

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Física

**EXPERIMENTOS DIDÁTICOS E ENSINO DE FÍSICA:
MATERIAIS MOTIVADORES E A CONSTRUÇÃO DE MODELOS MENTAIS.**

RENAN BORIN RODRIGUES.

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos.

Rio Claro (SP)

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

RENAN BORIN RODRIGUES

EXPERIMENTOS DIDÁTICOS E ENSINO DE FÍSICA:
MATERIAIS MOTIVADORES E A CONSTRUÇÃO DE
MODELOS MENTAIS.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Referente ao ano letivo de 2021 que foi prolongado devido a pandemia da COVID-19

Rio Claro - SP

2022

R696e Rodrigues, Renan Borin
 Experimentos didáticos e ensino de física: materiais
 motivadores e a construção de modelos mentais. / Renan Borin
 Rodrigues. -- Rio Claro, 2022
 41 p.

 Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura - Física) -
 Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de
 Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
 Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

 1. Material didático. 2. Materiais Experimentais. 3.
 Laboratórios de física. 4. Johnson-Laird. 5. Ensino de Física. I.
 Título.

RENAN BORIN RODRIGUES

EXPERIMENTOS DIDÁTICOS E ENSINO DE FÍSICA:
MATERIAIS MOTIVADORES E A CONSTRUÇÃO DE
MODELOS MENTAIS.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual
Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção
do grau de Licenciado em Física.

Referente ao ano letivo de 2021 que foi
prolongado devido a pandemia da COVID-19

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos (Orientador)

Profa. Dra. Maria Antônia Ramos de Azevedo

Prof. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos

Prof. Ms. Adriel Fernandes Sartori

Rio Claro, 11 de fevereiro de 2022.


Assinatura do aluno


Assinatura do orientador

RESUMO

Apresentamos uma pesquisa qualitativa e exploratória sobre materiais didáticos experimentais existentes em um laboratório de uma escola pública da Educação Básica da cidade de Rio Claro, São Paulo, Brasil que conta com equipamentos novos, muitos ainda na embalagem de transporte original. Realizamos o registro e o levantamento de materiais existentes através dos registros fotográficos desses equipamentos e criamos um banco de dados disponível no acervo do Laboratório de Prática de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática (LaPEMID). Com base neste inventário, analisamos aspectos dos experimentos e possíveis aplicações pedagógicas, particularmente o laboratório de cátedra à luz dos modelos mentais de Johnson-Laird. Analisamos o experimento didático gerador de Van de Graaff devido aos seus aspectos exuberantes. O contato do educando com o fenômeno físico é muito valioso por permitir construir diferentes concepções de estruturas abstratas que estão por trás das imagens exuberantes do gerador. Aprofundamos o nosso estudo com o manual do equipamento que conta com diversas atividades abrangendo o tópico “eletrostático”, que pode fornecer informações valiosas em relação ao caminho metodológico sugerido pelo fabricante e adotado pelo estado de São Paulo. A relação dos experimentos com os modelos mentais de Johnson-Laird se revela como um aspecto interessante, uma vez que existem estruturas cognitivas associadas à imagem, além da vivência diferenciada que é proporcionada ao educando, se relacionando com diferentes aspectos dos sentidos como o cheiro e o som. Esses aspectos do processo de ensino podem estar relacionados com uma melhora da motivação dos educandos, tornando a prática mais ativa e promovendo uma aprendizagem mais profícua.

Palavras-Chave: Modelos mentais. Van de Graaff. Johnson-Laird. Laboratório Didático. Eletrostática.

ABSTRACT

We have presented an exploratory and qualitative research about experimental teaching materials existing in a laboratory of a Basic Education school in the city of Rio Claro, São Paulo, Brazil, which relies on new equipment, many still in the retail transport box. We have carried out the registration and survey of existing materials through the photographic records of these pieces of equipment and created a database available in the teaching practices, materials and teaching instrumental lab (LaPEMID) collection. Based on this inventory, we analyzed the aspects of the experiments and possible pedagogical applications, especially Catedra's laboratory in light of the mind models of Johnson-Laird. We analyzed the Van de Graaff generator didactic experiment due to its exuberant visual appeal. The student's contact with the physical phenomenon is very valuable because it allows the construction of different conceptions of abstract structures that are behind the exuberant images of the generator. We deepened our study with the equipment manual that has several activities covering the topic "electrostatics", which can provide valuable information regarding the methodological path suggested by the manufacturer and adopted by the state of São Paulo. The relationship of the experiments with Johnson-Laird's mental models is revealed as an interesting aspect, since there are cognitive structures associated with the image, in addition to the differentiated experience that is provided to the student, relating to different aspects of the senses such as smell and the sound. These aspects of the teaching process may be related to an improvement in the students' motivation, making the practice more active and promoting more fruitful learning.

Key-Words: Mental Models. Van de Graaff. Johnson-Laird. Didactic Laboratory. Electrostatic.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. PERCURSO METODOLÓGICO	10
3. EXPERIMENTOS DA ESCOLA 2 E O BANCO DE DADOS	12
<i>Nome de identificação dos arquivos no Banco de Dados.....</i>	<i>17</i>
<i>Catálogo da Biblioteca de Instrumentos Didáticos (BID)</i>	<i>19</i>
4. OS EXPERIMENTOS E A CONSTRUÇÃO DE MODELOS MENTAIS	30
<i>A teoria de modelos mentais de Johnson-Laird.....</i>	<i>31</i>
5. O GERADOR ELETROSTÁTICO DE VAN DE GRAAFF	35
<i>Campo elétrico na cavidade de um condutor.....</i>	<i>37</i>
<i>Campo elétrico em uma casca esférica</i>	<i>38</i>
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
7. REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

Atividades experimentais no contexto de disciplinas científicas é um importante recurso didático para o processo de ensino-aprendizagem, uma unanimidade entre pesquisadores e educadores. (GASPAR 2014)

Os experimentos didáticos podem ser exuberantes o suficiente para estudantes ou observadores de maneira geral, chamando a atenção do educando para aspectos importantes no processo de construção do conhecimento. É o caso de materiais como a bobina de tesla ou outros tipos de geradores, que produzem fagulhas elétricas e emitem som característico, tornando o contato com o experimento uma experiência singular.

A visualização e a vivência desses fenômenos, que produzem imagens marcantes, imagens essas que dificilmente podem ser traduzidas em um texto ou mesmo com uma filmagem. A relevância do uso de experimentos didáticos se torna evidente, quando o aprendiz as usa em situação diversa, ou ainda como metáfora ou analogia.

Me lembro que quando criança, na periferia de Santa Bárbara d'Oeste - SP, ao me deparar com algum equipamento eletrônico descartado, era como encontrar um parque de diversões, ao desmontar, observar e compreender como um simples botão funcionava, sentia uma alegria tremenda por aprender algo novo, e isso me motivava a continuar explorando, investigando e aprendendo, anos depois ainda no ensino fundamental ao ver os cabelos de alguns colegas arrepiados ao tocarem uma esfera de metal, pude sentir uma euforia, um sentimento de algo desconhecido, ao ver algo tão legal acontecendo em minha frente, quase como mágica. Anos depois tive a experiência de ser monitor de um projeto de extensão na graduação, onde sempre mostramos esse e outros experimentos de diversas áreas da física, e a beleza desses experimentos continua lá, não apenas em mim, mas em toda pessoa que pude ver os olhos brilharem ao observar um fenômeno físico.

Esse aspecto exuberante de um experimento didático pode ser utilizado como peça fundamental na construção de um conhecimento, tanto do aspecto da motivação, colocando o educando em contato com o fenômeno físico, quanto do aspecto cognitivo, olhando para o contato com as imagens formadas a partir da observação

dos experimentos sob a perspectiva da construção dos modelos mentais de Johnson Laird.

As atividades experimentais com caráter surpreendente podem ser uma alternativa dentro da prática pedagógica, estimulando a curiosidade epistemológica dos educandos, o que pode ser observado através da surpresa dos alunos, como apontado por Reiss “... Essas atividades podem contribuir também para o comportamento dos estudantes assumir uma postura mais participativa, favorecendo e ampliando as possibilidades de ação do educador.” (REISS, 2011)

OBJETIVOS

Inspirado por esse contexto, o presente trabalho de conclusão de curso pretendeu:

- (a) Estudar materiais experimentais presentes em um laboratório didático de ensino de uma escola pública de Educação Básica do Estado de São Paulo, organizando um banco de dados e estudando suas características;
- (b) Definir um tópico para estudo conceitual de Física, escolhendo um dos experimentos, analisando-o a partir da teoria de aprendizagem de modelos mentais de Johnson-Laird.

2. PERCURSO METODOLÓGICO

Nosso estudo teve como foco a organização de um banco de dados, construído coletivamente por pesquisadores do LaPEMID (Laboratório de Prática de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática), localizado no CEAPLA IGCE da Unesp de Rio Claro, que no decorrer dos anos reuniu registros fotográficos de materiais experimentais.

Em particular na pesquisa estudamos os materiais presentes em laboratórios didáticos de Física de duas escolas secundárias de Educação Básica da cidade de Rio Claro. Uma das escolas – que chamaremos de Escola 1 – possuía um laboratório com pouco uso no âmbito do contexto escolar estudado, apresentando-se quase como um almoxarifado, com materiais acumulados ao longo dos cerca de 60 anos de sua existência. Na Fotografia 1 podemos observar parte do acervo.

