

# TUTORIAL ESTEIRA SEPARADORA DE GRÃOS

Autores: Carlos Magno Feitosa da Silva, Leandro Borini Lone, Luís Fernando Patsko

Nível: Avançado

Criação: 24/10/2006

Última versão: 19/12/2006



**Maxwell Bohr**  
Instrumentação Eletrônica

**PdP**

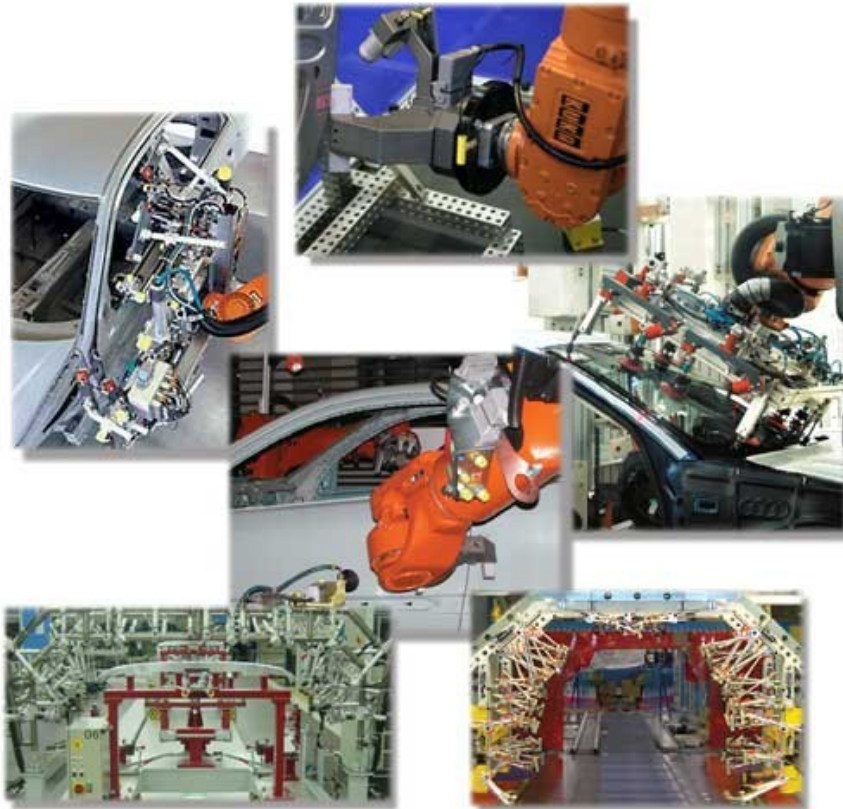
Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos

<http://www.maxwellbohr.com.br>  
[contato@maxwellbohr.com.br](mailto:contato@maxwellbohr.com.br)

<http://www.automato.com.br>  
[atendimento@automato.com.br](mailto:atendimento@automato.com.br)

# 1 – Introdução

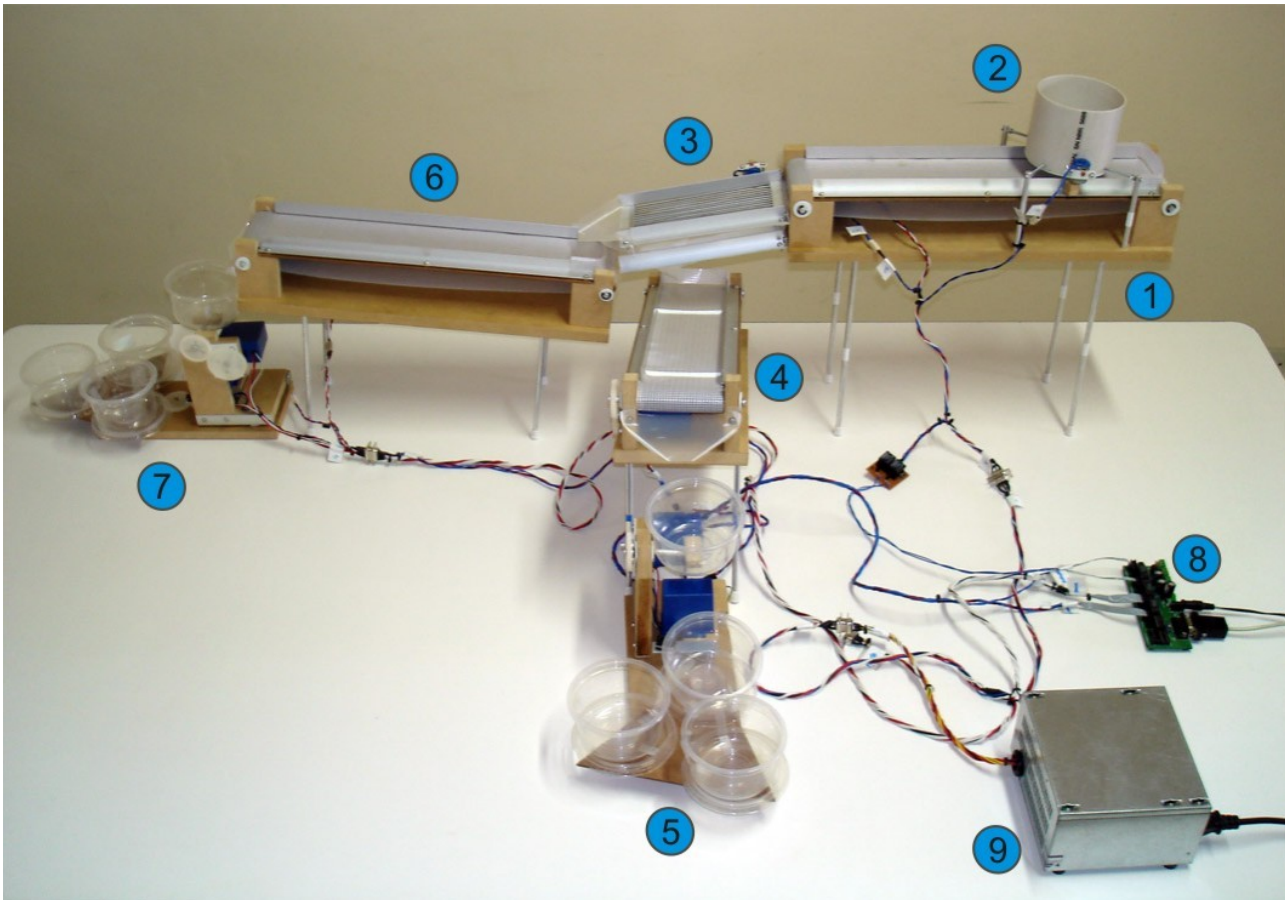
Num ambiente industrial moderno, a automatização já é realizada em larga escala. Podemos encontrar nas linhas de produção diversos robôs e máquinas, cujo funcionamento é autônomo, destinados ao transporte e a produção. A utilização desses equipamentos nas linhas de produção substitui a mão-de-obra humana em operações repetitivas ou perigosas, além de ocasionar uma maior agilidade e produtividade. Um exemplo da aplicação dessa tecnologia é encontrado nas agroindústrias, onde é necessário um meio para o transporte e seleção de matéria-prima.



O projeto a ser criado a partir desse tutorial é uma esteira separadora de grãos, e tem como finalidade mostrar como os conhecimentos de Mecatrônica podem ser aplicados num projeto prático, que englobe boa parte dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

Um fator importante que não pode ser negligenciado durante a montagem é a segurança. É indispensável o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) tais como luvas, óculos de proteção, jaleco, etc. Também é essencial tomar cuidados básicos para a prevenção de acidentes, especialmente durante a manipulação de produtos químicos e ferramentas. Por pura falta de atenção ou excesso de confiança, podem ser causados acidentes graves. E, além disso, os problemas decorrentes da postura inadequada e da repetição excessiva de movimentos são vários e é muito simples tomar providências para evitá-los. Não é difícil se conscientizar e realizar pequenas ações que podem prevenir muitos acidentes.

## 2 – Funcionamento



**Figura 1:** Imagem da esteira separadora de grãos completamente montada. 1-Esteira principal. 2-Alimentador de grãos. 3-Separador de grãos. 4-Esteira transportadora de grãos pequenos. 5-Balança de grãos pequenos. 6-Esteira transportadora de grãos grandes. 7-Balança de grãos grandes. 8-MEC1000. 9-Fonte de alimentação.

O projeto descrito ao longo desse tutorial é uma esteira separadora de grãos, que é conectada a um Kit e pode ser controlada por um programa rodando num computador. Sua composição é: esteira principal com alimentador e separador, duas esteiras secundárias para o transporte dos grãos já separados e duas balanças com prato giratório.

Esse equipamento funciona da seguinte forma: os grãos misturados são acrescentados no alimentador e caem na esteira principal, devido à vibração causada por um motor com um peso desbalanceado, sendo então conduzidos ao separador. No separador, os grãos pequenos passam por fendas cuja largura é pouco maior que eles e vão para uma esteira, enquanto que os grandes são conduzidos à outra esteira. O separador também possui um sistema de vibração responsável por fazer com que os grãos sejam capazes de cair nas esteiras, caso contrário, eles permaneceriam no separador.

Os grãos, já devidamente separados em cada esteira, são então conduzidos às balanças, onde há um sensor de peso, cuja resposta é monitorada pelo Kit. Quando o peso dos grãos acumulados no pote de pesagem atinge um valor limite, definido pelo usuário no programa de controle, o Kit faz com que as esteiras parem de se mover e liga o servo-motor do prato giratório, disponibilizando um pote para receber grãos. Os grãos são despejados e então as esteiras são religadas.

O funcionamento da esteira é controlado por um programa que será desenvolvido nesse tutorial. Esse programa possui toda a lógica necessária para que o Kit leia os sinais dos sensores presentes na esteira e atue no funcionamento dos motores, fazendo com que cada componente seja acionado no momento exato, proporcionando assim uma relação perfeita do Kit com o equipamento. O controle da esteira é realizado de forma automática, onde o Kit responde automaticamente aos dados recebidos.

