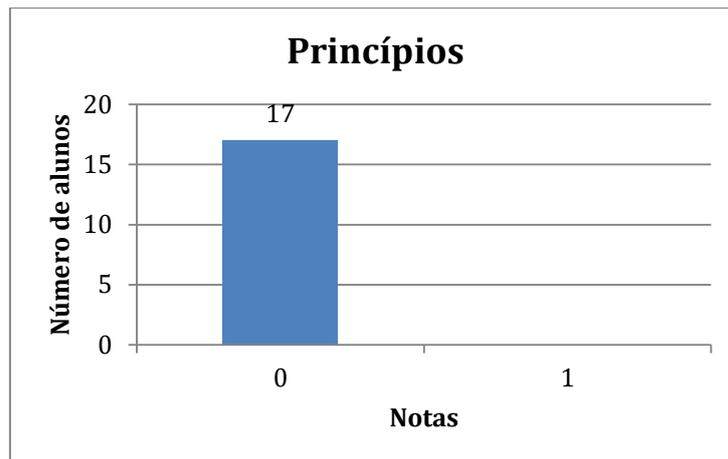


Dentre os alunos que preencheram corretamente este item, todos escreveram a mesma questão-foco, “O que é o campo elétrico?”, aqueles alunos que não conseguiram escreveram, 1 “O que é o campo eletromagnético?”, 2 escreveram somente “Campo elétrico” e 3 “Campo elétrico e Gerador de Van de Graaff”.

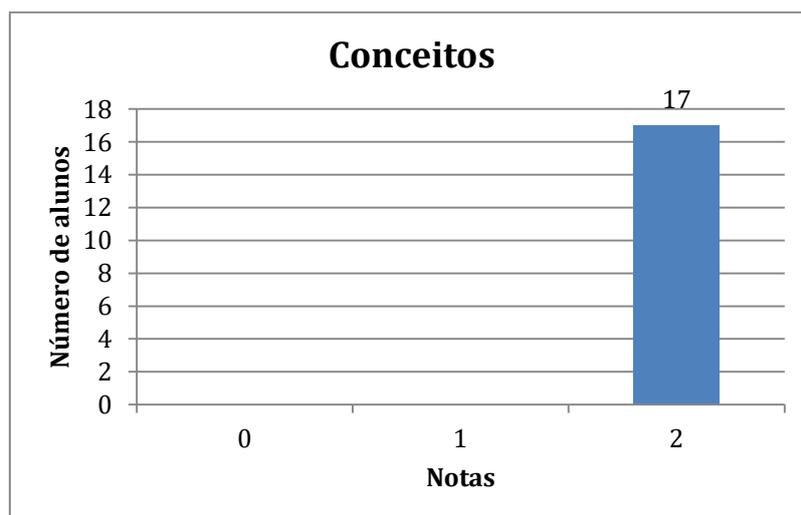
No item Teoria, somente 6 conseguiram preencher este item, conseguiram identificar como teoria o “Eletromagnetismo”, mesmo por se tratar de algo um pouco mais abrangente 11 não conseguiram escrever a teoria envolvida no experimento.



No item Princípios nenhum aluno conseguiu identificar pelo menos um princípio relacionado à atividade, a maioria confundiu este colocando conceitos ou repetindo a questão foco.

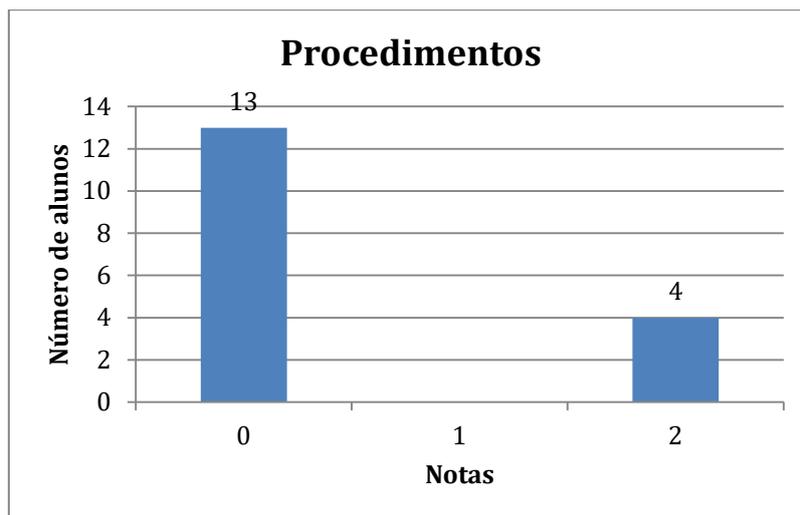


Nos Conceitos 17 alunos conseguiram escrever pelo menos um conceito relacionado com a atividade experimental, e que tivesse relação com a Questão-foco e o procedimento.



Observa-se que na ala conceitual os alunos se confundiram com os itens e apresentaram dificuldades em preenchê-los, encontraram dificuldades em compreender a diferença entre teoria, princípios e conceitos.

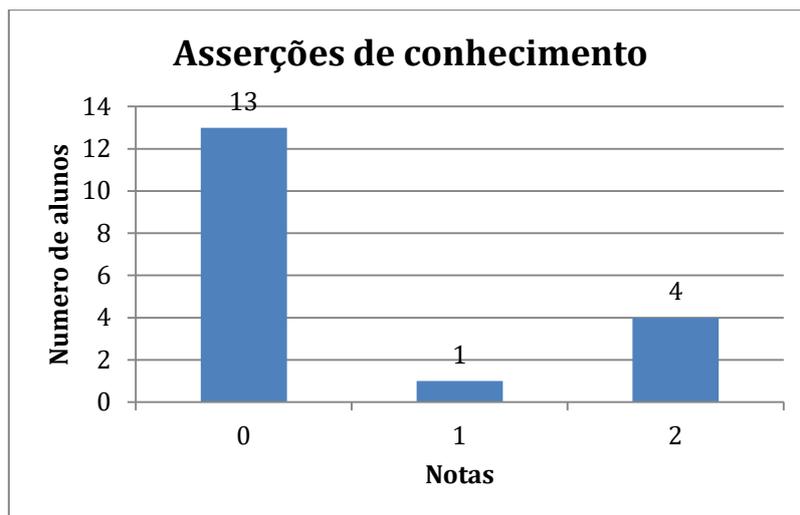
Também não conseguiram descrever corretamente os procedimentos feitos na atividade. Na descrição dos Procedimentos, 13 alunos não conseguiram fazer uma descrição dos procedimentos adotados, mas conseguiram identificar os objetos, e apenas 4 conseguiram fazer uma descrição consistente com a questão-foco.



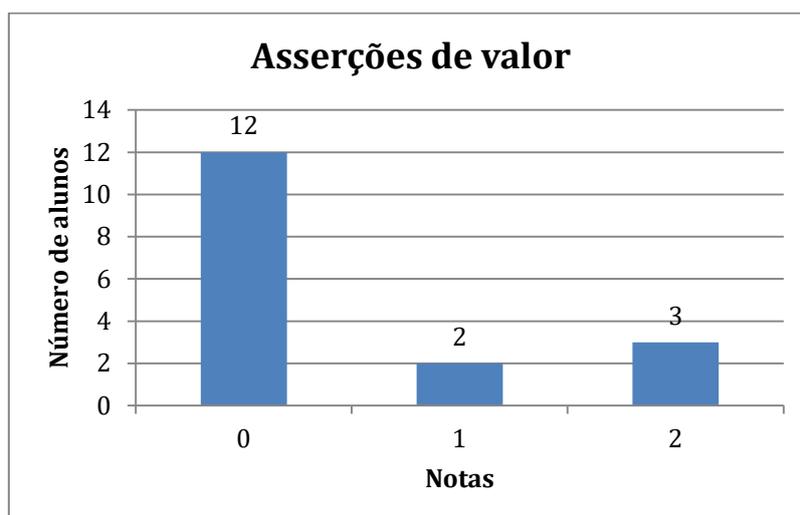
Na ala metodológica no item Resultados e Registros, 9 alunos não conseguiram descrever algum resultado e 8 conseguiram fazer registros ligados ao procedimento e consistentes com a questão foco.



No item Aserções de conhecimento, 13 alunos não conseguiram identificar nenhum resultado, 1 conseguiu identificar mas sem relação com a Questão-foco e/ou o procedimento e 4 conseguiram identificar algum resultado que tivesse relação com a questão foco e/ou o procedimento.



No item asserções de valor 12 alunos não escreveram nenhuma asserção de valor, 2 escreveram, mas inconsistente com a questão foco e 3 escreveram conclusões derivadas dos registros e resultados.



Considerando os dados observa-se um desempenho insatisfatório, nos diagramas nota-se que os alunos apresentam muita dificuldade em escrever, confundiram-se ou não entenderam o que deveria ter sido anotado em cada item, muitos deixaram itens do diagrama sem preencher ou incompletos, não conseguiram escrever um raciocínio completo ou não tiveram a preocupação em concluir a frase.

Mendonça, Cordeiro e Kiill (2014) destacam que uma porção do conhecimento deve incluir os elementos de Vê e revelar como estes se relacionam entre si, de forma coerente, compreensiva e significativa, caso um elemento seja elaborado, pode-se dizer que o conhecimento produzido ocorreu com falhas, e pode ser percebido quando os conceitos-chave ou os princípios são omitidos, os registros não estão ligados claramente

aos acontecimentos e aos objetos, os princípios e teorias não estão estabelecidos ou implícitos e os juízos cognitivos ligam-se de forma ambígua aos registros, aos princípios e aos demais elementos do lado esquerdo do Vê.

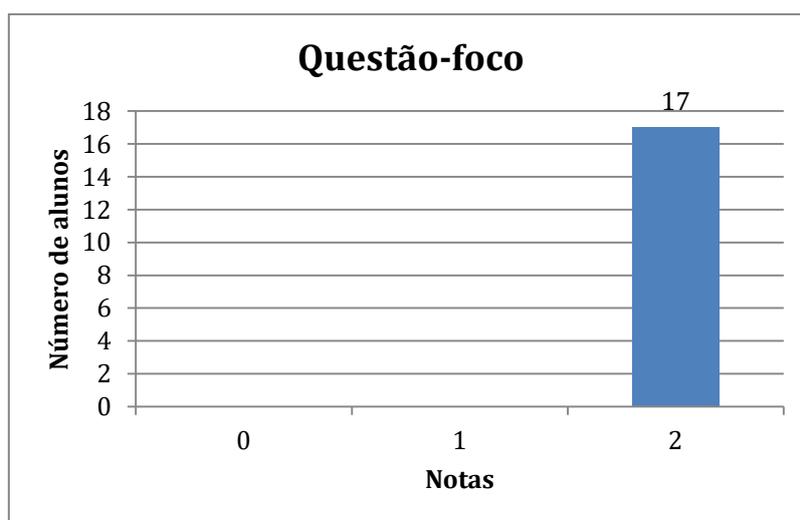
Por outro lado pode-se considerar que foi benéfico, pois tiveram a oportunidade de desenvolver a técnica de construção do diagrama. Os alunos tiveram a oportunidade de observar na atividade experimental os efeitos de um campo elétrico, ao aproximar o braço da cúpula do gerador observaram os pelos arrepiar e também sentiram uma sensação diferente na pele devido à indução, conseguiram observar que quando o campo é suficientemente grande ocorre à liberação de descargas elétricas, e também puderam ver e sentir pequenas descargas elétricas.

Com este tipo de atividade nota-se a grande dificuldade dos alunos em colocar no papel suas ideias ou descrever algum fenômeno observado, atividades como essa é de fundamental importância ser trabalhado com alunos, porque possibilita ao aluno desenvolver o hábito da escrita e a relacionar seus conhecimentos com os conhecimentos que pretendem aprender.

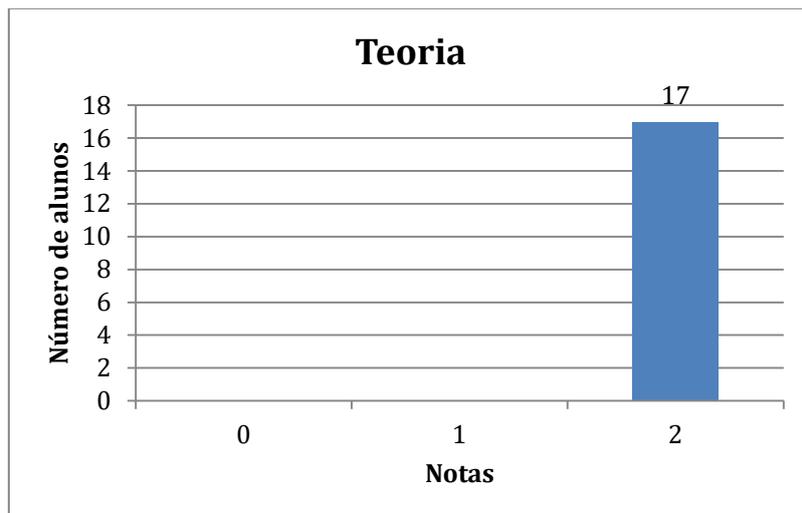
#### 4.2.2 Atividade experimental 2

Todos os alunos conseguiram elaborar uma Questão-foco que abordasse o domínio conceitual e que estivesse relacionado com o Procedimento.

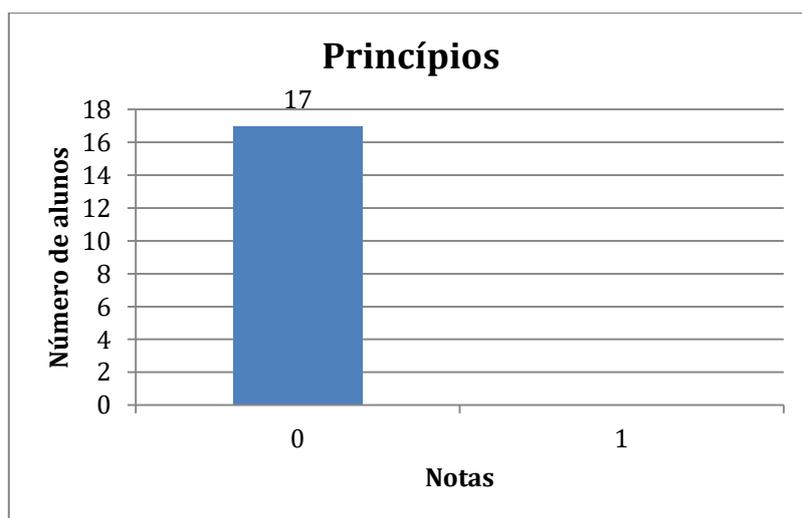
Todos escreveram a mesma questão-foco, “Como se comportam os corpos carregados eletricamente?” ou “Como se comportam os corpos eletrizados?”.



