



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

**Procedimento de Montagem do Gerador Eletrostático de Van de Graaff e
algumas propostas simples de aplicação do GVG em sala de aula**

(MATERIAL PARA O PROFESSOR)

Thiago Alvarez Miranda e Helio Salim de Amorim

Material instrucional associado à dissertação de Mestrado de Thiago Alvarez Miranda, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro

Outubro de 2019

Prezado leitor, gostaria de fazer inicialmente um breve comentário sobre como construir o GVG. Pode acontecer de que após uma rápida leitura o leve a concluir que os recursos técnicos empregados não estão disponíveis para uso pessoal ou mesmo em sua escola. Contudo, como sugestão prática e pessoal sugiro que leve essa sessão de construção do GVG para um profissional na área de mecânica (oficina de bairro) para que se realize todas ou algumas montagens técnicas específicas (fabricações de peças) presentes nesse material instrucional.

Procedimento de Montagem do Gerador Eletrostático de Van de Graaff

Nesta seção iremos apresentar os procedimentos para a montagem do gerador e também descrever os seus componentes.

1 - Materiais

Neste tópico lista-se todos os materiais necessários para a montagem do nosso gerador.

- 2 telas protetoras para alimento feita de material condutor;
- 1 faixa elástica para exercícios fisioterápicos;
- 50 cm de cano pvc 75;
- 2 cap^s de tubo pvc 75;
- 1 forma de pizza com 30 cm de diâmetro;
- 1 roldana plástica para varal 4 cm de diâmetro;
- 4 rolamentos 607;
- 4 parafusos fenda limão 1/4 x 1/2;
- 20 porcas sextavada de 1/4;
- 4 arruelas para parafusos de 1/4;
- 1 barra rosqueada de 1/4;
- 1 motor de impressora 12volts;
- 50 cm de fio paralelo 1mm;
- 1 chave margirius;
- 1 pedaço de papel alumínio (4cm x 8cm);
- 1 chip para bateria 9volts;
- 1 plug p4 parafuso;
- 1 fonte (12v – 1A) chaveada;

- 2 pedaços de 5 cm do tubo pvc 20;
- 1 pedaço de barbante;
- 1 elástico.

2 - Para o processo de construção do GVG, é importante ter ao alcance algumas ferramentas elétricas e manuais; tais como:

- Serra tico-tico
- Furadeira
- Serra manual
- Serra copo
- Alicates
- Chave de fenda
- Martelo
- Régua de silicone
- Cola instantânea
- Massa epóxi
- Fita adesiva incolor
- Ferro de Solda para eletrônica

3 - Descrição dos materiais e Procedimento de montagem

Após a escolha dos materiais para a montagem do gerador, faz-se necessário a descrição de alguns materiais.

TELA PROTETORA PARA ALIMENTOS:

A ideia dessas duas telas é formar uma esfera metálica que irá se acoplar na estrutura do gerador. Depois de muitas pesquisas, onde foi levado em consideração peso, tamanho e preço, a tela protetora para alimentos (ver figura 3.1) é a mais indicada por ser de fácil aquisição.



Figura 3.1 – Tela protetora de alimento. **Fonte:** O Autor.

Encontrada em lojas de utilidades para a casa, essa tela é vendida em variados tamanhos e cores. Para o nosso gerador usamos a da cor azul e com 30 cm de diâmetro. Um outro benefício em utilizar essa tela é que o GVG terá uma esfera transparente o que permitirá a realização e visualização de experimentos no interior dela.

- **A FAIXA ELÁSTICA PARA EXERCÍCIOS FISIOTERÁPICOS:**

Para o nosso gerador, a correia transportadora de carga elétrica será uma faixa elástica (ver figura 3.2), aquelas adquiridas em lojas de materiais hospitalares e utilizadas como exercícios fisioterápicos ou ortopédicos. A escolha correta desse componente é de extrema importância para o funcionamento do GVG, pois existem materiais, como por exemplo câmeras de ar usadas em pneus, que apresentam dificuldades na geração de cargas.



Figura 3.2 – Faixa elástica. **Fonte:** O Autor.

Essa faixa elástica é vendida a metro, nós compramos 1m e vamos cortá-la para se adequar ao nosso gerador. A sobra poderá ser utilizada posteriormente quando o pedaço utilizado estiver desgastado ou ressecado.

- **CANO PVC 75:**

Por ser isolante, barato e de fácil alcance, 50 cm de cano de esgoto (ver figura 3.3), feito de PVC e com 75 mm de diâmetro, foi escolhido para compor o tronco ou coluna do nosso GVG.



Figura 3.3 – Parte de um cano PVC (75 mm de diâmetro). **Fonte:** O Autor.

- CAP DE TUBO PVC 75:

As tampas, ou conhecido comercialmente por cap (ver figura 3.4), do cano pvc de 75 mm de diâmetro, servirão como elementos de fixação, por meio de encaixe, entre a coluna do GVG e a base e também entre a esfera metálica do GVG e a coluna.



Figura 3.4 – Cap do tubo PVC (75 mm de diâmetro). **Fonte:** O Autor.

- FORMA DE PIZZA COM 30 CM DE DIÂMETRO:

A forma de pizza (ver figura 3.5) será a base do nosso GVG. Por ser condutora ela dará um ótimo aterramento para o nosso gerador.



Figura 3.5 – Forma de pizza feita de alumínio. **Fonte:** O Autor.

- ROLDANA PLÁSTICA PARA VARAL 4 CM DE DIÂMETRO:

Existe uma roldana plástica com 4 cm de diâmetro que encontramos facilmente em lojas cuja especialidade são parafusos (ver figura 3.6). A roldana em questão será usada em nosso gerador para gerar tração entre o motor elétrico e o rolete inferior.



Figura 3.6 – Roldana Plástica para varal. **Fonte:** O Autor.

- ROLAMENTOS 607:

Os rolamentos irão dar suavidade e silêncio aos roletes durante o funcionamento do GVG. Iremos utilizar 4 rolamentos 607 (ver figura 3.7), que também são encontrados em lojas especializadas. As medidas desses rolamentos são 19 mm para o diâmetro externo, 7 mm para o diâmetro interno e 6 mm de espessura; com essas dimensões, eles irão se encaixar perfeitamente nos tubos de PVC de 20 cm de diâmetro onde irão formar os roletes do GVG.



Figura 3.7 – Rolamentos 607. **Fonte:** O Autor.

- PARAFUSOS FENDA LIMÃO 1/4 x 1/2:



Figura 3.8 – Parafusos fenda limão. **Fonte:** O Autor.

- PORCAS SEXTAVADA DE 1/4:



Figura 3.9 – Porcas sextavadas. **Fonte:** O Autor.

- ARRUELAS PARA PARAFUSOS DE 1/4:



Figura 3.10 – Arruelas. **Fonte:** O Autor.

- BARRA ROSQUEADA DE 1/4:



Figura 3.11 – Barra rosqueada. **Fonte:** O Autor.

- MOTOR DE IMPRESSORA 12VOLTS:

O motor (ver figura 3.12) será o coração do GVG. Ele será responsável em pôr a correia para girar fazendo com que ocorra o processo de eletrização do gerador. Este motorzinho é facilmente adquirido em diversos sites da internet.



Figura 3.12 – Motor de impressora. **Fonte:** O Autor.

- FIO PARALELO 1MM:



Figura 3.13 – Fio paralelo. **Fonte:** O Autor.

- CHAVE MARGIRIUS:

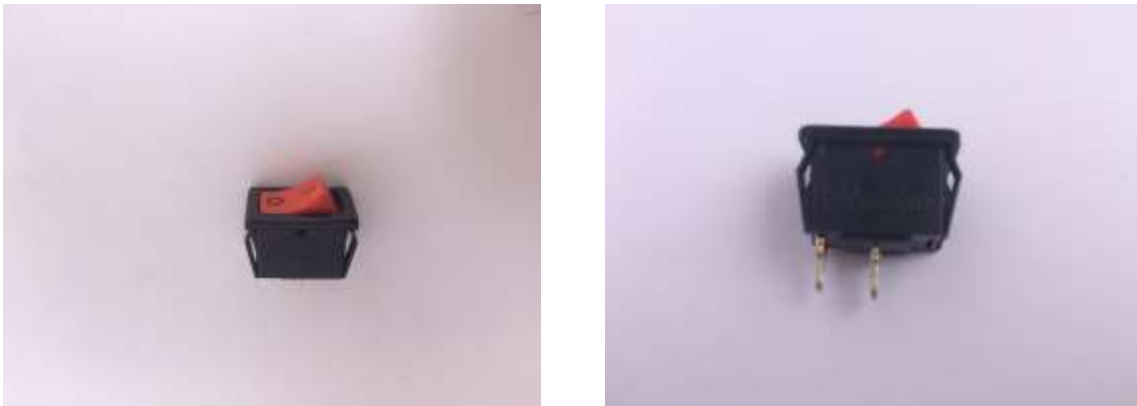


Figura 3.14 – Chave margirius. **Fonte:** O Autor.

- PEDAÇO DE PAPEL ALUMÍNIO (4CM x 8CM):



Figura 3.15 – Pedaco de papel alumínio. **Fonte:** O Autor.

- CHIP PARA BATERIA 9VOLTS:



Figura 3.16 – Chip para bateria. **Fonte:** O Autor.

- PLUG P4 PARAFUSO:



Figura 3.17 – Plug P4 parafuso. **Fonte:** O Autor.

- FONTE (12V – 1A) CHAVEADA:



Figura 3.18 – Fonte 12V-1A. **Fonte:** O Autor.

- PEDAÇOS DE 5 CM DO TUBO PVC 20:

Esses dois pedaços (ver figura3.19) do tubo PVC de 20mm de diâmetro serão os roletes do GVG.



Figura 3.19 – Pedaços de tubo PVC (20mm de diâmetro). **Fonte:** O Autor.

- PEDAÇO DE BARBANTE:



Figura 3.20 – Barbante. **Fonte:** O Autor.

- ELÁSTICO:



Figura 3.21 – Elástico. **Fonte:** O Autor.

A descrição do processo de montagem se dará em três etapas, como ilustrado na figura 3.22.

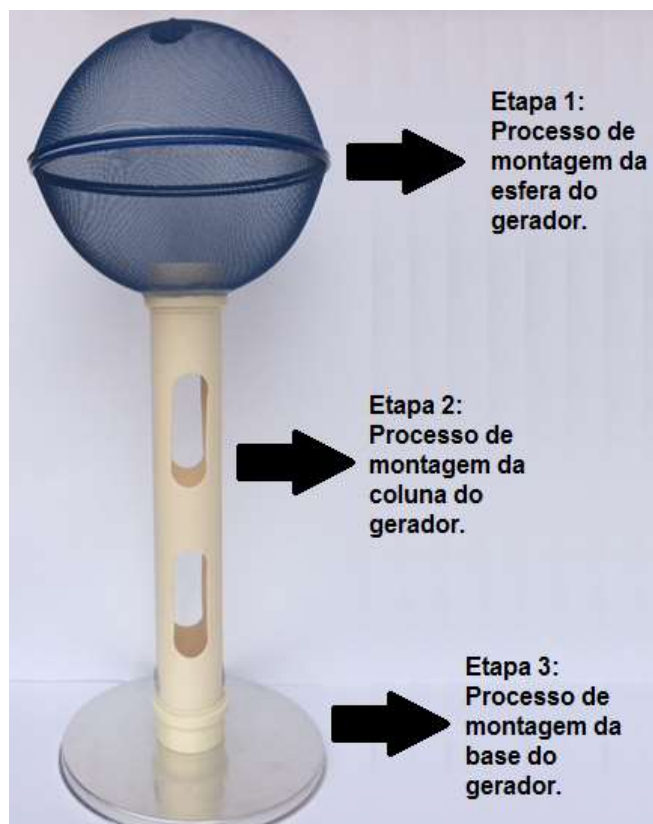


Figura 3.22 – O nosso modelo de GVG dividido pelas etapas de construção. **Fonte:** O Autor.

Sendo assim, daremos início ao processo de construção do GVG:

ETAPA 1: PROCESSO DE MONTAGEM DA ESFERA DO GVG

Primeiramente vamos pegar uma das duas telas protetoras e um dos dois CAP's do tubo PVC 75 para a marcação de onde vamos cortar a tela protetora (ver figura 3.23). A ideia é que o CAP fique fixado na parte central da casca semiesférica formada pela tela protetora de alimentos.

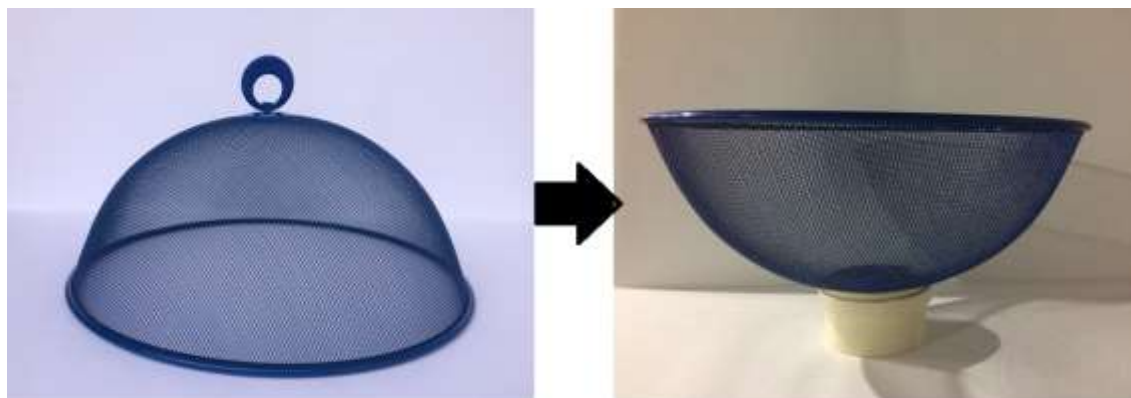


Figura 3.23 – Marcação do cap na tela protetora de alimento. **Fonte:** O Autor.

Após centralizar o cap, vamos fazer a marcação do corte na tela protetora de alimentos (ver figura 3.24); para isso vamos utilizar um corretor escolar.

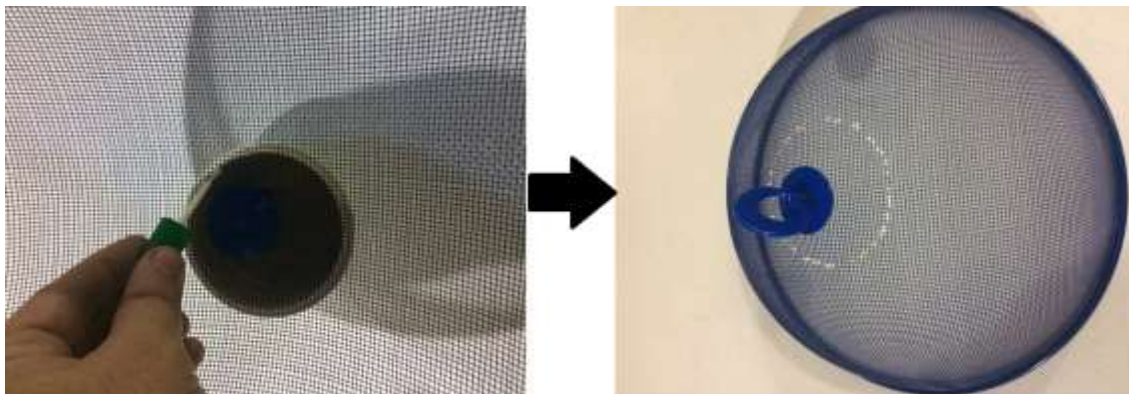


Figura 3.24 – Marcação para o corte na tela protetora de alimento. **Fonte:** O Autor.

Feito a marcação, agora vamos executar o corte (ver figura 3.25); para isso, vamos utilizar uma serra circular de uma micro retífica.

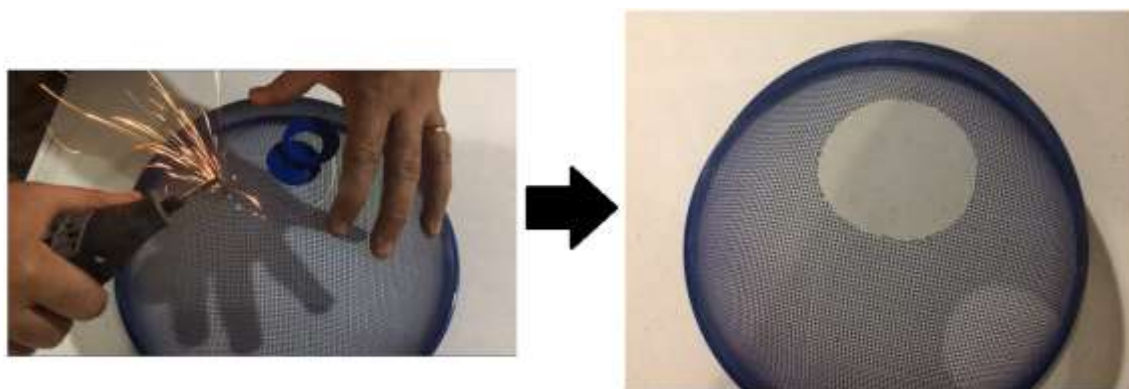


Figura 3.25 – Execução do corte na tela protetora de alimento. **Fonte:** O Autor.

Colocamos, nesse momento, o CAP no buraco feito na tela protetora de alimentos, como ilustrado pela figura 3.26.