Podemos dividir o nosso projeto em três partes principais: a construção da esteira, a criação e conexão dos sistemas eletrônicos e a implementação da programação necessária para seu funcionamento. A construção da esteira é a elaboração da sua estrutura mecânica, como as esteiras de transporte de grãos e sistemas de transmissão de movimento, e das peças de sustentação do sistema. Depois disso, será necessário criar os sistemas eletrônicos responsáveis pelo movimento das esteiras e balanças, pesagem dos grãos e verificação da presença de um pote na posição ideal para receber os grãos. A dedicação nessas etapas é indispensável, uma vez que peças ou circuitos mal feitos podem comprometer o funcionamento de todo o sistema. Além disso, existem vários detalhes que parecem simples, mas que podem influenciar no funcionamento do equipamento. Mas não basta apenas a estrutura estar perfeita, pois ela deve ser controlada adequadamente. A programação será responsável pelo controle preciso da atuação dos motores e pela leitura dos sinais dos sensores, de modo que a esteira possa funcionar corretamente, pois cada um desses componentes deve ser acionado num momento exato.

A construção da esteira separadora de grãos pode ser feita ao seguir as instruções a seguir. Mas nada o impede de usar a criatividade e realizar modificações e implementar o projeto com outras características, ou seja, construir o projeto ao seu gosto.

### 3 – Materiais

Os materiais utilizados nesta montagem são: madeira tipo MDF (de 1,5 cm de espessura), peças de alumínio (cantoneiras 5/8” e barras de 1/4”), madeirite (tipo de compensado), madeira cilíndrica (cabo de vassoura, haste de banner, por exemplo), lixa, placa de plástico PVC (2 mm de espessura), engrenagens de acrílico, 7 servo-motores (5 modificados para rotação contínua e 2 normais), 2 motores DC pequenos, arame, parafusos de diversos tipos e tamanhos, porcas, arruelas, pregos, fita dupla face, cola tipo secagem instantânea, potes de plástico, tecido (qualquer que seja adequado para usar na esteira), 2 chaves fim-de-curso, 2 sensores de peso, conectores latch, 2 transistores BC548, 2 relés, 2 diodos 1N4007, 2 diodos 1N4148, 4 resistores de 4,7 kOhm, 2 resistores de 1 kOhm, 2 capacitores eletrolíticos de 10 uF, uma fonte para computador e cabos, entre outros.

As ferramentas que serão empregadas durante a construção do projeto são: paquímetro, caneta de retroprojektor, serra de meia-esquadria, arco de serra, alicate, microrretífica, martelo, régua, serra, estilete, chaves de fenda, soldador, dentre muitas outras. Todas as ferramentas utilizadas estarão disponíveis nas bancadas de trabalho.

Adotamos para nossas montagens parafusos do tipo fenda, com 1/8” de diâmetro, de diversos comprimentos, com suas respectivas arruelas tendo o diâmetro externo com 7 mm, além de porcas padrão para este tipo de parafuso. Este foi o parafuso que mais se adequou às nossas montagens. Um outro tipo muito usado durante essa montagem é o parafuso autoatarraxante, de cabeça tipo fenda, com 2,9 mm de diâmetro, e comprimentos diversos. Também foi utilizado um parafuso de madeira autoatarraxante, de 1/8” de diâmetro.

Optamos pelos materiais utilizados pela acessibilidade, baixo custo, resistência adequada, e também por serem fáceis de trabalhar, tentando sempre adequá-los às dificuldades surgidas no desenvolvimento ou até substituindo-os por outros se necessário, lembrando-se sempre de que os materiais listados aqui, de forma alguma são padrão para as montagens, e que podem ser substituídos tranquilamente por outros semelhantes ou que desempenhem a mesma função. Deve-se apenas ter em mente que nem todos os materiais tem desempenho semelhante sob uma determinada situação. Por exemplo, a madeira MDF é uma boa escolha pois é fácil de se trabalhar e não trinca tão facilmente como uma chapa de compensado quando é perfurada, por exemplo.

## 4 – Leituras prévias

Para a construção do projeto descrito nesse tutorial, é recomendada a leitura de outros tutoriais, que nos auxiliarão durante a construção da esteira. Os tutoriais recomendados são: *Montagem do Bloco de Servo-motor Padrão*, *Adaptação de Servo-motores*, *Utilização de uma fonte de computador* e *Criação de engrenagens em acrílico*. Esses tutoriais estão à disposição ao longo do curso de Mecatrônica e Robótica e serão utilizados ou darão suporte a alguns procedimentos ao longo deste tutorial.

## 5 – Esteiras

Neste tutorial, nos dedicaremos a construir uma esteira, onde se podem aplicar os conhecimentos adquiridos no curso numa montagem prática. O projeto será destinado à separação de grãos, pequenos e grandes, e uma posterior pesagem para, conforme o objetivo do projeto, fazer a separação de pequenas quantidades de cada um dos tipos de grãos. É um conjunto de três esteiras e duas balanças.

O primeiro passo para a montagem de um projeto deve ser a elaboração de um esboço deste num papel, mesmo que se tenha todo projeto em mente. Isto facilitará muito a montagem de qualquer projeto, pois além de uma melhor visualização deste, não corremos o risco de esquecermos ou pularmos algum passo.

Com este “roteiro” do projeto em mãos, podemos começar a montagem escolhendo os materiais que mais se adequem às montagens de cada parte do projeto, enfatizando principalmente a acessibilidade; o custo, para que o projeto não venha a ter um custo muito elevado; e maleabilidade. Por exemplo, perfis de alumínio podem ser encontrados em qualquer loja especializada em alumínio, são relativamente baratos e muito mais fáceis de se trabalhar do que perfis de ferro.

Começaremos pela estrutura das esteiras. Os procedimentos descritos a seguir são semelhantes nas três esteiras que serão utilizadas. As diferenças estarão apenas em complementos a serem acrescentados e na altura dos seus pés, que deverão ser adequados ao objetivo de cada uma. A esteira principal deverá ser a mais alta de todas e não deve ter inclinação nenhuma. Nela serão adicionados o alimentador e o separador. A esteira destinada aos grãos grandes deverá ter uma inclinação pequena, sendo uma extremidade ligada à saída do separador e a outra a uma balança. A esteira que transporta os grãos pequenos deverá ser a mais inclinada de todas, pois ela deverá ser posicionada embaixo do separador, levando os grãos a outra balança. Como a altura das esteiras depende de vários fatores, a criação dos pés será a última coisa a ser feita nesse projeto.

Cada uma delas é composta basicamente por uma base de sustentação e uma base superior, apoiada por peças de sustentação. Numa dessas peças está presente um servo-motor que, através de engrenagens, é ligado a um dos eixos, destinado a movimentar a esteira. Todos os servo-motores ficam ligados até que uma das balanças atinja seu peso limite, quando o Kit interrompe o seu funcionamento, para que os grãos não sejam lançados para fora. Quando o pote de pesagem volta a estar disponível para receber grãos, as esteira voltam a transportar os grãos.

Para começarmos a montagem, temos que definir o tamanho de cada esteira para daí serrarmos a madeira que servirá de base de sustentação para as nossas esteiras. No nosso caso, definimos uma base com 45 cm x 14 cm, porém esta é apenas uma amostragem, devendo quem for construí-la definir suas dimensões conforme o gosto e a quantidade de materiais que tenha em mãos. Esta é uma das peças mais importante do projeto, pois ela é que servirá de referência para o tamanho de todas as outras peças e por isso devemos ter cuidado ao cortá-la para que fique reta. Também deve ter uma boa rigidez, pois é sobre ela que fixaremos todas as demais partes que compõem a esteira. O material escolhido para tal função foi o MDF com 1,5 cm de espessura.

Em seguida, devemos analisar qual a altura que definiremos para a base superior, para podermos cortar as peças que irão sustentá-la. Tomaremos como referência a largura do servo-motor, que será fixado em alguma dessas peças, para que não fiquem tão pequenas ao ponto de não conseguirmos fixar o servo-motor nela, ou grandes, podendo dar uma má impressão estética. Estas peças podem ser feitas do mesmo material da base de sustentação, pois elas também devem ter boa rigidez já que serão peças responsáveis por sustentar o sistema de tração e a base superior da esteira. No modelo utilizado como exemplo nesse tutorial, usamos apenas quatro dessas peças por esteira, mas de acordo com o comprimento desta, podem ser necessárias mais peças de sustentação, para dar uma maior estabilidade. Porém, deve-se levar em conta que elas deverão ter uma altura menor que as peças das extremidades, que têm um corte um pouco diferente, como explicado mais adiante. Essas peças também foram criadas com o MDF, por oferecer uma resistência adequada a essa função. As dimensões que adotamos para essas peças foram de 7,5 cm x 5 cm, possibilitando o perfeito encaixe do servo-motor, do eixo da esteira e das engrenagens de transmissão de movimento.



**Figura 2:** Cortando o MDF na serra de meia-esquadria para a criação das peças de sustentação.

Para podermos parafusá-las na base utilizamos um método para deixá-las simétricas: traçamos uma linha no centro da madeira paralela ao seu comprimento tomando como referência o centro de cada uma das extremidades. Pode ser deixado um espaço entre a beirada da madeira e as peças, como feitas no exemplo, porém, na esteira principal, onde será colocado o alimentador, este espaçamento é obrigatoriamente necessário (1 cm é suficiente). Para medir a distância entre as peças que estarão em cada uma das extremidades, tomaremos como referência a linha traçada no centro da madeira, para que elas fiquem equidistantes ao centro. Tomando o centro da nossa base com referência, garantimos que mesmo se a base foi cortada torta (desalinhada), todo o demais não estará. Desse modo, traçamos uma linha que tomaremos como referência para a face interna e outra para a externa de cada uma das peças de sustentação, tomando o cuidado para deixá-las simétricas, pois teremos problemas se houver um desalinhamento muito grande entre elas. Em seguida pode ser também traçada uma linha paralela a estas, definindo o centro de cada peça. Nestas linhas faremos a marcação dos furos que serão feitos na madeira. Estes furos devem estar a uma distância das bordas das peças suficiente para que elas se fixem corretamente, para evitar que não rachem quando estivermos parafusando-as. Tais procedimentos podem ser claramente observados numa imagem mostrada logo adiante neste tutorial.