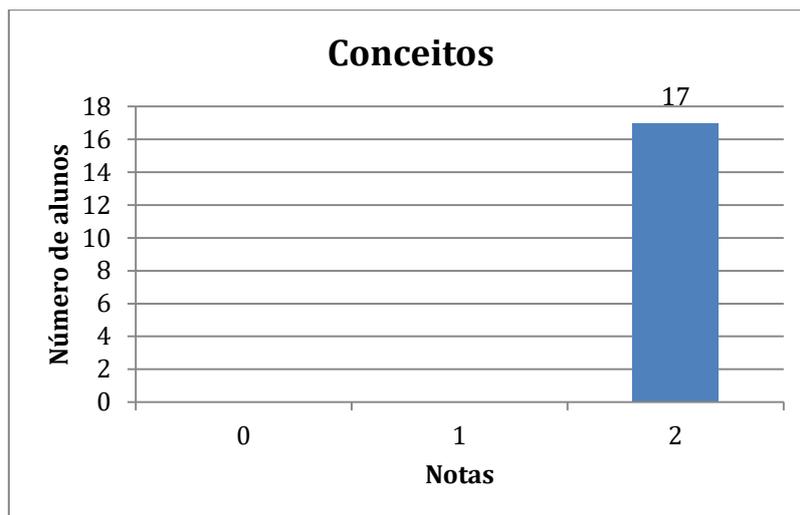
No item Teoria, todos conseguiram preencher este item e todos identificaram a “Eletroestática” como teoria.



No item Princípios os alunos ainda não conseguiram compreender o que são princípios.

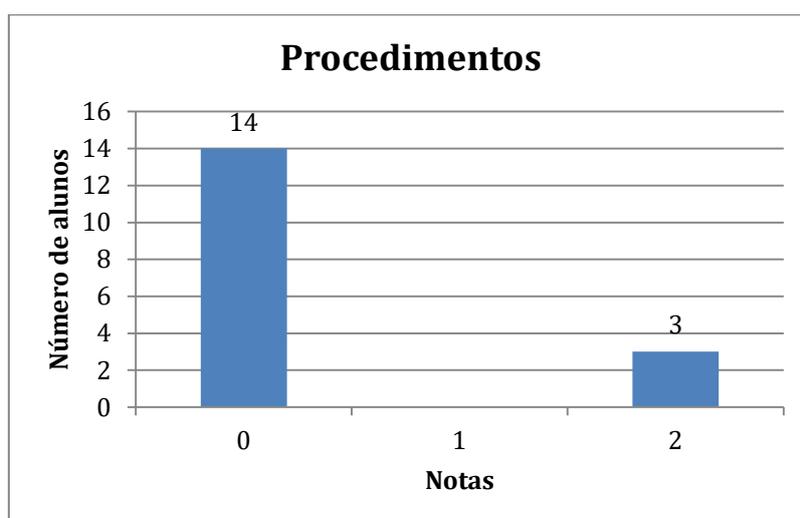


Nos Conceitos todos os alunos conseguiram escrever algum conceito relacionado com a atividade experimental, e que tivesse relação com a Questão-foco e o procedimento.

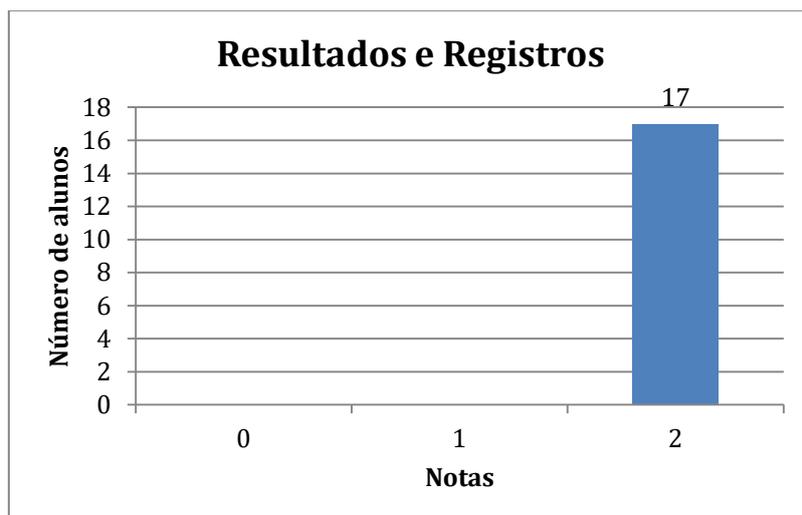


No domínio conceitual os alunos conseguiram evoluir apesar da dificuldade em escrever, o item princípios ainda não está bem claro, os alunos ainda não conseguiram compreender que os princípios são as relações significativas entre dois ou mais conceitos, que guiam a compreensão da ação significativa que ocorrem nos acontecimentos. Neste caso poderiam ter escrito que corpos carregados cargas com sinais iguais se repelem e carregados com cargas de sinais diferentes se atraem, porém pode-se considerar que houve avanço, pois os alunos conseguiram identificar a diferença entre teoria e conceito.

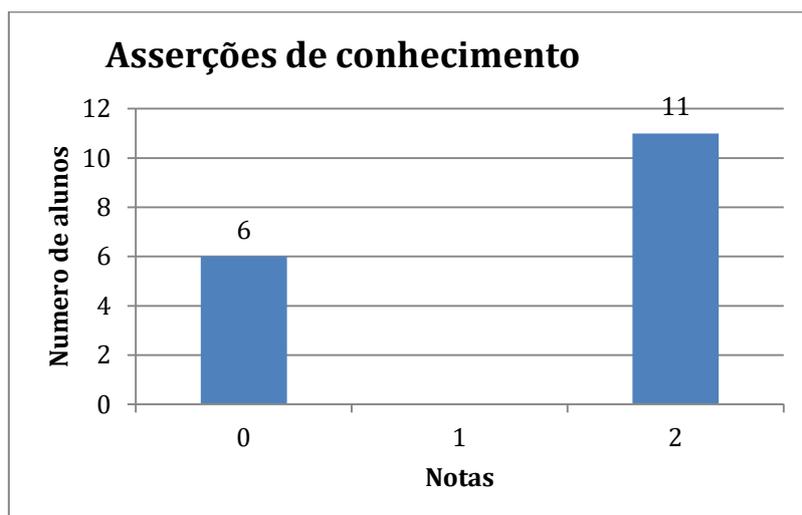
Em relação à descrição dos procedimentos 3 alunos conseguiram descrever parcialmente os procedimentos feitos na atividade, 14 alunos somente listaram o material utilizado.



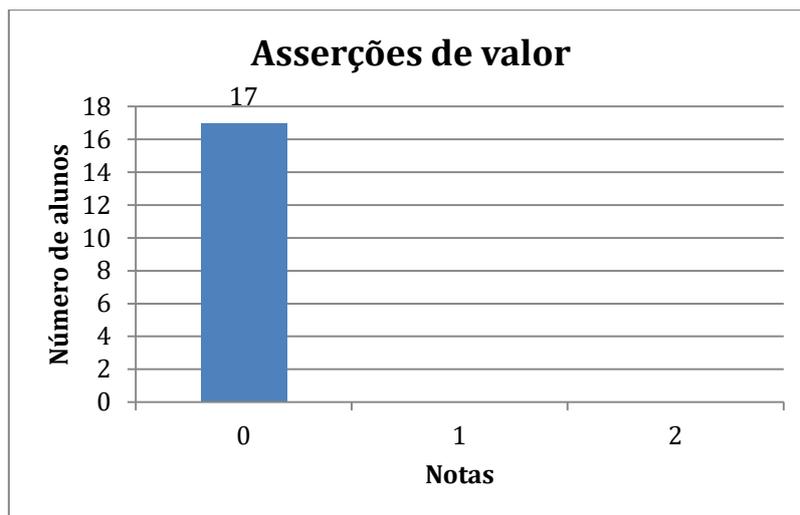
No item Resultados e Registros todos os alunos conseguiram registrar o resultado do procedimento consistente com a questão foco.



No item Asserções de conhecimento 6 alunos não conseguiram identificar nenhum resultado, 11 conseguiram identificar algum resultado que tivesse relação com a questão foco e/ou o procedimento.



No item Asserções de valor os alunos não conseguiram escrever nenhuma asserção de valor.



Mesmo os dados apresentando que houve um desempenho melhor, os alunos ainda apresentam muita dificuldade em escrever suas respostas, de modo geral a grande maioria dos alunos resumiu suas respostas em poucas palavras, deixaram frases incompletas, e muitos ainda buscaram com o professor, qual resposta que deveriam colocar ou copiaram dos colegas.

Este tipo de atividade requer mais tempo para que o aluno consiga desenvolver as habilidades necessárias, pois método tradicional ainda é muito forte e os processos de mudança requerem tempo, lembrando que os alunos estão acostumados a receber as respostas prontas e qualquer processo de mudança é difícil e pode receber rejeição. O Diagrama V se apresentou útil para atividades experimentais, deu ao aluno direcionamento na realização das atividades experimentais, apesar dos alunos não terem conseguido preencher todos os itens do Diagrama V.

Novak e Gwin (1996) comentam que orientar a aprendizagem não é uma tarefa fácil, quando a intenção é que se aprenda sobre o conhecimento, e orientam que os trabalhos com o “Vê” sejam introduzidos primeiro os conceitos, objetos e acontecimentos de forma utilizar acontecimentos familiares para ilustrar, seguido das ideias de registros e questão foco e transformações e asserções de conhecimento (juízos cognitivos), porém destaca que muitas vezes os alunos não estão esclarecidos dos princípios que poderão guiar as atividades, sendo difícil se não estiver suficiente familiarizado com a disciplina. Também deve-se dar atenção as asserções de valor, pois tem um componente afetivo e sentimental conforme valores e conhecimentos de cada um, esses sentimentos podem ser positivos ou negativos e dão respostas acerca dos conhecimentos.

Sabe-se que cada indivíduo é único e tem seu ritmo, seu tempo para aprender, e cabe ao professor respeitar essa diferença, uma alternativa foi o desenvolvimento das atividades de forma colaborativa aonde os alunos tinham liberdade de discutir o assunto, trocar suas ideias, procurando sanar as dificuldades dos alunos que precisam de um tempo maior para ter clareza sobre as atividades propostas.

Tradicionalmente os alunos recebem os roteiros e reproduzem atividades sem relacionar teoria e prática, fazem a leitura do roteiro durante a execução da atividade, sem fazer uma reflexão. Para utilização dessa ferramenta é importante a ligação entre a aula teórica e aula experimental o que pode revelar ao aluno a ligação entre o Pensar e Fazer, lados do Vê de Gowin. Numa interação contínua entre os lados, o aluno tem a possibilidade de fazer a ligação entre a teoria que aprendeu com os fenômenos observados.

Essa experiência nova levou os alunos a pensar antes e durante a realização da atividade, o diagrama V usado como instrumento de avaliação foi fundamental para articulação da teoria com a prática que possibilitou ao aluno procurar fazer a relação entre a teoria e a prática desenvolvidas nas etapas 1 e 2 da proposta, etapa 1 a parte conceitual e etapa 2 as atividades experimentais.

Com uso da proposta metodológica é necessário que o aluno faça uma reflexão sobre as etapas anteriores, e faça também uma leitura antes da execução da atividade experimental, pois é necessária reflexão para definir os itens do Diagrama V que são necessários durante a execução da atividade experimental, para coleta e registros de dados, e concluir sobre a relevância do experimento.

Sendo a primeira vez que esses estudantes trabalharam com o Diagrama V, é importante salientar que a utilização mais frequente do Vê deve permitir um melhor aproveitamento do seu potencial, pois é necessária a familiarização como recurso. São comuns as dificuldades encontradas nas primeiras vezes quando utilizado em atividade experimental, à medida que se utiliza o conhecimento este será construído e aperfeiçoado.

Considerando assim observa-se um avanço no aprendizado dos alunos, mas para que haja mais avanços significativos é de fundamental importância que se tenha um trabalho contínuo com o diagrama V e outros mecanismos para que os alunos não apresentem tantas dificuldades ao contato com novas metodologias, e também é importante que sejam trabalhadas atividades que desenvolvam o hábito da escrita.

A ferramenta é eficiente e os alunos tiveram a oportunidade de trabalhar com uma metodologia diferente da usual, o fato de terem construído apenas quatro diagramas possivelmente influenciou no desempenho dos alunos. Fazendo uso contínuo torna-se uma ferramenta com grande potencial no processo de aprendizagem de Física, o aluno terá a oportunidade de desenvolver a técnica, incentivando-o a escrever, observar com criticidade, colocar no papel suas ideias de forma clara e relacionar seus conhecimentos pré-existentes com novos conhecimentos.

#### *4.2.3 O Gerador de Van De Graaff na atividade experimental*

O Gerador de Van de Graaff utilizado ao produzir altas voltagens, provoca a separação de cargas elétricas através do atrito, depois de carregada a esfera condutora, podem ocorrer descargas elétricas entre o bastão de indução ou braço (utilizado pelos alunos), devido à ionização das moléculas de ar sob a presença de um campo elétrico elevado, este fenômeno é conhecido como quebra da rigidez dielétrica do ar.

Nesta atividade observa-se o entusiasmo dos alunos, ao realizaram a prática experimental, aproximando o bastão de teste da esfera condutora eletrizada ou o próprio braço, provocando a formação de descargas elétricas, pequenas faíscas, basicamente foi uma apresentação do Gerador de Van de Graaff e seu funcionamento básico.

Após o manuseio do material pelos alunos, houve a explicação do fenômeno de eletrização e descarga, com a utilização de conceitos sobre eletrização, campo elétrico, carga, condutores e isolantes, introduzidos na primeira etapa da proposta. A realização da atividade experimental com o uso do Gerador de Van De Graaff possibilitou a validar os conceitos trabalhados em sala e relacionar o fenômeno observado com fenômenos do cotidiano como a formação de raios na natureza e, os cabelos arrepiados após pentear os cabelos em dias muito secos.

A realização da atividade experimental, bem como a explicação do funcionamento do Gerador de Van De Graaff, facilitou a abordagem de conceitos de eletrostática de forma mais motivadora e interativa, importantes para a construção da aprendizagem significativa.