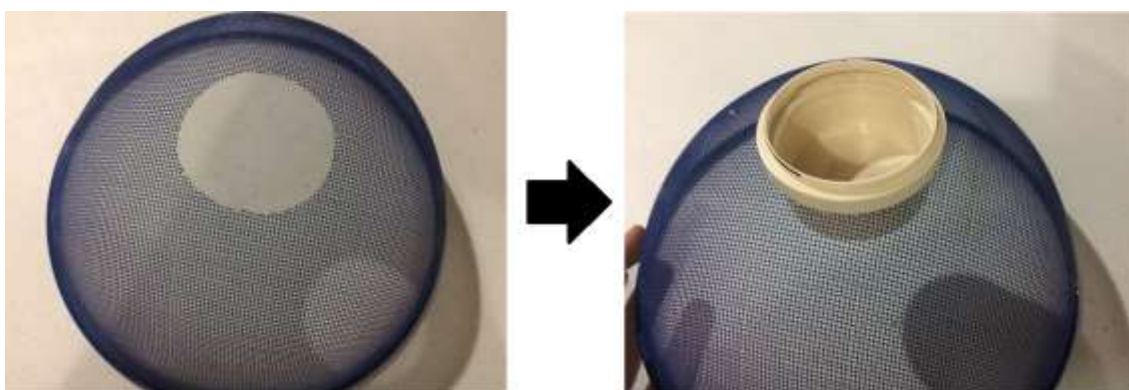


Figura 3.26 – Encaixe do cap na tela protetora de alimento. **Fonte:** O Autor.

Fixaremos o CAP à tela protetora agora (ver figura 3.27). Para isso vamos utilizar a massa epóxi.

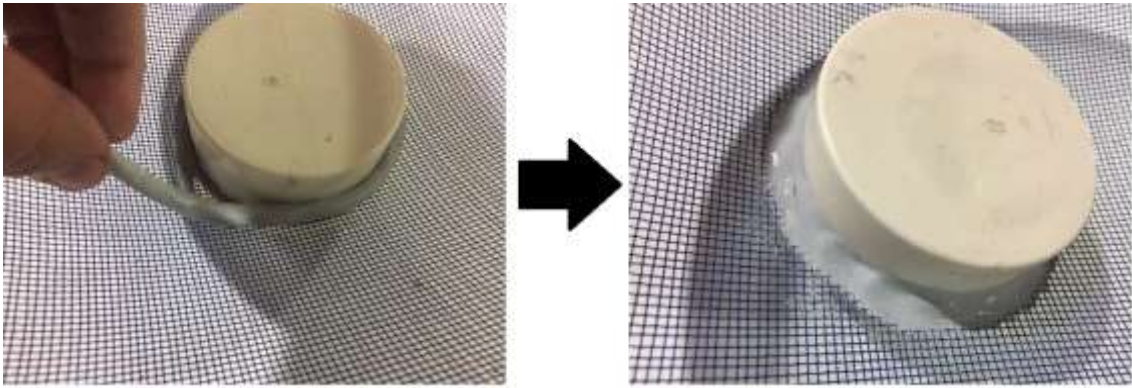


Figura 3.27 – Fixando o cap na tela protetora de alimento utilizando massa epóxi. **Fonte:** O Autor.

Modele a massa, com as mãos úmidas, ao redor do CAP tanto na parte interna quanto na parte externa da tela protetora (ver figura 3.28). Quando terminar de moldar, deixe a massa secar por 2 horas.

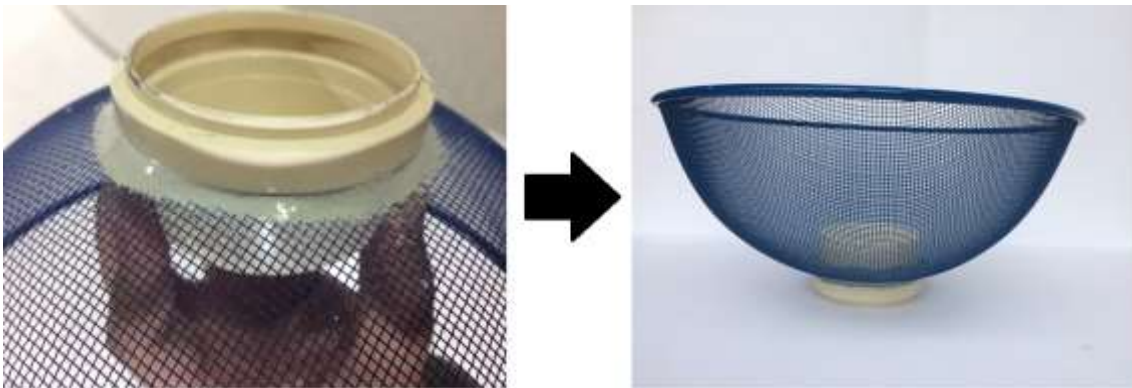


Figura 3.28 – Modelando a massa epóxi ao redor do cap. **Fonte:** O Autor.

Após a secagem da massa epóxi, iremos executar um furo central no cap. Esse furo poderá ser feito por uma serra copo de 1" ½ e uma furadeira como ilustrado pela figura 3.29.

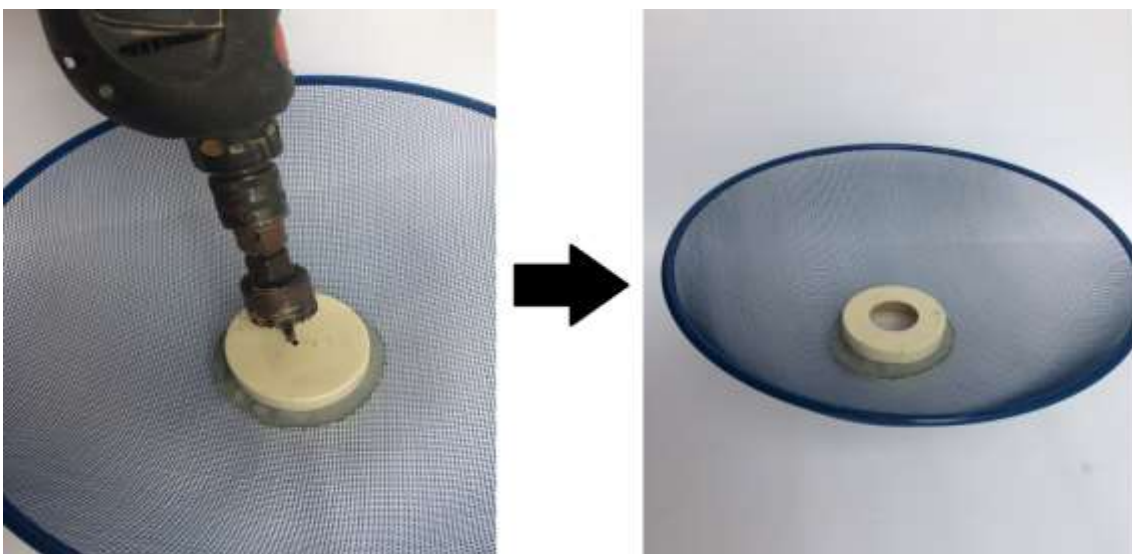


Figura 3.29 – Furação do cap. **Fonte:** O Autor.

A razão deste furo é para auxiliar na fixação de um pedaço da barra rosqueada de $\frac{1}{4}$ que ficará em formato de L, e servirá para “tirar” ou “colocar” os elétrons na correia. Assim, cortaremos cerca de 10cm da barra rosqueada e com auxílio de um torno, vamos dobrar esse pedaço de uma forma que a maior parte fique próximo dos 7 cm de comprimento (ver figura 3.30).

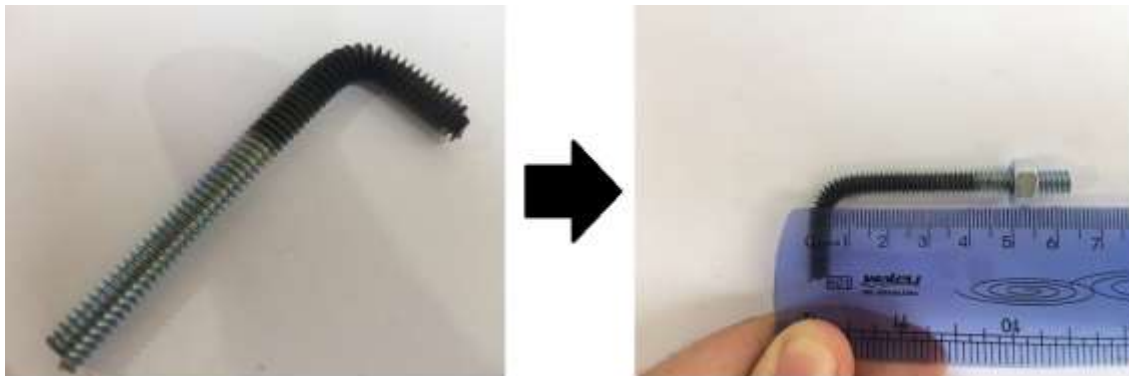


Figura 3.30 – Modelagem do pino coletor superior. **Fonte:** O Autor.

Uma dica é aquecer esse pedaço da barra rosqueada no ponto que iremos dobrar; isso deixará o metal mais flexível, o que evitará uma possível quebra.

Feito a dobra, colocamos uma porca e encaixamos no CAP, após fazermos um furo utilizando a furadeira e uma broca de $\frac{1}{4}$ (ver figura 3.31).

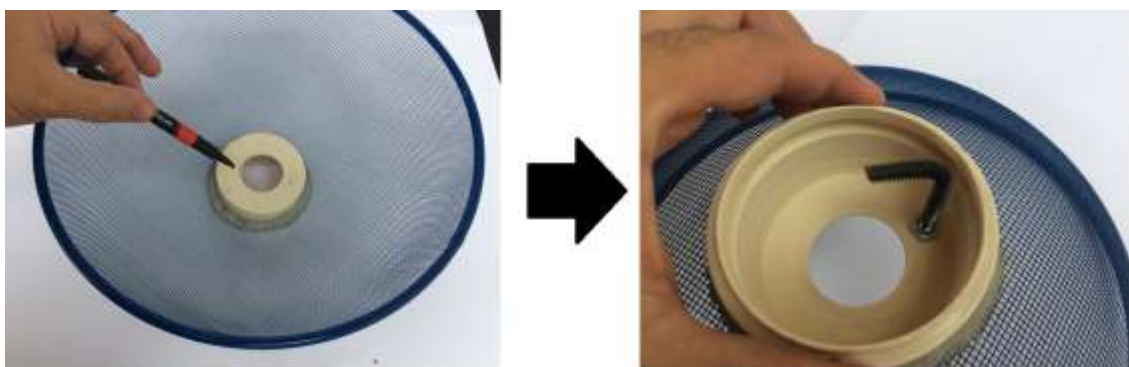


Figura 3.31 – Encaixe do pino coletor superior. **Fonte:** O Autor.

Depois, enroscamos uma segunda porca, para prender a peça em L no cap (ver figura 3.32).

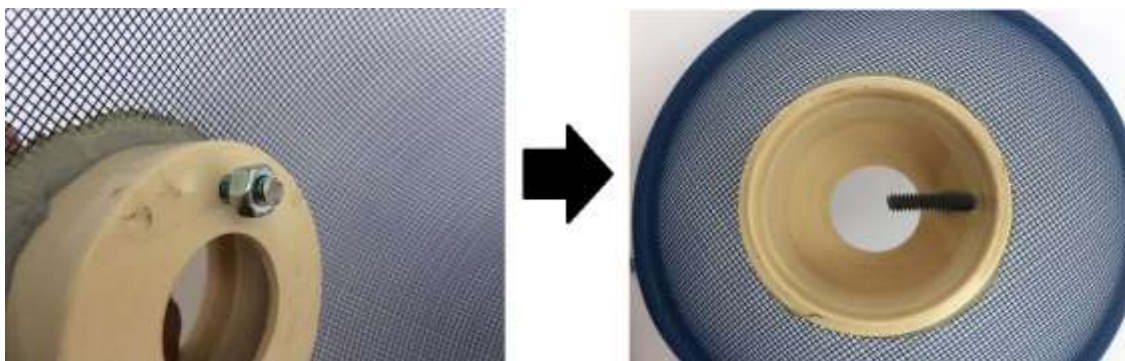


Figura 3.32 – Fixação do pino coletor superior. **Fonte:** O Autor.

Ainda falta um fio que irá conectar a peça em L à tela semiesférica. Para isso, vamos apresentar duas sugestões: O modelo 1 e o modelo 2. No modelo 1 a construção é mais simples, porém pode apresentar uma certa resistência para o fluxo de elétrons entre a peça em L e a tela durante o funcionamento do gerador, pois existe, em nosso modelo, uma tinta que envolve o metal da tela protetora de alimento. Para a execução desse primeiro modelo, basta cortar cerca de 20cm do fio de 1mm, raspar as pontas, prender uma porca em uma extremidade e fixar a outra na peça em L (ver figura 3.33).

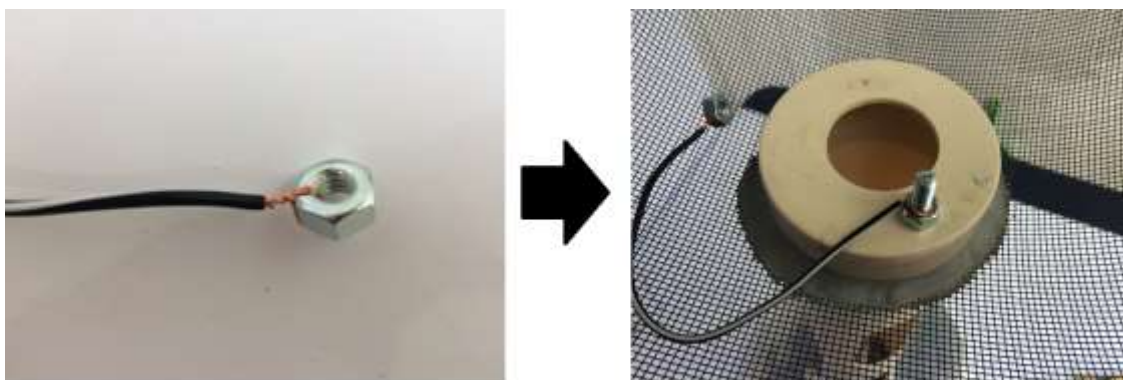


Figura 3.33 – Conexão do pino coletor superior com a tela protetora de alimento (mod.1). **Fonte:** O Autor.

Para a nossa segunda sugestão (modelo 2), vamos eliminar a resistência formada pela tinta que envolve a tela metálica. O primeiro passo é utilizar um rebite e retirar a ‘cabeça’ como ilustrado pela figura 3.34.

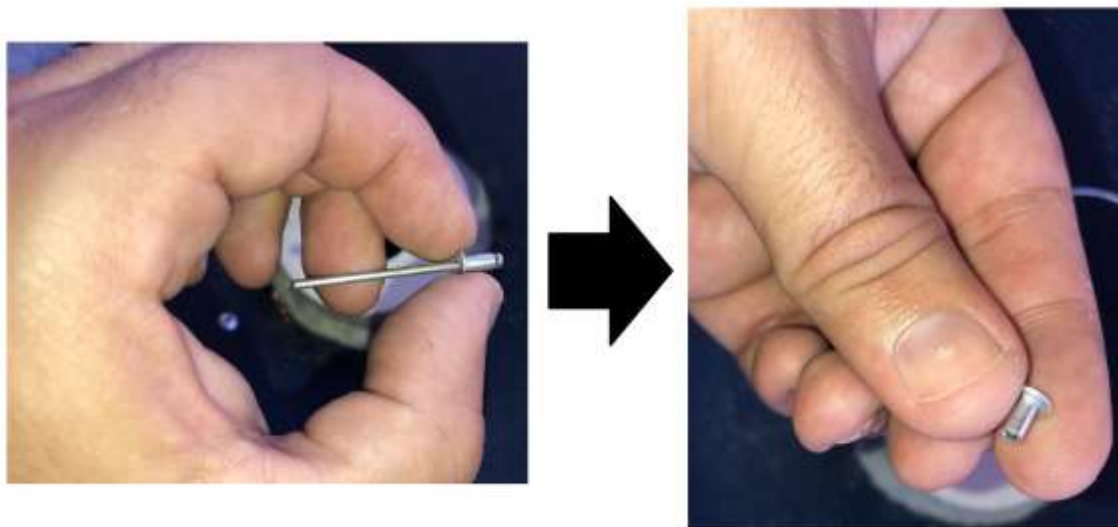


Figura 3.34 – Retirando a ‘cabeça’ do rebite. **Fonte:** O Autor.

Encaixaremos e colaremos essa ‘cabeça’ do rebite em um orifício (próximo ao cap) da tela protetora de alimento (ver figura 3.35); em seguida fixamos o fio desencapado, que está conectado à peça em L, no orifício da cabeça do rebite.