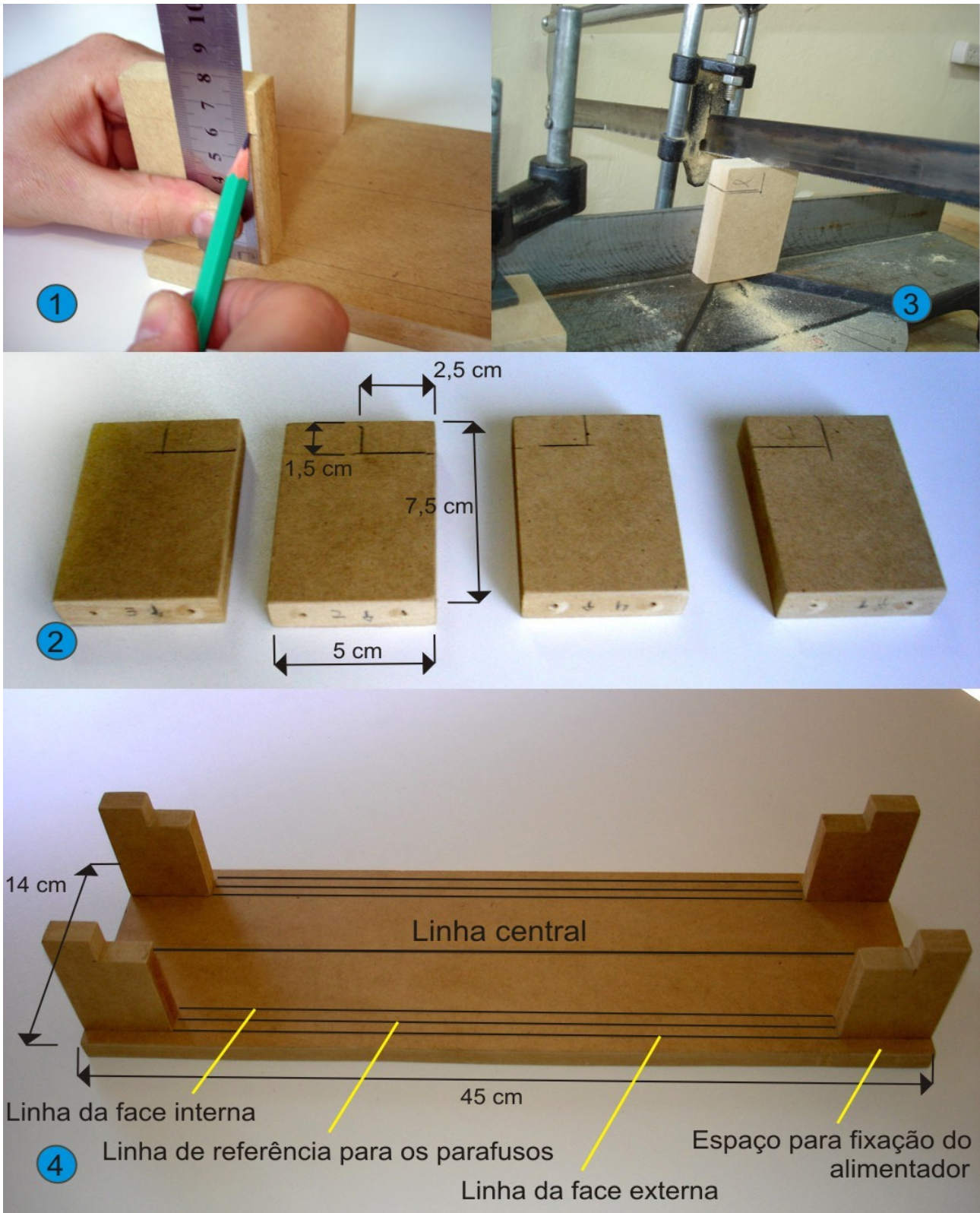
O primeiro passo é fazer os furos da base de sustentação. Devemos usar uma broca com espessura igual a do parafuso ( $1/8''$ , no nosso exemplo), pois não é necessário que ele rosqueie nela, mas somente fixe as peças de sustentação, e isto é empenhado pela cabeça do parafuso que segurará a peça na base. Ao utilizar a furadeira, deve-se tomar muito cuidado, pois o risco de acidentes é grande. Os furos devem ser feitos com muita atenção, tomando cuidado para não errar e danificar a base. Estes furos devem estar retos, pois senão as peças que serão parafusadas sobre ela também ficarão tortas ou simplesmente não conseguiremos parafusá-las. Como as peças de sustentação que criamos têm 5 cm de largura, foram feitos dois furos para cada peça. Para que os furos de cada peça ficassem simétricos, eles foram feitos tendo como referência o centro da peça, sendo feitos a 1,5 cm de distância deste. Deste modo, cada furo ficou exatamente a 1 cm da extremidade da peça.

Em seguida, pegamos os parafusos e os encaixamos nos seus furos deixando apenas uma pequena ponta sobre a face interna da base. Utilizaremos essas pontas para marcar o local onde as peças de sustentação serão furadas. Pegaremos então cada uma dessas peças, posicionamos adequadamente no local onde elas serão fixadas e, com um martelo, daremos umas pequenas batidas sobre elas, apenas para marcar onde cada furo será localizado. Deve-se tomar cuidado para manter estas peças sempre alinhadas com a base, e também para não bater muito forte com o martelo sobre elas.

O passo seguinte consiste em furarmos cada uma destas peças com a furadeira nos locais que foram marcados. Já que estas peças deverão estar fixas sobre a base, os furos a serem feitos devem ser menores que a espessura dos parafusos. Para furarmos estas peças, devemos ter uma superfície de apoio bem plana para que os furos não saiam tortos, senão não conseguiremos parafusá-las corretamente sobre a base. Com a peça pronta, podemos parafusá-la para verificar se há algum problema. Caso haja muita dificuldade para parafusar estas peças sobre a base significa que os furos feitos ficaram menores que o necessário e não devemos nos arriscar a parafusar deste modo, pois a madeira poderá rachar. Se isto acontecer, devemos aumentar o tamanho dos furos até nos certificarmos que os parafusos poderão encaixar-se corretamente nelas, sem muita dificuldade, mas também sem folgas, proporcionando um encaixe firme. Utilizamos para a fixação dessas peças parafusos de madeira de  $1/8''$  de diâmetro, e os furos nas peças de sustentação foram feitos com a broca de 2 mm. É interessante que se utilize parafusos para madeira, pois eles apresentam uma parte autoatarraxante, que prenderá a peça de sustentação, e uma parte lisa, que apenas deslizará no furo da base de sustentação. Tal tipo de parafuso pode ser visto em mais detalhes no livro de Mecatrônica e Robótica.

Por motivos não apenas de estética, mas também para a proteção da bancada de trabalho, recomendamos que se faça uma reentrância pra ocultar a cabeça do parafuso dentro da madeira, assim evitando que fiquem expostos e que possam vir a danificar as superfícies onde a base possa ser colocada. Para isso mede-se o diâmetro da cabeça do parafuso (no caso do exemplo 5 mm), e utilizando uma broca com esta dimensão perfura-se sobre o furo feito, criando uma reentrância de 1 a 2 mm de profundidade.

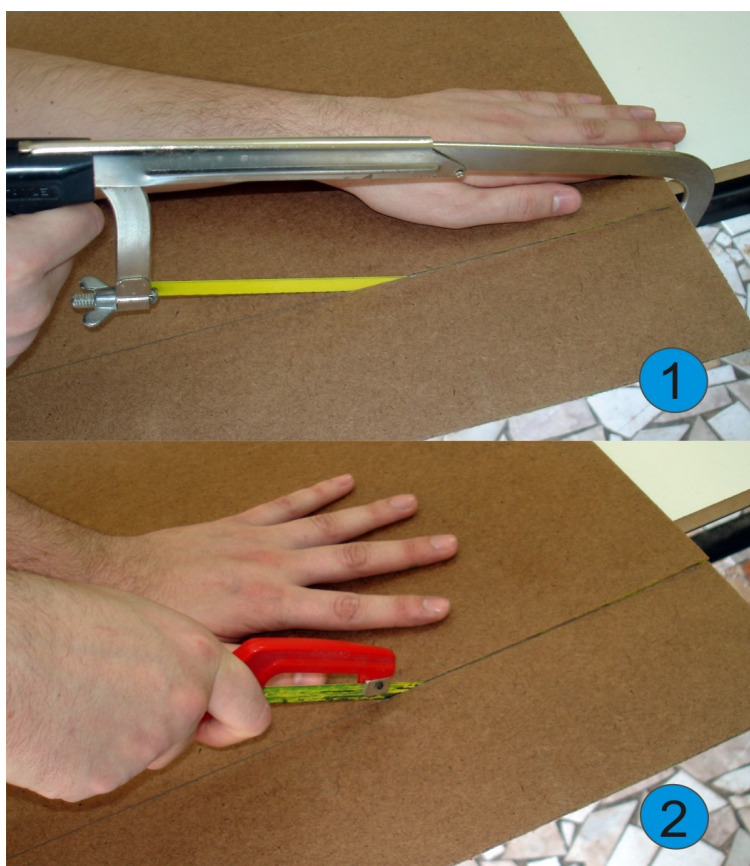
Antes de fixá-las definitivamente, faremos vincos em cada uma dessas peças, com o objetivo de encaixar a base superior da esteira. A altura em que estes vincos serão feitos deverá ser maior que a largura do servo-motor a ser utilizado, pois será numa destas peças que vamos fixá-lo. Como nossas peças de sustentação possuem 7,5 cm de altura, fizemos um vinco com 1,5 cm de altura, sobrando 6 cm para o encaixe do servo-motor. O comprimento deste vinco foi escolhido aleatoriamente, mas para que tivesse um bom aspecto estético, ele possui a metade da largura da peça de sustentação (2,5 cm). Com uma régua e um lápis, marcamos estes cortes e em seguida desparafusamos cada uma das peças da base para que os vincos sejam feitos. É altamente recomendável que todas as peças sejam marcadas para identificarmos a posição onde foram, parafusadas, pois, apesar de que todos os furos destas peças foram feitos a uma mesma distância, elas sempre estarão levemente desalinhadas.