Fotografia 1 - Parte dos experimentos didáticos encontrados na Escola 1.



Fonte: LaPEMID – Acervo Digital (2019)

A outra escola (que chamaremos de Escola 2), por sua vez, contava com um recente laboratório didático, com materiais adquiridos por volta de 2015, muitos deles ainda na embalagem de transporte do fabricante, quando foram feitos os registros fotográficos (ver Fotografia 2).

Fotografia 2 - Na Escola 2 encontramos (a) armários com materiais organizados e (b) equipamentos ainda em suas caixas de transporte.



Fonte: LaPEMID – Acervo Digital (2016)

Nossa pesquisa se caracteriza como qualitativa e exploratória (LÜDKE; ANDRÉ, 2013), tendo como procedimento de coleta de dados a pesquisa de campo e documental (GONSALVES, 2007) com foco em materiais didáticos experimentais presentes nos laboratórios das escolas estudadas e no acervo digital de imagens do LaPEMID.

Neste trabalho concentramos nossa atenção na classificação dos materiais do laboratório de Física da Escola 2, processo que detalharemos a seguir.

Para a escolha do experimento, levamos em consideração os aspectos visuais e sensitivos que estão presentes na vivência da experimentação utilizando o gerador de Van de Graaff.

As centelhas que são produzidas pelo equipamento, o som que é emitido, os cabelos arrepiados, são aspectos importantes para a construção do conhecimento sob a perspectiva dos modelos mentais de Johnson-Laird e que podem estar relacionados com a motivação do educando.

3. EXPERIMENTOS DA ESCOLA 2 E O BANCO DE DADOS

Devido a Pandemia de COVID-19 ficamos restritos, sem possibilidade de acessar diretamente o acervo das escolas com laboratório didático de Física na cidade de Rio Claro, São Paulo, devido ao isolamento social. Como forma de superar essa limitação, concentramos nossa atenção em dados e fotografias já existentes no acervo virtual do LaPEMID.

Os registros fotográficos dos materiais presentes no laboratório didático da Escola 2, obtidos em coleta de dados anterior do grupo de pesquisa, se tornou foco essencial de nosso trabalho.

No acervo digital do LaPEMID estão presentes fotos dos equipamentos, do espaço físico do laboratório, dos materiais didáticos experimentais e das pessoas que participaram da organização, compreendendo ao todo, mais de 6000 registros fotografias de diferentes.

Para organizar esses dados fizemos uso de um formulário (Figura 1), para o preenchimento de parâmetros, segundo características que consideramos pertinentes ao item observado em cada foto e sua forma de registro.

O questionário compreende a caracterização do registro, essencialmente da imagem de um experimento didático, mas poderá incluir outras imagens como do ambiente, do grupo de trabalho de coleta de dados ou dos manuais.

Figura 1 - Reprodução de parte do formulário utilizado para cadastramento e classificação de imagens do acervo digital da Escola 2. fonte: o autor.

LaPEMID
Laboratório de Prática de Ensino,
Materiais e Instrumentação Didática
CEAPLA IGCE - UNESP Rio Claro (SP)

Pesquisa Materiais Didáticos

Acervo de materiais didáticos foco de pesquisa no LaPEMID

renan.borin@unesp.br [Alternar conta](#)

O nome, a foto e o e-mail associados à sua Conta do Google serão registrados quando você fizer upload de arquivos e enviar este formulário.

***Obrigatório**

01_COLECAO *

E001 - EE Joaquim Ribeiro

E002 - EE Marciano de Toledo Piza

E003 - LaPEMID

Outro: _____

03_TIPO *

BI - Biblioteca de Instrumentos

ES - Escola

JG - Jogos

BQ - Brinquedos

Fonte: o autor.

Este formulário, criado na plataforma do GoogleDocs, alimenta um banco de dados num disco virtual próprio e as respostas recebidas em cada questão alimentarão uma planilha. Através dessas questões são descritas características do conteúdo da foto, coleção, tipo, área de conhecimento e fabricante, assim como características da foto em si como visão e ângulo de visão. Descrevemos brevemente os campos de registro, no quadro a seguir:

Quadro 1 – Campos coletados no formulário de cadastramento de registros, cada um deles corresponde a uma questão do formulário online indicado na Figura 1

Campo da tabela de inserção de dados	Breve descrição
Carimbo de data/hora	Números gerados automaticamente pelo GoogleForm quando da inserção de um novo descritivo
Endereço de e-mail	Identificação do pesquisador que insere os dados
01_COLECAO	Indicação do acervo a que pertence, em nosso caso a Escola 2
02_AREA_CONHECIMENTO	Trabalhamos com materiais de Física, mas consideramos a possibilidade de outras áreas de conhecimento de Ciências
03_TIPO	Classificação segundo a natureza do item
04_BIBLIODATA [FISICA]	Cada item foi classificado segundo sua subárea de conhecimento.
05_NUMERO_OBJETO	Cada objeto fotografado possui um único número de referência, como um número de tombo em uma biblioteca
06_Foto	Cada item pode possuir mais de um registro fotográfico, nessa área indicamos qual é o número desse registro
09_VISAO	Ângulo no qual o item se apresenta em relação ao observador no momento da foto, levando em consideração a face de um dado
10_ANGULO_DE_VISAO	Ângulo no qual a foto foi tirada, levando em conta a face de um dado
11_CONTEUDO	Classificação do que está presente no registro fotográfico
12_SITUACAO	Indicação da situação operacional do item
13_NIVEL_REPARO	Indicação do nível de reparo possivelmente necessário para tornar o item funcional
14_Fornecedor_ou_Fabricante	Indicação da empresa fornecedora
15_DESCRICAO	Breve descrição das características do item
15B_CONJUNTO	Aqui indicamos se o item pode fazer parte de um conjunto
15C_Conjunto_Numero	O conjunto recebe um número
15D_Nome Provisorio para o conjunto	Nomeamos provisoriamente o possível conjunto
17_NOME_ORIGINAL	Registro do nome original do arquivo que corresponde ao mesmo item classificado pelo nosso processo
Observações adicionais	Se houver outro livro ou manual de referência, indicar aqui (por exemplo que explique o experimento)
UpLoad da IMAGEM ou Manual	Essa sessão comporta o link com a imagem que foi avaliada

Fonte: o autor.

Importante ressaltar a classificação dos itens segundo a visão do objeto no registro fotográfico, uma vez que existem registros de diferentes posições do mesmo objeto, sendo as classificações:

- Visão: Corresponde em qual direção observamos o experimento didático na foto, tendo como base as faces de um dado, sendo classificado como frontal, posterior, superior, inferior, lateral esquerda e lateral direita.
- Ângulo de visão: Está relacionado à posição que a foto foi tirada, sendo um complemento a classificação da visão do objeto e possuindo os mesmos tipos de classificação.
- Descrição: Onde fizemos uma descrição rápida do objeto observado.

Quadro 2: Modelo Esquemático da visão do item presente no acervo.

Visão	Angulo de Visão	Descrição
Superior	Frontal	Gerador de Van der Graaff

Fonte: o autor.

Na nossa tabela existe uma sessão que relaciona o fabricante do item e o registro fotográfico, no caso do nosso laboratório da escola 2, todos os equipamentos tinham um fabricante/distribuidor único, a CIDEPE (Centro Industrial de Equipamentos de Ensino e Pesquisa) e uma outra sessão que diz respeito ao nível de reparo necessário para o item do registro fotográfico, que não possui relevância pro nosso estudo, uma vez que na Escola 2, todos os itens se encontravam novos, ainda na caixa, no momento de seu registro.

Após responder ao formulário *on line*, uma cópia da fotografia deve ser inserida no disco virtual da Biblioteca de Instrumentos Didáticos (BID) do LaPEMID por meio do mesmo formulário (há um campo para upload), e, dessa forma, o arquivo original do registro fotográfico é preservado como uma cópia adicional.

O banco de dados assim formado permitiu a classificação das informações dos registros fotográficos e, com isso, a identificação dos equipamentos disponíveis no laboratório e algumas de suas características.

Numa etapa seguinte deste processo, já com a manipulação dos dados na planilha *on line*, o arquivo receberá um novo nome de acordo com parte das categorias de sua classificação, quando trabalhamos com a tabela *on line*.

Através dessa classificação dos itens presentes no laboratório da Escola 2, é possível observar outros aspectos do acervo dessa escola, como os possíveis temas do currículo que motivaram a aquisição desses equipamentos, os métodos de ensino sugeridos, as áreas da física que podem ser mais exploradas utilizando esses equipamentos, ou ainda aspectos como o desenvolvimento de experimentações em grupo ou experimentações de cátedra, e outros aspectos nos quais esse laboratório foi moldado.

Nome de identificação dos arquivos no Banco de Dados

No processo de alimentação do banco de dados consideramos criar uma forma de identificação que pudesse expressar a área de conhecimento e o número de identificação de cada objeto. Por exemplo, a fotografia do material didático experimental que aparece na

F, indica o nome do arquivo como E002FME537200_00021_03.jpg

Fotografia 3 - Fotografia do gerador eletrostático Van de Graaff que teve coo indicação o código E002FME537200_00021_03.



Fonte: o autor.