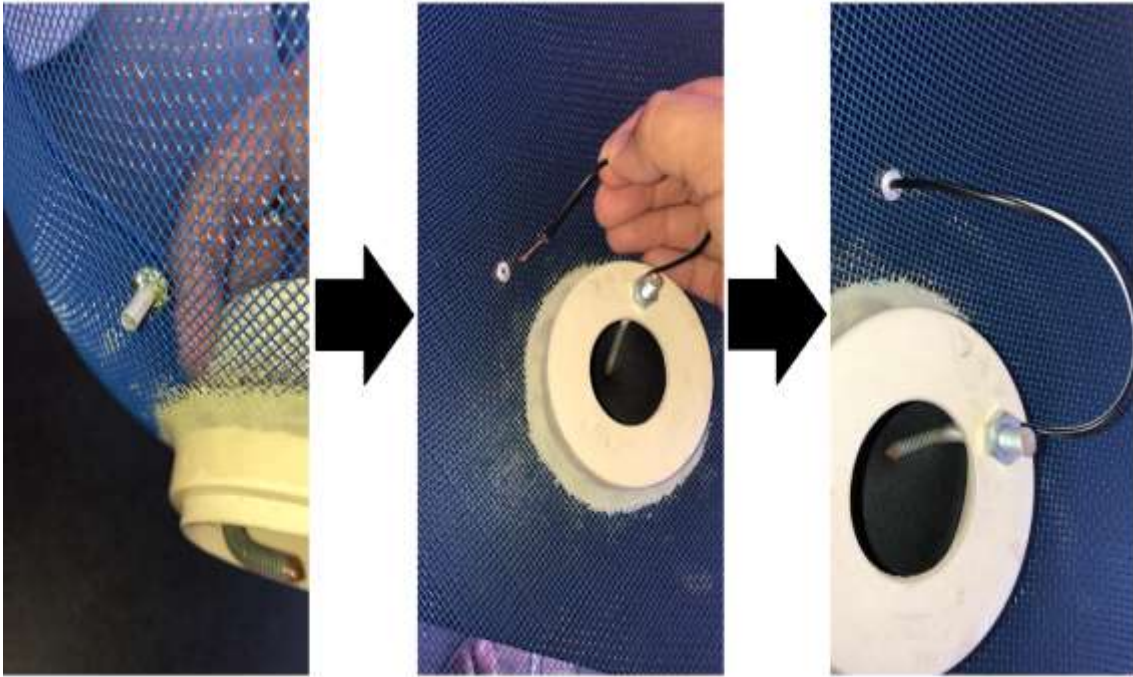


Figura 3.35 – Conexão do pino coletor superior com a tela protetora de alimento (mod.2). **Fonte:** O Autor.

Vale apenas salientar que pelos dois modelos, iremos ter a eletrização da cúpula do GVG, porém, como no modelo 2 há um contato mais direto entre o pino coletor e a tela, essa eletrização se dá de forma mais eficiente.

Para finalizar a etapa 1, vamos unir essa tela semiesférica com a outra tela semiesférica, que ainda não foi trabalhada. Para essa fixação, vamos fornecer três soluções, mentalizada por mim e pelo meu orientador. Essas ideias estão ilustradas pelas figuras 3.36, 3.37 e 3.38.



Figura 3.36 – Fixação entre as telas semiesféricas via pedaço de metal moldado em U. **Fonte:** O Autor.



Figura 3.37 – Fixação entre as telas semiesféricas via a quatro prendedores de papel. **Fonte:** O Autor.



Figura 3.38 – Fixação entre as telas semiesféricas via elásticos. **Fonte:** O Autor.

Concluimos assim a etapa 1, onde foi construído a esfera condutora do nosso GVG. Após a conclusão das etapas 2 e 3, esta peça irá se encaixar na parte superior da coluna do gerador.

ETAPA 2: PROCESSO DE MONTAGEM DA COLUNA DO GVG

Para dar início a essa etapa, iremos certificar se o tubo PVC de 75 mm de diâmetro, está com 50 cm de comprimento (ver figura 3.39).



Figura 3.39 – Tubo PVC (75 mm) com 50 cm de comprimento. **Fonte:** O Autor.

Após a verificação, iremos fazer os furos onde serão colocados os roletes inferior e superior do GVG. Primeiramente faremos as marcações onde iremos furar (ver figura 3.40); de maneira linear, marcamos dois pontos à 6 cm de cada extremidade do tubo.

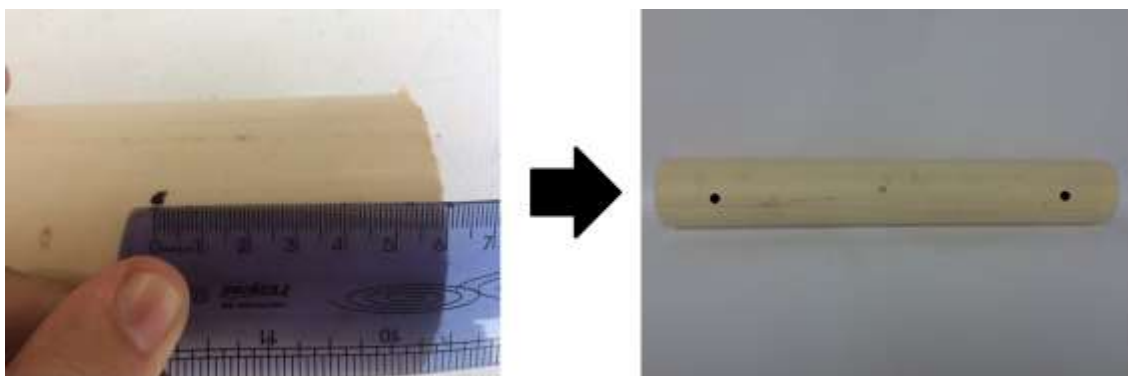


Figura 3.40 – Marcação do posicionamento dos roletes no tubo PVC 75 mm. **Fonte:** O Autor.

Com o tubo na horizontal e com uma furadeira (usando uma broca ponta chata 3/4) perfeitamente na vertical, execute o furo em uma das extremidades do tubo conforme ilustra a figura 3.41.

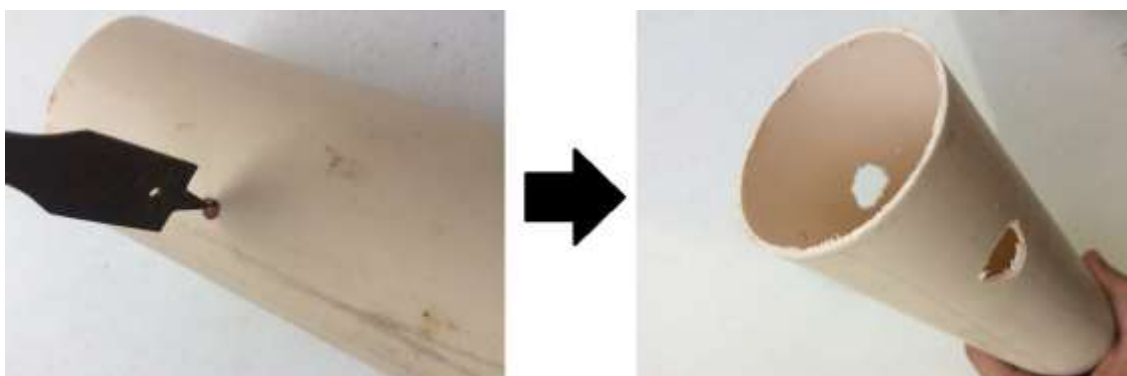


Figura 3.41 – Furação do tubo PVC 75 mm para posicionar o rolete inferior do GVG. **Fonte:** O Autor.

Nesses furos serão acoplados dois rolamentos 607 (ver figura 3.42). Encaixe a barra rosqueada de 1/4 nos rolamentos para verificar o alinhamento entre eles.

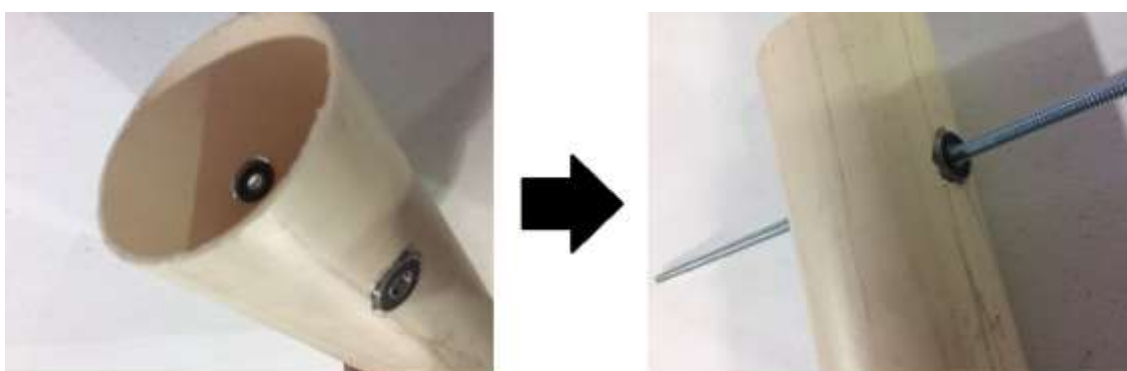


Figura 3.42 – Verificando o alinhamento entre os rolamentos via barra rosqueada. **Fonte:** O Autor.

Após a verificação, fixe os rolamentos ao tubo utilizando cola instantânea (ver figura 3.43). Em seguida faça o acabamento ao redor do rolamento utilizando a massa epóxi.

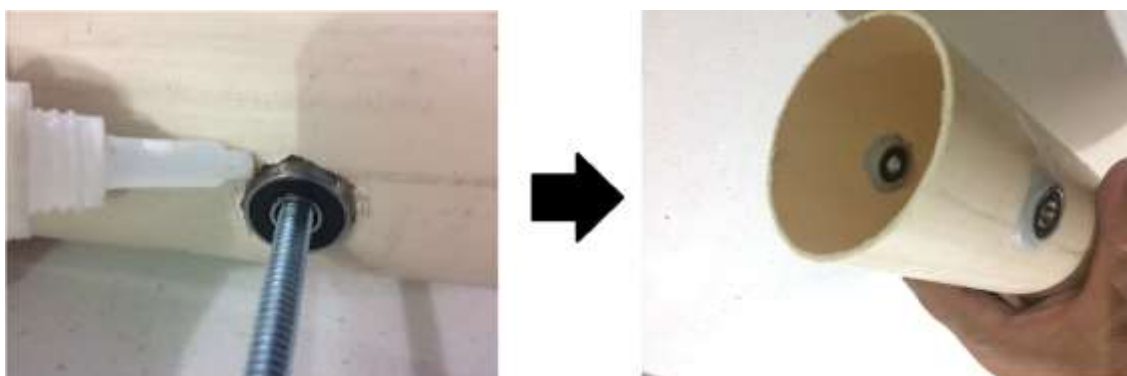


Figura 3.43 – Fixando os rolamentos ao tubo PVC 75 mm com massa epóxi. **Fonte:** O Autor.

Deixe a massa epóxi secar por 2h e em seguida execute os furos na outra extremidade do tubo utilizando a furadeira e uma broca de 1/4 (ver figura 3.44).

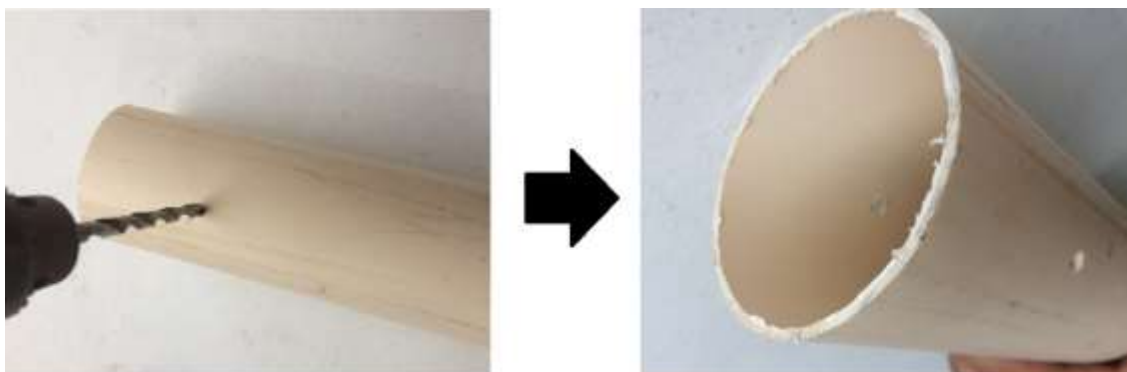


Figura 3.44 – Furação do tubo PVC 75 mm para posicionar o rolete superior do GVG. **Fonte:** O Autor.

Vamos iniciar as aberturas laterais no tubo. Tais aberturas servirão como uma espécie de janela, onde iremos visualizar o movimento da correia pelo interior do tubo e como um possível acesso ao ar quente de um secador de cabelo, caso se deseje tirar a umidade da correia.

Conforme ilustra a figura 3.45, faça uma marcação no ponto médio do arco que une os dois rolamentos fixos no tubo.

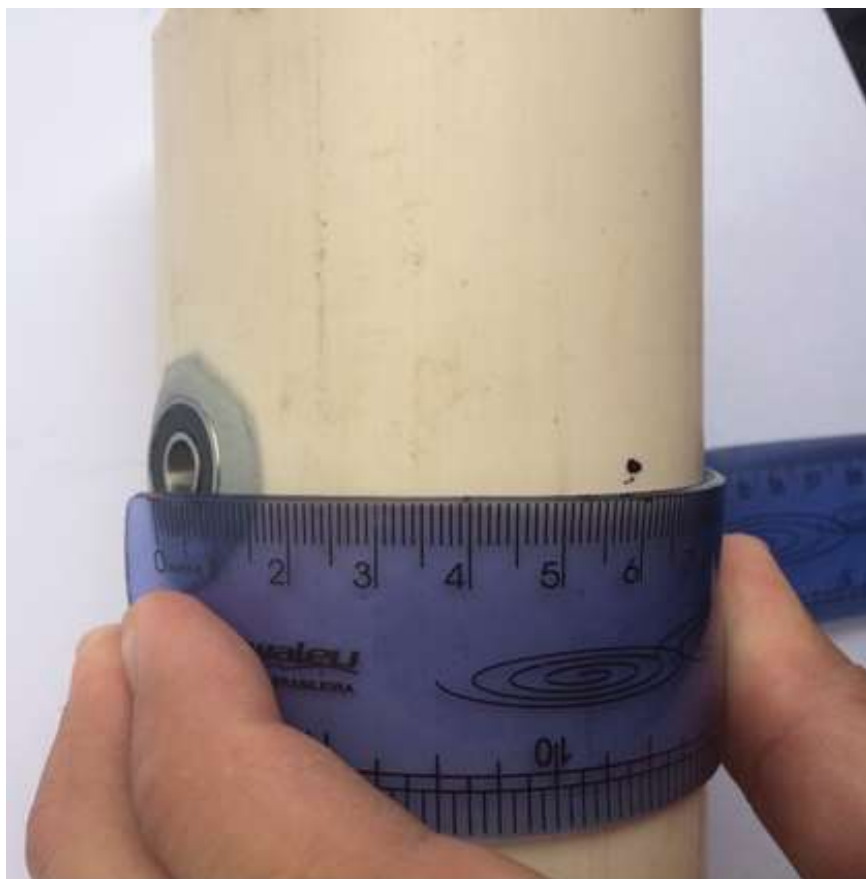


Figura 3.45 – 1ª Marcação para execução da abertura lateral no tubo PVC 75 mm. **Fonte:** O Autor.

De forma semelhante, faça a marcação na outra extremidade do tubo (ver figura 3.46); ou seja, no ponto médio do arco que une os dois furos.



Figura 3.46 – 2ª Marcação para execução da abertura lateral no tubo PVC 75 mm. **Fonte:** O Autor.

Entre esses dois pontos, faça mais quatro marcações; conforme as medidas que estão indicadas na figura 3.47.

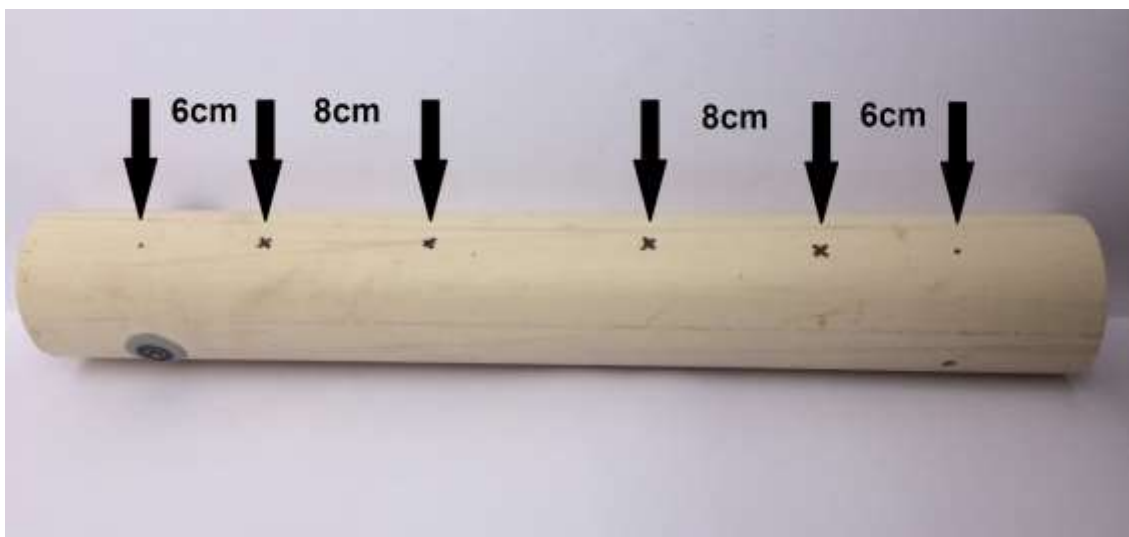


Figura 3.47 – 3ª Marcação para execução da abertura lateral no tubo PVC 75 mm. **Fonte:** O Autor.

Com uma furadeira e uma serra copo de 1" ½, execute os furos nas quatro últimas marcações feitas (ver figura 3.48).