**Figura 3:** Finalizando a base de sustentação. 1-Definindo a altura do vinco na peça de sustentação. 2-Peças de sustentação perfuradas, identificadas e com a marcação dos vincos a serem feitos. 3-Vinco sendo feito na serra de meia-esquadria. 4-Base de sustentação finalizada. Observe as marcações feitas para facilitar a colocação das peças de sustentação. Também pode-se verificar que as peças de sustentação encontram-se a uma pequena distância da lateral da base de sustentação.

Com estas peças prontas e lixadas, podemos parafusá-las sobre a base de madeira para então obtermos as medidas da base superior da esteira. Esta peça foi feita com madeirite, porém outros materiais podem ser utilizados, como plásticos, acrílicos, ou a mesmo papéis mais resistentes. Esta peça serve como base de apoio para que o tecido da esteira deslize sobre ela, impedindo que o mesmo tenha sua forma alterada ao longo do tempo. Ela terá como dimensões a largura medida entre as faces externas das peças de sustentação, e seu comprimento será igual à distância entre as peças de sustentação de uma mesma lateral, medida entre os vincos feitos nestas peças, de modo que a base superior encaixe-se perfeitamente nas peças de sustentação. Em seguida, temos apenas de transferir essas medidas para o madeirite e cortá-lo com o arco de serra. Para que o corte saia reto, deve-se traçar uma linha sobre madeirite e segui-la corretamente, apoiando a peça sobre uma mesa para que fique bem firme, já que ela é bem maleável. Desse modo teremos certeza de que esta peça terá suas dimensões corretas.

Ao cortar peças compridas, com 20 cm ou mais, teremos dificuldades com o arco de serra, já que o mesmo passará a pegar na madeira. Quando isso acontecer, passe a utilizar o mini-arco, como poder ser visto nas figuras abaixo:

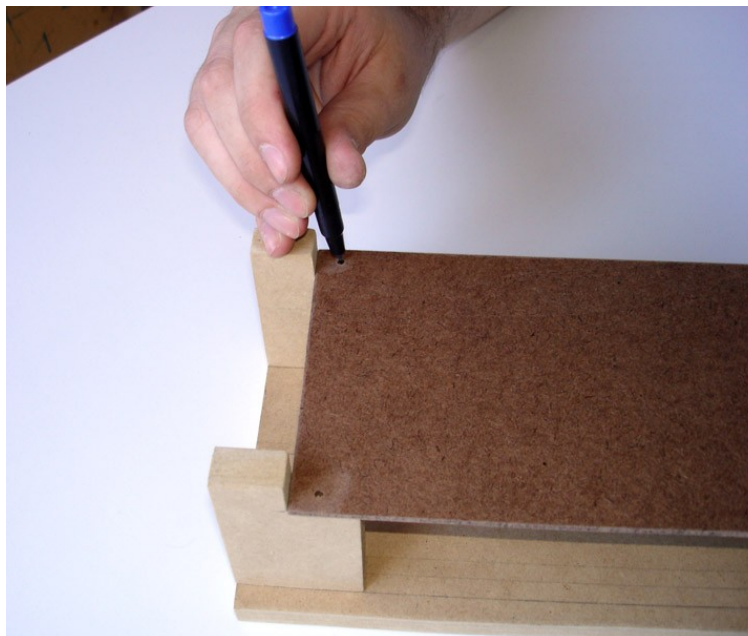


**Figura 4:** 1-Madeirite sendo cortado com o arco de serra. 2-Madeirite sendo cortado com o mini-arco, quando a utilização do arco de serra torna-se difícil.

Depois de lixar esta peça para tirar as rebarbas do corte, podemos nos certificar de suas dimensões encaixando-a sobre as peças de sustentação. Caso esteja um pouco maior, basta serrá-la novamente, retirando assim a parte excedente, ou então lixá-la até atingir o tamanho ideal. Se estiver um pouco menor, podemos então centralizá-la sobre estas peças. Podemos agora demarcar os furos na base superior com a ajuda de um lápis ou caneta de retroprojeter, observando atentamente o local deles para que possam ser bem parafusadas nas peças de sustentação. Esses

furos deverão ser feitos utilizando a furadeira com uma broca de espessura igual ou ligeiramente maior que a espessura do parafuso utilizado, pois o parafuso não precisa ser rosqueado nela, mas apenas prendê-la sobre as peças de sustentação.

Com os furos prontos, devemos posicionar a base superior corretamente sobre as peças de sustentação, para marcar os furos que serão feitos nessas peças. Estes furos devem ser menores do que o diâmetro do parafuso (que no nosso projeto, é de 2,9 mm, autoatarraxante), pois ele deverá ser firmemente fixado a essas peças. Utilizando a furadeira, faremos os furos nestas peças e então poderemos parafusar a base superior nelas.



*Figura 5: Com a base superior já furada, deve-se marcar as peças de sustentação.*

Sempre que for necessário furar peças que já estejam fixadas em algum lugar, lembre-se de retirá-las e furá-las individualmente. Nunca tente perfurar estruturas muito grandes constituídas por muitas peças, como a base da esteira por exemplo, a não ser em última alternativa.

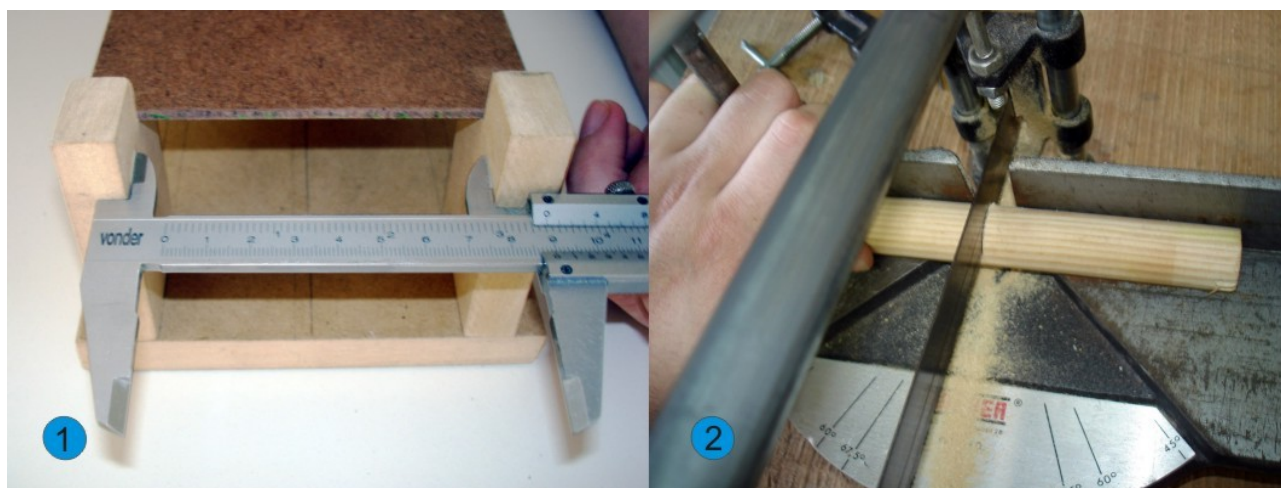


*Figura 6: Base superior fixada nas peças de sustentação*

O próximo passo é a confecção do sistema responsável pela movimentação da esteira. A peça principal é o servo-motor, que será preso a uma das peças de sustentação. Através de um sistema com duas engrenagens, teremos a transferência de movimento para o eixo tracionador. A partir da relação entre os tamanhos das engrenagens utilizadas, podemos obter mais torque ou mais velocidade, de acordo com a necessidade. Os servo-motores a serem utilizados nessas esteiras devem ser modificados para rotação contínua.

Cada esteira possuirá dois eixos, sendo que apenas um deles terá a função de tracionar a esteira. Em cada eixo, há um rolo cilíndrico (feito de madeira de formato cilíndrico, como cabo de vassoura, por exemplo), que estará em contato com a esteira. Sua função principal é aumentar a área do contato com material utilizado na esteira esteira propriamente dita.

Utilizando um paquímetro, mediremos a distância entre as peças de sustentação que se encontram na mesma extremidade. O comprimento do rolo deverá ser ligeiramente menor que a distância entre as peças de sustentação, para que ele possa girar livremente entre elas. Durante nossa montagem, esse espaço foi de 2 mm. Definido o tamanho, podemos então serrá-lo.



**Figura 7:** Construindo o rolo cilíndrico para o eixo das esteiras. 1-Obtendo o comprimento necessário, lembrando-se de deixar uma folga para que o rolo gire livremente. 2-Cortando o cabo de vassoura com a serra de meia-esquadria.

Já que essas peças serão presas a seus respectivos eixos, devemos fazer um furo bem no centro, utilizando a furadeira com uma broca de espessura média, sempre um pouco maior do que o eixo a ser utilizado. No nosso caso, como o eixo será feito com uma barra de alumínio de 1/4", o furo foi feito com broca de 7 mm. Deve-se tomar muito cuidado para que este esteja perfeitamente centralizado e reto. Por se tratar de uma madeira não muito resistente, o processo de perfuração pode ser trabalhoso. Um destes rolos será responsável por tracionar a esteira e será necessário aumentar sua aderência com a esteira, de modo a possibilitar um funcionamento perfeito. Utilizamos uma lixa para metal n°. 60, que, por ser bem áspera, proporcionou um bom atrito com a esteira. Ela deverá ser cortada para recobrir todo o rolo, e colada com fita dupla-face. Caso esse corte seja feito com um estilete, é importante utilizar algum material protetor sobre a superfície na qual for realizado o corte, evitando danos a mesas ou bancadas.

Tiraremos o excesso de lixa com uma tesoura e, utilizando cola de secagem instantânea, colaremos as pontas para que não descolem facilmente. O rolo do outro eixo não precisará desse acabamento, pois ele apenas servirá como apoio para a esteira.



**Figura 8:** Procedimentos para a criação do rolo. 1-Utilizando um cabo de vassoura, fazemos um furo central para o eixo. 2-Verificando o tamanho do rolo. 3-A fita dupla face é utilizada para colar a lixa. 4-Lixa sendo cortada com o estilete. Sempre ao utilizar o estilete, lembre-se de proteger a superfície sobre a qual será feito o corte com um pedaço de papelão, por exemplo. 5-As extremidades da lixa deverão ser coladas com cola de secagem instantânea, evitando que ela se solte. Os dois últimos procedimentos não precisam ser feitos no eixo que não traciona.