Conforme Santos et al.(2015):

A utilização de experimentos para o ensino da física cria uma nova possibilidade de aprendizado, uma vez que a física experimental permitirá o contato direto do aluno com novos conceitos e auxiliará o seu entendimento, o mesmo aluno que aprende com essa nova metodologia levantará questões que tornam interessante o aprendizado, criando um processo

diferenciado daquele simples contato com o conteúdo teórico da disciplina e sem interdependência com a realidade. (Santos et al.,2015, p.8)

Com a utilização de outros materiais como papel alumínio, papel picado, eletroscópio, bastão de teste e uma tachinha, associando esses materiais à atividades com a utilização do uso Gerador de Van De Graaff, foi possível demonstrar como se comportam corpos carregados. Nestas atividades foi possível discutir os princípios de atração e repulsão, linhas de campo e direção do campo elétrico ao redor da esfera, tipos de eletrização (por atrito, contato e indução), e também o funcionamento do eletroscópio.

De forma contextualizada os experimentos com o Gerador de Van De Graaff propiciaram a aprendizagem dos conceitos relativos à eletrostática. A metodologia proposta, além de motivar os alunos, facilitou a compreensão de conceitos de eletrostática.

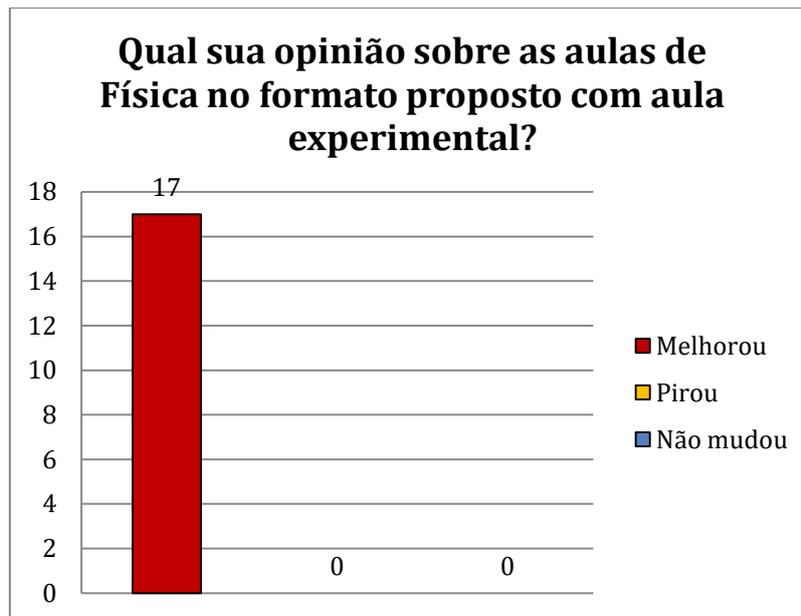
Com isso observa-se a importância de atividades experimentais para a aprendizagem e a superação de dificuldades para compreensão de alguns fenômenos eletrostáticos.

### **4.3 Análise dos resultados da etapa III**

O questionário de opinião proposto na terceira etapa, com objetivo analisar pontos que poderiam ser melhorados na proposta, dificuldades encontradas.

Questionário III – Dados obtidos

	Melhorou	Piorou	Não mudou
01) Qual sua opinião sobre as aulas de Física no formato proposto com aula experimental?	17		



Conforme observado nas respostas dos alunos, houve mudança em relação ao comportamento dos alunos, os alunos tiveram maior interesse pelas aulas de Física, logo a proposta metodológica com aulas experimentais obteve maior aceitação, os alunos observaram que de alguma maneira a proposta motivou seu interesse nas aulas de Física.

Respostas dos alunos:

Aluno 1: - *Acho melhores. Porque ajuda a entender melhor.*

Aluno 4: - *Estão sendo bem produtivas, quando os alunos interagem fica mais fácil.*

Aluno 6: - *Melhores, porque a Física já é difícil de entender porém com essas aulas experimentais, diminui um pouco essa dificuldade.*

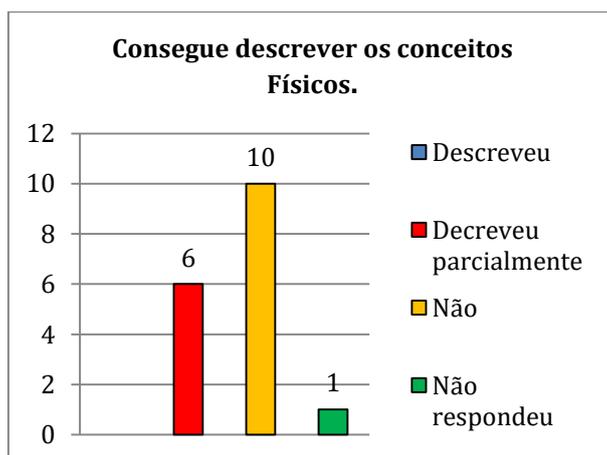
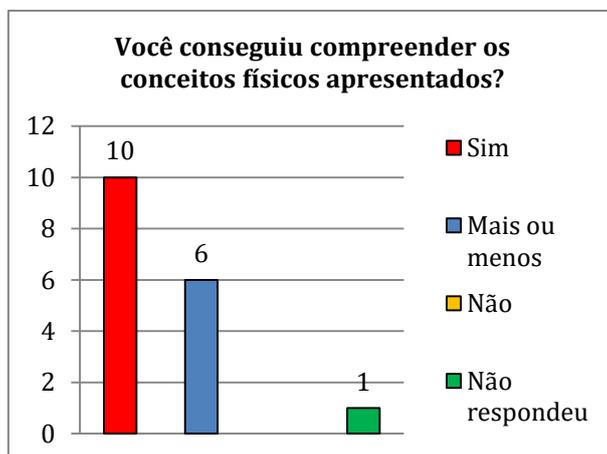
Aluno 12: - *Estão sendo produtivas e quando é aula experimental tem mais interação entre os alunos.*

Aluno 15: - *Ótimo! Pois assim desperta curiosidade e torna as aulas mais interessantes e mais produtivas.*

Aluno 19: - *Interessante, pois com as aulas experimentais fica fácil de entender o conteúdo proposto.*

Aluno 22: - *Em minha opinião está sendo ótima, pois assim não ficamos apenas com teorias e cálculos.*

	Sim	Não	Mais ou menos	Não respondeu
02) Você conseguiu compreender os conceitos físicos apresentados?	10		6	1
Consegue descrevê-los?		10	6	1



E evidente o fato dos alunos conseguirem observar os fenômenos, e tiveram a oportunidade de fazer a relação dos conceitos com situações do cotidiano.

Respostas dos alunos:

Aluno 1: - *Sim. Gerador de Van De Graaff. Por exemplo.*

Aluno 4: - *Campo, uma área que é influenciada por alguma coisa.*

Aluno 6: - *Não respondeu.*

Aluno 12: - *Poucos. Carga é a propriedade intrínseca da matéria.*

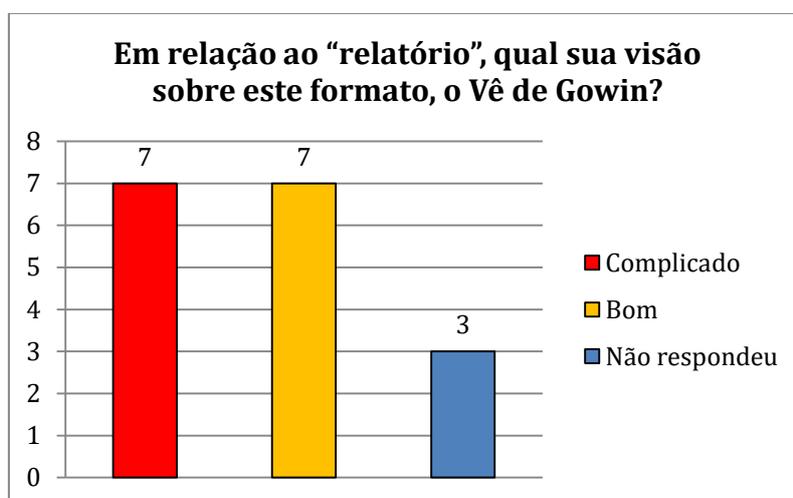
Aluno 15: - *Mais ou menos, posso citar o Gerador De Van De Graaff que é muito interessante e mostra como as cargas se comportam.*

Aluno 19: - *Sim, campo eletromagnético.*

Aluno 22: - *Sim. Campo elétrico e magnético, atração e repulsão, cargas.*

Mas podemos notar a grande dificuldade em escrever, expor suas ideias e observações, sendo necessário trabalhar muito a habilidade de escrever, relatar, descrever e também trabalhar mais os conceitos.

	Complicado	Bom	Não respondeu
03) Em relação ao “relatório”, qual sua visão sobre este formato, o Vê de Gowin?	7	7	3



Mesmo encontrando algumas dificuldades em preencher os itens do Diagrama V pelo fato de ser algo novo, a atividade foi bem aceita, e com a utilização mais frequente do Diagrama V os alunos terão a possibilidade de desenvolver melhor a técnica.

Respostas dos alunos:

Aluno 1: - *Sim. É complicado, tanto para entender quanto para fazer.*

Aluno 4: - *Acho interessante, pois é menos complexos e da pra entender.*

Aluno 6: - *Complicado de entender e de fazer também.*

Aluno 12: - *Eu acho um pouco complicado mas é melhor que prova.*

Aluno 15: - *Interessante, mas é difícil para relatar, porque alguns aspectos, me confunde na hora de relatar.*

Aluno 19: - *Fica mais fácil de relatar e expressar o que você entendeu.*

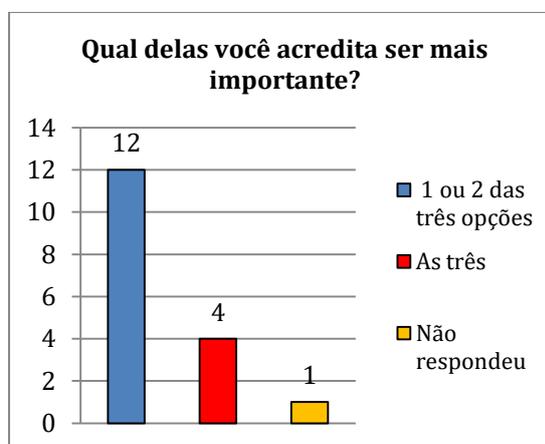
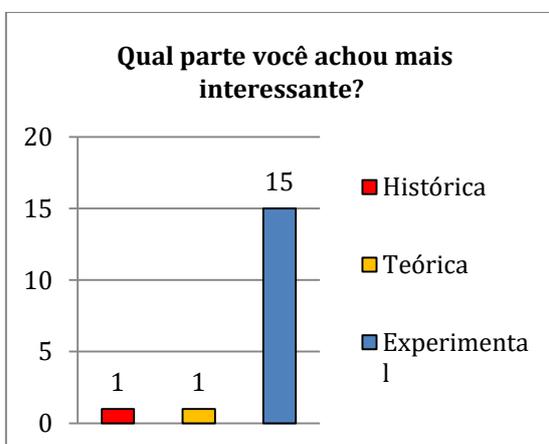
Aluno 22: - *Bom. Pois fica mais explicado o objetivo.*

Como descrito anteriormente para sanar a dificuldade encontrada pelos alunos é possível desenvolver mais atividades com o mecanismo para que os alunos fiquem mais

familiarizados com as etapas do diagrama, talvez adequar alguns dos itens com uma linguagem mais clara para que o aluno entenda poderia ser uma solução.

	Histórica	Teórica	Experimental
04) A proposta foi desenvolvida em três partes, histórica, conteúdo específico de física e experimental. a) Qual delas você achou mais interessante?	1	1	15

	1 ou 2 das três opções	As três	Não respondeu
b) Qual delas você mais considera a mais importante? Por quê?	12	4	1



Pelo simples fato de ser mais atrativa, os alunos depositam suas expectativas em aulas experimentais, pois despertam sua curiosidade e interesse, e acreditam que a atividade experimental tem papel fundamental para as aulas de Física.

Respostas dos alunos:

Aluno 1:

a) - *Experimental é melhor. Porque visualizamos bem.*

b) - *Experimental. Porque aprendemos o que não sabíamos.*

Aluno 4:

a) - *Experimental, porque é mais fácil de entender.*

b) - *Experimental, porque quando da pra ver, é melhor pra entender.*

Aluno 6:

a) - *Experimental porque a prática é melhor.*

b) - *Experimental. Porque descobrimos coisa que nem sabíamos.*

Aluno 12:

- a) - Experimental, pois consigo entender mais.
- b) – Experimental, pois nós nos sentimos mais próximos da Física.

Aluno 15:

a) - *Experimental, porque através dela aprendemos com facilidade e torna a aula mais produtiva e bem mais interessante.*

b) - *Cada uma tem sua importância significativa, mas para mim o que mais se destaca sem dúvida é a experimental pois com ela despertamos curiosidade em saber como funciona e pra que serve..*

Aluno 19:

a) - *A experimental, pelo resultado das experiências.*

b) – Teórica, pois sem a teoria a prática não tem nem um sentido.

Aluno 22:

a) - *Histórica, pois gosto de saber quando, onde e porque é feito.*

b) - *Conteúdos de Física, porque são as que mais caem no Enem, vestibulares e concursos.*

É unânime que os alunos sempre vão preferir atividades experimentais, pois são mais motivadoras, é mais interessante ver os fenômenos no laboratório, porém buscar compreendê-los também é de fundamental importância, e cabe ao professor adequar uma metodologia eficaz que apresenta a Física como um todo, desde o processo histórico do desenvolvimento da teoria, o tratamento matemático até os fenômenos naturais.

Lembrando que ao usar experimentação como estratégia é uma possibilidade de promover o apreço pela Física, de forma dinâmica e atrativa, porém nem todas as atividades devem ser agradáveis e prazerosas e a motivação deve ser complementada com estratégias que promovam a aprendizagem.

	Sim	Não	Não respondeu
05) Comparando a proposta com o modelo tradicional de aula, você observou algum avanço para o processo de ensino e aprendizagem?	16		1



Durante o desenvolvimento das atividades, entre os alunos que participaram das atividades, pode-se observar o desempenho dos alunos em resolver as atividades propostas.