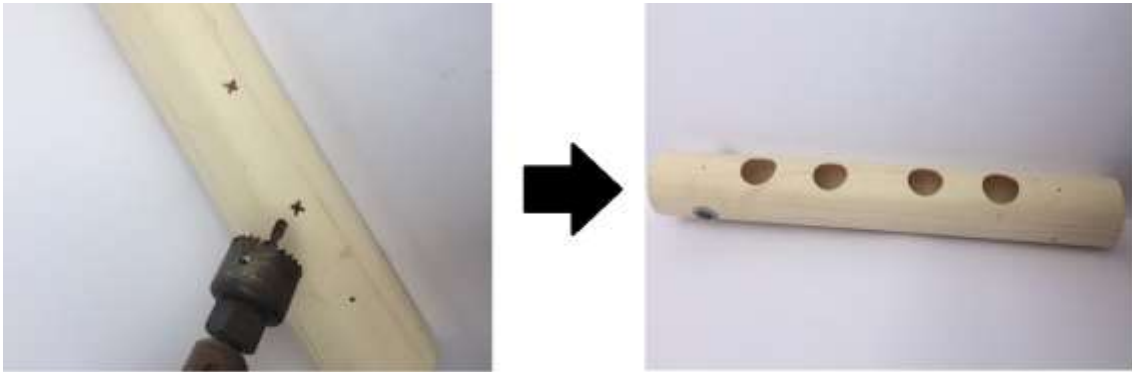


Figura 3.48 – Execução dos furos laterais no tubo PVC 75 mm. **Fonte:** O Autor.

Faça no tubo, duas retas paralelas de forma tangencial aos dois furos de cada extremidade (ver figura 3.49).

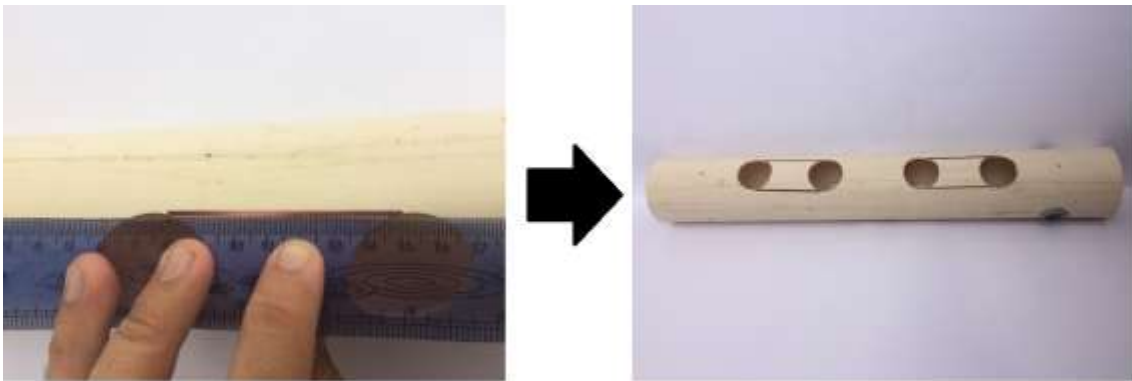


Figura 3.49 – Marcações das linhas tangenciais aos furos feitos no passo anterior. **Fonte:** O Autor.

Execute o corte utilizando a serra tico-tico ou qualquer serra que esteja ao seu alcance (ver figura 3.50).

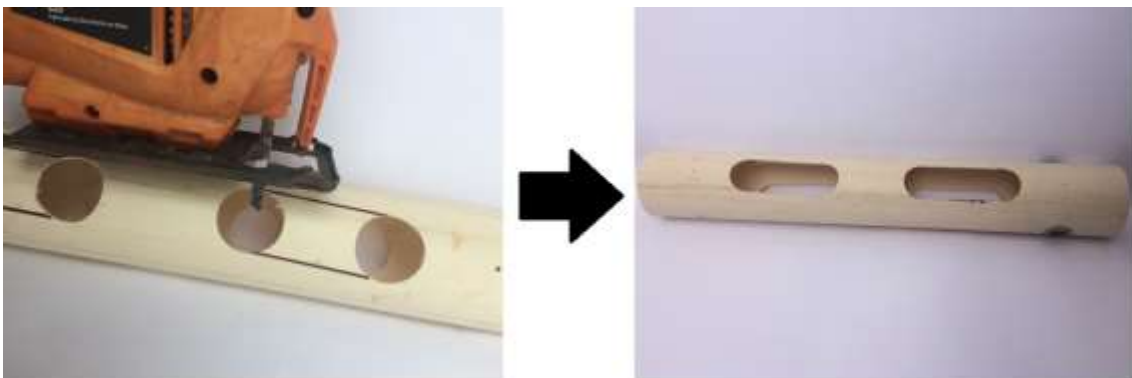


Figura 3.50 – Execução dos cortes para as aberturas laterais no tubo PVC 75 mm. **Fonte:** O Autor.

Faça o mesmo procedimento para a abertura lateral do tubo no lado oposto e lixe a peça (ver figura 3.51).

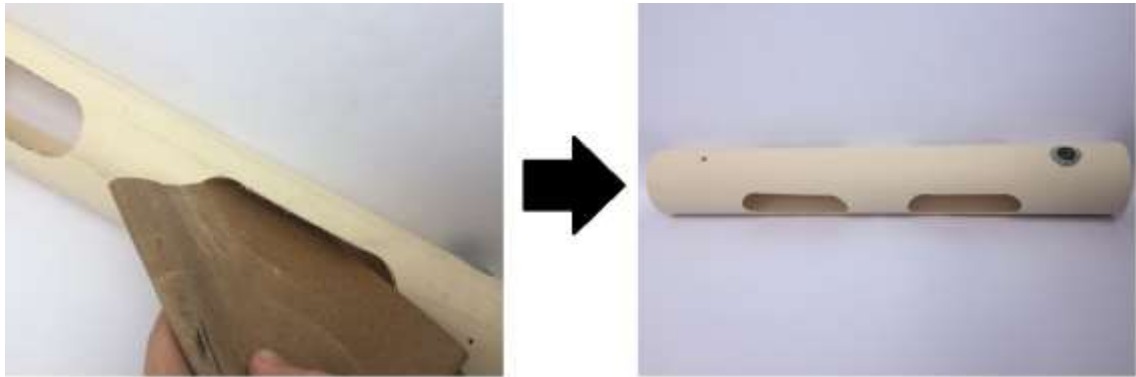


Figura 3.51 – Acabamento das aberturas laterais. **Fonte:** O Autor.

Para finalizar essa etapa, vamos incluir nesse tubo os roletes e a correia transportadora de carga. Começando com o rolete inferior, tomemos em mãos um dos dois pedaços de 5cm do tubo PVC com 20mm de diâmetro, duas arruelas para parafuso de 1/4 e uma porca sextavada de 1/4 (ver figura 3.52).

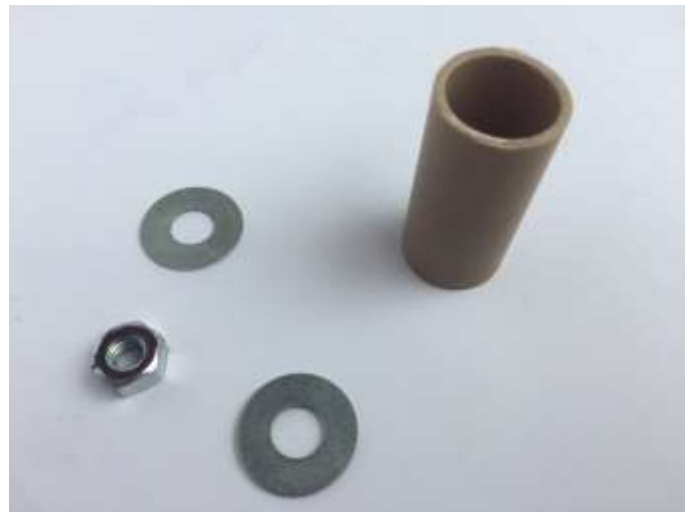


Figura 3.52 – Componentes para a construção do rolete inferior do GVG. **Fonte:** O Autor.

Com o auxílio da cola instantânea, vamos fixar uma das arruelas à porca de forma que os orifícios centrais fiquem bem alinhados (ver figura 3.53).

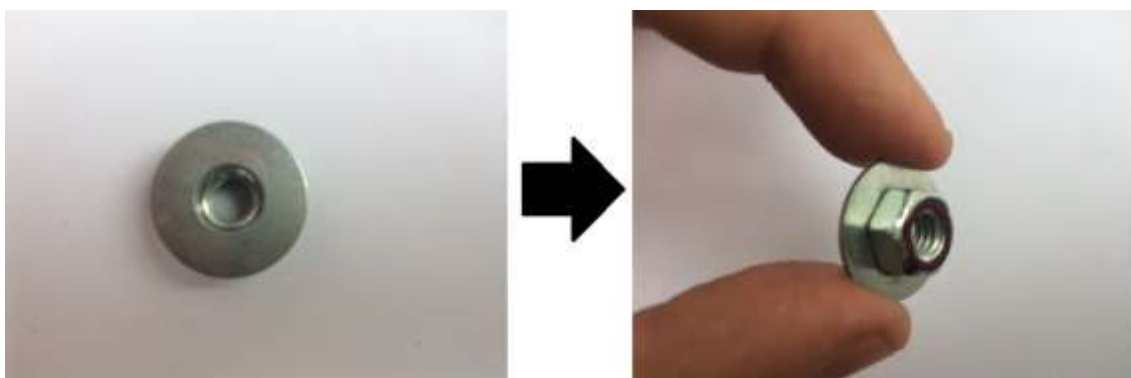


Figura 3.53 – Colando a arruela na porca via cola instantânea. **Fonte:** O Autor.

Ainda utilizando a cola instantânea, fixemos a peça, esquematizada pela figura 3.53, à uma extremidade do tubo PVC de 5cm e a arruela na outra extremidade (ver figura 3.54).

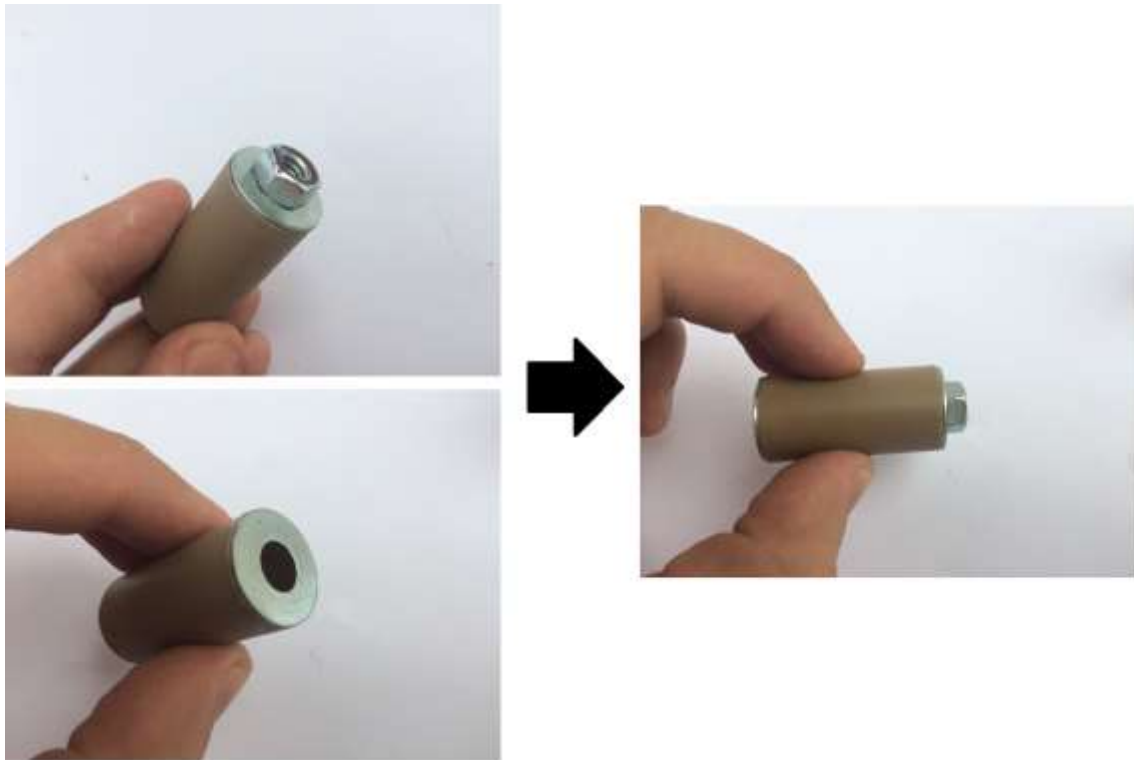


Figura 3.54 – Fixação dos componentes do rolete inferior do GVG. **Fonte:** O Autor.

Com o barbante, daremos uma volta na peça ilustrada pela figura 3.54, exatamente no ponto médio do comprimento desse tubo de 5cm (ver figura 3.55). Essa “voltinha” poderá ser fixada com a cola instantânea e servirá como uma espécie de guia para a correia se manter no centro do rolete, não a deixando escapar para os lados.

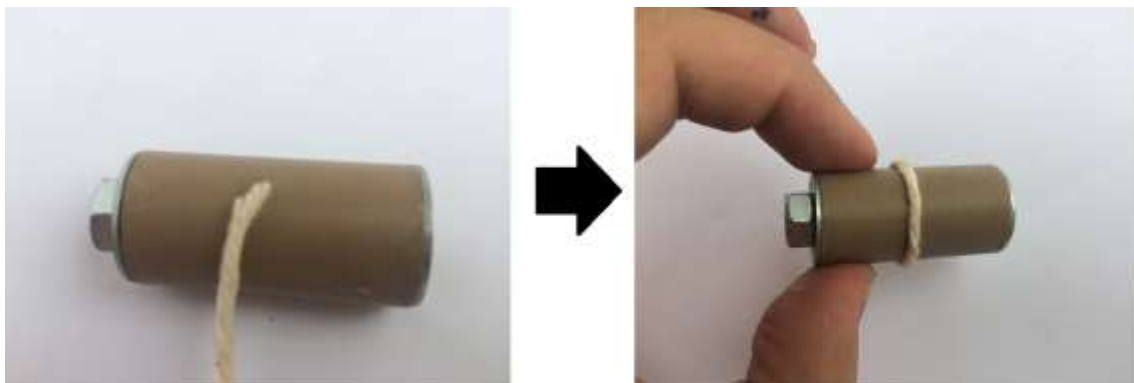


Figura 3.55 – Colando uma volta de barbante no ponto médio do rolete inferior do GVG. **Fonte:** O Autor.

Para finalizar o rolete inferior do GVG vamos envolver todo o comprimento da peça acima com fita adesiva incolor (ver figura 3.56).

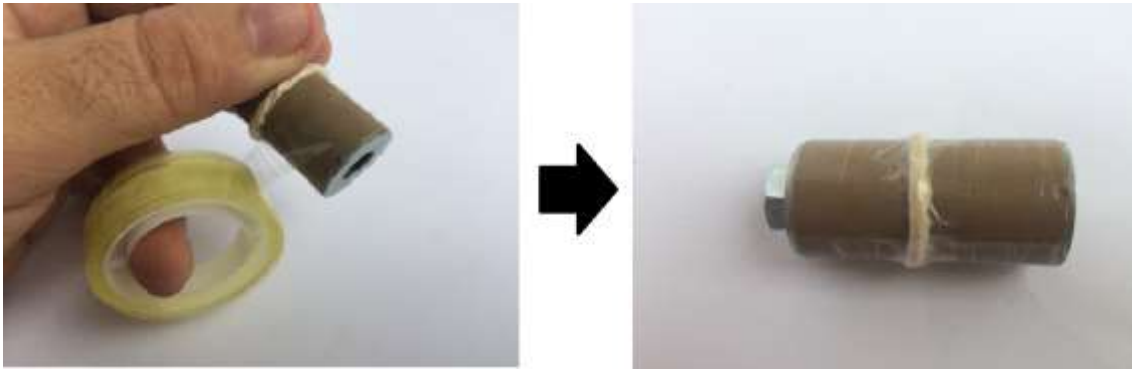


Figura 3.56 – Envolvendo o rolete inferior do GVG com fita adesiva incolor. **Fonte:** O Autor.

Vamos encaixar a peça acima na parte inferior do tubo PVC que será a coluna do nosso GVG. Para isso, iremos precisar de 12 cm da barra rosqueada de 1/4, 7 porcas e a roldana plástica (ver figura 3.57).