A construção desse número de registro obtido se baseia nas seguintes características:

- **Coleção:** Nome do acervo de origem do registro. O prefixo E002 corresponde à escola 2. Assim nosso banco de dados permitirá o registro de mil acervos diferentes
- **Área de conhecimento:** o 5º dígito expressa a área a qual pertence o objeto analisado, sendo as opções, F - Física, B - Biologia, Q - Química e M - Matemática;
- **Tipo:** Classificação segundo o material presente no registro fotográfico, por exemplo, LD - Livro Didático, ME - Material Didático Experimental, SW - Software, dentre outros;
- **Bibliodata:** Utilizamos uma classificação no sistema decimal de Dewey, utilizada comumente em nossas bibliotecas. Dessa forma os seis dígitos seguintes expressam a Classificação da subárea de conhecimento. Como cada subárea recebe um número segundo o tema ao qual pertence, como tema Eletricidade que recebe o número 537200.

Quadro 3: Modelo Esquemático da classificação de um item presente no acervo.

Coleção	Área de Conhecimento	Tipo	BiblioData
E002	F - Física	ME – Material Didático Experimental	537200

Fonte: o autor

Em seguida, após um traço baixo, está a segunda parte de nosso código, agora focando no registro em si. Conforme os itens foram sendo classificados, queríamos que cada objeto cada item recebesse apenas um número. No caso do E002FME537200_00021 ele será o único do acervo fotográfico da escola 2 que possui o número 21. Com cinco dígitos possíveis, podemos registrar até 10 mil itens em um acervo.

Mas diferentes fotos podem ser obtidas do mesmo objeto, com ângulos diferentes. Por isso a necessidade de uma terceira parte do número, após o segundo traço baixo, existe uma numeração com dois dígitos, que permite assim classificar até 99 fotos de diferentes ângulos do mesmo item.

Quadro 4: Modelo Esquemático da numeração do item presente no acervo.

Número do Objeto	Foto
xxxxx	xx

Fonte: o autor

Catálogo da Biblioteca de Instrumentos Didáticos (BID)

O trabalho de organização e classificação dos registros permitirá no futuro diferentes leituras do conjunto de materiais, como a variedade de experimentos de um determinado laboratório didático ou alguns conjuntos de materiais.

As informações compiladas ficam disponíveis aos companheiros e companheiras colaboradores do LaPEMID (Laboratório de Prática de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática), através dos links presentes na tabela abaixo, os links são de acesso exclusivo dos colaboradores do LaPEMID.

Vejamos como exemplo os registros do conjunto de fotografias do gerador eletrostático Van de Graaff, para o qual fizemos 25 fotografias do material (sem contar ainda os manuais e algumas fotografias que obtivemos simulando sua utilização)

Os números de registro e seus respectivos links estão presentes no quadro a seguir:

Quadro 5 - Pequeno catálogo de fotografias do Gerador Eletrostático Van de Graaff do conjunto de materiais didáticos experimentais da coleção E002 da Biblioteca de Instrumentos Didáticos do LAPEMID

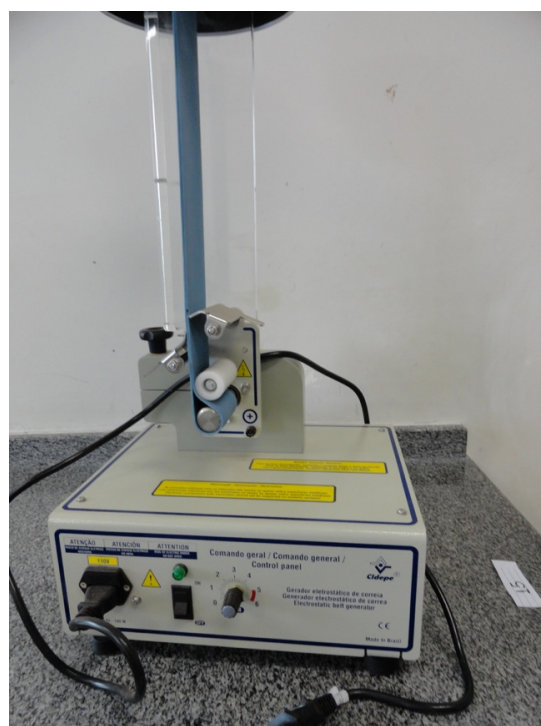
Item	Nome do Registro	Link para registro na Biblioteca de Instrumentos Didáticos Virtual (BIDv)
Mesa projetável de adesão magnética para gerador	E002FME537200_00015_01	https://drive.google.com/open?id=1InSSC4Cn_BBvlg6u6GV9RH3hC46Ed4Pb
	E002FME537200_00015_02	https://drive.google.com/open?id=1i02evr7jpoGNuUj6FX3fvsj_BLXVNOdk
Haste e topo esférico [Van de Graaf]	E002FME537200_00015_03	https://drive.google.com/open?id=1a-ePeQRnDk7dsq_8gpbSt9KBvVJ-h-Re
	E002FME537200_00016_01	https://drive.google.com/open?id=12dvHqna1NTZcO6squ_dZxrrGY7fezIWI
	E002FME537200_00016_02	https://drive.google.com/open?id=1PpPtdnwVvSukUU0M4tT5EZj2MqCYdZR
Suporte para haste	E002FME537200_00016_03	https://drive.google.com/open?id=1msfIXaEZ9bf-ZCe_dJcgcpTeTCNMxXe
	E002FME537200_00017_01	https://drive.google.com/open?id=1N_kbVb3KKE-mNZxLd-JU8NcFff2_ORZ
Painel de controle e gerador eletrostático de correia	E002FME537200_00018_01	https://drive.google.com/open?id=1-O203PMcUDLV2-fXK_NiQ_n6e4MLesB
	E002FME537200_00019_01	https://drive.google.com/open?id=1UGwQApsJhMohJcLlOKuFczeJpAUseb7
Topo esférico [Van de Graaf]	E002FME537200_00019_02	https://drive.google.com/open?id=1HOmP_0n_UxN44t9bh3ymYDY4zKvGJpcc0
	E002FME537200_00019_03	https://drive.google.com/open?id=1Y1YeHksdCGUJcGQeCR06XPF9UVA7JYL8
	E002FME537200_00019_04	https://drive.google.com/open?id=1tqh9lchO-IjU29GUFiiYf8qOQf6kv3do
Kit de cabos e suplementos Van de Graaf	E002FME537200_00020_01	https://drive.google.com/open?id=1VIPxriIvjoaj4RZv7F8F_rIyKYtSpOiq
	E002FME537200_00021_01	https://drive.google.com/open?id=1RIDgPYITtnUwUj4pBpqtJG7oFlUVerMz
Gerador de Van de Graaf [Completo]	E002FME537200_00021_02	https://drive.google.com/open?id=1FcABR596pOPnV4oJ7shl_YUfF5ZotAQK
	E002FME537200_00021_03	https://drive.google.com/open?id=1AIZBmFkaVzmbgwlHeC7AmInRqNnWSV2
Recipientes plásticos [Acessórios]	E002FME537200_00023_01	https://drive.google.com/open?id=1gxQaq5MSPYrCTa1QF8sFnFIJ4h1y2FWW

Item	Nome do Registro	link para registro na Biblioteca de Instrumentos Didáticos Virtual (BIDv)
Cabo de força	E002FME537200_00024_01	https://drive.google.com/open?id=1BnO3qXsmw8cRteV-6qRRKkYqXpQ_1goFD
Tripe torre secundária	E002FME537200_00025_01	https://drive.google.com/open?id=1kZO8-syllVMQ2pK5l_zkqME4wafCYrWB
	E002FME537200_00026_01	https://drive.google.com/open?id=1tiD9hKH4WF7Qi0TFUKPiuXvAKLzvtlq-
Haste plástica	E002FME537200_00026_02	https://drive.google.com/open?id=1SXoVJoBYMSs1mfl_WenUjCtZFTWDGxFq
	E002FME537200_00027_01	https://drive.google.com/open?id=18cTmWl5v651xD87VcJqridV0xWZD-uyW
Caixa de acessórios	E002FME537200_00027_02	https://drive.google.com/open?id=1J7j9oeel-5OdaOdYs0bgahYdeh0hJBr
	E002FME537200_00028_01	https://drive.google.com/open?id=1nhWx5_nRBdkl0gxzpzOg357rQ1viAhGd
Kit de cabos e acessórios	E002FME537200_00028_02	https://drive.google.com/open?id=1JyIw17O2Z5sl92hNu0UIDTMhBwnyRj0v

Fonte: o autor.

Como mencionado anteriormente, alguns dos itens podem possuir várias fotos diferentes do mesmo objeto, cada uma de um ângulo diferente. Este é o caso das fotografias a seguir.