Respostas dos alunos:

Aluno 1: - *Sim. Sem nenhuma dúvida, aula prática é mais aproveitada, muitos cálculos e provas não aprendemos muito.*

Aluno 4: - *Sim. Porque os alunos se interessam mais na prática do que na teoria.*

Aluno 6: - *Sem nenhuma dúvida, a aula com prática é bem mais proveitosa, na minha opinião não há aprendizagem em uma aula que é só teoria, cálculos e prova. A prática é necessária para o entendimento.*

Aluno 12: - *Sim, pois quando são aulas práticas os alunos se interessam mais.*

Aluno 15: - *Sim! O modelo tradicional faz com que a aula fique carregada, fique chata! E não desperta nenhuma vontade ou curiosidade em aprender! Enquanto o modelo proposto tem gerado pontos positivos, tornando a aula legal.*

Aluno 19: - *Sim, todos os alunos conseguem caminhar juntos, todos entenderam e conseguiram explicar usando o Vê de Gowin.*

Aluno 22: - *Sim.*

Na avaliação final da proposta, observa-se que os alunos encontraram avanços, e comparado aos modelos tradicionais de ensino, foi mais dinâmica e interativa, bem mais interessante. A motivação pode ser usada em favor para que o aluno tenha mais prazer em aprender Física, mas deve-se destacar que a atividade experimental deve ser

realizada em uma base conceitual, cabe ao professor fazer a interação entre a prática experimental e conhecimento de eletrostática.

Segundo Moreira e Masini (2006), David Ausubel argumenta que a aprendizagem de um material potencialmente significativo é um mecanismo humano para adquirir e reter ideias e informações de um corpo de conhecimentos. A posse de habilidades que tornam possível a aquisição, retenção e aparecimento de conceitos na estrutura cognitiva, é que capacitará o aprendiz a adquirir significados.

## Capítulo 5

### Conclusão

Na primeira parte do projeto, apesar das dificuldades encontradas, a construção do gerador foi concluída com sucesso. Na segunda parte, o desenvolvimento metodológico para aulas experimentais com a utilização do gerador, o trabalho com o Vê de Gowin, percebe-se a dificuldade dos alunos em preencher o diagrama V modificado, que pode ser superada com o uso frequente. Nota-se que o Diagrama V é diferente do usual, porém mais interessante que os relatórios tradicionais, e atua como um guia para explicitar a relação entre teoria e prática, exigindo do aluno a necessidade de refletir para preencher todas as partes do Diagrama.

O trabalho em grupo viabilizou a interação entre os alunos, permitindo associar significados, a atividade participativa pode auxiliar na aprendizagem significativa, sendo favorável para que o aluno apresente pré-disposição em aprender.

A aula experimental de eletrostática foi motivadora e evita problemas de falta de atenção e interesse, além de possibilitar o questionamento para que o aluno compreenda o fenômeno. Mas nos momentos onde havia a necessidade de um esclarecimento teórico, observou-se a dispersão de alguns alunos.

O Gerador de Van De Graaff serviu para seu propósito, com ele foi possível desenvolver as atividades propostas elucidando fenômenos relacionados à eletrostática. A interação com o Gerador De Van De Graaff despertou o interesse dos alunos pela aula, e propiciou aos alunos observar como se comporta um corpo carregado. Além disso, puderam sentir, ver e compreender fenômenos físicos presentes no cotidiano, tendo a oportunidade de anotar os resultados, fazer observações e relacioná-las com os conceitos aprendidos.

Acredita-se que esta proposta pode ser considerada como mais uma ferramenta facilitadora da aprendizagem, visto a necessidade de se trabalhar com atividades diferenciadas e em ambientes diferenciados, conforme a necessidade e disponibilidade de cada escola, para buscar formas criativas e estimuladoras que facilitem a aprendizagem.

Obter conclusões quando se trata de temas tão complexos como o ensino-aprendizagem, não é uma coisa simples. As aulas experimentais com o uso do Gerador de Van de Graaff despertaram o interesse do aluno e indicaram uma melhoria na aprendizagem dos alunos, mas nos resultados ainda há indícios de falhas na

aprendizagem, pois não foram preenchidos todos os itens do Diagrama V. Diante do desenvolvimento da proposta didática acredita-se que o material apresenta características potencialmente significativas.

## Referências Bibliográficas

ASSIS, A. K. T. . **Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade**. Montreal: Apeiron, 2010. v. 1.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+)** - Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002. p.59-86

FONSECA, LEONARDO. **Ano Internacional da Física: Uma Longa Caminhada**. Disponível em < <http://www.observatorio.ufmg.br/pas61.htm>>. Acesso em: 10/06/2015.

GIORDAN, MARCELO. **O papel da Experimentação no ensino de ciências**. In: Química nova na escola. n. 10, novembro 1999. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>>. Acesso em: 02 de março de 2015.

GLEISER, MARCELO. **Por que ensinar Física?**. In: Física na Escola, v. 1, n. 1, 2000. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol1/Num1/artigo1.pdf>>. Acesso em: 06 abril de 2015.

GRAÇA, CLÁUDIO. **Eletromagnetismo. Série Didática, Física 3**. Santa Maria- RS, UFSM, 2012. Cap. 01-04, p. 01-102.

HALLIDAY, DAVID; RESNICK, ROBERT. **Carga e Matéria, O Campo Elétrico, A Lei de Gauss**. In: Física 3. 4ª Ed. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1984. Cap. 26-28, p. 01-59.

MENDONÇA, MARIA DO CARMO NUNES FERRAZ. **A História da Electricidade no século XVII e o Ensino da Física**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra, 2007.

MENDONÇA, MARIA FERNANDA; CORDEIRO, M.R.; Kiill, K. B.. **Uso de Diagrama V modificado como relatório em aulas teórico-práticas de Química geral**. Química Nova, vol. 37, Nº 7, 1249-1256, 2014. Disponível em:

<[http://quimicanova.s bq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=239](http://quimicanova.s bq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=239)>. Acesso em: 08 de agosto de 2016.

MOREIRA, MARCO ANTONIO; MASINI, ELCIE F. SALZAMO. **Aprendizagem significativa: a teoria de Davi Ausubel**. 2ª Ed. São Paulo: Centauro, 2006.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Texto em português e espanhol em direções opostas. Porto Alegre-RS. Impressos Portão Ltda.2005. p. 13-17

MOREIRA, M.A. Diagramas V e aprendizagem Significativa. In: Moreira, M.A. **Subsídios para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: Mapas conceituais, Diagramas V e Organizadores prévios**. Porto Alegre, RS: Instituto de Física, UFRGS, 2009. 1ª Ed. P. 18-27. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios3.pdf>>. Acesso em: 08 de agosto de 2016.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. **Pesquisa em Ensino: Métodos qualitativos**. In: Metodologias de pesquisa em Ensino. 1ª Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011. Cap. II, p. 73-116.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU,1999. Cap 10, p. 151-165

NOVAK, JOSEPH D. GOWIN, D. BOB. **Aprender a Aprender**. 1ª Ed. Lisboa: Plátamo Edições Técnicas, 1996.

PINHO ALVES, JOSÉ F., **Regras da transposição didática aplicada ao laboratório didático**. In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17, n. 2, ago. 2000. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/9064/9118>>. Acesso em: 14 de maio de 2015.

PRADO, RAMON TEODORO DO. **Utilização do diagrama V em atividades experimentais de Física em sala de aula de ensino médio**. Dissertação (Mestrado

Nacional Profissional em Ensino de Física – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física- Instituto de Física- UFES), Vitória, 2015. Disponível em: <[http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/4802/1/tese\\_9519\\_Dissertac%3Fa%3Fo-RamonTeodoro-Polo12-UFES%20%282%29.pdf](http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/4802/1/tese_9519_Dissertac%3Fa%3Fo-RamonTeodoro-Polo12-UFES%20%282%29.pdf)>. Acesso em: 13 de novembro de 2016.

ROSA, CLECI T. WERNER DA; ROSA, ÁLVARO BECKER DA. **Aulas experimentais na perspectiva construtivista: proposta de organização do roteiro para aulas de física.** In: Física na escola, v. 13, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol13/Num1/a02.pdf>>. Acesso em: 06 abril 2015.

SANTOS, MÍRIAN STASSUN DOS; SILVA, GABRIEL SOUZA DA; CRUS, ANDRÉ FELIPE SOUZA DA; et al. **Análise da aplicabilidade do Gerador de Van De Graaff no ensino de ciências na região do Lago Tucuruí.** Latin American Journal Of Science Education, 2015. Disponível em: <[http://www.lajse.org/may15/12094\\_Souza.pdf](http://www.lajse.org/may15/12094_Souza.pdf)>. Acesso em: 03 de julho de 2017.

## Apêndice

### 1 Construção do Gerador de Van de Graaff

Basicamente é constituído por um motor, uma correia de borracha (isolante), duas escovas de cobre, uma semiesfera oca de metal, dois roletes um de metal e outro de plástico, uma coluna de apoio para o corpo e uma base. Ao unir todas as peças o gerador fica conforme a foto.



Foto I – Gerador de Van de Graaff

Fonte próprio autor

#### 1.1 Principais materiais



Foto II - Roletes e eixos



Foto III - Cúpula



Foto IV – Correias



Foto V - Escovas



Foto VI – Mancais



Foto VII - Polia



Foto VIII - Corpo



Foto IX - Motor e base de madeira

Fonte próprio autor

Na montagem do gerador alguns materiais foram de difíceis de encontrar, sendo que a opção foi adquirir fora da cidade de Rondonópolis, como cúpula (semiesfera oca) foi usada uma forma de alumínio com formato esférico e 20cm de diâmetro, que foi comprada em uma loja virtual que vende utensílios para artesanato, a correia de 5 cm de largura por aproximadamente 50cm de comprimento, foi usada uma correia velha de um Gerador de Van De Graaff mas pode ser substituída por uma faixas elástica mini bands que funcionou muito bem, a sugestão é usar a mais resistente, são vendidas em um kit com três, estas faixas podem ser encontradas em lojas de materiais esportivos.

Para coluna de apoio foi utilizado aproximadamente 50cm de tubo soldável 110mm, que é encontrado em lojas de hidráulica ou materiais de construção, o motor de máquina de costura foi adquirido em uma loja que vende e conserta máquinas de

costura e o dimmer de ventilador de teto foi comprado em uma loja de eletrônica, para fazer as escovas foi utilizado um pedaço de cabo de cobre 8 mm.

Os roletes, eixos, suportes para os eixos e mancais foram utilizados serviço de usinagem em uma tornearia, o serviço de usinagem foi muito difícil de conseguir, foram pesquisadas muitas tornearias, e somente uma aceitou fazer o trabalho.

Os roletes são cilindros com aproximadamente 4cm de diâmetro por 5,5cm de comprimento com uma abertura central para passar os eixos, deixou-se a região central um pouco mais elevada em relação as extremidades com uma inclinação de aproximadamente 3 a 4 graus, seu formato ficou conforme a figura.



Figura XXI – Formato dos roletes do gerador

Fonte próprio autor

O rolete inferior, feito de technyl, gira sob comando do motor, através de uma pequena correia que liga a polia do motor a outra polia fixa no eixo do rolete, girando livre nos mancais conectados ao cano e ao suporte feito de technyl.

No rolete superior, de alumínio, foram colocados dois rolamentos 12mm, o rolete gira sobre seu eixo, a base é um pedaço de MDF retangular de 30 × 23cm. As duas escovas foram feitas com cabos de cobre.

## 1.2 Montagem

Na base de MDF foi fixado um tarugo de madeira com dimensões 10 × 7 × 2,5cm com dois parafusos em seguida o motor de máquina de costura (110V; 1,0A; 100 W e 7000 rpm) foi parafusado no tarugo conforme a Foto X.



Foto X-Motor e base de madeira  
Fonte próprio autor

O motor foi ligado num dimmer de ventilador de teto para controlar a velocidade do motor.

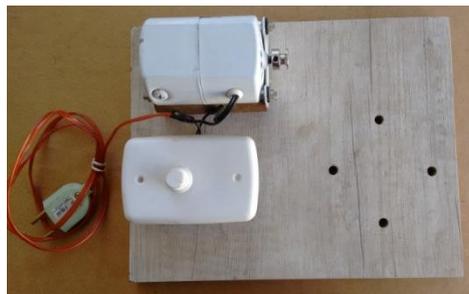


Foto XI - Motor e base de madeira vista superior  
Fonte próprio autor

Na parte da base do cano, foi colocado o suporte dos mancais, os mancais, o rolete de technyl, eixo, polia e correia. Os mancais servem de apoio fixo para os eixos no qual fica o rolete de technyl dotado de movimento giratório, foram feitos de alumínio, em seu interior há um rolamento no qual gira o eixo. O eixo tem 13 cm um pouco maior que o diâmetro do cano, pois na extremidade está fixada uma polia que gira no eixo na qual trabalha a correia de transmissão do movimento, o conjunto transfere o movimento para o eixo inferior. A escova que ficará em contato com a correia ficará presa por um parafuso, conforme foto.

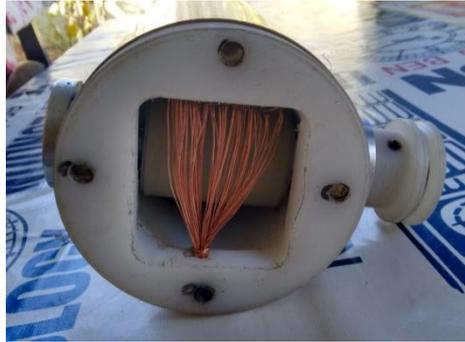


Foto XII – Vista da parte inferior

Fonte próprio autor

Na extremidade superior do cano foi colocado o suporte no qual o eixo é preso por dois parafusos, neste conjunto o eixo é fixo, nos dois extremos do rolete de alumínio tem um rolamento que facilita o movimento do rolete, há dois suportes de apoio da cúpula, cada suporte contém um furo para colocar a escova, escolher qual melhor suporte para fixar a escova, o conjunto deve ficar conforme foto.



Foto XIII – Vista da parte superior

Fonte próprio autor

O cano será fixado no MDF, também com dois parafusos, após colocar a correia que passa pela polia do motor e da polia do eixo do rolete da base, conforme foto:



Foto XIV – Vista da correia do motor

Fonte próprio autor

Colocar a cúpula e o gerador de Van de Graaff está pronto.



Foto XV – Gerador de Van de Graaff

Fonte próprio autor

### *1.3 Funcionamento do Gerador de Van De Graaff*

Ao ligar o motor, devido ao contato do rolete inferior (de technyl) com a tira de borracha por atrito, o cilindro e a correia são eletrizados. Devido ao contato do rolete inferior com a tira de borracha a superfície do rolete captura elétrons da correia, o rolete fica com excesso de elétrons, ou seja, carregado com cargas negativas enquanto a superfície interna da correia de borracha ficará com falta de elétrons, carregada com cargas positivas.