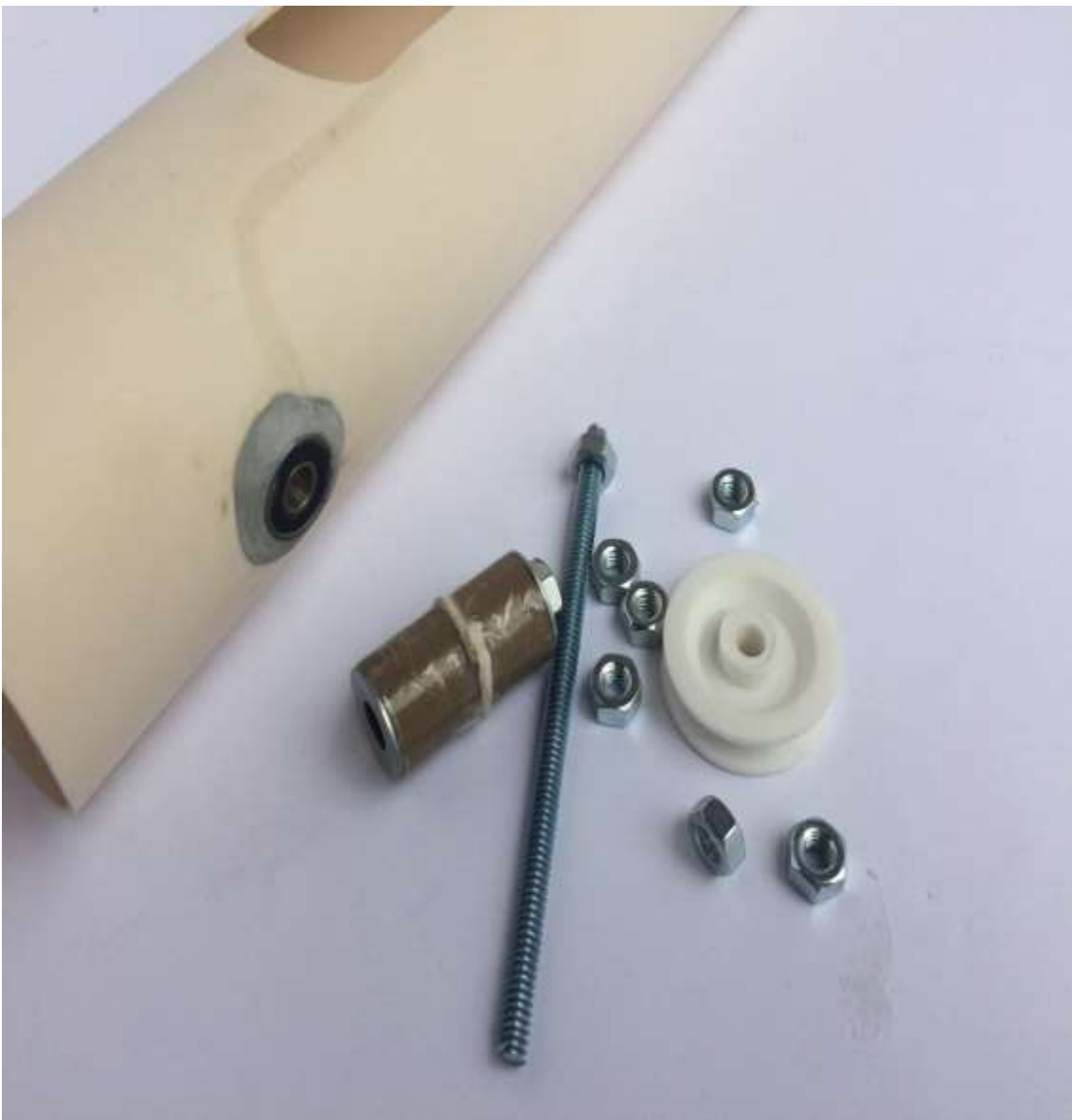


Figura 3.57 – Componentes para o encaixe do rolete inferior no tubo PVC 75 mm. **Fonte:** O Autor.

Numa das extremidades do pedaço da barra rosqueada, iremos prender (sob pressão) duas porcas rosqueando fortemente uma contra a outra, em seguida introduzimos essa peça no orifício do rolamento, que está fixo ao tubo PVC (coluna do GVG), de modo que a sequência fique: A - porca, B - rolete (esse ficará centralizado na parte interna do tubo) e C - as duas porcas presas sob pressão. Feito isso, fixaremos A com B (também sob pressão) rosqueando um contra o outro (ver figura 3.58). Na outra extremidade desse pedaço de barra rosqueada, iremos fixar mais duas porcas sob pressão (rosqueando uma contra a outra) e colocaremos a roldana plástica em seguida (ver figura 3.59).

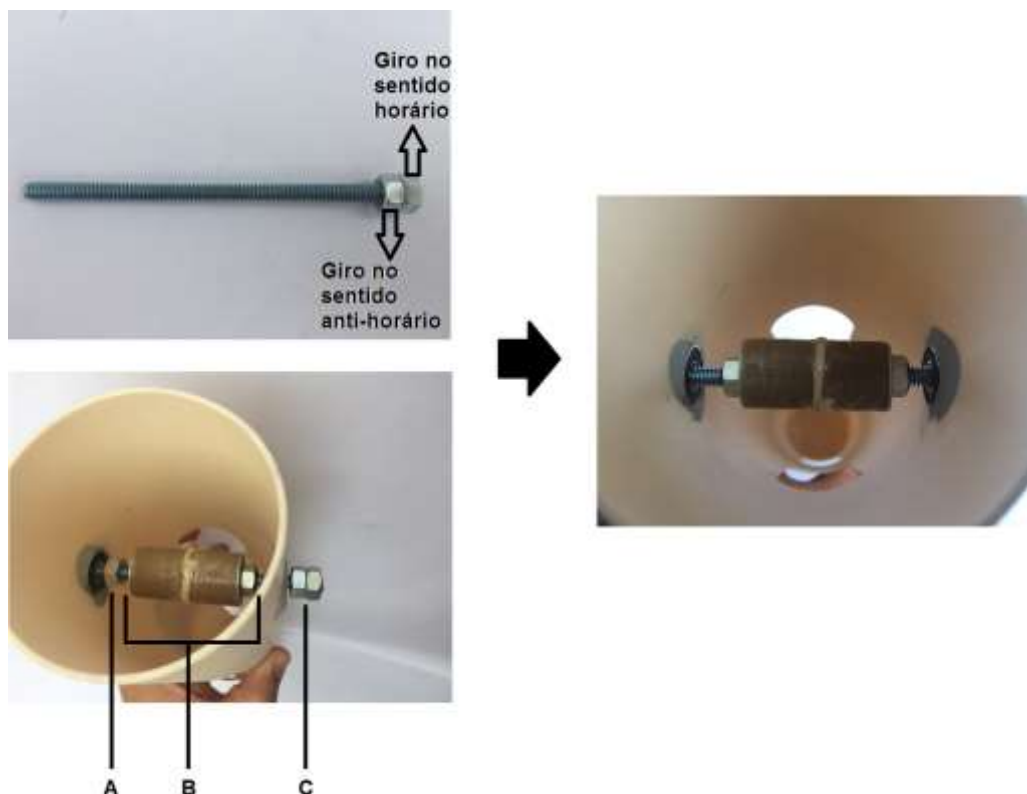


Figura 3.58 – Encaixe do rolete inferior do GVG no tubo PVC 75 mm. **Fonte:** O Autor.

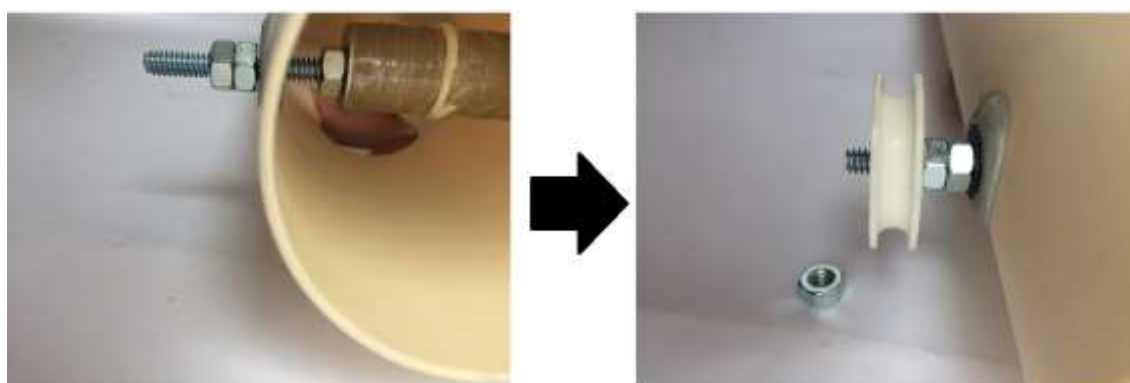


Figura 3.59 – Fixando a roldana ao eixo do rolete inferior do GVG. **Fonte:** O Autor.

Rosqueando a última porca, fixaremos a roldana ao pedaço da barra rosqueada devido a pressão entre as porcas. Com isso, iremos finalizar todo o mecanismo para o rolete inferior do GVG (ver figura 3.60).

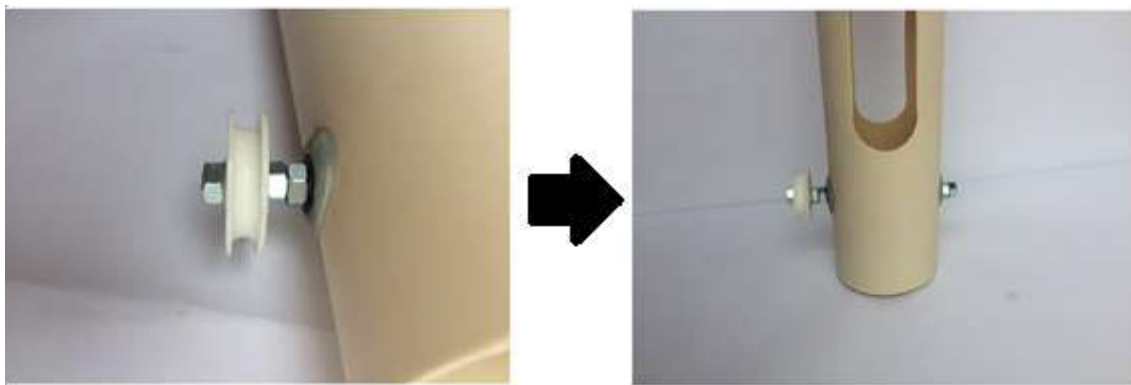


Figura 3.60 – Finalizando o encaixe do rolete inferior do GVG ao tubo PVC 75 mm. **Fonte:** O Autor.

Para o rolete superior, usaremos as outras duas roldanas 607, o outro pedaço de 5 cm do tubo PVC de 20 mm de diâmetro e a cola instantânea (ver figura 3.61).



Figura 3.61 – Componentes para a construção do rolete superior do GVG. **Fonte:** O Autor.

Começaremos colando um rolamento a cada extremidade do tubo (ver figura 3.62).

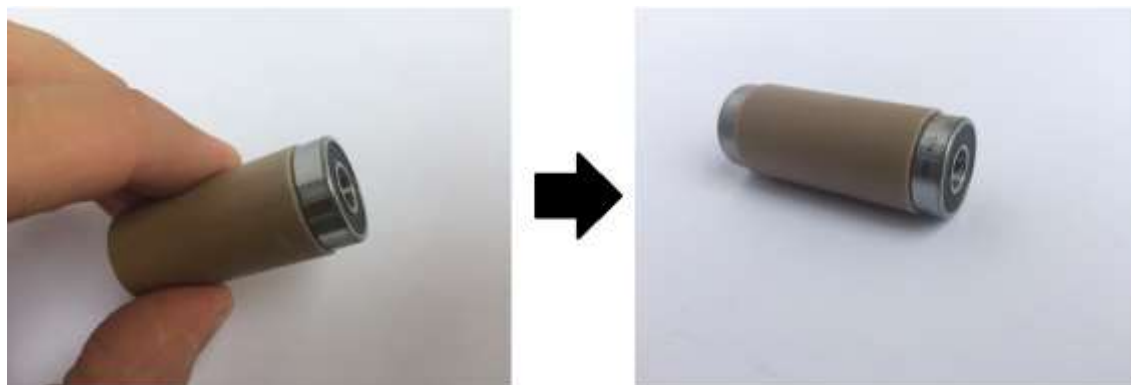


Figura 3.62 – Colando os rolamentos nas extremidades do tubo PVC 20 mm. **Fonte:** O Autor.

Vamos envolver todo o comprimento da peça com fita isolante e colar uma volta de barbante no ponto médio (ver figura 3.63).

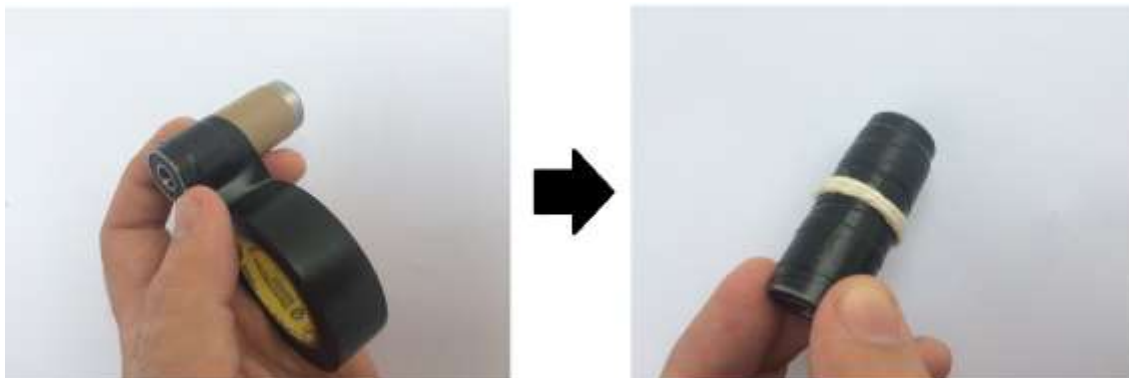


Figura 3.63 – Envolvendo fita isolante no rolete superior do GVG. **Fonte:** O Autor.

Em seguida, também com a cola instantânea, colaremos o pedaço de papel alumínio (4 cm x 8 cm) ao redor da peça acima (ver figura 3.64).

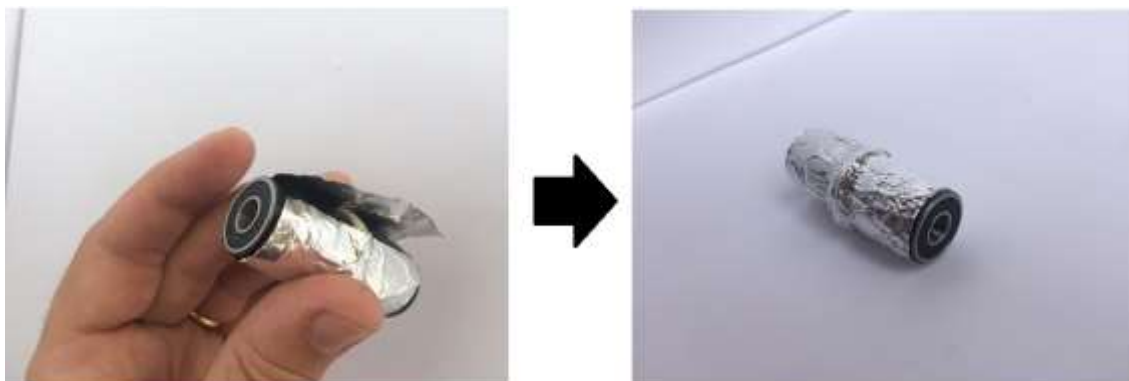


Figura 3.64 – Colando papel alumínio no rolete superior do GVG. **Fonte:** O Autor.

Para o eixo desse rolete, usaremos 8 cm da barra rosqueada de 1/4 com duas porcas fixas, rosqueadas fortemente uma contra a outra, em cada extremidade do eixo (ver figura 3.65). Devemos tomar cuidado para não travarmos o rolete contra as porcas.

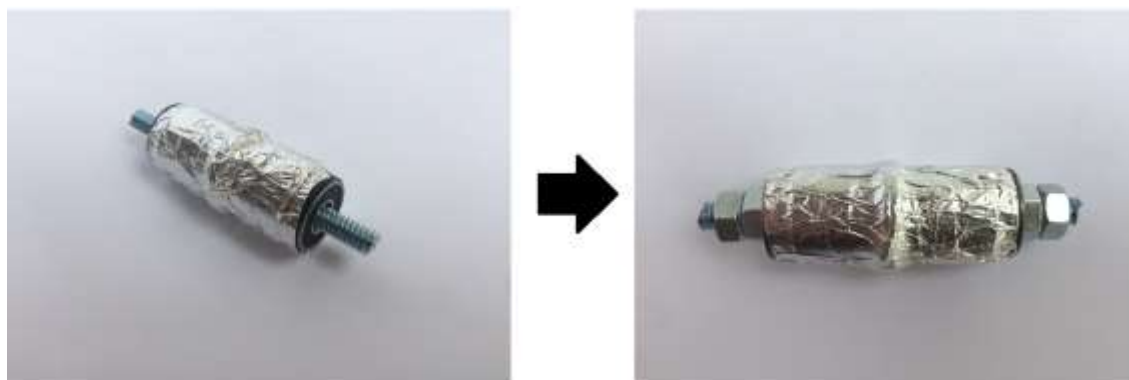


Figura 3.65 – Finalizando o rolete superior do GVG. **Fonte:** O Autor.

Note no esquema da figura 3.65, que devemos deixar, em ambos os lados, uns 3 mm do pedaço da barra rosqueada para fora da porca. Essa saliência servirá para encaixar o rolete na parte superior do tubo que será a coluna do GVG (ver figura 3.66).

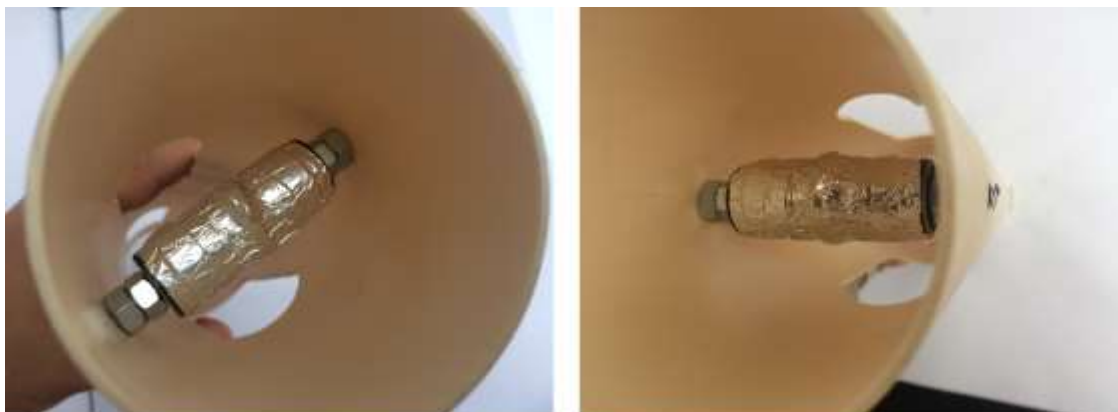


Figura 3.66 – Encaixando o rolete superior do GVG no tubo PVC 75 mm. **Fonte:** O Autor.