Fotografia 4 (a) e (b) - Exemplo de como um mesmo experimento didático pode ser registrado em diferentes imagens, no caso temos E002FME537200_00021_02.jpg (esquerda) e E002FME537200_00021_01.jpg (direita), ou seja, duas imagens registradas do objeto 21 da escola 2 (acervo E002)

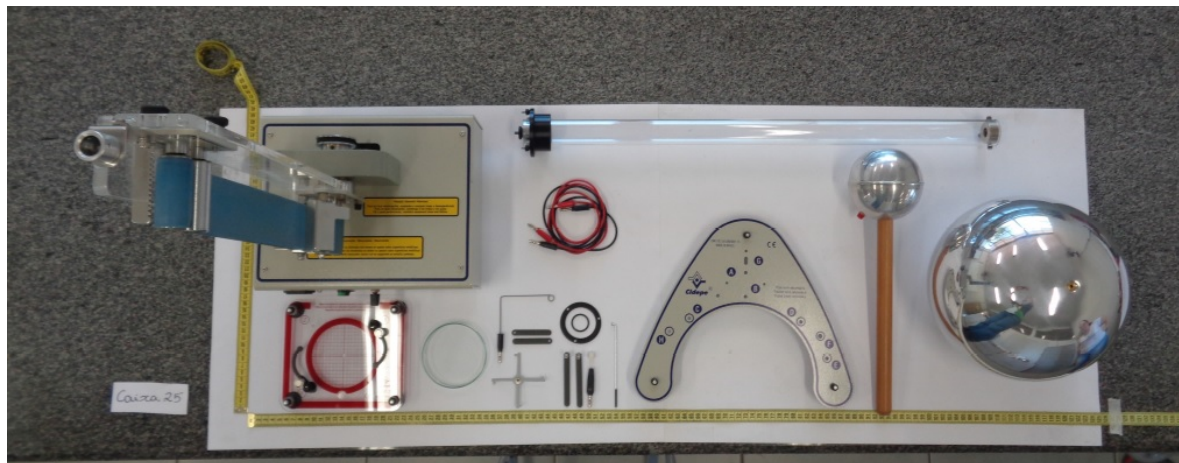


Fonte: Acervo LaPEMID Acervo Digital (2016)

No catálogo, para efeito de registro, há um refinamento desse registro de ângulos, para o qual consideramos como referência as faces de um dado, por exemplo um item x possui 2 fotos, porém uma dessas fotos mostra um ângulo classificado como frontal, já a segunda foto é classificada com o ângulo superior e lateral esquerdo, isso implica que o mesmo objeto tem dois pontos de observação diferentes, sendo assim, as fotos recebem o mesmo número de classificação com exceção dos dois últimos números que são referentes a numeração de fotos do mesmo item.

Outra característica importante que pode ser observado nos registros fotográficos é a presença de réguas de indicação do tamanho do material, as réguas foram adicionadas para que fosse possível ter uma dimensão confiável do tamanho dos objetos catalogados, como podemos observar na fotografia 5.

Fotografia 5 – Materiais do conjunto Van de Graaff, as fitas métricas permitem estimar o tamanho.



Fonte: Acervo LaPEMID Acervo Digital (2016)

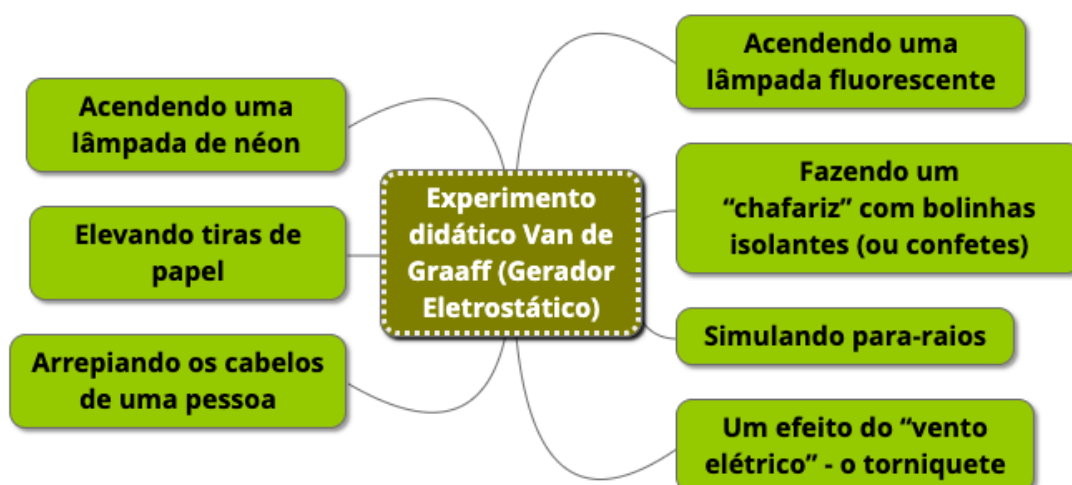
Muitos dos itens da Escola 2 possuem manuais de utilização, que também foi reproduzido em pdf e faz parte do acervo da BID. No caso do gerador eletrostático de Van der Graaff, o manual descreve cuidados na utilização e conservação do equipamento, as peças que compõem aquele experimento.

Há também no Manual uma parte em que o fabricante faz algumas sugestões de possibilidades de utilização e montagens do equipamento, no Quadro 6.

O manual de utilização apresenta ainda uma proposta com assuntos que podem ser abordados, como indicado no Quadro 7.

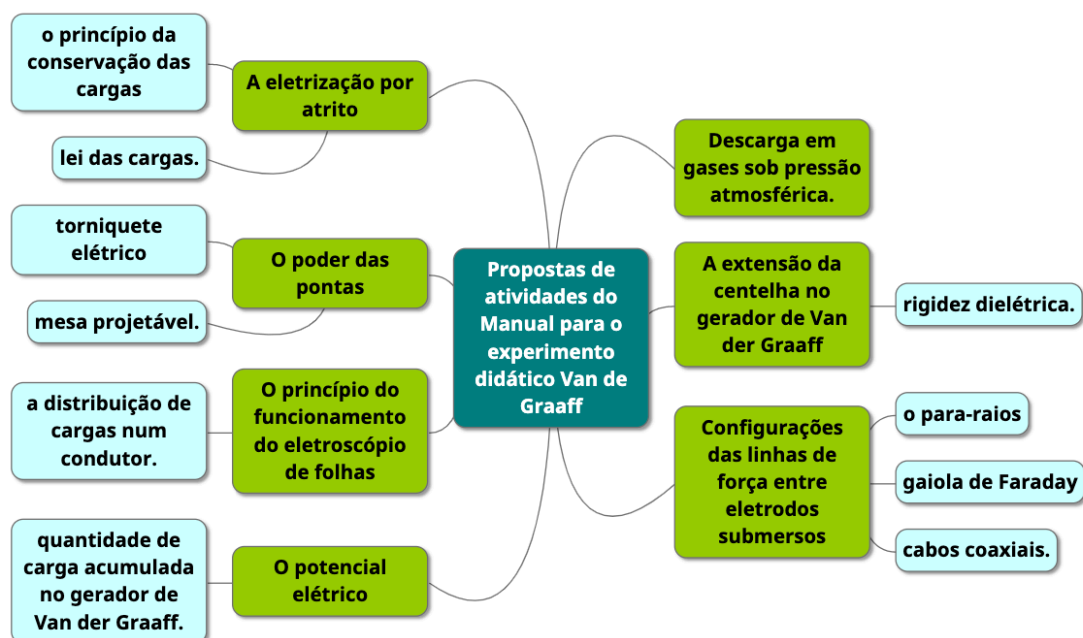
A presença desse material permite o contato com os ajustes iniciais, bem como os cuidados com a operação do equipamento e seu armazenamento, além de trazer os assuntos que podem ser abordados a partir da utilização do equipamento, esse aspecto do material permite uma prática mais segura na utilização e aplicação do experimento se tornando, de certa forma, um guia para o professor.

Quadro 6 - Indicações do fabricante para observações possíveis com o aparato didático e experimental Van de Graaff



Fonte: o autor.

Quadro 7 - Sugestões do fabricante de conteúdos e de organização dos assuntos a serem abordados com o equipamento Van de Graaff



Fonte: o autor.

No manual também está especificado alguns cuidados que devem ser tomados para a conservação do gerador de Van de Graaff.

Figura 3: Fac-simile do manual com a descrição dos cuidados necessários com o gerador de Van de Graaff.