Criaremos agora o bloco do servo-motor. Retirando duas peças de sustentação de uma extremidade, faremos a marcação dos furos onde serão colocados o eixo e o servo-motor. A marcação do furo do eixo será de acordo com o raio da peça utilizada como rolo do eixo. Esta marcação será feita traçando-se uma linha paralela à linha do corte feito nas peças de sustentação, a

uma distância igual ao raio do rolo. Nessa linha, marcaremos um ponto cuja distância à borda lateral será ligeiramente maior que o raio do rolo (2mm já é suficiente). É importante que o rolo não fique posicionado acima da linha da base superior da esteira, pois ele se tornará um degrau para os grãos, podendo gerar um acúmulo de grãos na saída da esteira ou, dependendo da inclinação da esteira, fazer com que os grãos rolem de volta. Mas ele também não deve estar posicionado muito abaixo, pois assim a esteira entrará em contato com a base superior, gerando atrito.

Estes furos seguem os mesmos procedimentos do furo feito na madeira para a passagem do eixo do servo-motor do bloco padrão. Ou seja, para um eixo de 1/4", como é o nosso caso, foi feito um furo com a broca de 8 mm. O próximo passo então será criar as engrenagens que ligarão o servo-motor ao eixo.



**Figura 9:** Definindo a o furo do eixo da esteira na peça de sustentação. Esses furos deverão ser feitos em todas as peças.

Seguindo os procedimentos de criação de engrenagens em acrílico, moldaremos as duas engrenagens para as esteiras tendo como referência para o seu tamanho o local onde o motor será posicionado. Devemos tomar cuidado para que o motor não acabe tocando no rolo, prejudicando o funcionamento da esteira. Podem ser usadas engrenagens de tamanhos diferentes, pois através da relação entre seus tamanhos, podemos regular o torque e a velocidade. Porém, para nossa montagem isso não foi necessário e adotamos duas engrenagens iguais.

De posse das engrenagens, tomaremos a distância entre os centros delas para definir a posição do servo-motor na peça de sustentação. Com essa medida poderemos traçar um arco, utilizando um compasso, que estabelecerá as posições em que o servo-motor poderá ser fixado. O centro do compasso deve estar localizado no ponto que foi marcado a posição do eixo de tração.

As engrenagens deverão então ser furadas, com uma broca de mesma largura do eixo

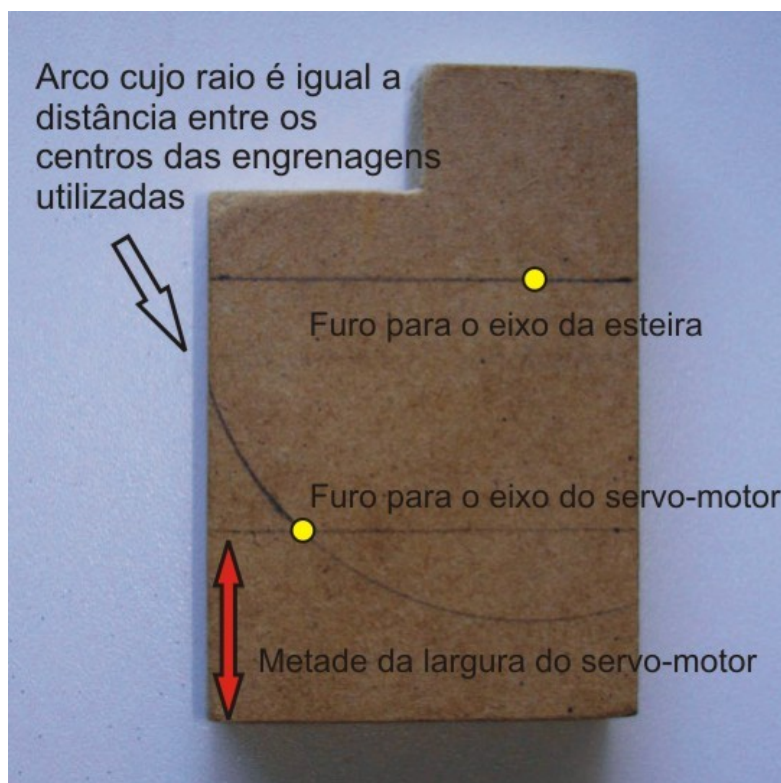
utilizado (que no nosso caso é de 1/4"). É muito importante que esses furos não sejam desalinhados, o que pode comprometer por completo o funcionamento da esteira. Por motivos de segurança recomendamos que não se segure a engrenagem diretamente com a mão, sugerimos o uso de um alicate, por exemplo.

Para fazer isso, precisamos primeiramente lixar as engrenagens para retirar as rebarbas de acrílico que ficam em volta delas, evitando que fiquem desniveladas quando as apoiarmos para furá-las. Recomendamos também, que seja feita uma marcação com uma caneta, apropriada (a caneta para retroprojetor pode ser bem aplicada neste caso), seguida da utilização de um marcador. Então, com muito cuidado, devemos fazer os furos nas engrenagens. Uma dica é utilizar uma broca de espessura menor para evitar que o furo saia torto e também para direcionar melhor a furação (recomendamos uma broca de 1,5 mm). Esse procedimento é útil sempre que for necessário fazer furos em engrenagens. Depois é só perfurar as engrenagens utilizando a broca de adequada (1/4" no caso do exemplo). Devemos nos certificar de que as engrenagens se encaixam nos eixos; se não encaixarem, devemos então alargar os furos, movimentando-as em volta da broca, tomando muito cuidado, e mantendo-as sempre perpendicular à broca para evitar que os furos saiam tortos.



**Figura 10:** 1-Medindo a distância entre os centros das engrenagens, para definir a posição do servo-motor na peça de sustentação. 2-Lixando as engrenagens, de modo a torná-las planas. 3-Perfurando as engrenagens.

Medindo-se a largura da parte superior do servo-motor, poderemos definir a posição dele na peça de sustentação, para que ele possa ser encaixado adequadamente nesta. Utilizamos a metade dessa medida para traçar outra reta na peça de sustentação. O ponto em que essa reta tocar o arco feito com o compasso, será a posição onde ficará o eixo do servo-motor.

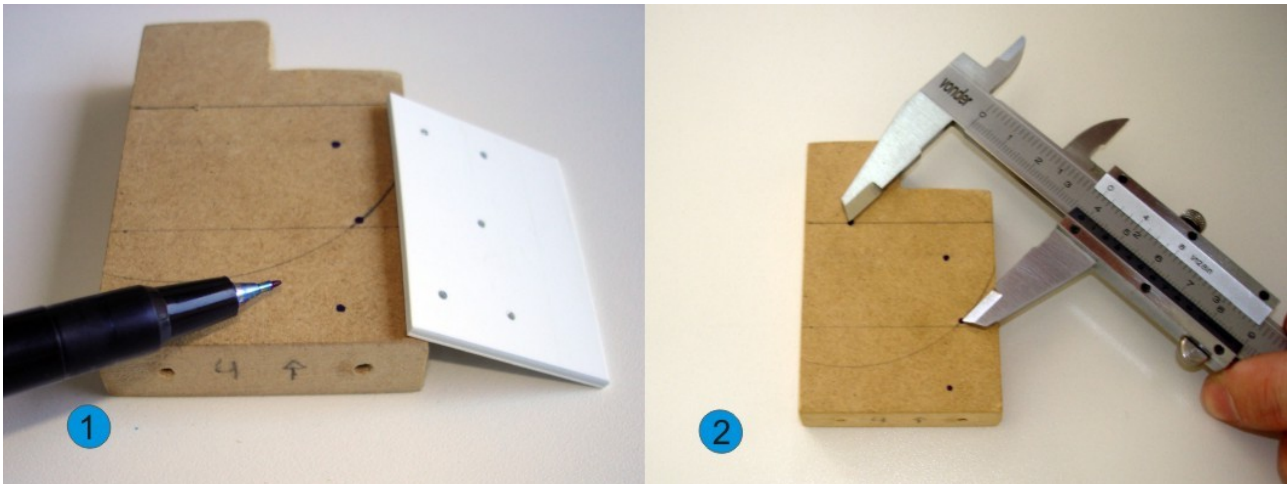


**Figura 11:** Definindo o furo do eixo do servo-motor na peça de sustentação. Esse furo é exclusivo da peça onde será encaixado o servo-motor.

Utilizando a peça de plástico padrão como referência, marcaremos outros dois furos a serem feitos na peça de sustentação para o encaixe de parafusos, centralizando-os com a marcação feita para o eixo do motor. Os furos poderão ser feitos com certa folga. Neste caso, para parafusos de 1/8" para fixação do motor, recomendamos a broca de 4 mm.