Para instalar a correia entre os roletes, cortaremos 2cm x 50cm da faixa elástica e com a cola instantânea colaremos as extremidades após passar o pedaço cortado da faixa pelo rolete inferior do GVG. Após a secagem da cola, encaixaremos a correia ao rolete superior do GVG (ver figura 3.67).

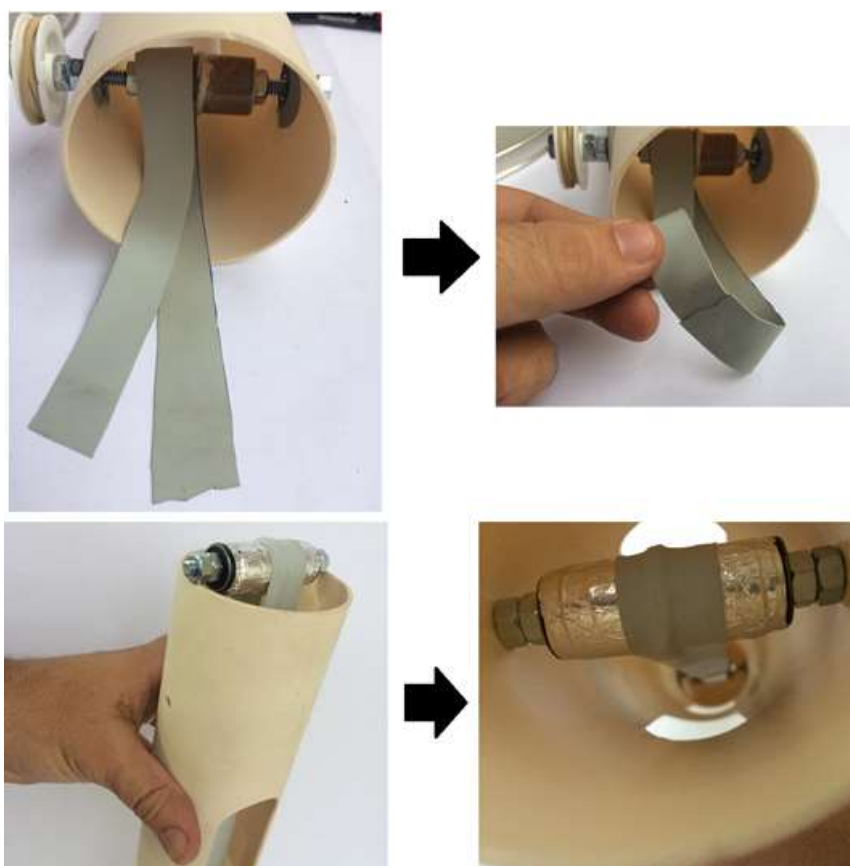


Figura 3.67 – Instalação da correia do GVG entre os roletes inferior e superior. **Fonte:** O Autor.

Assim finalizamos a etapa 2 onde se focou na construção da coluna do nosso GVG (ver figura 3.68).



Figura 3.68 – Coluna do nosso modelo de GVG. **Fonte:** O Autor.

Após a conclusão de todas as etapas, veremos que a peça acima se encaixará, pela parte inferior, à peça que iremos construir na etapa 3 (base do GVG) e a esfera construída na etapa 1 se encaixará na parte superior desse tubo.

ETAPA 3: PROCESSO DE MONTAGEM DA BASE DO GVG

Iniciaremos essa etapa fixando um cap do tubo pvc 75 mm no centro da forma de pizza. Para tal tarefa, primeiramente faremos as marcações no cap onde executaremos os furos com o auxílio de uma furadeira e uma broca de 1/4 (ver figura 3.69).

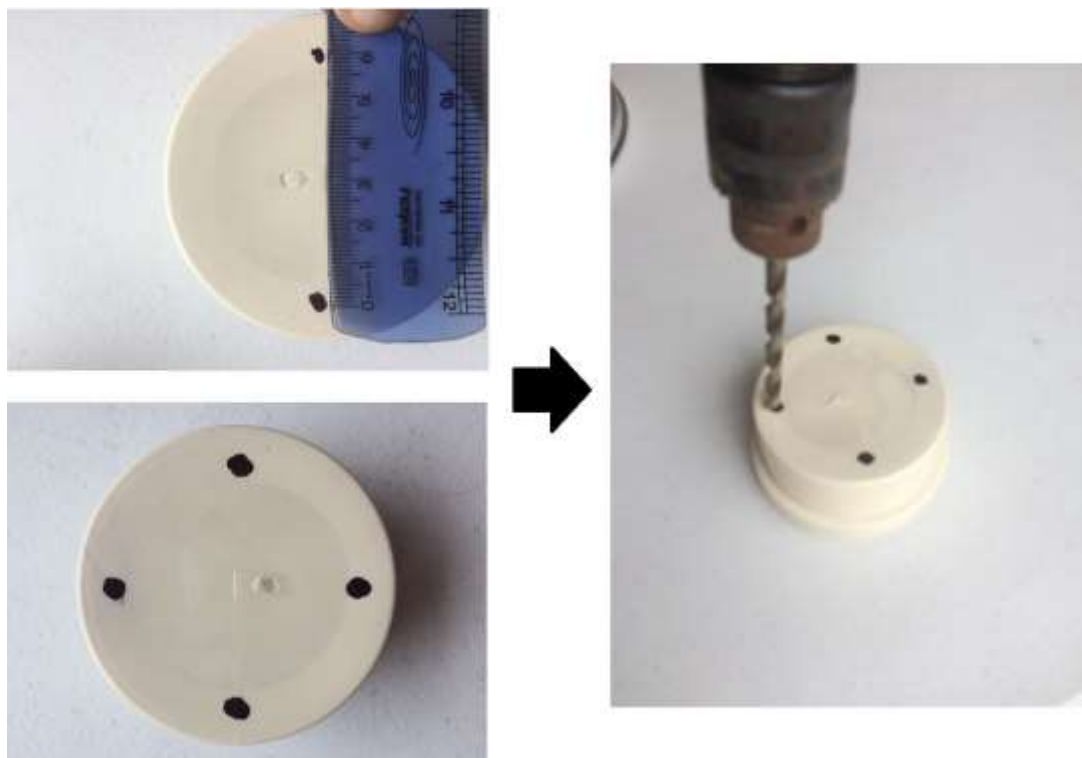


Figura 3.69 – Marcações e execuções dos furos no cap. **Fonte:** O Autor.

Após a execução dos furos, alinhamos o cap na parte central da forma de pizza de modo que um esteja de “costas” para o outro. Assim, faça as marcações na forma de pizza conforme ilustra a figura 3.70.



Figura 3.70 – Marcações para a execução dos furos na forma de pizza. **Fonte:** O Autor.

Execute agora, os furos na forma de pizza, utilizando a mesma broca que furou o cap (ver figura 3.71).

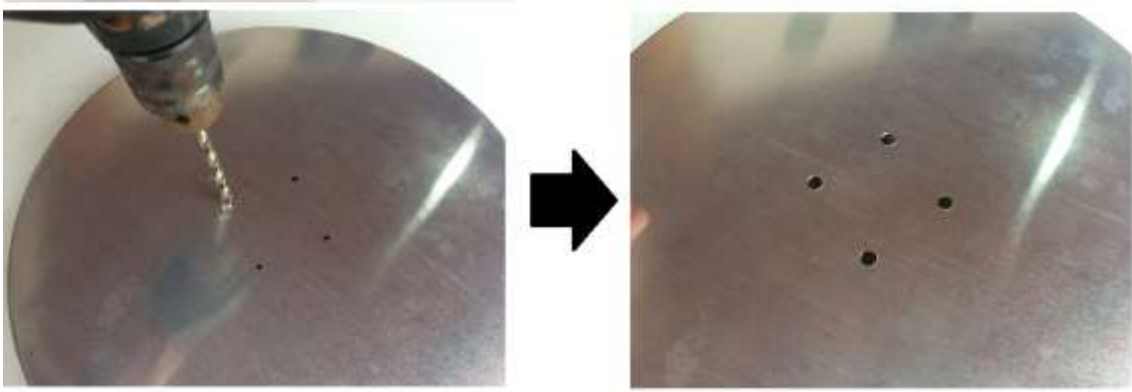


Figura 3.71 – Execução dos furos na forma de pizza. **Fonte:** O Autor.

Com os quatro parafusos fenda limão 1/4 x 1/2 e as quatro porcas de 1/4 prenda o cap à forma de pizza (ver figura 3.72).

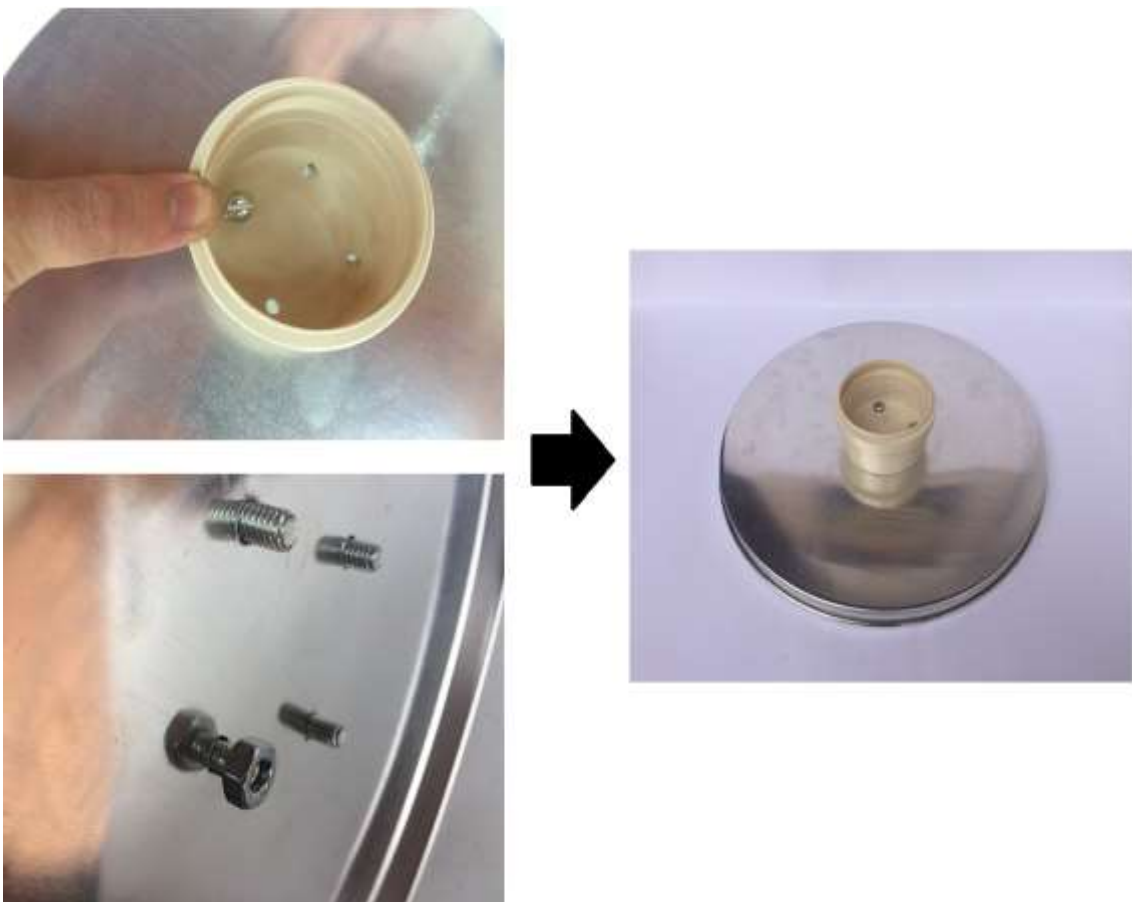


Figura 3.72 – Fixação do cap na forma de pizza. **Fonte:** O Autor.

A seguir, vamos encaixar a peça da etapa 2 ao CAP que está preso à forma de pizza. Em seguida, coloque o motor de impressora 12V em cima da forma de pizza, de modo que a roldana plástica da coluna do GVG fique alinhada verticalmente sobre a roldana do motor (ver figura 3.73). Após verificar o alinhamento, faça as marcações onde furaremos e fixaremos o motor à forma de pizza.

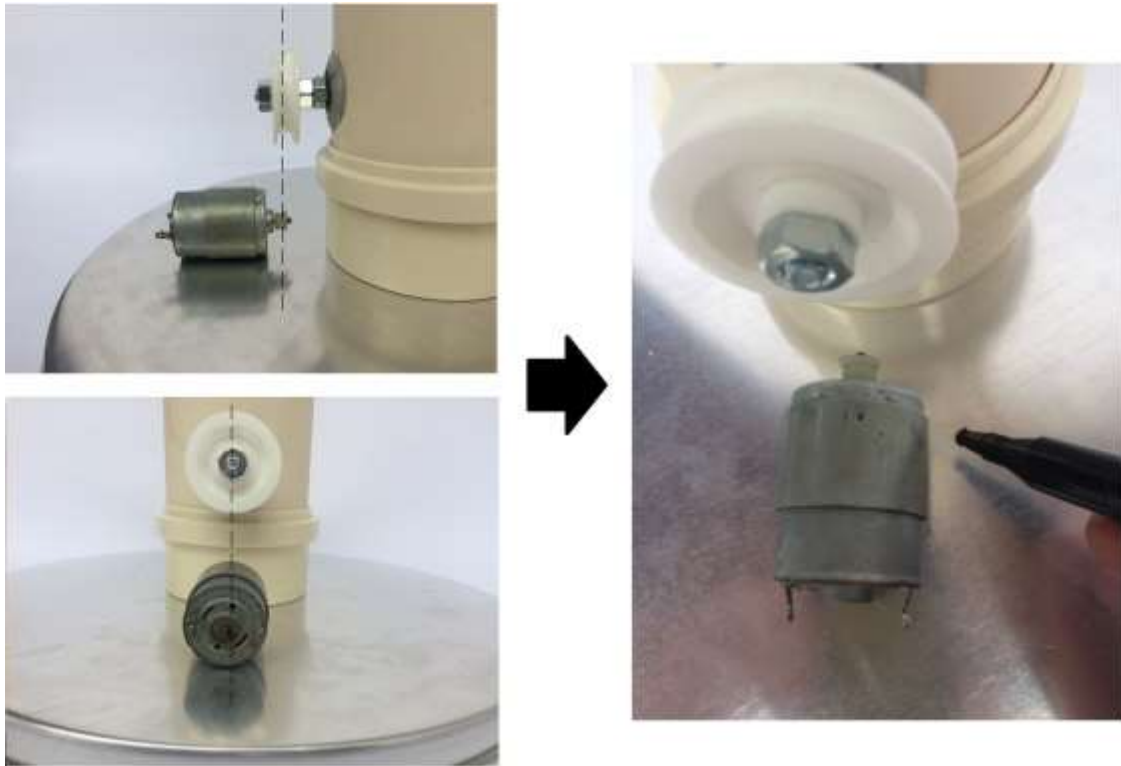


Figura 3.73 – Posicionando o motor do GVG na forma de pizza. **Fonte:** O Autor.

Feitas as marcações, executaremos o furo na forma de pizza com a furadeira e uma broca de 1/4 (ver figura 3.74).

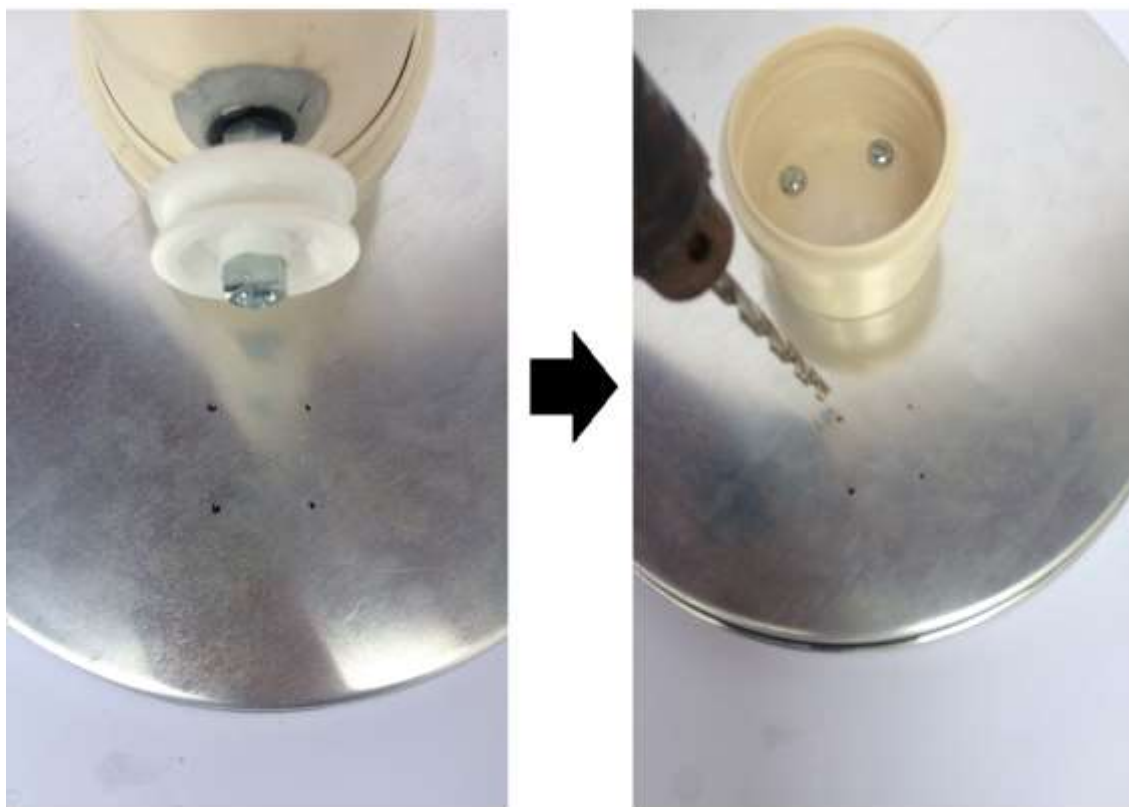


Figura 3.74 – Execução dos furos para fixar o motor do GVG na forma de pizza. **Fonte:** O Autor.