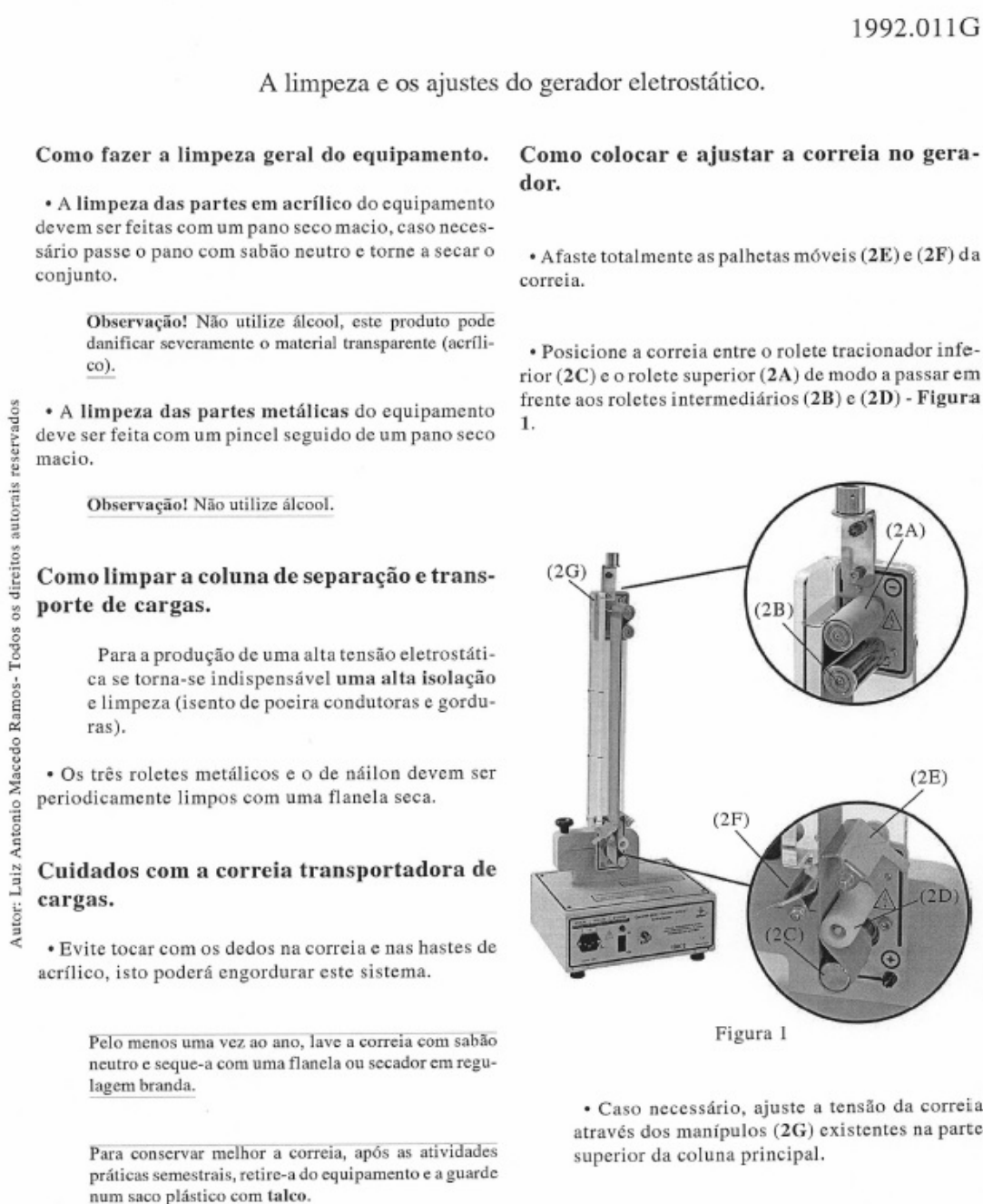


Figura 4: Fac-símile do Manual indicando ajustes iniciais e procedimentos para o caso de umidade.

Caso de locais muito úmidos.

Os componentes que serão utilizados devem estar completamente secos (caso necessário, remova a umidade utilizando um pequeno secador de cabelos, dirigindo o jato de ar seco para as peças acrílicas, correia, roletes, cuba e eletrodos) - Figura 2.

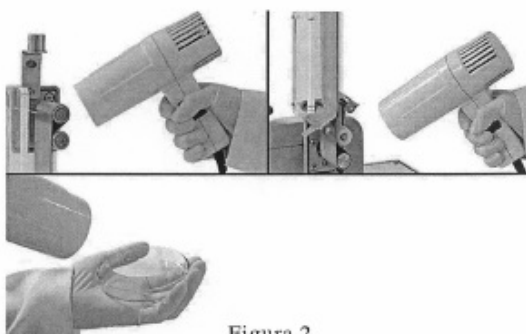


Figura 2

Cuidado! O calor em demasia sobre o acrílico e a correia pode danificá-los.

Caso de locais frios.

- Em locais frios é normal o aumento da viscosidade do óleo, dificultando a orientação das partículas em suspensão para o experimento da formação das linhas de campo elétrico.

- Caso você esteja utilizando um retroprojetor, posicione a cuba sobre o mesmo e aguarde alguns minutos com ele ligado. Isto será suficiente para aquecer o óleo e diminuir a sua viscosidade.

As ligações elétricas e os controles.

- Verifique se o gerador é compatível com a tensão local, este equipamento é fornecido para 127 V ou 220 V, não possuindo chave seletora.

- A tomada existente deve permitir a conexão de cabos com três pinos, pois o gerador deve ser aterrado.

- Ligue a chave geral (3A) e gire o potenciômetro (3B) no sentido horário. A lâmpada (3C) acenderá e o motor ganhará velocidade de acordo com o nível do potenciômetro - Figura 3.

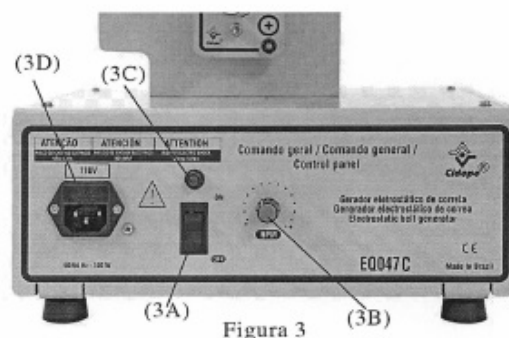


Figura 3

Caso contrário, verifique o fusível de segurança (3D), embutido no plugue IEC seguindo a instrução 1992.140.

Os ajustes iniciais.

- Passe entre a correia, no percurso vertical, um pouco de talco (sem componentes condutores) ou pó de caulim calcinado Figura 4.

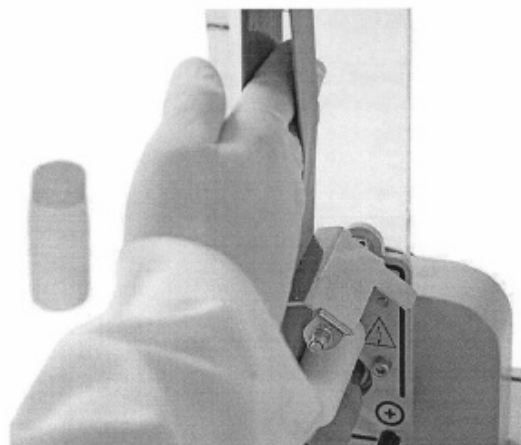


Figura 4

- Seque os componentes que serão utilizados.

Em caso de umidade excessiva utilize um secador de cabelos dirigindo o jato de ar seco para a torre acrílica, correia, roletes, cuba e eletrodos.

Cuidado! O calor em demasia sobre o acrílico e a correia pode danificá-los.

Figura 5: Fac-simile do Manual com os ajustes iniciais.

• Ligue o gerador em velocidade média por alguns segundos, isto provocará o assentamento da correia.

• Desligue o gerador.

• Encaixe a cabeça esférica na espera da extremidade da coluna principal.

• Ajuste a palheta lisa inferior (2F) de modo a tensionar levemente a correia - Figura 5.

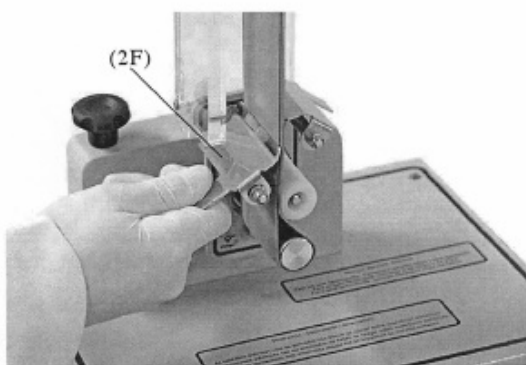


Figura 5

• Ajuste a palheta lisa inferior (2E) de modo a tocar levemente na correia, sem tensioná-la - Figura 6.

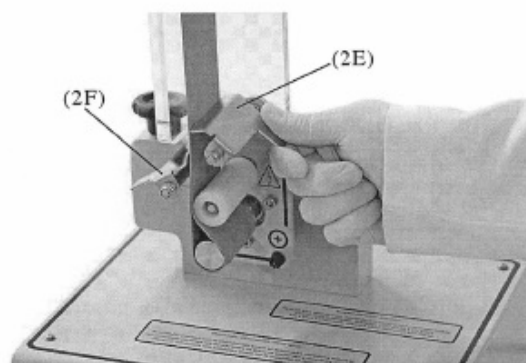


Figura 6

• Ligue novamente a chave geral.

• Aproxime a esfera auxiliar de descarga próxima da cabeça esférica - Figura 7.

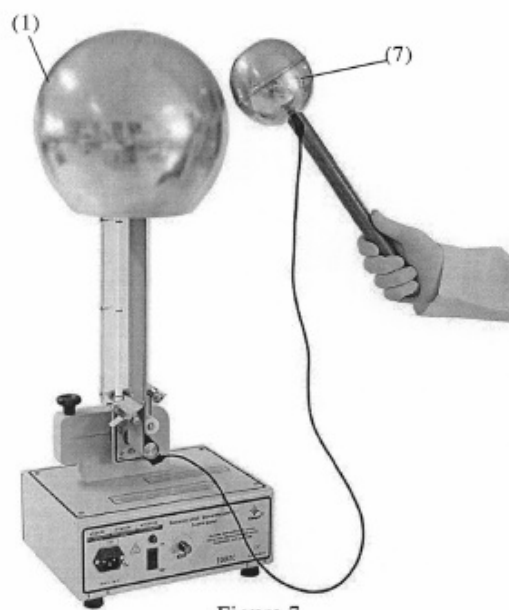


Figura 7

Para se conseguir um bom efeito de descarga é aconselhável ligar um cabo de derivação nos bornes da esfera auxiliar e no borne (+) do gerador.

Deve ocorrer centelhamento com frequência regular. A eletrização é satisfatória quando as faíscas percorrerem uma distância superior a 30 mm.

Caso não ocorra a eletrização, revise todos os passos anteriores, e reajuste as palhetas lisas (2F) e (2E).

Como transladar as cargas positivas e as cargas negativas.

• Para transladar o polo **negativo** (cargas negativas) conecte o cabo vermelho à cabeça esférica do gerador (-) - Figura 8.

Figura 6: Fac-simile preparo da mesa projetável com cuba e eletrodos submersos.