Figura XXII – Atrito do rolete e correia e suas respectivas cargas

(Disponível em:

[http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99\\_Explor\\_Eletrizacao/paginas%20htmls/Van%20de%20Graaff.htm](http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Van%20de%20Graaff.htm))

Pelo fato da correia ter uma área maior que a área do rolete, ao distribuírem-se as cargas, a densidade superficial de cargas no rolete é maior que densidade na correia. Em consequência como o campo elétrico entre o rolete e a escova torna-se mais intenso. O fato da densidade superficial de cargas da face interna da correia ter pouca intensidade pode ser ignorada para as explicações posteriores, basicamente sua função é manter o rolete eletrizado.

Conseqüentemente os elétrons livres das pontas da escova serão repelidos deixando a pontas carregadas com cargas positivas, sendo a densidade de carga elétrica positiva muito intensa na superfície das pontas, as forças elétricas modificam as moléculas do ar imersas no campo, transformando-as em plasma condutor, o ar imerso nesse campo elétrico fica ionizado, devido ao poder das pontas que ao gerar um campo elétrico muito intenso é capaz de arrancar elétrons de moléculas de ar, fazendo surgir nesta região surge uma mistura de íons positivos de moléculas de ar e elétrons livre. Os elétrons serão atraídos pelas pontas positivas e os íons positivos pelo rolete como entre o rolete e as pontas está à correia, os íons se batem na correia e uma grande quantidade adere a sua superfície externa, e com o movimento da correia são levados para a extremidade superior, a correia protege o rolete de modo que ele não perca totalmente sua carga e com o movimento outras partes da correias estão sujeitas ao mesmo processo, mantendo a carga elétrica do cilindro.



Figura XXIII – Os íons positivos são levados para a extremidade superior

Figura: Elaborada pelo autor

A correia carrega as cargas positivas para cima por dentro do cano até a parte superior, as cargas positivas da correia atraem cargas negativas que são expelidas pelas pontas da escova para a correia, ocorrendo o processo contrário ao da parte inferior, o ar imerso no campo e ionização do ar que surge nessa região faz com que os elétrons sejam atraídos pela correia que os absorve deixando-a sem cargas, neutra ela desce iniciando todo o processo.

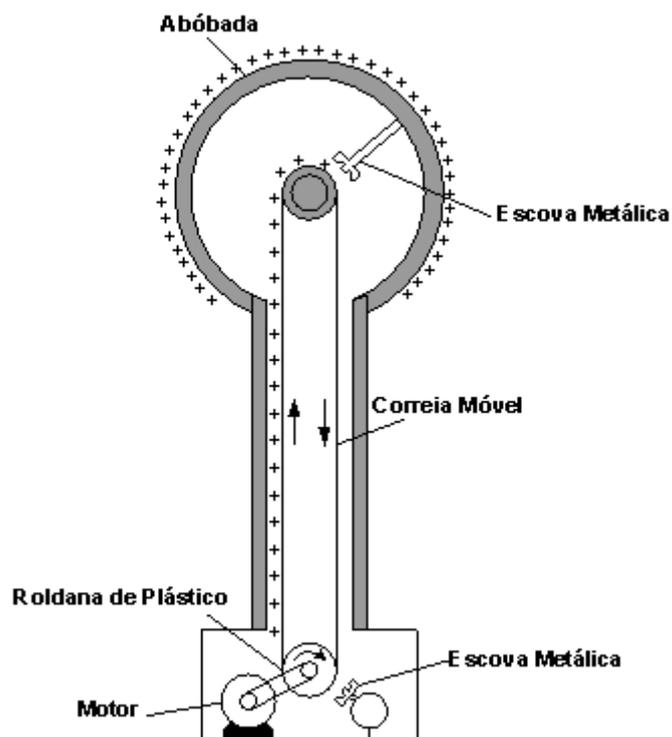


Figura XXIV – Os íons positivos são levados para a extremidade superior

(Disponível em:

<[http://macao.communications.museum/por/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2\\_3\\_7\\_VanGraafGenerator.html](http://macao.communications.museum/por/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2_3_7_VanGraafGenerator.html)>)

A escova superior, por sua vez, está em contato com a parte interna da cúpula, a qual acumula cargas positivas, essas cargas espalham-se pela superfície externa da cúpula, carregando o gerador, é como se toda a carga positiva da correia fosse transferida para a cúpula. O campo elétrico da esfera inicia um processo de ionização do ar, que ao atingir o valor de  $3 \cdot 10^6$  V/m quebra a rigidez dielétrica do ar, limitando o acúmulo de cargas na esfera.

Conforme a equação;

$$V = 3,1 \times 10^6 V/m \times R$$

Sabe-se que o raio da cúpula do gerador é de 0,1 m, e atinge carga máxima aproximada de  $V = 3,1 \times 10^5 V$ , pois o condutor não é perfeitamente esférico.

## 2. Etapas de aplicação do produto educacional

### 2.1 Etapa 1 -

Esta foi destinada a fazer uma análise inicial sobre os conhecimento prévio bem como sua opinião sobre o conhecimento físico, metodologia de ensino e preferência,

bem como introduzir os primeiros passos referentes a utilização do Vê de Gowin, o desenvolvimento da eletrostática na história e o conteúdo específico de Física.

### 2.1.1 Tempo estimado 1 aula

- Conversar com os alunos sobre o trabalho a ser desenvolvido;
- Aplicar o questionário I; → Este visa conhecer os anseios e/ou preferências e/ou opinião do aluno em relação a disciplina de Física.
- Aplicar o questionário II; → Este visa conhecer os conhecimentos prévios do aluno.

#### Questionário I

01	Você gosta das aulas de Física? Acredita que a Física é de alguma maneira relevante para sua vida?
02	Como você descreveria suas aulas?
03	Você consegue compreender bem os conceitos físicos apresentados durante a aula?
04	Caso tenha dificuldades, o que você considera ser um obstáculo para aprender Física?
05	Como você acredita que deveriam ser as aulas de Física?

#### Questionário II

01	O que é carga elétrica?
02	Quais os tipos de carga?
03	O que você entende por carga elementar?
04	Descreva o princípio de atração e repulsão entre cargas elétricas.
05	O que significa eletrizar um corpo?
06	Quais são os processos de eletrização? Descreva-os.
07	O que é campo elétrico?
08	O que você entende por condutores e isolantes?
09	O que é a Lei de Coulomb?
10	Defina linhas de força, ou linhas de campo.

### 2.1.2 Tempo estimado 2 aula

- apresentar o V de Gowin, (explicar que este será utilizado como instrumento de análise e avaliação das atividades desenvolvidas);
- tem como objetivo desenvolver a habilidade de fazer o V;

Metodologia	Atividade	Tempo estimado
-Aula expositiva -Passar um vídeo sobre eletricidade; <b>“De onde vem a energia elétrica”</b> .	Fazer o V de Gowin com os alunos;	55 min.
-Aula expositiva -Passar um vídeo sobre Física; <b>“O que é física completo 02”</b> .	Desenvolver a habilidade de construir o V de Gowin;	55 min.

### 2.1.3 Tempo estimado 1 aula

- Trabalhar com o aluno o como ocorreu o desenvolvimento da eletrostática dentro do contexto histórico marcados na evolução da humanidade bem como sua importância para o desenvolvimento da sociedade.

- Tem como objetivo mostrar ao aluno em que contexto histórico ocorreu as descobertas, discutir quais foram motivações levaram o homem a trilhar este caminho.

Metodologia	Atividade	Tempo estimado
-Aula expositiva	Levar o aluno a refletir sobre em que situações houve a evolução das ciências, procurando identificar motivações que impulsionaram o homem.	55 min.

### 2.1.4 Tempo estimado 2 aula

Como os conteúdos já foram trabalhados durante o primeiro e segundo bimestre, fez-se um apanhado geral em uma aula expositiva sobre os conceitos a serem desenvolvidos para utilização do gerador.

Metodologia	Atividade	Tempo estimado
-Aula expositiva	Fazer uma revisão geral sobre os conceitos trabalhados durante o primeiro e segundo semestre relevantes aos experimentos	Duas aulas de 55 min.

## 2.2 Etapa 2 – Atividade experimental

O aluno terá a possibilidade de observar o campo elétrico gerado entorno da cúpula e discutir sobre o assunto, identificar tipos de carga, observar o funcionamento, discutir sobre os processos de eletrização, entre outras possibilidades.

### 2.2.1 Experimentos com gerador de Van de Graaff

## Atividade 1

### Tempo estimado 1 aula

#### **OBJETIVO:**

Mostrar o comportamento das cargas elétricas (estáticas) na superfície externa de um condutor, descargas elétricas no gerador e atmosféricas.

#### **MATERIAIS**

- Gerador de Van de Graaff;
- Centelhador.

#### **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:**

Com o gerador desligado e aproximar o antebraço da cúpula, sem tocar no gerador. Observe o que ocorre.

Ligar o Gerador de Van de Graaff e aproximar o antebraço da cúpula, sem tocar, observar o que ocorre.

Levantar a questão “O que causa o fenômeno observado?”, “Por que ocorre?”. Discutir como ocorrem os processos de eletrização, o porquê dos pelos ficarem eriçados, como ocorre às descargas elétricas.

## Atividade 2

### Tempo estimado 1 aula

#### **OBJETIVOS:**

Identificar os processos de eletrização;

Estudo dos princípios de atração e repulsão de carga, processos de eletrizações (atrito, contato, indução.);

Observar as linhas de campo.

#### **MATERIAIS**

- Um gerador de Van de Graaff.
- Tira de papel alumínio;
- Tiras de fita adesiva;
- Papel picado em pedaços bem pequeno parecidos com confete;
- Eletroscópio;
- Fio condutor.
- Observar as linhas de campo.

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- Conecte com o fio condutor a cúpula do gerador com a parte superior do eletroscópio, ligue e observe as tiras de alumínio do eletroscópio. Desligar o gerador e observar o comportamento das tiras laminadas, tocar a cúpula do gerador ou a parte superior do eletroscópio e observar o que ocorre com as tiras.

- Coloque o papel picado sobre a cúpula e observe o ocorrido, ligue o gerador e observe o ocorrido.

- Cole as tiras de papel alumínio na cúpula do Gerador de Van de Graaff, utilize a fita para colar (Obs.: cole fita somente nas pontas das tiras), conforme foto, em seguida ligar o gerador.



Foto XVI – Experimento do gerador com fitas de alumínio

Fonte próprio autor

Depois de ligado o gerador percebe-se que as tiras ficam eriçadas.

Discutir sobre distribuição de cargas, Poé que o papel picado é “atirado/salta” do gerador, a formação do campo elétrico formado após o funcionamento do gerador, e porque ocorre o afastamento das tiras de alumínio da cúpula. Também a direção radial do campo elétrico conforme sua simetria.

### 2.3 Etapa 3

#### Tempo estimado 1 aula

Esta foi destinada para discutir com os alunos sobre os resultados obtidos, fazer colocações acerca da proposta, descrever qual parte mais gostou e se conseguiram observar e compreender os conceitos trabalhados.

- Aplicar o questionário III;

Questionário III

- 1) Como você vê a Física nessa nova perspectiva?
- 2) Comparando com o modelo tradicional como você descreveria essas aulas?
- 3) Qual sua opinião sobre este modelo de aula?
- 4) Você encontrou dificuldades nesse formato de aula experimental?
- 5) Em sua opinião, o que você faria para melhorar essa aula?

### **3. Planos de aula para o Professor**

#### **3.1 V epistemológico**

##### **Introdução**

Este recurso será utilizado como avaliação e análise das atividades propostas nesta investigação, recurso este que pode possibilitar ao aluno organizar do saber científico de uma forma clara e coerente. Visto que o V epistemológico permite a conexão entre os eventos, fatos e conceitos resultantes da interação dos domínios teórico-conceitual e metodológico, e assim responder questões formuladas sobre eventos ou objetos de estudo.

##### **Objetivo**

- Apresentar o V epistemológico como uma ferramenta avaliativa;
- Conhecer o V epistemológico como um instrumento teórico/metodológico de pensar/ fazer da educação científica;
- Investigar as contribuições desse instrumento para aprendizagem;
- Fazer a interação dos alunos com o V epistemológico;

##### **Metodologia:**

Aula expositiva e dialogada.

##### **Multimeios utilizados:**

Quadro e giz, datashow.

##### **Problematização:**

O V epistemológico é uma ferramenta útil análise dos dados, organização dos conhecimentos e resultados obtidos em aulas experimentais.

##### **Organização do Conhecimento:**

Apresentar as características, as definições formais;

##### **Estratégias:**

- Definir os domínios teóricos e metodológicos (fazer/pensar);
- Apresentar os elementos presentes em cada domínio;
- Mostrar alguns exemplos;

Apresentar um vídeo e pedir que os alunos façam um V (atividade pode ser feita em grupo);

### **3.1.1 Fundamentos teóricos**

Dr. D. Bob Gowin, foi professor Emérito da Universidade de Cornell-EUA, atuou em fundamentos da educação, filosofia da educação e estrutura do conhecimento, ficou conhecido pelo seu trabalho com o V epistemológico ou “V de Gowin”.

Conforme Marco Antonio Moreira (2009 p.18), o V epistemológico de Gowin foi proposto como instrumento para estudo do processo de produção do conhecimento, de certa maneira, desempacotar conhecimentos documentados como artigos de pesquisa, livros, ensaios e etc. Gowin propunha cinco questões para analisar conhecimentos documentados, constituem uma maneira simples, mas não completa de analisar a produção do conhecimento.

1. Qual é a questão-foco?

A questão foco direciona o trabalho, aponta o caminho da investigação do que dever ser procurado, e pode ser mais de uma questão.

2. Quais são os conceitos-chave?

São os conceitos necessários de determinada área, importantes para compreensão do trabalho investigado.

3. Quais são os métodos usados para responder a questão-foco?

Define a sequencia de passos, ou seja, refere-se a metodologia usada, ao tipo de coleta de dados realizados.

4. Quais são as asserções de conhecimento?

Define qual o conhecimento produzido, pode-se definir como as respostas dadas à questão-foco.

5. Quais são as asserções de valor?

São os valores do conhecimento referentes a pesquisa.

Este pode ser usado como um recurso educacional para análise de atividades propostas aos alunos, recurso este que pode possibilitar ao aluno organizar do saber científico de uma forma clara e coerente. O V epistemológico permite a conexão entre os eventos, fatos e conceitos resultantes da interação dos domínios teórico-conceitual e metodológico, e assim responder questões formuladas sobre eventos ou objetos de estudo que envolvam os domínios.

Moreira (2009 p.18) o lado esquerdo do Vê corresponde ao “pensar”, e se refere ao domínio teórico conceitual, nesta parte estão os conceitos, princípios, leis, teorias, crenças ou filosofias. No direito o “fazer”, refere-se ao domínio metodológico, nesta estão às metodologias da investigação, os resultados e conclusões. Existe uma interação

entre os dois lados, o lado “pensar” guia o “fazer”, tudo o que é feito no lado metodológico é guiado pelo teórico-conceitual. Na base encontra-se o problema ou questão principal, é o início para construção do conhecimento.