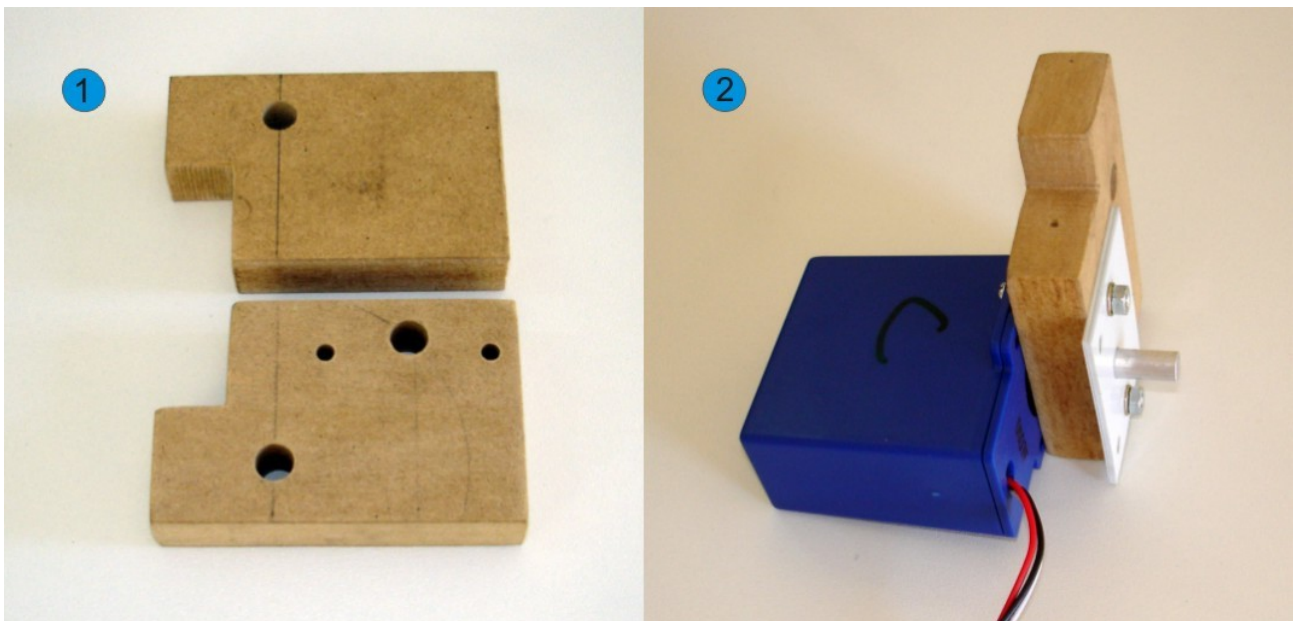
O furo na madeira para o eixo do servo-motor pode ser feito com broca de 8 mm, pois o eixo do motor deve girar sem atrito com a madeira, e por esse motivo ele é feito com um diâmetro maior que o do eixo a ser usado. Mas deve-se ter em vista que existem limites para o diâmetro máximo desse furo, pois a trava utilizada no eixo deve apoiar-se na madeira.

No plástico, o furo poderá ser feito com a broca de 1/4", o qual deve proporcionar ao eixo um giro livre, sendo necessário aumentá-lo um pouco mais quando o mesmo não o proporcionar. Isso pode ser feito com o auxílio de uma furadeira de bancada, realizando movimentos leves e circulares, sempre tomando cuidado para manter o plástico perpendicular à furadeira pois neste caso não desejamos que o furo fique com bordas arredondadas. Esse processo é igual ao realizado no bloco padrão para servo-motor.



**Figura 12:** Marcações para os furos nas peças de sustentação. 1-Peça de plástico de referência utilizada para marcar os furos do servo-motor. 2-Conferindo a distância entre o eixo do servo-motor e o eixo da esteira com a ajuda de um paquímetro.

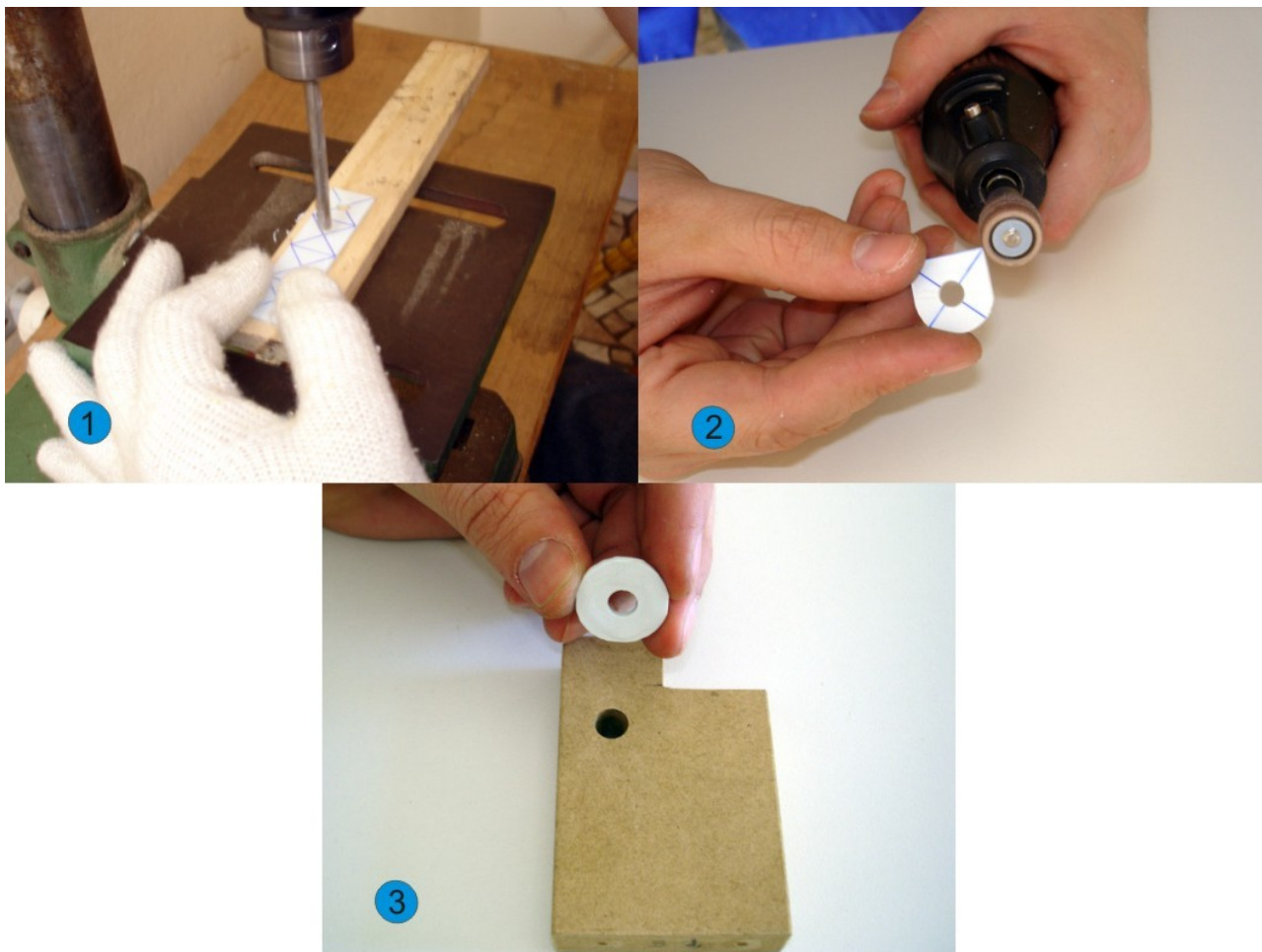
O eixo do motor foi feito com barra de alumínio de 1/4" e possui 3,5 cm de comprimento. Seu comprimento foi definido pelos seguintes fatores: espaço necessário para fixação da engrenagem, diâmetro da madeira e do plástico utilizados, além da profundidade do espaço interno do servo-motor.



**Figura 13:** Criação do bloco do servo-motor. 1-Peças de sustentação furadas. Na peça inferior será fixado o servo-motor. 2-Bloco do servo-motor pronto.

Antes de colar as engrenagens, iremos fazer quatro arruelas de plástico, que serão coladas em cada uma das peças de sustentação, alinhadas aos furos dos eixos das esteiras. Os eixos das esteiras deslizarão sobre essas arruelas, não entrando em contato com a madeira. Estes pontos deverão ser lubrificadas, preferencialmente com graxa. Estas arruelas podem ser feitas de qualquer tamanho.

Para a confecção destas arruelas recomendamos que se corte uma tira de plástico PVC, marque, com lápis ou caneta para retroprojeter, quadrados (optamos por quadrados de 2 cm x 2 cm) e seus respectivos centros. Os centros de cada quadrado então devem ser furados com broca de diâmetro igual ao do eixo utilizado (1/4" no nosso caso). Depois de furados, separe os quadrados com a ajuda de um estilete e, se necessário, arredonde ou diminua alguma lateral do quadrado com o estilete ou a microrretífica com o acessório de lixa. Não tente dividir os quadrados antes de furá-los, pois peças pequenas dão muito mais trabalho para serem perfuradas do que peças grandes. Os furos para o eixo da esteira seguem o mesmo procedimento dos furos realizados para o eixo do servo-motor. Pode-se fabricar mais arruelas do que o necessário nesse momento, pois mais adiante elas também serão utilizadas nas balanças.

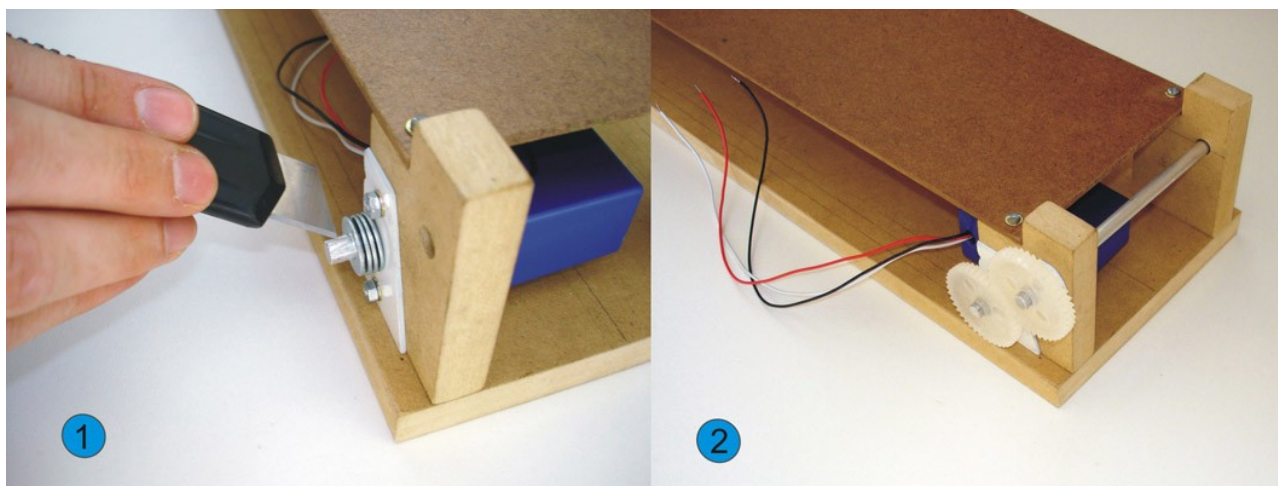


**Figura 14:** Criação das arruelas de plástico. 1-Fazendo o furo para o eixo. 2-Acabamento da arruela. 3-Arruela sendo colada na peça de sustentação que não possui servo-motor.