- Para transladar o polo positivo (cargas positivas), conecte o cabo preto ao borne inferior (+).

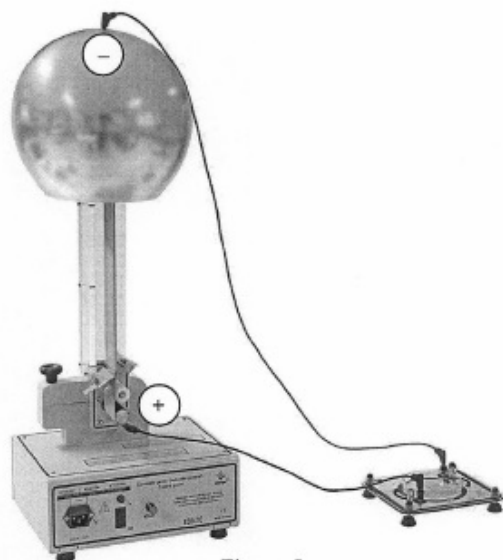


Figura 8

Observação: faça o teste de continuidade nos cabos que serão utilizados antes de iniciar o experimento.

O preparo da mesa projetável com cuba e eletrodos submersos.

Nas atividades com a cuba e os eletrodos, as partículas (neutras) de milho granulado se orientam sob a ação do campo elétrico devido a polarização que sofrem.

Observação: os eletrodos, quando submersos, apresentam um melhor desempenho na formação de linhas de campo. Este método é o mais recomendado em locais úmidos.

Exemplo: Posicione dentro da cuba dois eletrodos retos, um paralelo ao outro.

- Coloque os dois eletrodos (14) apoiando suas extremidades livres sobre os ímãs laterais e a extremidade com ponteira tocando sobre os eletrodos retos (6) - Figura 9.

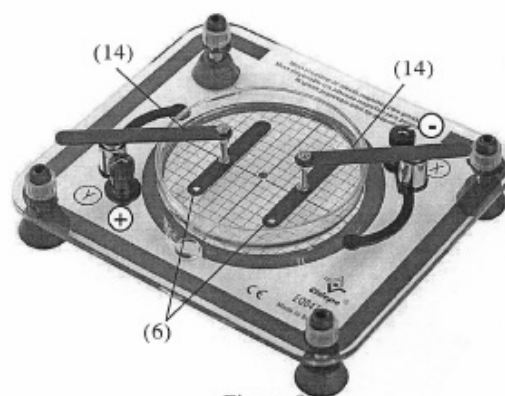


Figura 9

- Coloque na cuba uma camada fina de óleo de rícino, o suficiente para cobrir os eletrodos.

- Espalhe homogeneamente um pouco de milho granulado sobre o óleo da cuba.

Quando necessário, utilize os eletrodos (14) como pontuais imersos no óleo - Figura 10.

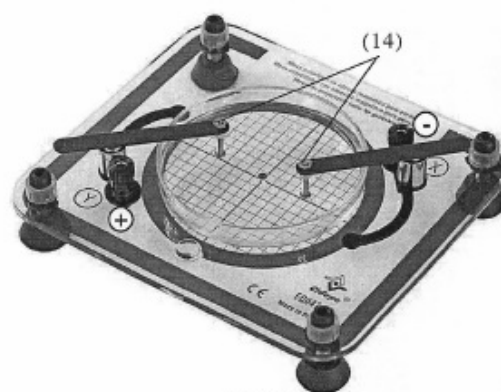


Figura 10

A utilização da mesa projetável sobre o retroprojektor.

- Faça a montagem conforme a Figura 11.

Figura 7: Fac-simile do preparo da mesa projetável com cuba e eletrodos submersos.



Figura 11

- Coloque uma máscara de cartolina (250 x 250 mm) com um recorte circular central de 100 mm de diâmetro. Isto irá tornar visível somente a região da escala da cuba.

- As conexões elétricas (+) e (-) não devem tocar na base metálica do gerador nem na carcaça do retroprojektor.

Van de Graaff, Robert Jemison (1901 - 1967).

Robert Jemison Van de Graaff engenheiro americano que se dedicou à pesquisa no campo da Física Atômica.

Na Universidade de Oxford, Van de Graaff criou o gerador (que leva seu nome) com a finalidade de acelerar partículas.

Outras aplicações do gerador de Van de Graaff.

O gerador de Van de Graaff encontrou larga aplicação, não só na Física Atômica, como também na medicina e na indústria.

4. OS EXPERIMENTOS E A CONSTRUÇÃO DE MODELOS MENTAIS

No processo de classificação dos equipamentos disponíveis observamos em alguns equipamentos presentes no laboratório o potencial para sua utilização em diferentes tipos de laboratórios, com diferentes abordagens didáticas.

Compreendendo experimentos para execução em grupo, pelo grande número do mesmo objeto, a experimentação demonstrativa de cátedra, possuindo apenas um exemplar desse equipamento, como o gerador de Van de Graaff, um gerador baseado em eletrização por atrito que possui um apelo visual muito grande devido a sua construção e aos arcos voltaicos que podem ser produzidos em sua extremidade, esse efeito visual possui um aspecto muito importante, a imagem que se forma diante do educando a respeito de um fenômeno físico, essa imagem é um dos aspectos fundamentais para a construção de modelos mentais a luz da teoria de Johnson Laird.

Fotografia 6 – O estagiário Rafael Vituri manuseia o gerador de Van de Graaff no laboratório de física da escola 2. O aparato em primeiro plano parece muito maior do que de fato é.



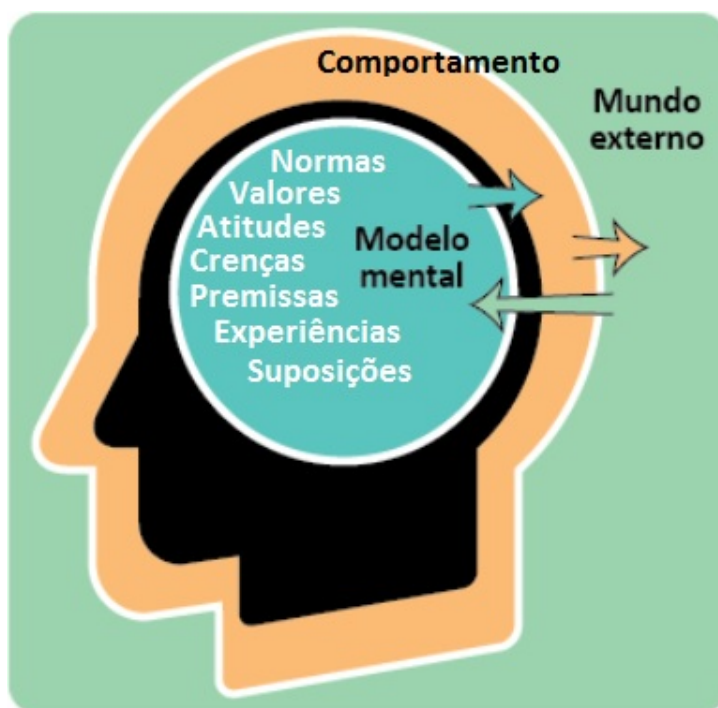
Fonte: Acervo LaPEMID Acervo Digital (2016)

A teoria de modelos mentais de Johnson-Laird

Os modelos mentais de Johnson-Laird são representações mentais de alto nível baseadas em alguns tókenes, elementos básicos nos quais se desenvolve a tradução de um programa, organizados em certa estrutura que representa um estado de coisas, esses construtos representacionais são as proposições, as imagens e os modelos mentais. Essa linguagem operacional da mente recebe o nome, de mentalês (MOREIRA, 2011), os modelos mentais e as imagens são representações de alto nível, e é um dos aspectos essenciais para compreensão da cognição humana, mesmo que o processamento mental de informações seja em última análise um código proposicional. (JOHNSON-LAIRD apud MOREIRA, 2011)

Um modelo mental pode ser construído por meio da percepção, do discurso e das concepções do próprio espaço físico do mundo, das asserções que fazemos sobre objetos ou eventos ou até mesmo da compreensão de um discurso. Nós, seres humanos, traduzimos eventos externos em modelos internos e manipulamos essas relações simbólicas, traduzindo essa manipulação em ações ou símbolos resultantes, podendo ser revisitado e aprimorado. Dessa forma um modelo mental tem por natureza o princípio do construtivismo vinculado a essa visão dos modelos mentais. (JOHNSON-LAIRD apud MOREIRA, 2011)

Figura 8 - Relações do indivíduo com o mundo externo.



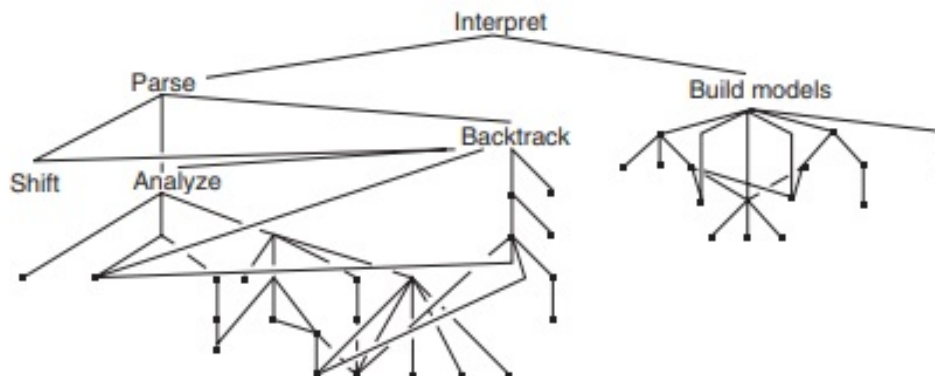
Fonte: o autor.