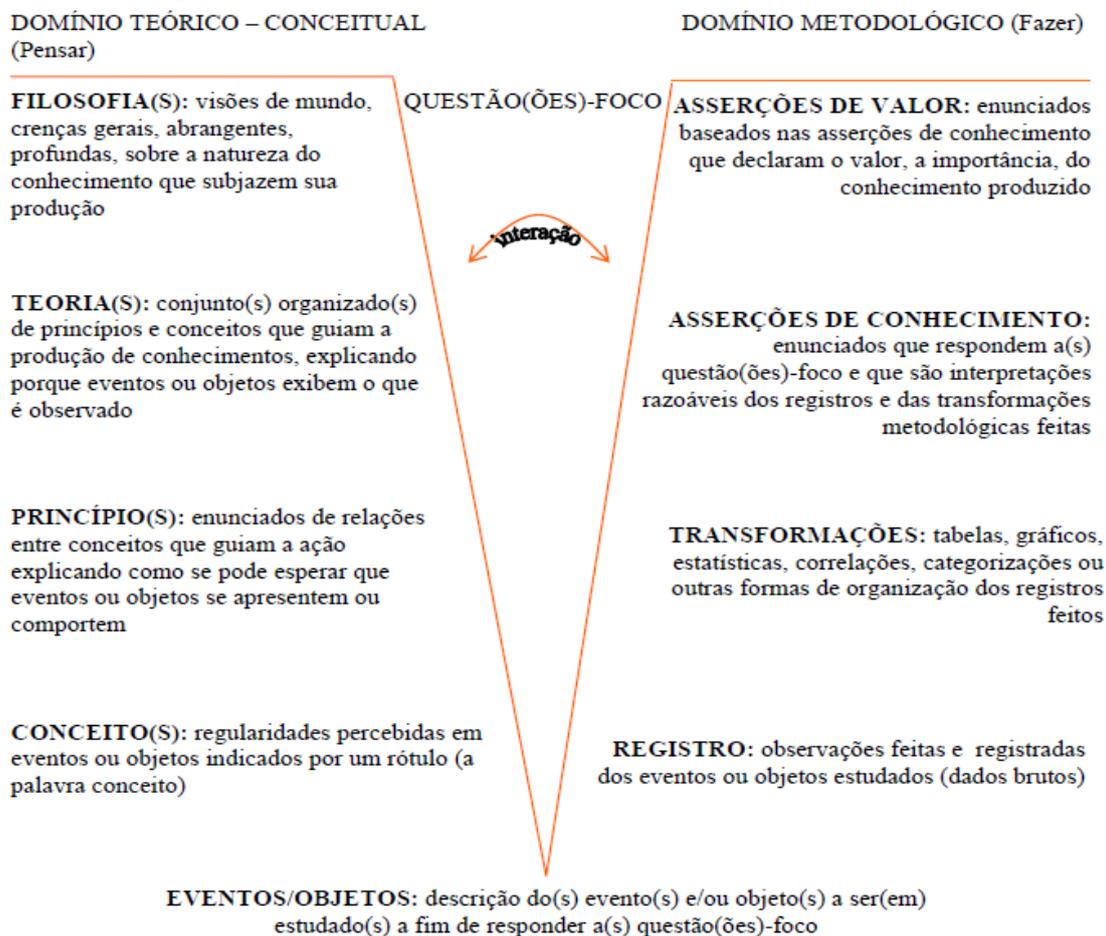


Figura III - Diagrama de V, Vê epistemológico ou Vê de Gowin e seus componentes.

Fonte: Moreira, 2009, p.19.

A estrutura da figura define a relação entre os lados, à questão-foco fica no meio e é a ponte de ligação entre a parte teórica e metodológica, e deve ser respondida com base no evento que está no vértice, como já descrito a esquerda apresenta a filosofia, teoria, princípios e conceitos, é onde se localiza todos os aspectos teóricos e conceituais da pesquisa, a direita encontram-se os registros, a transformação dos registros em dados, as asserções de conhecimento e valor, local que se encontra os aspectos metodológicos.

O diagrama será utilizado como uma ferramenta de análise do conhecimento em aulas experimentais, pois ao final de cada atividade ou experimento, o aluno deverá construir um Vê ao invés de um relatório, geralmente utilizado, tem como objetivo contribuir para que o aluno perceba que os conhecimentos produzidos são resultados de

respostas a perguntas, ou seja, a base do conhecimento são as perguntas e não as respostas. E ao utilizar o Vê poderá compreender e identificar quais conceitos e teorias, formas de registros e metodologias que podem ser utilizados na construção do conhecimento.

### Interpretação do V epistemológico

No centro está a questão-foco que pertence aos dois domínios e identifica o ponto central de estudo, é a pergunta. Há esquerda está o pensar, encontra-se o domínio teórico-conceitual do processo de produção do conhecimento, à direita - o fazer - corresponde ao domínio metodológico na produção de conhecimento, é importante que ao fazer o Vê haja interação entre os lados, o que está no lado metodológico deve ser guiado pelo lado teórico, e na base estão os objetos a serem estudados.

Na figura VI está apresentado o Vê epistemológico adaptado para ser desenvolvida com os alunos do ensino médio:

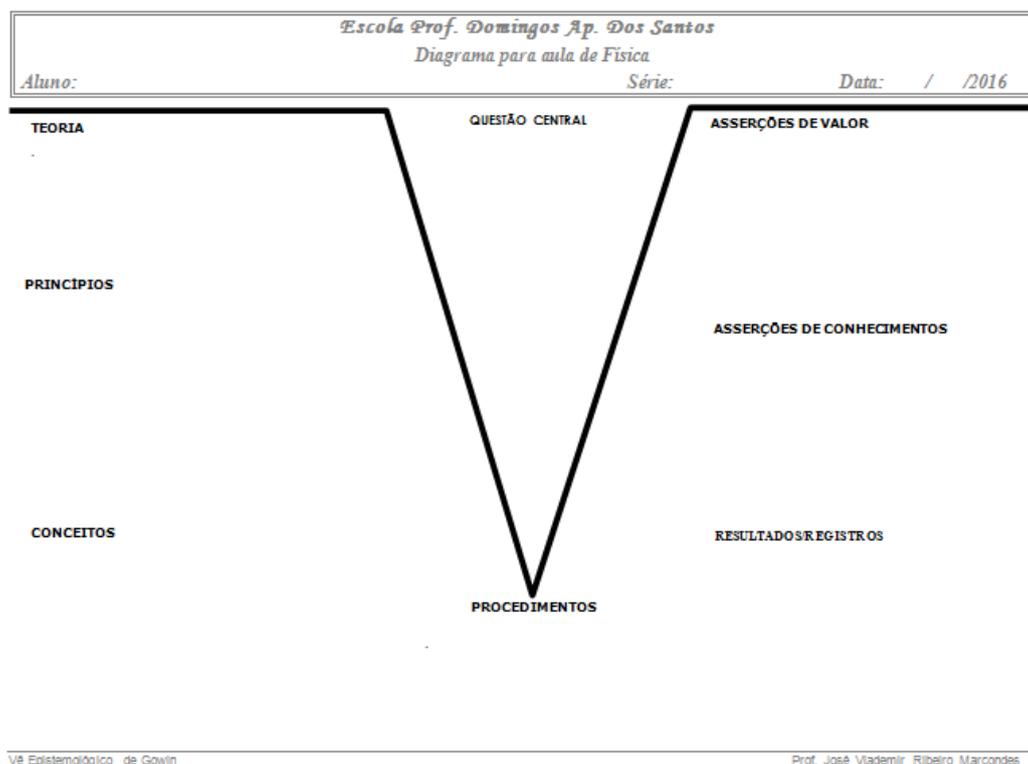


Figura VI  
Fonte - próprio autor

**Questão-central** – É a questão que se pretende resolver através da investigação.

**Teoria** – São conhecimentos científicos desenvolvidos por estudiosos que tentam explicar fenômenos da Natureza.

**Princípios** – É todo o conhecimento científico necessário à interpretação e compreensão da atividade. Deve ser apresentado de forma clara e sucinta, com frases simples com palavras-chave.

**Conceitos** – São os termos dos quais é necessário saber o significado para compreender o trabalho.

**Procedimentos** – Aqui descreve-se de forma clara a metodologia usada na atividade, inclui-se os objetos utilizados.

**Resultados ou registros** – Apresentam-se os registros dos resultados obtidos na atividade. Pode utilizar desenhos, esquemas, fotografias, gráficos, tabelas ou cálculos.

**Asserções de conhecimento** – Dá-se a resposta ao problema elaborado. É a descrição dos resultados ou discussões daquilo que se observou, deve-se interpretar os resultados obtidos com base naquilo que estava previsto de acordo com os princípios.

**Asserções de valor** – É declarado o valor e importância do conhecimento produzido.

### 3.1.2– Exemplos de V de Gowin

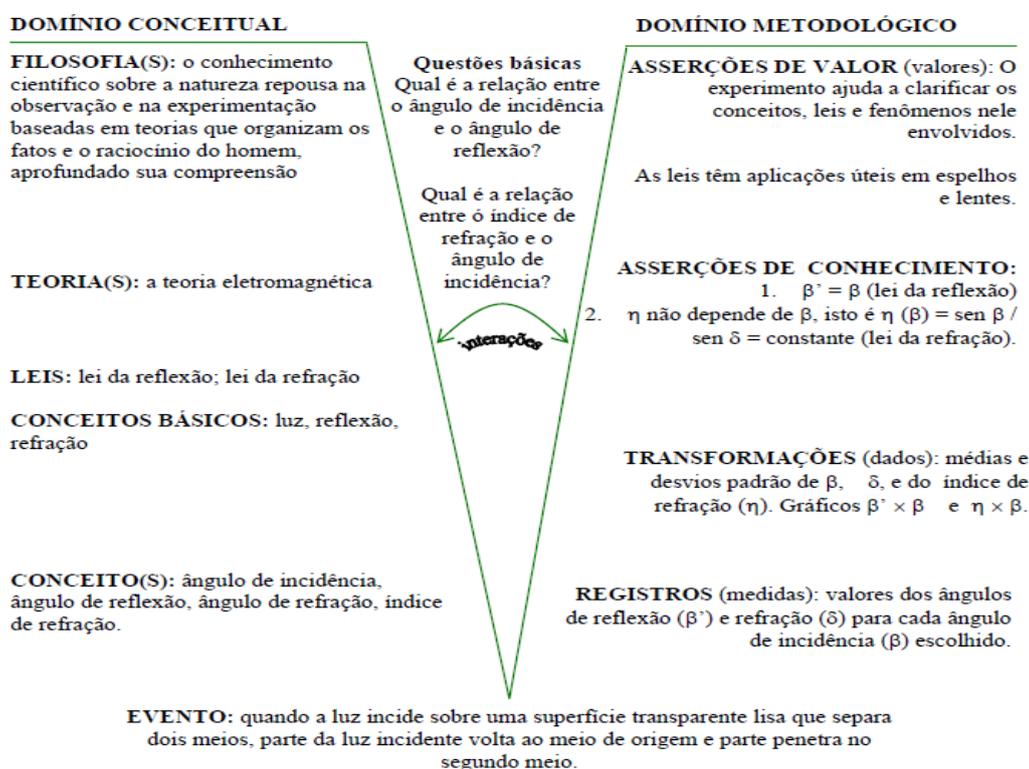


Figura V – Diagrama V para um experimento de laboratório

Fonte: Moreira, 2009, p. 22.

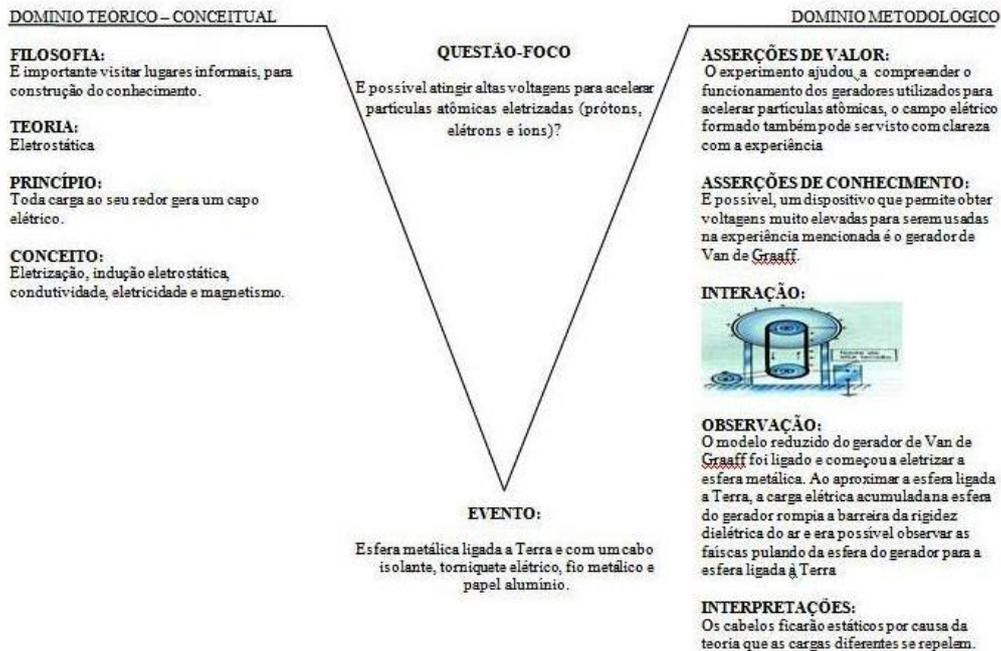


Figura VI – Diagrama V para um experimento com Gerador de Van De Graaff  
(Disponível em: <<http://fisicacampusararangua.blogspot.com.br/2010/12/diagrama-v-gerador-de-van-de-graaff.html>>)