Com essas arruelas prontas, elas deverão ser coladas alinhadas aos furos dos eixos, mas primeiro, colaremos a engrenagem no eixo do servo-motor. Faremos pequenas ranhuras no eixo de alumínio com um estilete, para evitar que a engrenagem se solte dele e colocaremos arruelas de metal (que também poderiam ser de plástico), utilizadas para distanciar a engrenagem da peça de sustentação. Em seguida, colaremos a engrenagem no eixo do servo-motor com a cola de secagem instantânea.

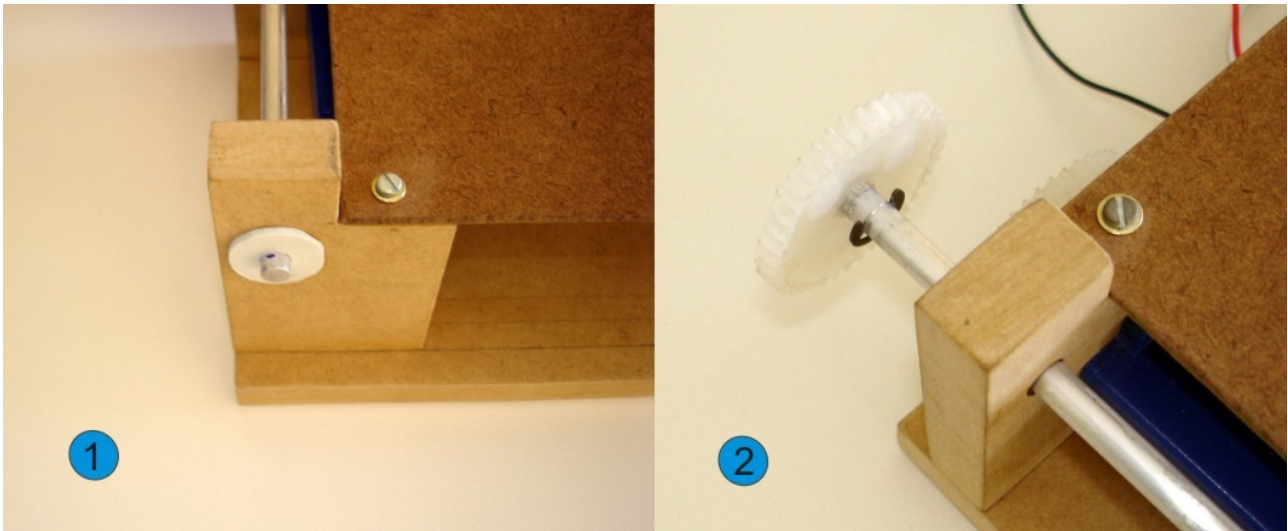
Para colar as arruelas de plástico, fique atento com o alinhamento, principalmente da arruela

do eixo de tração que ficará do lado das engrenagens, pois um pequeno desalinhamento pode comprometer por completo o movimento da esteira. Por isso cola-se esta arruela só depois de termos o eixo do motor e o eixo de tração e suas respectivas engrenagens, para que possamos fazer o ajuste ideal do posicionamento, levando em consideração o engate ideal entre as engrenagens. Porém, como dica, podemos dizer o seguinte: não cole a engrenagem no eixo de tração, apenas a encaixe para fazer o ajuste da posição ideal da arruela. Alguns procedimentos que serão realizados a seguir poderão ser dificultados caso a engrenagem seja colada definitivamente. Por isso, a sua colagem será a última coisa a ser feita no eixo de tração.



**Figura 15:** Finalização do bloco do servo-motor. 1-Preparando o eixo do servo-motor para receber a engrenagem. 2-Visão do bloco finalizado. É recomendado que a engrenagem do eixo de tração seja apenas encaixada, para posicionar as arruelas de plástico. Caso ela esteja colada, pode vir a dificultar alguns procedimentos a serem feitos a seguir.

O próximo passo será colocar travas nos eixos, para que eles não se desloquem horizontalmente. Para que essas travas não sejam deslocadas, faremos um corte com a microrretífica em cada lado do eixo, semelhante ao corte feito para fixar a trava no pino do motor, tomando cuidado para que não fique raso ou fundo demais. Depois, colocaremos a trava de um lado, encaixaremos o eixo, colocaremos seu rolo e adicionaremos a outra trava. É importante que esse procedimento seja realizado nos dois eixos da esteira.



**Figura 16:** Colocação das travas nos eixos. 1-Marcação de onde será colocada a trava, vista pelo lado da peça de sustentação sem o servo-motor. 2-Trava colocada. As travas devem ser colocadas nos dois lados do eixo, para impedir seu deslocamento horizontal.

Devemos agora prender o rolo que dará tração à esteira no seu eixo, pois senão a esteira não se movimentará. Ele será preso através de um arame, que atravessará tanto o eixo quanto o rolo. Marcamos o rolo para fazermos o furo, e retiramos o rolo da esteira para furarmos com broca de 1,5 mm. O rolo deve ser recolocado para marcarmos o eixo. Deve-se ter muito cuidado ao furar o eixo com a broca de 1,5 mm, pois ela é muito fina e podemos quebrá-la quando estivermos furando o eixo. Lembre-se sempre de furar cada peça individualmente, nunca tente furar um bloco montado como este. Para prender o rolo ao eixo, utilizamos um pedaço de arame fino. Entortamos uma das pontas e passamos pelo furo para depois entortar a outra ponta. Desse modo, o rolo girará junto com o eixo, o que é nosso objetivo. O outro eixo, que não traciona, não precisa desse procedimento, podendo a esteira apenas deslizar sobre ele.

Vale lembrar que a maioria dos metais quando perfurados, ficarão com rebarbas. Essas rebarbas, além de prejudicar os movimentos, podem nos ferir. Isso pode ser resolvido com o auxílio de uma broca um pouco maior que a utilizada para fazer o furo, girando de leve, como na imagem, tomando cuidado para não arredondar demais as beiradas dos furos.



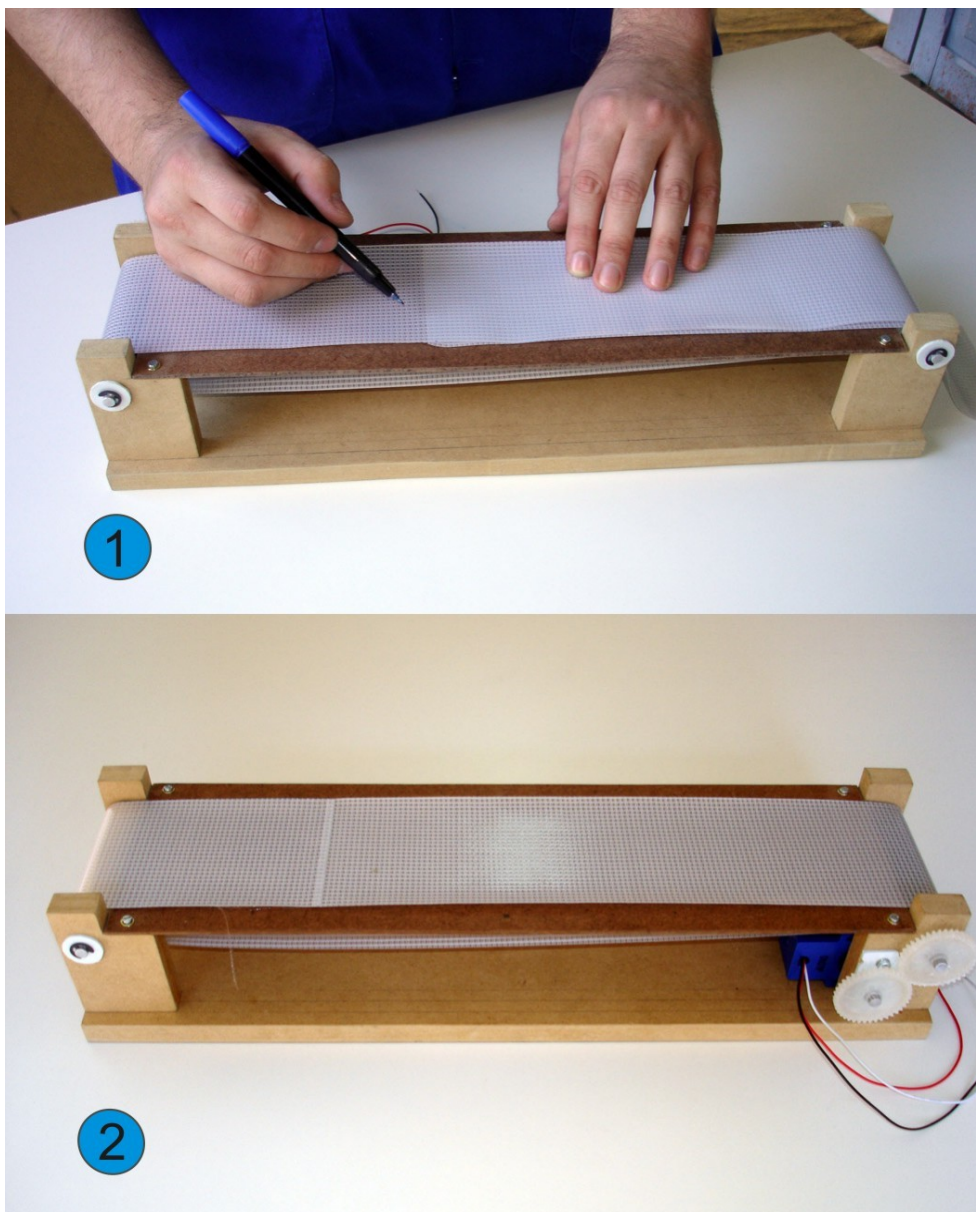
**Figura 17:** Fixação do rolo ao eixo da esteira. 1-Eixo sendo furado com broca de 1,5 mm. 2-Rebarbas sendo retiradas com uma broca pouco maior que o furo. 3-Rolo furado com a broca de 1,5mm. 4-Rolo preso ao eixo através de um arame (observe o detalhe). 5-O eixo traseiro não necessita desse procedimento, apenas da colocação de arruelas e travas.