Para compreender melhor a aplicação da teoria de Johnson Laird, dentro do contexto da experimentação no ensino de física, vamos discorrer a respeito da tipologia dos modelos mentais. Para Johnson-Laird podemos dividir os modelos mentais entre modelos físicos e modelos conceituais, representando o substrato físico da realidade e as abstrações que nossa mente concebe.

Um desses tipos de modelos mentais que representa o mundo físico é a imagem, ou seja, as imagens são modelos mentais vistos de certa perspectiva, sendo determinadas, analógicas e concretas, surgem a partir da imaginação ou da percepção, representando os aspectos perceptíveis de eventos. (JOHNSON -LAIRD, P. N, 2006).

Podemos então definir a imagem como uma representação, com foco no observador, das características visíveis de um modelo tridimensional ou cinemático, correspondendo com uma projeção do objeto ou de um estado de coisas em nossa mente.

Figura 9 - Estrutura de um programa para reconhecimento espacial.



Fonte: Johnson Laird (2006)

Esse processo acontece o tempo todo conosco e ao testar um modelo mental que não corresponde ao que observado na imagem, novas inferências são feitas e o modelo mental que não corresponde à realidade, passa por um processo de revisão sendo aprimorado para se adequar à nova situação.

A Figura 10 mostra um exemplo dos modelos mentais e dos modelos completos para proposições, mostrando a conectividade entre as informações, representando as possibilidades compatíveis, as proposições e como eles se conectam para representar modelos mais completos.

A partir de determinadas proposições, recuperamos modelos mentais que representam um ente e então conectamos essa informação com a proposição, criando modelos completos que atendem a ambas informações.

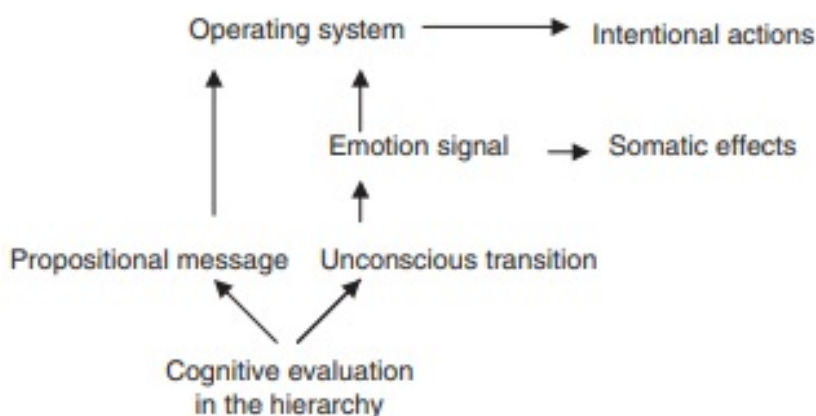
Figura 10 – Modelos mentais e modelos completos para proposições baseadas na conectividade

Box 8.3 Mental models and complete models for propositions based on connectives				
Each row in the diagrams below represents a possibility compatible with a proposition.				
<i>Propositions</i>	<i>Mental models</i>		<i>Complete models</i>	
A and B	A	B	A	B
If A then B	A	B	A	B
		...	not-A	B
			not-A	not-B
A or B, or both	A		A	not-B
		B	not-A	B
	A	B	A	B
A or else B, not both	A		A	not-B
		B	not-A	B

Fonte: Johnson-Laird (2006)

Outro aspecto importante para o entendimento da teoria de cognição de Johnson–Laird e sua relação com a experimentação didática está também no caráter emocional do educando na construção dos modelos mentais, os modelos mentais operam em canais emocionais conscientes e inconscientes e essa relação desencadeia processos mentais que culminam em uma ação intencional, essa ação pode se manifestar através da curiosidade que se apresenta através da investigação de um evento.

Figura 11 – Diagrama de dois canais de comunicação.



Fonte: Johnson-Laird (2006)

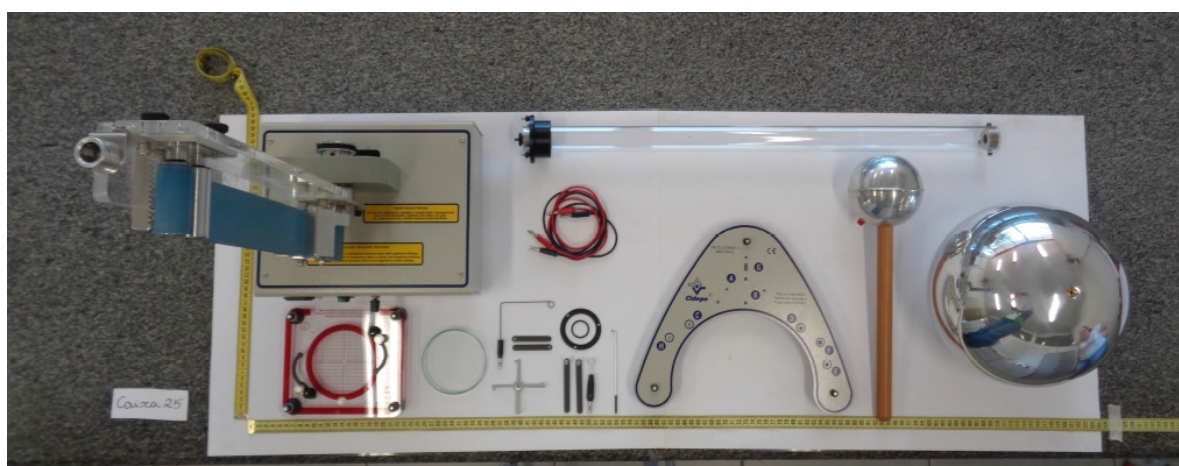
A Figura 11 mostra os diferentes processos que ocorrem de forma paralela, consciente e inconscientemente, desencadeando sinais emocionais que são percebidos a partir de efeitos somáticos, como a expressão facial, por exemplo, e que influenciam diretamente no processo que desencadeia ações intencionais.

A curiosidade pode ser um desses aspectos importantes no processo de investigação e descoberta, e pode ser estimulado através do uso de experimentos de cátedra, com a finalidade de demonstrar o fenômeno físico como gatilho motivador no processo de aprendizagem, promovendo uma aprendizagem mais significativa e que pode ser percebida através dos mais variados sinais, como o engajamento do educando no processo de ensino-aprendizagem, por exemplo.

5. O GERADOR ELETROSTÁTICO DE VAN DE GRAAFF

Do acervo estudado no laboratório didático da Escola 2, encontramos um experimento valioso para experimentação em atividades didáticas demonstrativas, um indício dessa caracterização é sugerido por existir apenas um único exemplar desse equipamento, o gerador de Van der Graaff. A seguir trazemos algumas fotos desse equipamento disponível na Escola 2, foco de nosso estudo.

Fotografia 7 – Van der Graaff desmontado, com seus acessórios

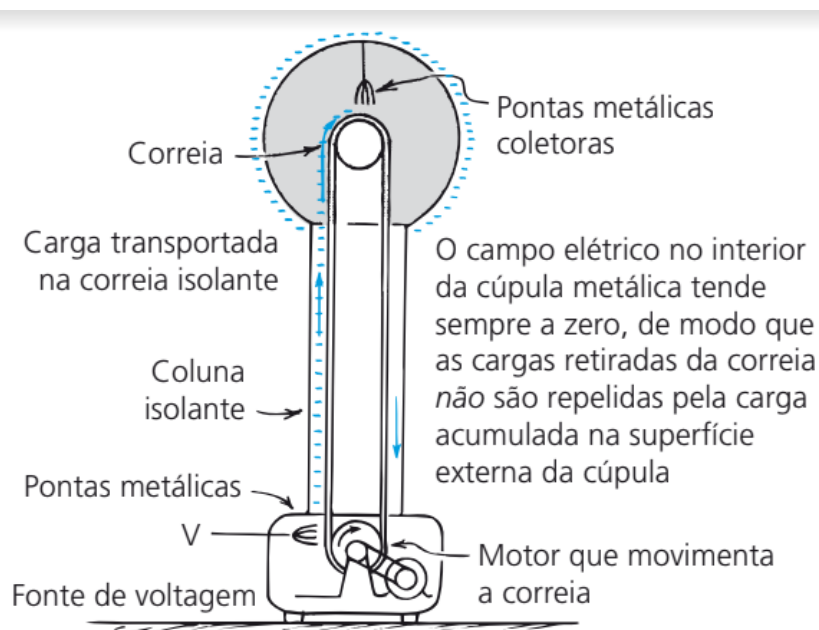


Fonte: Acervo LaPEMID Acervo Digital (2016)

Esse equipamento é um gerador baseado em eletrização por atrito, que devido ao seu topo esférico oco, permite que as cargas se acumulem na superfície exterior da cúpula condutora, atingindo altíssimas voltagens (HEWITT, 2015).