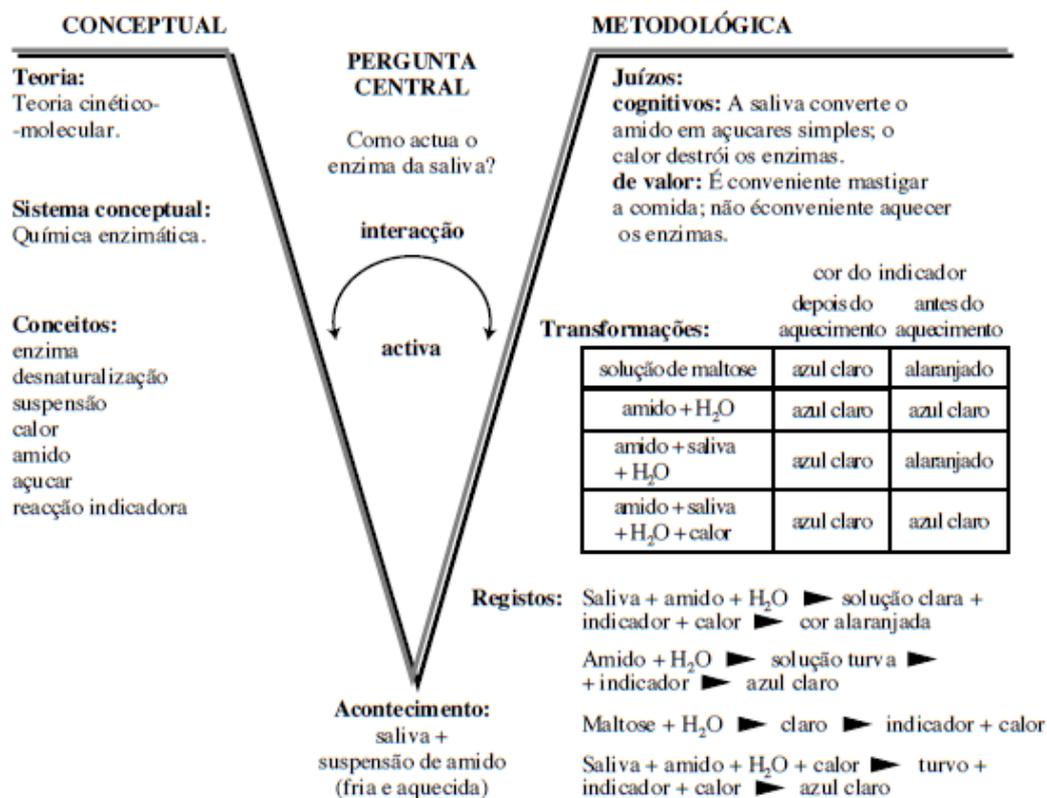


Figura VII – Diagrama em V preparado para uma turma de Biologia a partir de um estudo no laboratório sobre a função das enzimas.

Fonte: NOVAK e GOWIN, 1996, p. 203

### 3.2 Contexto histórico

#### Introdução

Apresentar ao aluno o contexto histórico do conhecimento é estimular o aluno a refletir sobre os aspectos da produção de teorias e instrumentos que visam compreender a natureza, tendo como um fim melhorar as condições de vida do ser humano.

#### Objetivo

- Reconhecer a Física bem como o eletromagnetismo como construção humana, seu aspecto histórico e as relações com o contexto cultural, social, político e econômico;
- Compreender o papel da Física na evolução dos meios tecnológicos e sua dinâmica com a evolução humana e do conhecimento;

**Metodologia:**

Aula expositiva e dialogada.

**Multimeios utilizados:**

Datashow.

**Problematização:**

Quais caminhos a Física percorreu até chegar aos nossos dias.

**Organização do Conhecimento:**

Apresentar uma linha do tempo apresentado contribuições de estudiosos conforme a época optou-se em apresentar a foto de cada pensador para aproximar o lado humano de cada teoria construída com o passar do tempo, sabendo que esta não é algo pronto e acabado, mas sim uma construção humana com erros e acertos;

**Estratégias:**

Mostrar uma linha do tempo do conhecimento construído desde Tales de Mileto até Willian Thomson (Lord Kelvin).

**3.2.1 Fundamentos teóricos**

Os conhecimentos sobre Eletricidade, Magnetismo e Óptica são conhecidos desde a antiguidade e o homem com o passar do tempo observou que esses conhecimentos poderiam fazer parte de um único ramo do conhecimento chamado eletromagnetismo. Um dos primeiros a observar foi Tales de Mileto (624 a.C. – 546 a.C.), o qual trouxe uma explicação simples, dotou a matéria de “alma”, ou vontade.

Depois de algum tempo William Gilbert (1544-1603) apresentou suas observações sobre o tema feitos com o auxílio de um aparato que ele mesmo construiu o Versorium, outro que contribuiu foi Otto Von Guericke começou a popularizar a eletricidade com suas máquinas eletrostáticas, também fez parte desse período Stephen Gray (1670-1736) que conseguiu denominar os materiais como isolantes e condutores.

Charles François Du Fay (1698-1739) propôs uma explicação aos fluidos elétricos através de sua natureza, propôs a existência de dois fluídos elétricos o vítreo e resinoso, sendo que os objetos com o mesmo tipo de fluído se repeliam e de tipos diferentes se atraíam.

A procura de armazenar este fluído Pieter Van Musschenbroek (1692-1761) desenvolveu um artefato chamado de garrafa de Leyden, pela primeira vez conseguiu-se acumular cargas em um recipiente. Benjamin Franklin (1706-1790) atribuiu ao fluído elétrico/fogo elétrico os sinais “+ e –”. Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) com

sua balança de torção deu início aos trabalhos quantitativos sobre a eletricidade, pois apresentou lei do inverso do quadrado das distâncias, estabeleceu que as forças de atração e repulsão eram diretamente proporcionais aos fluídos presentes no corpo.

Luigi Galvani (1737 - 1798) apresentou suas observações da passagem do fluído elétrico nos músculos da rã, denominou-a como força de "eletricidade animal", Alessandro Volta (1745-1827) aperfeiçoou o eletroscópio, construiu uma pilha utilizando placas de zinco e placas de cobre separadas por papel umedecido em ácido sulfúrico.

A unificação das três vertentes Eletricidade, Magnetismo e Óptica no Eletromagnetismo, deu-se início com os trabalhos de Hans Christian Oersted (1777-1851), que mostrou experimentalmente que um fio percorrido por corrente elétrica, era capaz de provocar desvio na agulha magnética, quando próximo, comprovou-se a ligação existente entre eletricidade e magnetismo.

André-Marie Ampère (1775-1836) mostrou que a recíproca de Hans Christian Oersted, é verdadeira, estabelecendo as bases científicas do eletromagnetismo. Michael Faraday (1791-1867) descobriu o fenômeno da indução eletromagnética, o princípio por trás do gerador elétrico e do transformador elétrico. Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804-1865) observou o efeito da corrente induzida à variação da força eletromagnética, o resultado ficou conhecida como **Lei de Lenz**, e permite indicar o sentido da corrente induzida.

James Clerk Maxwell (1831-1879) unificou a óptica e o eletromagnetismo e reduziu num conjunto de quatro equações, "equações de Maxwell". Heinrich Hertz (1857-1894) descobriu as ondas eletromagnéticas.

No fim do século XIX, os cientistas acreditavam que a Natureza já estava praticamente compreendida, pensavam que já haviam obtido todas as equações capazes de explicar qualquer fenômeno físico restando somente alguns pontos para se ajustar. Em uma palestra Willian Thomson (Lorde Kelvin 1824-1907) apresentou esses pontos a serem ajustados, "a velocidade de propagação da luz em relação ao éter" e "equipartição da energia térmica irradiada por um corpo negro".

Com a experiência de Michelson y Marley, que obtiveram resultados negativos em medir o movimento relativo da Terra através do éter através do qual se propagavam as ondas eletromagnéticas com um aparelho chamado de interferômetro, e as tentativas de explicar o espectro de emissão de um corpo negro e os diversos aspectos do efeito fotoelétrico que forneciam soluções diferentes dos dados experimentais.

#### **4. Referências Bibliográficas**

BARRETO FILHO, BENIGNO. SILVA, CLAUDIO XAVIER DA. A história do eletromagnetismo. In: **Física Aula por Aula: Eletromagnetismo Ondulatória Física Moderna: 3º ano**. 2ª Ed. São Paulo: FTD, 2013. p. 11-18.

GIORDAN, MARCELO. **O papel da Experimentação no ensino de ciências**. In: Química nova na escola. Nº 10, novembro 1999. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf> > Acesso em: 02 de março de 2015.

GRAÇA, CLÁUDIO. **Eletromagnetismo. Série Didática, Física 3**. Santa Maria- RS, UFSM, 2012. Cap. 01-04, p. 01-102.

HALLIDAY, DAVID; RESNICK, ROBERT. **Carga e Matéria, O Campo Elétrico, A Lei de Gauss**. In: Física 3. 4ª Ed. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1984. Cap. 26-28, p. 01-59.

MENDONÇA, MARIA DO CARMO NUNES FERRAZ. **A História da Electricidade no século XVII e o Ensino da Física**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra, 2007.

MENDONÇA, MARIA FERNANDA; CORDEIRO, M.R.; Kiill, K. B.. **Uso de Diagrama V modificado como relatório em aulas teórico-práticas de Química geral**. Química Nova, vol. 37, Nº 7, 1249-1256, 2014. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=239](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=239)> Acesso em: 08 de agosto de 2016.

MOREIRA, MARCO ANTONIO; MASINI, ELCIE F. SALZAMO. **Aprendizagem significativa: a teoria de Davi Ausubel**. 2ª Ed. São Paulo: Centauro, 2006.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Texto em português e espanhol em direções opostas. Porto Alegre-RS. Impressos Portão Ltda.2005. p. 13-17.

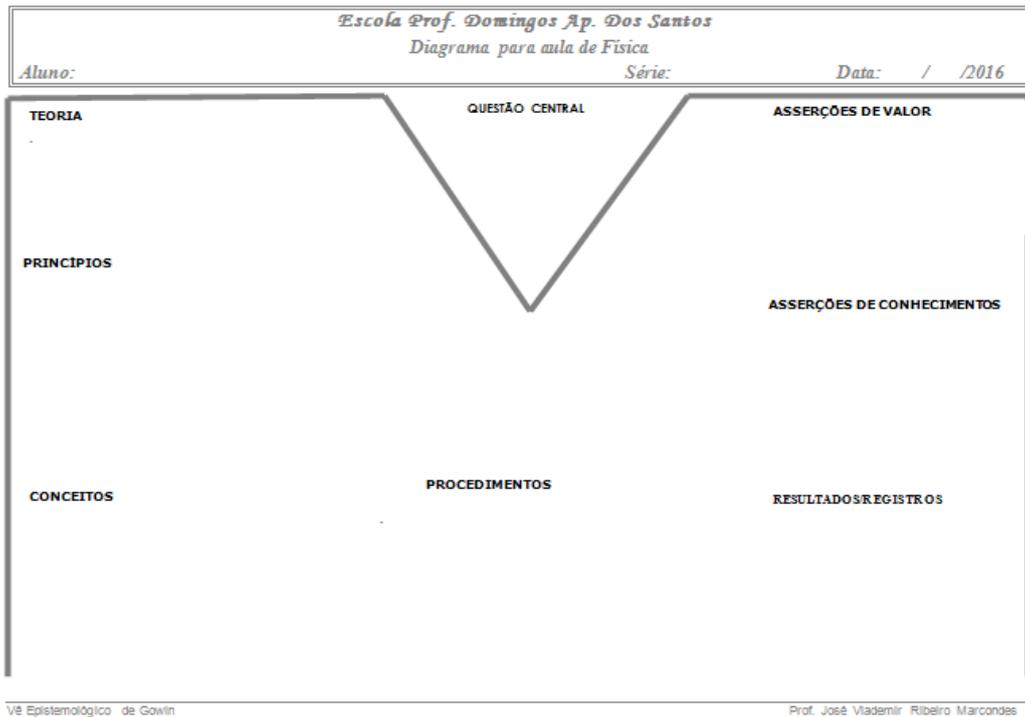
MOREIRA, M.A. Diagramas V e aprendizagem Significativa. In: Moreira, M.A. **Subsídios para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: Mapas conceituais, Diagramas V e Organizadores prévios.** Porto Alegre, RS: Instituto de Física, UFRGS, 2009. 1<sup>a</sup> Ed. P. 18-27. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios3.pdf>> Acesso em: 08 agosto 2016.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. **Teorias de Aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999. Cap. 10, p. 151-165.

NOVAK, JOSEPH D. GOWIN, D. BOB. **Aprender a Aprender.** 1<sup>a</sup> Ed. Lisboa: Plátamo Edições Técnicas, 1996.

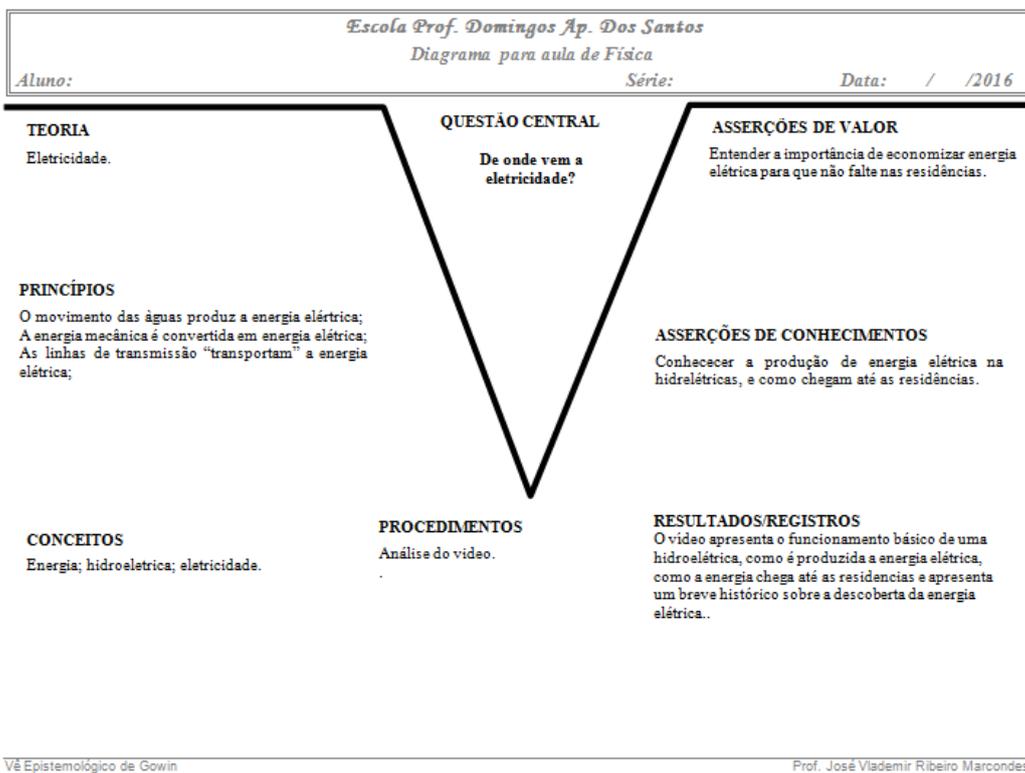
PRADO, RAMON TEODORO DO. **Utilização do diagrama V em atividades experimentais de Física em sala de aula de ensino médio.** Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física- Instituto de Física- UFES), Vitória, 2015. Disponível em: <[http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/4802/1/tese\\_9519\\_Dissertac%3Fa%3Fo-RamonTeodoro-Polo12-UFES%20%282%29.pdf](http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/4802/1/tese_9519_Dissertac%3Fa%3Fo-RamonTeodoro-Polo12-UFES%20%282%29.pdf)>. Acesso em: 13 de novembro de 2016.