Após furar, prenderemos o motor à forma de pizza utilizando duas abraçadeiras de plástico (ver figura 3.75).



Figura 3.75 – Prendendo o motor do GVG na forma de pizza. **Fonte:** O Autor.

Chegou a hora de incorporar a parte elétrica à base do nosso GVG. Começando pela chave margirius, desenharemos um retângulo de dimensões 1,2 cm x 1,8 cm ao lado do motor e sobre a forma de pizza (ver figura 3.76).

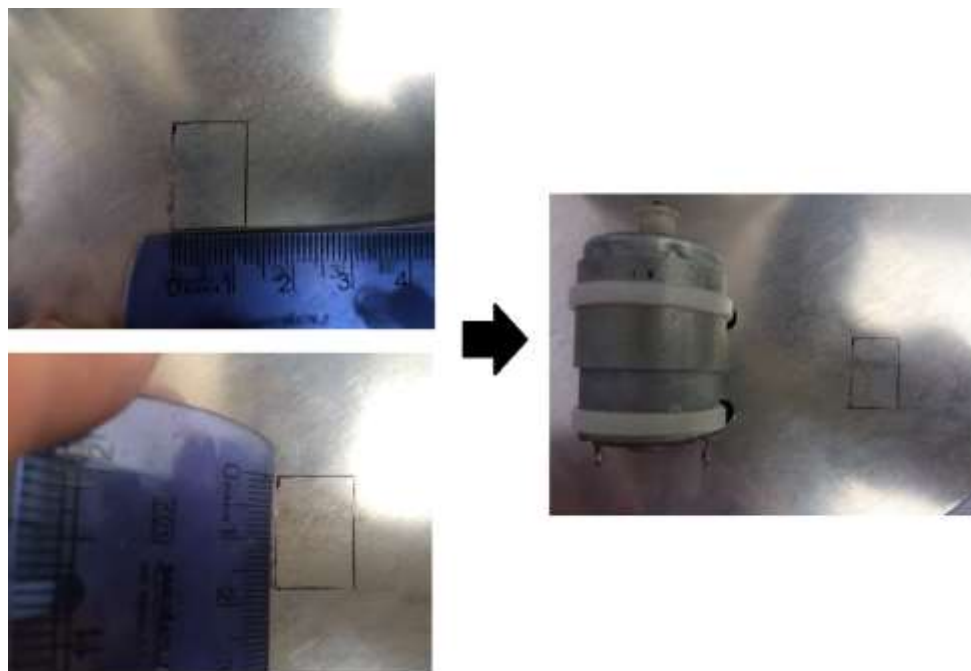


Figura 3.76 – Fazendo a marcação para fixar a chave lig/desl. na forma de pizza. **Fonte:** O Autor.

Utilizando uma serra circular de uma micro retífica, executaremos o corte na forma de pizza e encaixaremos a chave margirius na forma (ver figura 3.77).

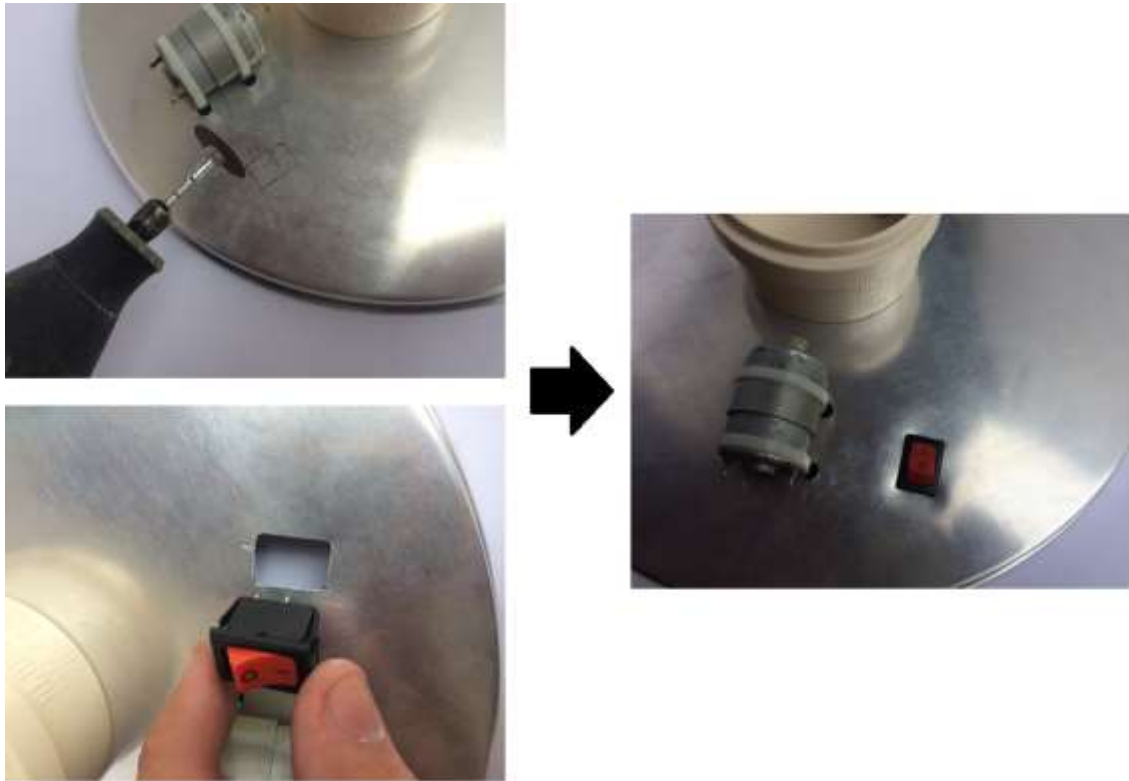


Figura 3.77 – Execução do corte para fixar a chave margirius na forma de pizza. **Fonte:** O Autor.

As conexões entre os componentes elétricos (motor 12v, chave margirius, chip para bateria 9v e o Plug p4 parafuso) se dará através do fio paralelo 1mm e deverá respeitar o esquema ilustrado na figura 3.78.

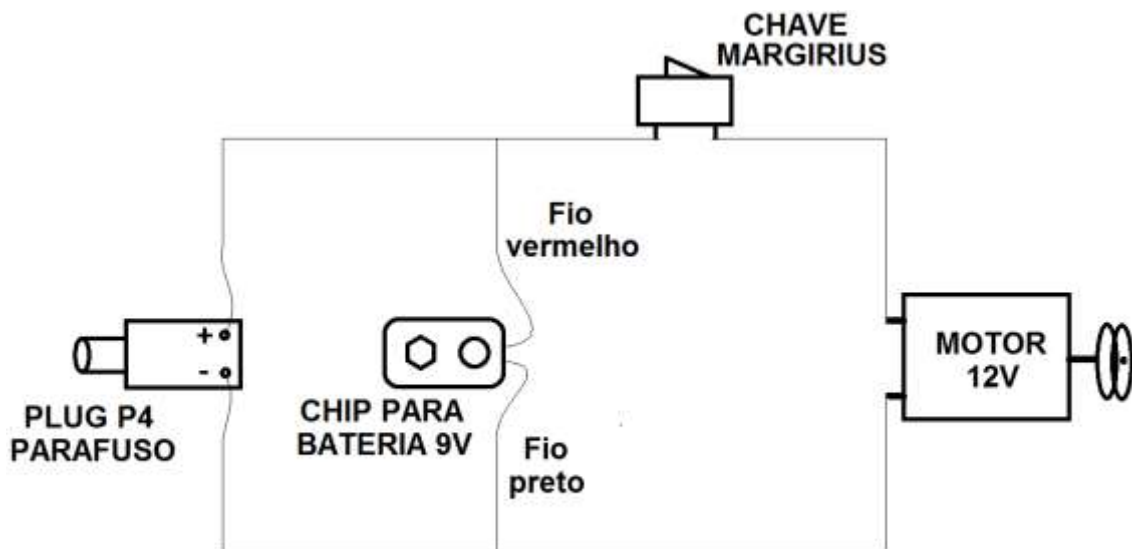


Figura 3.78 – Esquema elétrico para acionar o motor do GVG via Plug P4 ou bateria 9V. **Fonte:** O Autor.

Com o ferro de solda para eletrônica, solde os terminais do fio aos componentes eletrônicos. Na figura 3.79, temos uma sugestão para a “arrumação” do circuito elétrico.

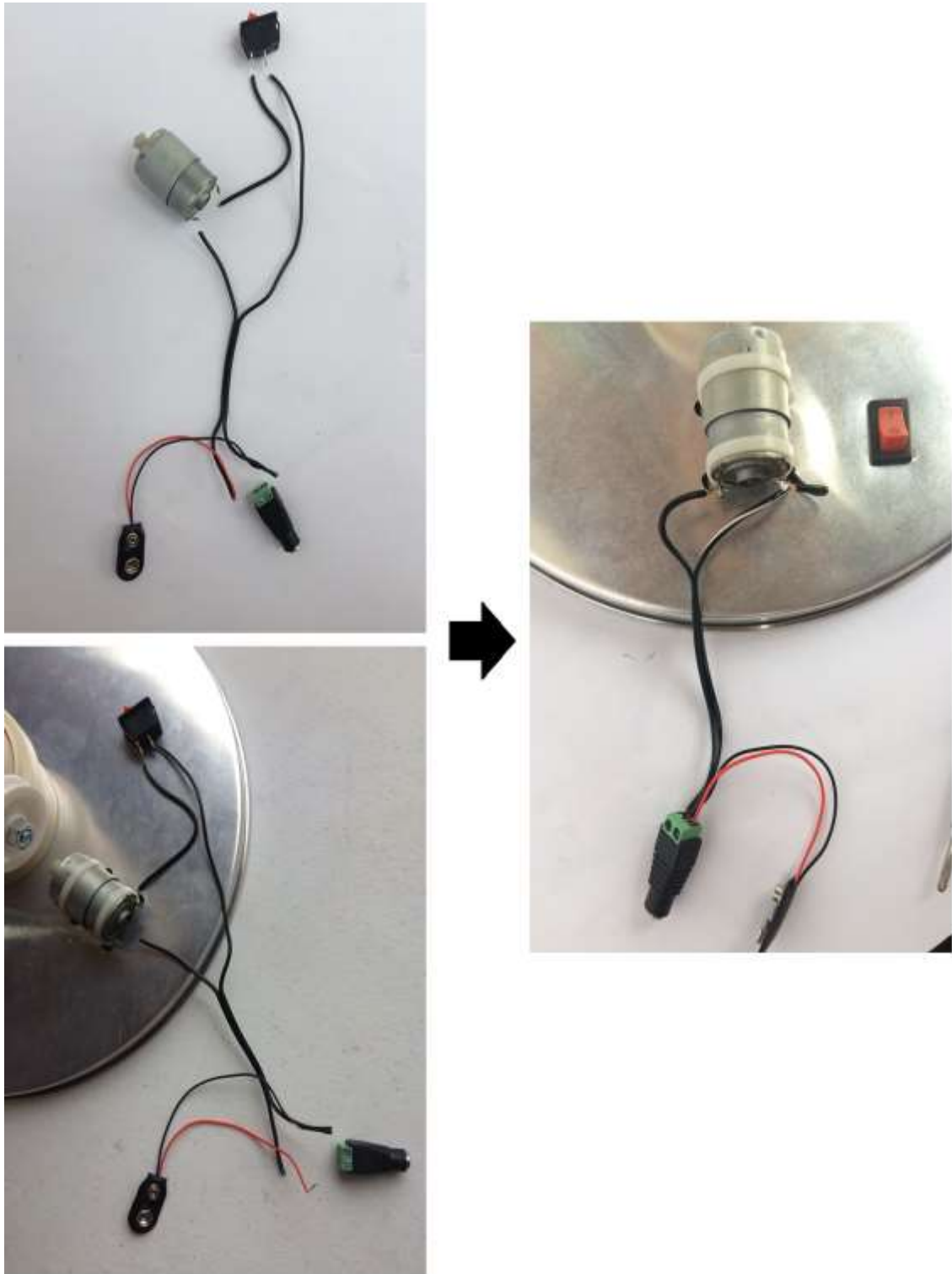


Figura 3.79 – Sugestão para a arrumação da parte elétrica do nosso GVG. **Fonte:** O Autor.

Repare que o fio entre a chave margirius e o motor foi passado por baixo da forma de pizza.

Para terminar essa etapa, falta apenas colocar o pino coletor de cargas inferior na base do GVG. Este ficará na vertical, no meio do cap fixo à forma de pizza.

Corte um pedaço de 5,5 cm da barra rosqueada de 1/4, faça uma ponta numa das extremidades e na outra coloque uma porca (ver figura 3.80).

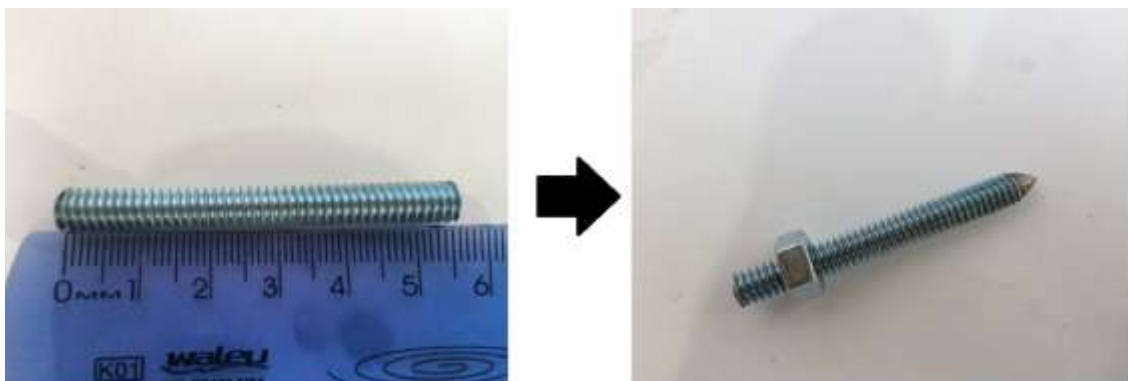


Figura 3.80 – Confecção do pino coletor inferior do nosso modelo de GVG. **Fonte:** O Autor.

Faça um furo com a broca de 1/4 no centro do cap, encaixe a peça ilustrada pela figura 3.80 e a prenda com outra porca, que será rosqueada ao pino coletor pelo lado de baixo da forma de pizza (ver figura 3.81).

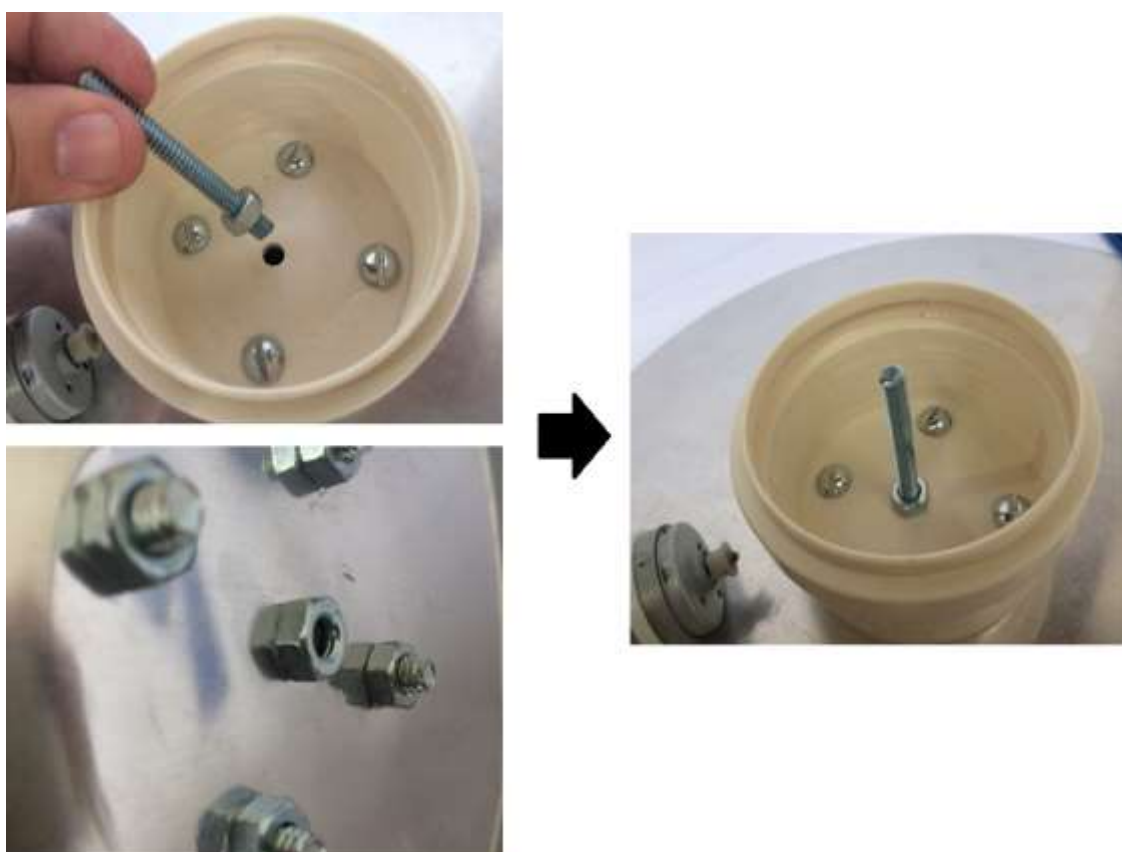


Figura 3.81 – Fixando o pino coletor inferior no centro do cap. **Fonte:** O Autor.