A construção desse equipamento se baseia em uma semiesfera sustentada por um cilindro de material isolante, que possui em sua base, uma esteira de borracha conectada a um motor, um conjunto de pentes metálicos na base e no topo, na base o alto potencial negativo faz com que os elétrons se depositem na superfície da esteira e sejam capturados pelo pente na parte superior do equipamento enquanto a esteira se movimenta, devido ao grande potencial negativo em relação ao solo, na parte superior, o pente captura os elétrons e esses se distribuem por toda a superfície da semiesfera oca onde está conectado, devido ao seu campo elétrico interno nulo. Com campo elétrico interno nulo, os elétrons se repelem mutuamente, se distribuindo uniformemente pelo topo do equipamento. Esse processo é mantido de forma contínua produzindo descargas que podem ser observadas sem muita dificuldade.

Figura 12 – Diagrama esquemático do gerador eletrostático Van de Graaff.



Fonte: Hewitt (2015).

A montagem desse equipamento permite a contextualização de diversas demonstrações dos mais variados aspectos dos fenômenos eletrostáticos, como a eletrização por atrito, o efeito corona, potencial elétrico, transformação de energia mecânica em eletrostática, dentre outros assuntos, sua aplicação no contexto pedagógico pode estar ligada a situações cotidianas, lembrando e trabalhando com situações comuns ao universo do educando, como os raios, por exemplo.

Fotografia 8 – Gerador de Van der Graaff completo.

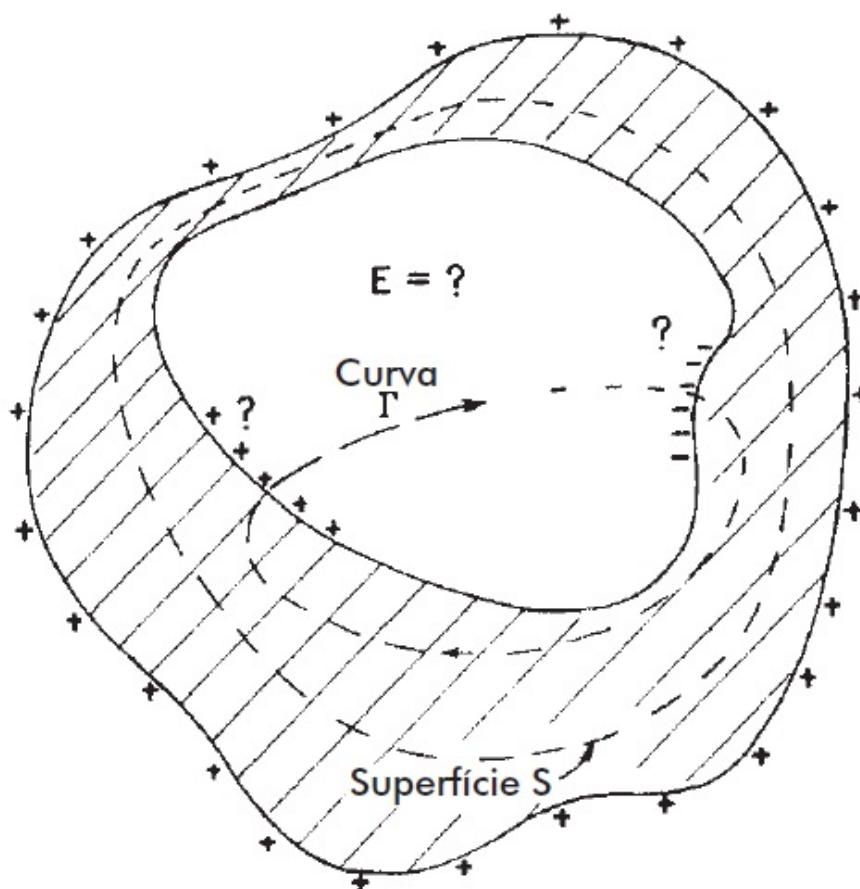


Fonte: Acervo LaPEMID Acervo Digital (2016)

Campo elétrico na cavidade de um condutor

Um condutor com uma cavidade vazia não possui campo interno independente da forma que essa cavidade possui. Esse fenômeno é descrito através da lei de Gauss. A lei de Gauss relaciona um fluxo elétrico resultante (Φ) de um campo elétrico em uma superfície fechada, com a carga que é envolvida por essa superfície. Considerando uma cavidade S que está sempre na extremidade interna de um condutor. Qualquer um dos pontos que estiverem dentro dessa extremidade não produz campo, uma vez que não há carga dentro da cavidade, sendo uma cavidade “vazia”, portanto não há fluxo de elétrons através de S e a carga total interna é zero também.

Figura 13 – Campo na cavidade de um condutor.



Campo elétrico em uma casca esférica

Em um condutor que seja uma casca esférica, podemos olhar para sua simetria e considerar que não pode existir nenhuma carga interna devido à sua própria simetria. Sua simetria permite que existam quantidades iguais de cargas positivas e negativas na superfície interna do condutor, produzindo uma parte positiva e uma parte negativa na casca esférica, esse caso particular, que ocorre no gerador de Van der Graaff, não pode ser especificado através da lei de Gauss.

Por definição “... a integral de linha E ao redor de qualquer circuito fechado num campo eletrostático é sempre zero” (Feynman, R., 2008, p. 5-10).

Então não pode haver campo interior e nem qualquer carga na superfície interna de uma cavidade esférica condutora “vazia”, esse efeito pode ser verificado em blindagens elétricas em equipamentos eletrônicos, onde, não importando sua forma, ao revestir uma superfície com um material condutor o campo produzido internamente será sempre zero, eliminando chiados e possíveis interferências.

Outro aspecto importante dessa lei, é que esse efeito de blindagem vale para os dois lados de uma casca esférica condutora fechada, tornando os dois campos elétricos, interno e externo, completamente independentes. (Feynman, R., 2008)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atividades experimentais são consideradas de grande relevância no processo de ensino aprendizagem. Parte dessa importância está no caráter mobilizador dos experimentos, colocando os educandos diante dos fenômenos naturais que podem ser observados, proporcionando abstrações, estabelecendo imagens e experimentando modelos mentais que serão utilizados no processo de construção do conhecimento no processo de ensino-aprendizagem.

No processo de investigação do acervo do laboratório didático de física disponível na Escola 2, foi possível observar experimentos que podem ser utilizados em diferentes tipos de abordagens de ensino em laboratório didático, em especial a experimentação de cátedra, demonstrativa, geralmente caracterizados por possuir um único exemplar que será manuseado pelo professor (FERREIRA, 1978). Identificamos experimentos que podem ser utilizados com enfoque no laboratório tradicional, possuindo vários exemplares do mesmo equipamento.

Tais características podem indicar um possível caminho metodológico para as aulas no laboratório de física, evidenciando-se um currículo e, com ele, políticas públicas para sua educação.

Ao elegermos o gerador de Van de Graaff como objeto de estudo, estudamos as diferentes aplicações que o manual de utilização sugere, com diversas montagens experimentais demonstrativas e que abrangem uma grande gama de assuntos relacionados ao tópico eletrostática.

Sob a perspectiva da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird, atividades didáticas demonstrativas podem se constituir em momento privilegiado de aprendizagem, quando conduzidas de maneira diferenciada com experimentos. A vivência de um experimento como o gerador eletrostático, pode enriquecer os modelos mentais dos próprios educandos em relação ao fenômeno físico observado. Ao colocar os educandos diante do fenômeno físico, permitimos a concepção de estruturas abstratas que estão por trás das imagens marcantes.

Aspectos como o cheiro, o som, o próprio tato (através de uma pequena descarga elétrica) contribuem não só para a concepção de conceitos físicos, como

também podem contribuir para a motivação do educando, podendo promover uma aprendizagem mais profícua e significativa.

Com relação a esse aspecto, o estudo dos processos que se desenvolvem em nossa mente durante o processo de ensino-aprendizagem considera outras áreas do saber como a psicologia e a sociologia para direcionar a prática pedagógica, demonstrando a necessidade de trabalhar esses conhecimentos de forma contínua.

Enfim, experimentos didáticos podem se constituir em instrumentos relevantes e necessários para a melhoria do Ensino em Física, para além das considerações de senso comum. Por isso sua utilização deveria ser um aspecto privilegiado na formação de docentes e no currículo da Educação Básica.

7. REFERÊNCIAS

CienTec – USP. **Gerador de Van de Graaff**. São Paulo, Disponível em: <https://parquecientec.usp.br/passeio-virtual/brinquedos-de-fisica/gerador-de-van-de-graaff> Acesso em: 03 Fev 2022.

CIDEPE. **Física Experimental - Eletricidade – Conjunto gerador eletrostático, gerador de Van de Graaff**. São Paulo: Cidepe, 2014.

FERREIRA, N. C. **Proposta de laboratório para a escola brasileira: um ensaio sobre a instrumentação no ensino de Física. Dissertação**. (Mestrado em Ensino de Ciências) - IFUSP/FEUSP. São Paulo, 1978.

FEYNMAN, Richard P. **Lições de física de Feynman**. Edição definitiva. Porto Alegre: Bookman, 2008

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de Física: Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **How We Reason**. Oxford: Exford University Press, 2006.

LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. Rio de Janeiro, EPU, 2013.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. Ampl. São Paulo: EPU, 2011

SHOW DE FÍSICA- UNESP. **Gerador Van de Graaff Didático**. Rio Claro. Disponível em: http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Van%20de%20Graaff.htm Acesso em: 03 Fev 2022.

REISS, M. **O ensino e a surpresa: experimentos surpreendentes e suas possibilidades no ensino de física**. Trabalho de conclusão de curso (licenciatura – Física) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. 2011.