## 5. Anexos



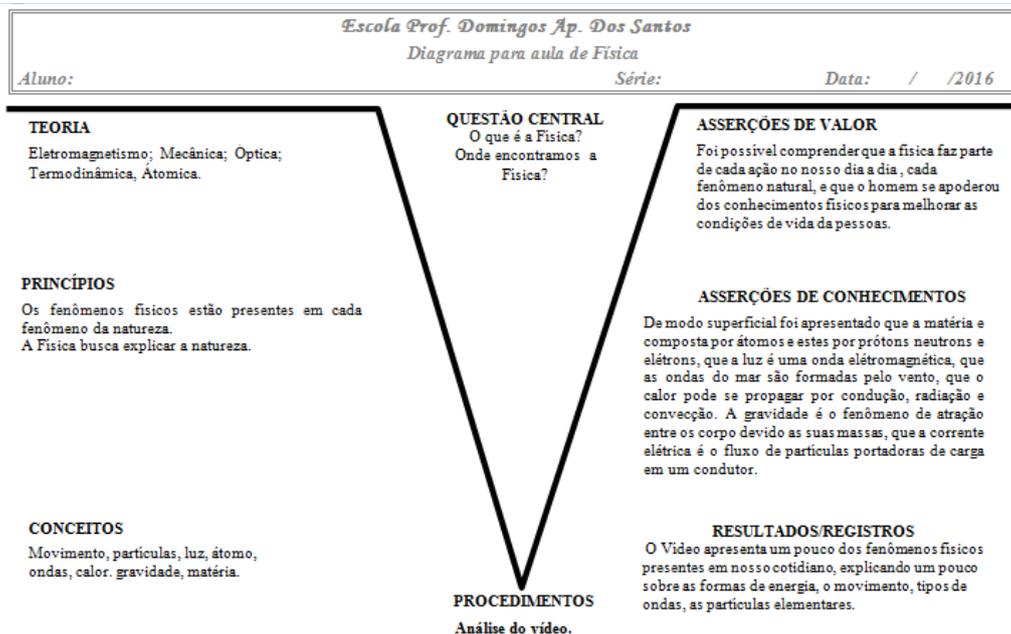
Modelo de Vê de Gowin adaptado

Fonte o próprio autor



## Vê de Gowin sobre o Vídeo “De onde vem à energia elétrica”.

Fonte o próprio autor

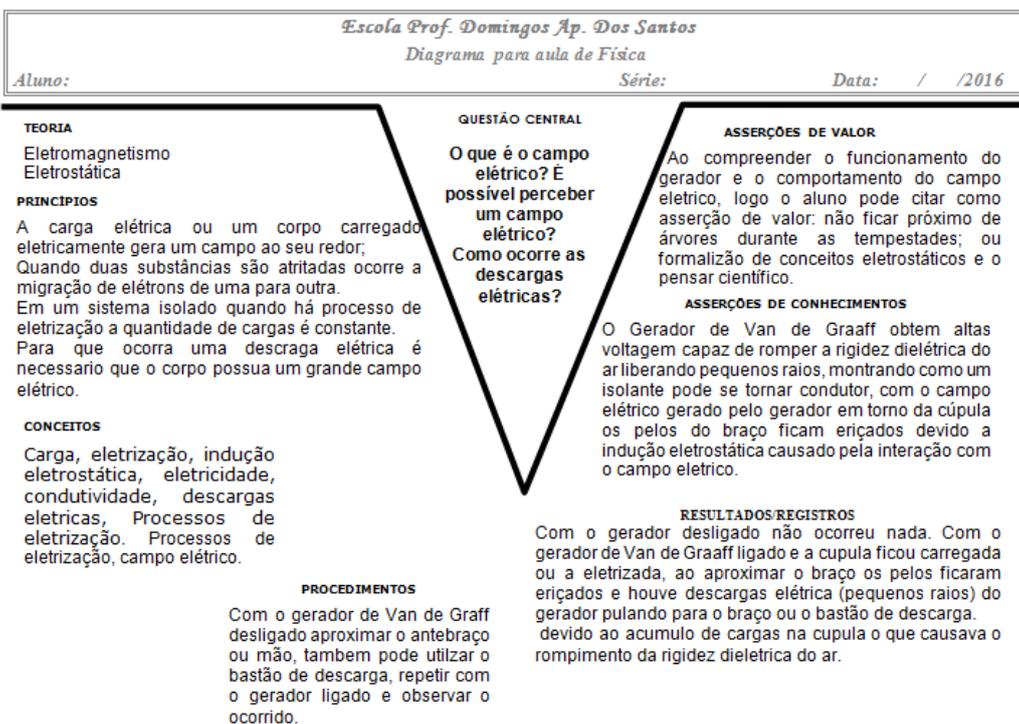


Vê Epistemológico de Gowin

Prof. José Vlademir Ribeiro Marcondes

Fonte o próprio autor

## Vê de Gowin sobre o Vídeo “O que é a Física 2”.



Vê Epistemológico de Gowin

Prof. José Vlademir Ribeiro Marcondes

## Vê de Gowin aula experimental 1

Fonte o próprio autor

<i>Escola Prof. Domingos Ap. Dos Santos</i>		
<i>Diagrama para aula de Física</i>		
<i>Aluno:</i>	<i>Série:</i>	<i>Data:</i> / / 2016
<p><b>TEORIA</b> Eletromagnetismo Eletrostática</p> <p><b>PRINCÍPIOS</b> Uma carga elétrica ou um corpo carregado eletricamente gera um campo ao seu redor; Princípio da atração e repulsão; Linha de força em torno de uma carga são radiais. Um corpo pode ficar carregado pos. ou neg. Nos condutores as cargas se movimentam com relativa facilidade, nos isolantes com muita dificuldade; Os elétrons livres, possuem mobilidade nos metais.</p> <p><b>CONCEITOS</b> Carga, eletrização, indução eletrostática, eletricidade, condutividade, atração e repulsão, linhas de campo;</p> <p><b>PROCEDIMENTOS</b> Gerador de Van de Graaff ligado por um fio condutor ao eletroscópio caseiro. Colocar papel picado em pedaços minúsculos sobre a cúpula do gerador e após ligá-lo. Colar fitas de papel alumínio na cúpula do gerador e depois ligar.</p>	<p><b>QUESTÃO CENTRAL</b> O que ocorre quando aproximamos dois corpos carregados? As linhas de campo elétrico em torno de uma esfera se comportam conforme a teoria? Qual a direção do campo elétrico criado em torno da esfera?</p>	<p><b>ASSERÇÕES DE VALOR</b> Compreender que cargas de sinais opostos se repelem, que a direção das linhas de campo na situação apresentada são radiais: logo o aluno pode citar como asserção de valor: formalização de conceitos eletrostáticos e o pensar científico.</p> <p><b>ASSERÇÕES DE CONHECIMENTOS</b> Cargas de mesmo sinal se repelem. Um corpo esférico carregado ou uma carga pontual produzem linhas de campo radiais. A distribuição de cargas na cúpula de metal ficou aproximadamente uniforme</p> <p><b>RESULTADOS/REGISTROS</b> O gerador de Van de Graaff transferiu cargas para o eletroscópio causando a repulsão entre as tiras de alumínio. Após colocar os papéis sobre a cúpula o gerador foi ligado, o que fez a maioria dos papéis saltarem (foram lançados) da cúpula. Com o gerador ligado as fitas de papel alumínio as tiras seguiram aproximadamente a direção radial.</p>

## Vê de Gowin aula experimental 2

Fonte o próprio autor

**TEORIA**

Eletromagnetismo  
Eletrostática

**PRINCÍPIOS**

Um corpo carregado eletricamente gera um campo ao seu redor que podem ser representados por linhas; Dois corpos carregado com cargas iguais quando aproximados tendem a se repelir e com cargas diferentes a se atrair; Nos condutores as cargas se movimentam com relativa facilidade, nos isolantes com muita dificuldade; Dois corpos de materiais distintos ao ser atritados ocorre a migração de elétrons de uma para outra.

**CONCEITOS**

Carga, eletrização, indução eletrostática, eletricidade, condutividade, descargas elétricas, campo elétrico.

**PROCEDIMENTOS**

Conecte com o fio condutor a cúpula do gerador com a parte superior do eletroscópio, ligue e observe as tiras de alumínio do eletroscópio. Desligar o gerador e observar o comportamento das tiras laminadas, tocar a cúpula do gerador ou a parte superior do eletroscópio e observar o que ocorre com as tiras. Aproximar a parte superior do eletroscópio da cúpula do gerador quando este estiver carregado e observar. Coloque papel picado sobre a cúpula e observe o ocorrido, ligue o gerador e observe o ocorrido. Cole as tiras de papel alumínio na cúpula do gerador, utilize a fita para colar, em seguida ligar o gerador, observar, deligar o

**QUESTÃO CENTRAL**

O que ocorre quando aproximamos dois corpos carregados? As linhas de campo elétrico em torno de uma esfera se comportam conforme a teoria? Qual a direção do campo elétrico criado em torno da esfera eletrizada?

**ASSERÇÕES DE VALOR**

Compreender e observar qual o comportamento de corpos carregados eletricamente quando estão próximos, o formato de linhas de campo num corpo esférico, os efeitos do campo elétrico sobre um corpo sem que houvesse contato, eletrização por indução e contato. O aluno pode citar como asserção de valor: formalização de conceitos eletrostáticos e o pensar científico

**ASSERÇÕES DE CONHECIMENTOS**

Cargas de mesmo sinal se repelem. Um corpo esférico carregado ou uma carga pontual produzem linhas de campo radiais. A distribuição de cargas na cúpula de metal é aproximadamente uniforme, há eletrização pelo contato e por indução.

**RESULTADOS/REGISTROS**

O gerador de Van de Graaff transferiu cargas para o eletroscópio causando a repulsão entre as tiras de alumínio. Após colocar os papéis sobre a cúpula o gerador foi ligado, o que fez a maioria dos papéis saltarem (foram lançados) da cúpula. Com o gerador ligado as fitas de papel alumínio as tiras seguiram aproximadamente a direção radial. Ao tocar o eletroscópio e a cúpula do gerador as tiras equilibraram suas cargas e voltaram ao estado natural.

## Vê de Gowin aula experimental 2

Fonte o próprio autor

## Questionário II

01	<p>O que é carga elétrica?</p> <p>De modo geral os livros de Física trazem a carga elétrica como uma entidade responsável pelos fenômenos elétricos, uma propriedade fundamental associada às partículas que constituem a matéria, uma grandeza física que determina a intensidade das interações eletromagnéticas.</p>
02	<p>Quais os tipos de carga?</p> <p>Estabelecida por Benjamim Franklin e anterior ao conhecimento da estrutura do átomo, pode ser positiva ou negativa, sendo associada aos prótons a carga positiva (+) e aos elétrons a carga negativa.</p>
03	<p>O que você entende por carga elementar?</p> <p>È a menor quantidade de carga a carga elementar “e” cujo valor calculado é <math>1,6021892 \times 10^{-19}C</math>.</p>
04	<p>Descreva o princípio de atração e repulsão entre cargas elétrica.</p> <p>Cargas com sinais opostos são atraídas e com sinais iguais são repelidas.</p>
05	<p>O que significa eletrizar um corpo?</p>

	Basicamente entende-se como eletrização o processo de tornar diferente o número de prótons e de elétrons de um corpo neutro.
06	<p>Quais são os processos de eletrização? Descreva-os.</p> <p>Resumi-se em dois processos fricção (atrito e contato) e indução.</p> <p>A eletrização por atrito ocorre quando friccionamos entre si dois materiais descarregados que pode ser isolante ou condutor, se for um condutor este deve ser isolado.</p> <p>A eletrização por contato ocorre quando encosta-se um material descarregado com outro carregado, assim, dois corpos idênticos, um com carga <math>q</math> e o outro neutro, após o contato cada um terá uma carga <math>\frac{q}{2}</math>.</p> <p>Por indução, a eletrização ocorre quando se aproxima um corpo eletricamente neutro com um corpo carregado ou de um campo elétrico, isto provocará a separação das cargas, sendo que o corpo continua neutro, pois a soma algébrica do número de cargas continua nula. O corpo carregado, indutor, próximo do corpo neutro, induzido, pelo princípio de atração e repulsão, os elétrons livres do induzido são atraídos/repelidos dependendo do sinal da carga do indutor, a separação de cargas é chamada de indução se ligar o induzido à terra ou tocar, ainda na presença do indutor as cargas de sinal oposto escoarão de maneira natural assim ao desligar o terra o corpo ficara eletrizado.</p>
07	<p>O que é campo elétrico?</p> <p>É um conceito fundamental da teoria clássica do eletromagnetismo, as cargas elétricas modificam o espaço ao seu redor produzindo um campo vetorial denominado campo elétrico que interage com partículas ou outros campos do mesmo tipo.</p>
08	<p>O que você entende por condutores e isolantes?</p> <p>Nos condutores as cargas elétricas podem mover-se livremente através do material, ao contrário do que ocorre nos isolantes.</p>
09	<p>O que é a Lei de Coulomb?</p> <p>Refere-se às forças de interação, atração e repulsão, entre duas cargas elétricas puntiformes, ou seja, com dimensão e massa desprezível. E pode ser expressa pela equação</p> $F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$ <p>E descreve que a <i>intensidade da força elétrica de interação entre cargas</i></p>

	<i>puntiformes é diretamente proporcional ao produto dos módulos de cada carga e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa. E <math>k</math> é uma constante que depende do meio onde as cargas são encontradas.</i>
10	<p>Defina linhas de força, ou linhas de campo.</p> <p>É uma forma de visualizar a configuração dos campos elétricos, suas propriedades do espaço em torno das cargas elétricas, a região em torno da carga representada linhas de campo elétrico, ou seja, curvas que sempre apontam na mesma direção que o vetor campo elétrico. Essas configurações permitem dizer se as linhas convergem ou diverge das cargas, conforme seu tipo de carga.</p>