Finalmente estamos finalizando a etapa 3 e também o nosso GVG; restando apenas os encaixes das peças feitas nas etapas 1, 2 e 3. Uma sugestão é começar encaixando a coluna do gerador à base e em seguida unir, pelo elástico, a roldana plástica do rolete inferior com a roldana do motor (ver figura 3.82).

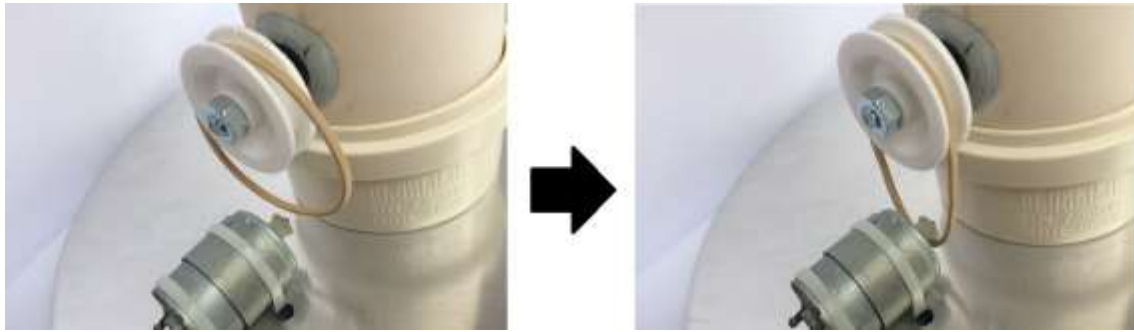


Figura 3.82 – Acoplando a roldana do motor à roldana do rolete inferior do GVG. **Fonte:** O Autor.

Agora é só encaixar a esfera na parte superior da coluna e pôr o GVG para funcionar, com a fonte 12 V - 1 A ou com uma bateria 9 V.

Se acontecer do GVG não gerar cargas elétricas na esfera, uma sugestão é utilizar um secador de cabelo para retirar umidade de toda a estrutura do GVG, principalmente da correia; lembre-se: em dias úmidos, a eficiência do GVG cai bastante, o ideal é utilizá-lo em ambientes secos, como uma sala com ar condicionado.

Bom uso!

Algumas propostas simples de aplicação do GVG em sala de aula

Nesta seção iremos apresentar algumas sugestões simples de aplicação do GVG para que o professor use como referência durante as aulas de eletrostática.

➤ **Blindagem eletrostática**

Nesta proposta podemos desenvolver uma atividade, aproveitando a transparência da esfera do gerador, afim que o aluno note que o campo elétrico no interior de um condutor fechado é nulo. Para esse experimento vamos precisar:

- 40 cm de fio rígido (bitola 2,5 mm)
- Duas folhas de papel alumínio dobrada (sem dobrar, a dimensão da folha é 1,5 cm x 10 cm)
- Nosso GVG

Procedimento: Com o fio rígido descascado, perfuraremos a esfera do GVG um pouco abaixo do seu topo através dos orifícios da tela; logo depois, penduraremos as duas folhas de papel alumínio; uma dentro e outra fora da esfera metálica (ver figura A).

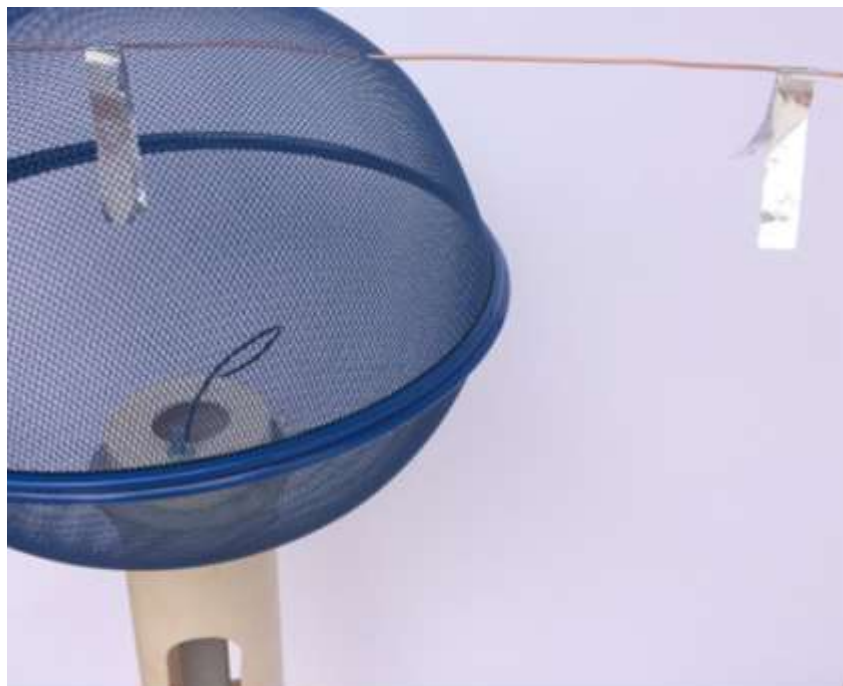


Figura A – Blindagem eletrostática utilizando o GVG. **Fonte:** O Autor.

Pela figura A, podemos notar que, ao ligar o gerador, a folha de fora se abre enquanto a de dentro fica inerte indicando que não está carregada eletricamente.

➤ **Linhas do campo elétrico, diferença de potencial e superfícies equipotenciais**

Nesta proposta, podemos desenvolver uma atividade no qual o aluno observe a formação das linhas do campo elétrico ao redor de uma carga pontual, junto com a diferença de potencial e esclarecer o que seja uma superfície equipotencial.

Uma sugestão, que poderia ser uma problematização, é mostrar para os alunos um vídeo da internet cujo endereço eletrônico é:

<https://www.youtube.com/watch?v=5r1BTKPAm0>.

O vídeo ilustra como um motorista de um carro deve reagir se houver um fio de alta tensão sobre a lataria do veículo.

Após assistirem o vídeo, os alunos notarão que para se salvar, o motorista sai do carro e caminha em passos bem curtos. Diante desse fato, podemos discutir com eles a seguinte questão:

Qual é a razão de andar com os pés juntos?

Posteriormente, com o auxílio do nosso GVG, desenvolvemos a seguinte experimentação, utilizando:

- óleo de rícino
- fubá
- cuba redonda
- fios
- multímetro

Procedimentos:

- 1) Com a montagem ilustrada pela figura B, derrame o óleo de rícino na cuba circular e depois polvilhe o fubá sobre o óleo. Desenhe círculos concêntricos em baixo da cuba.

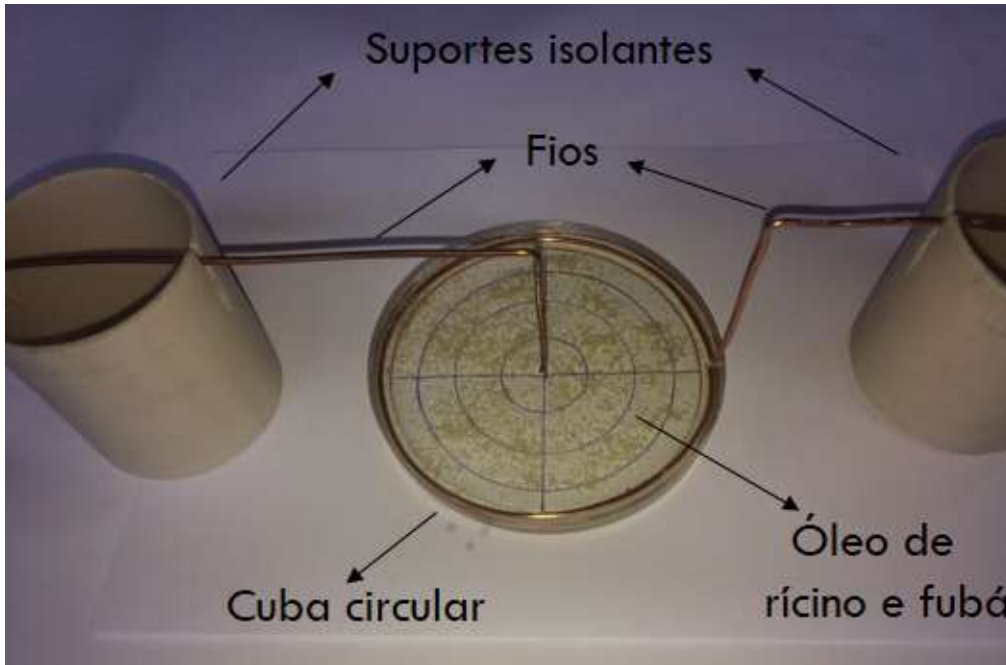


Figura B – Montagem inicial dos componentes. **Fonte:** O Autor.

- 2) Conecte o fio que está no centro da cuba à esfera do gerador e o outro na base (ver figura C).

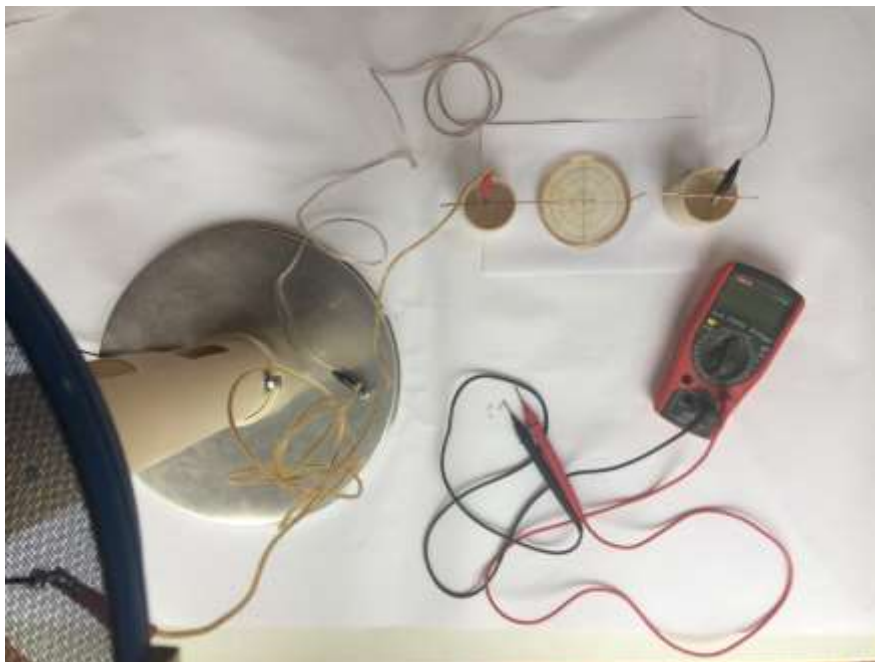


Figura C – Conexão entre a montagem inicial e o GVG. **Fonte:** O Autor.

- 3) Ligando o gerador, observa-se as linhas do campo elétrico desenhado pelo fubá sobre o óleo (ver figura D).

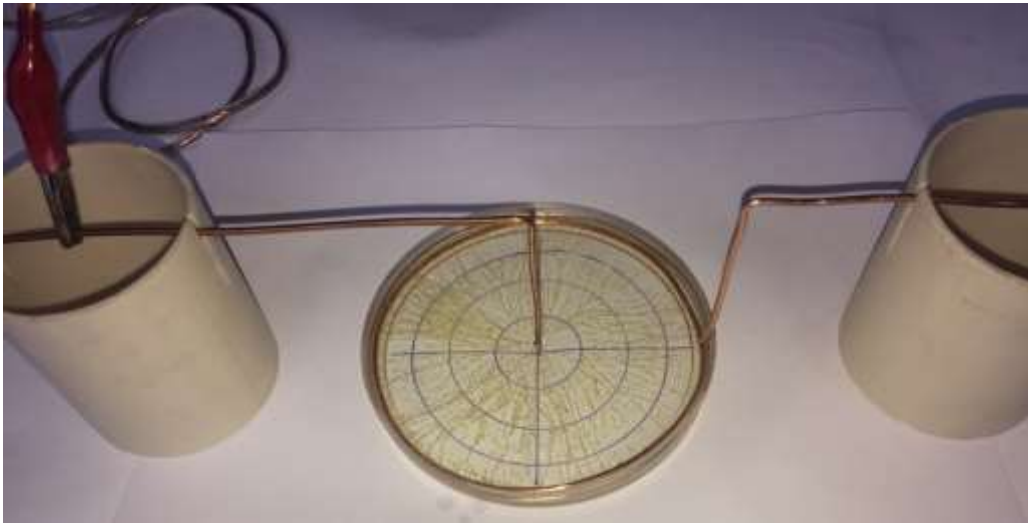


Figura D – Observação das linhas do campo elétrico. **Fonte:** O Autor.

- 4) Agora, vamos introduzir os assuntos sobre DDP e superfícies equipotenciais; para isso, colocamos as ponteiros do multímetro (que deverá estar na opção voltímetro) sobre um mesmo arco de circunferência (ver figura E).

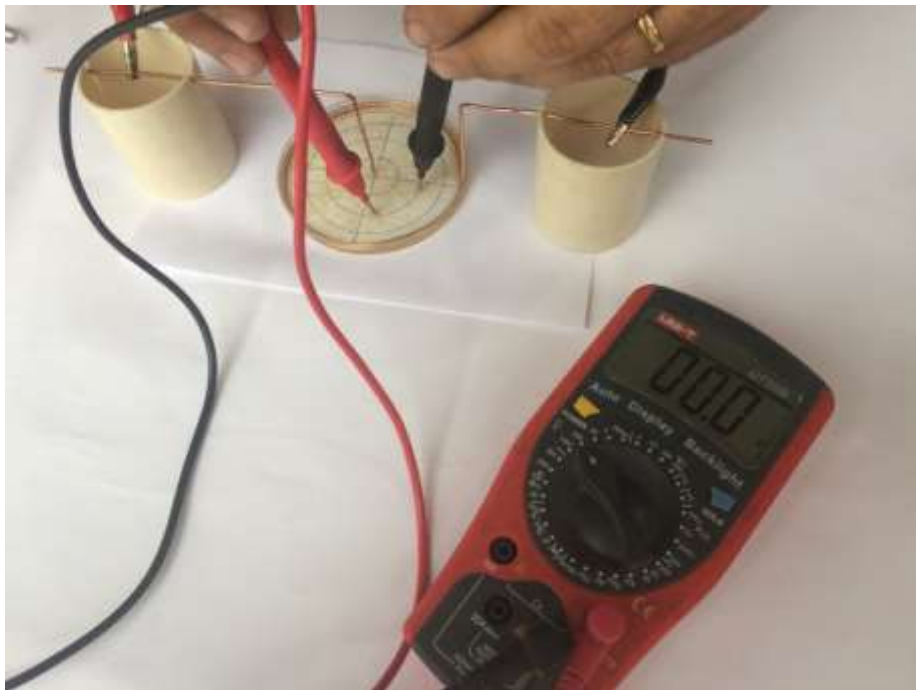


Figura E – DDP entre uma superfície equipotencial. **Fonte:** O Autor.

É observável, pela figura E, que a diferença de potencial é nula, pois as ponteiros estão sobre o mesmo arco.

- 5) Colocando as ponteiros do multímetro em arcos diferentes, observa-se, pela figura F, que há uma leitura e que essa leitura é maior quanto maior for a distância entre esses arcos.

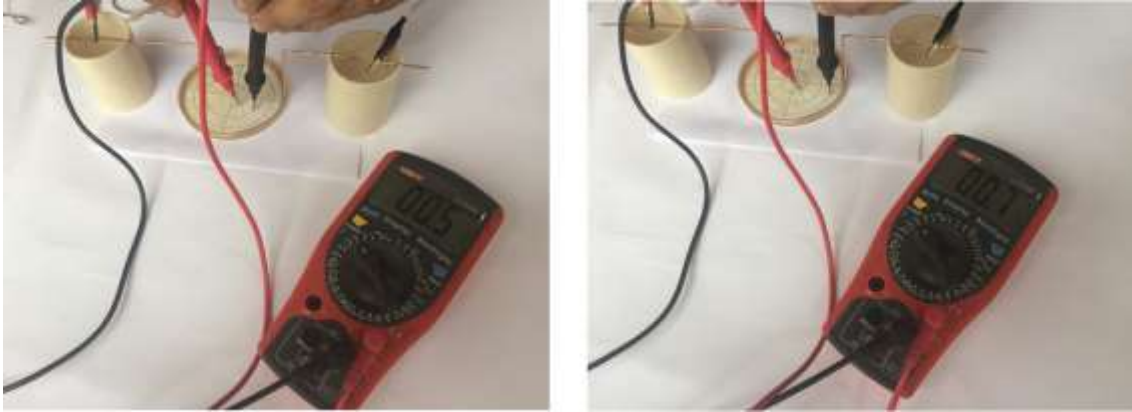


Figura F – DDP entre duas superfícies equipotenciais. **Fonte:** O Autor.

Voltando à pergunta inicial, podemos relacionar, junto aos alunos, o que foi visto pelo vídeo e experimentalmente; e concluir que caminhar com os pés juntos é recomendável, pois haverá a menor diferença de potencial possível e, conseqüentemente, uma menor corrente elétrica fluindo pelo corpo da pessoa.