Depois de termos colado as arruelas de plástico nas peças de sustentação, encaixado os eixos com os rolos e colocado as travas, estaremos com a parte estrutural praticamente pronta. Agora que o eixo de tração está completo, podemos colar sua engrenagem. Assim como a engrenagem do eixo do servo-motor, é recomendado fazer algumas ranhuras no eixo, de modo que a engrenagem fique

firmemente colada.

Então passaremos à confecção da esteira (parte móvel). Ela pode ser feita de qualquer material que se adeque à função, como jeans, courvin, plástico, ou algo semelhante que tenha flexibilidade e resistência adequada. A largura desse tecido deve ser um pouco mais estreita do que a distância entre as peças de sustentação, para que não haja atrito entre a esteira e as peças (recomendamos entre 2 e 3 mm). O comprimento deve ser medido segundo o comprimento total da esteira, adicionando uma pequena folga para que ela não fique muito apertada nos rolos. A folga também não poderá ser muita porque senão ela escorregará e não se moverá. Faremos então a marcação do melhor comprimento para a esteira, colocaremos o tecido sobre um papel e utilizaremos uma tesoura ou um estilete para cortar o tecido, e cola de secagem instantânea para juntar suas pontas, pois se adequou ao material que utilizamos. Nem sempre a cola é a melhor solução, pois ao utilizar jeans, por exemplo, a melhor solução é costurá-lo.

Para recolocá-la, iremos desparafusar a base superior e retirar os eixos e aproveitaremos para verificar se a largura da esteira está certa.

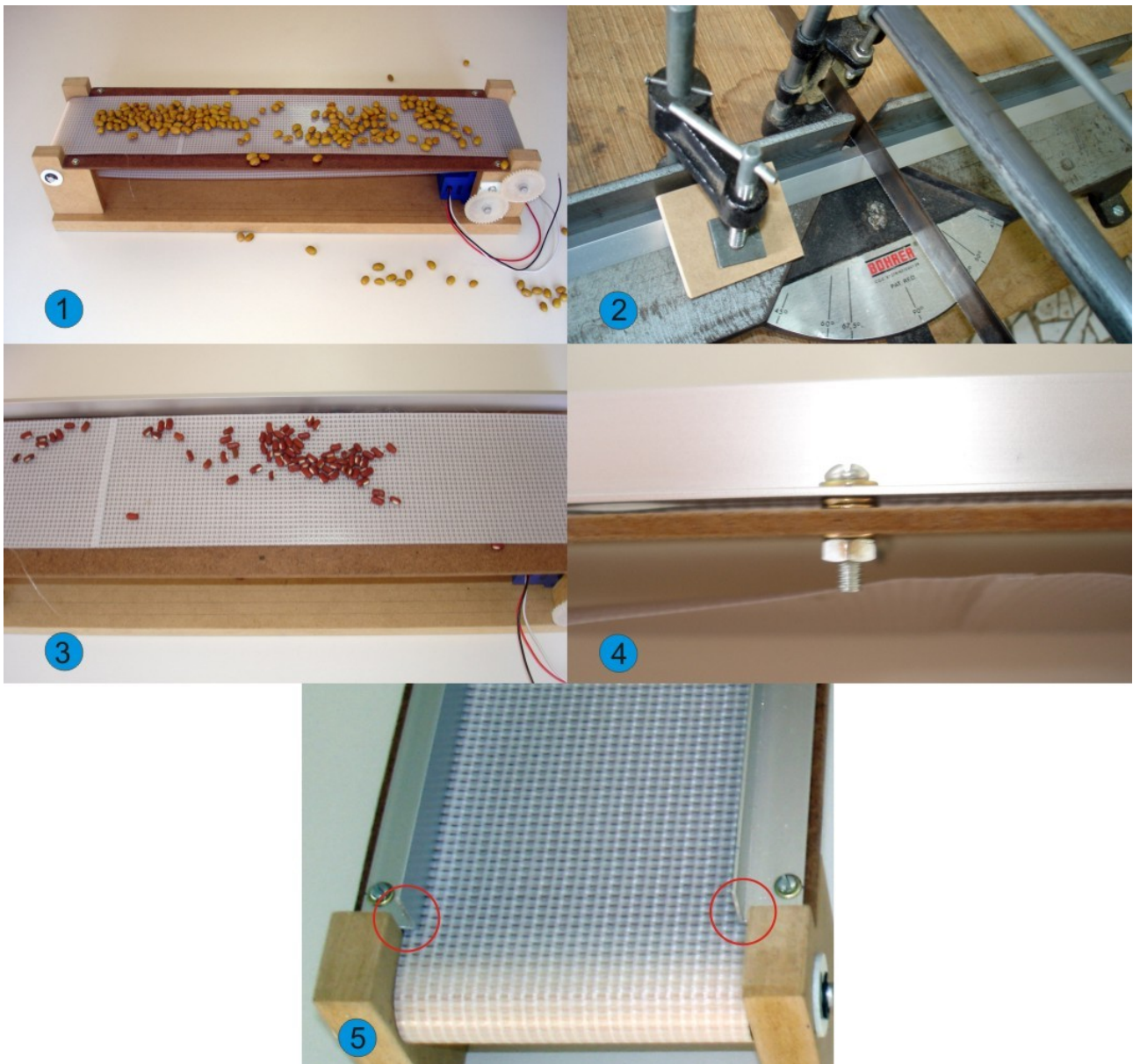


*Figura 18: Esteira sendo colocada e posicionada.*

O próximo passo será colocar cantoneiras de alumínio na nossa esteira para evitar que os grãos caiam dela quando forem transportados. Seu comprimento é igual ao da base superior da esteira, já que é sobre esta peça que iremos encaixá-la. Depois de cortada, pode ser interessante arredondar as extremidades da cantoneira com uma lixa, para diminuir possíveis atritos com o material utilizado como esteira. Faremos então a marcação dos furos que serão feitos nas cantoneiras. Podemos aproveitar os parafusos que prendem a base superior às peças de sustentação para prenderem também as extremidades das cantoneiras. Recomendamos que estes furos possuam uma pequena folga, para reajustes necessários devido a possíveis desalinhamentos.

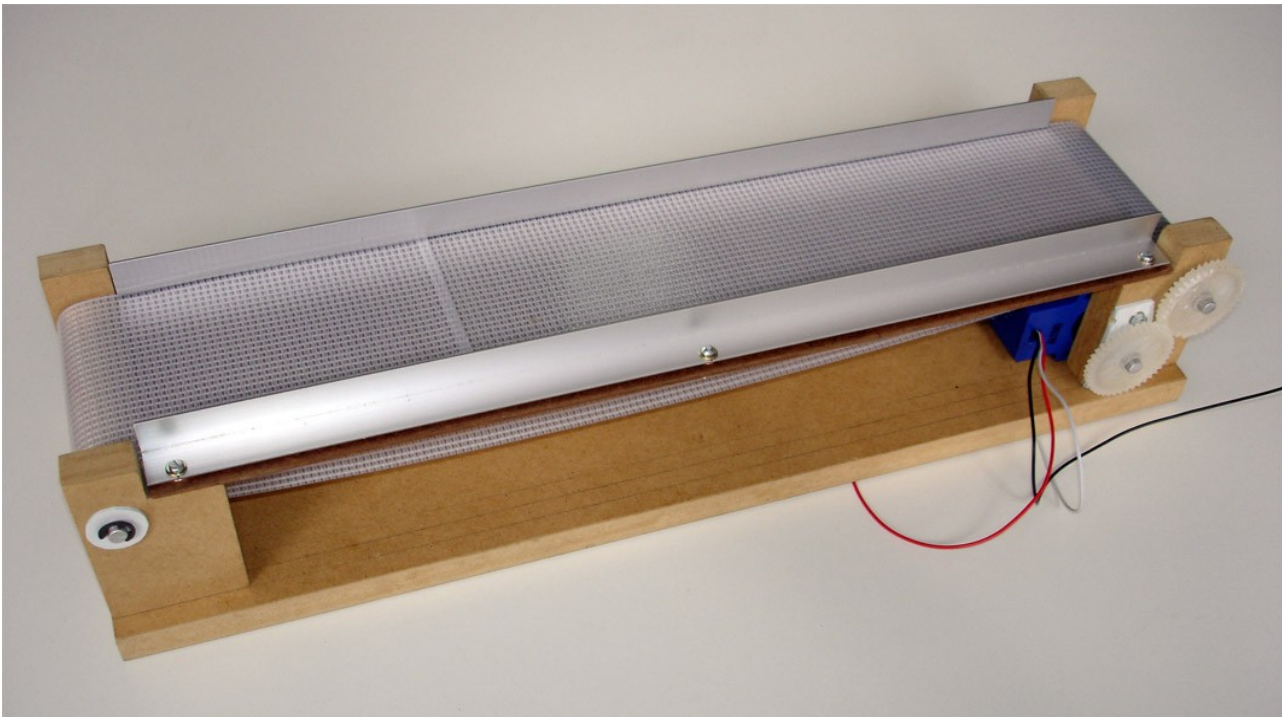
Para evitar que os grãos possam escorregar para baixo do tecido da esteira, ela deverá passar por baixo das cantoneiras. Para isso, as cantoneiras deverão ser um pouco elevadas em relação à base superior, o que pode ser feito colocando algumas arruelas nos parafusos entre a base superior e cada cantoneira. No exemplo, foi necessária a utilização de apenas duas arruelas, podendo variar de acordo com a espessura das arruelas utilizadas, do material utilizado com esteira, do tipo da emenda feita no material, entre outros. É importante também que a cantoneira esteja um pouco avançada sobre o tecido da esteira, de modo que não haja possibilidade dos grãos de entrarem embaixo da esteira. Este avanço, no nosso exemplo, foi de aproximadamente 3 mm em relação à margem da esteira. A figura abaixo esclarece o modo como a cantoneira deverá estar posicionada.

Depois é só parafusá-las e observar se tudo está correto. Para que a base superior não fique envergada, decidimos fazer furos no meio dela para fixá-la às cantoneiras. Assim, ela ficará totalmente plana, já que a cantoneira não se enverga com tanta facilidade.



**Figura 19:** Colocação das cantoneiras na esteira. 1-Sem as cantoneiras, os grãos caem facilmente. 2-Cantoneira de alumínio sendo cortada na serra de meia-esquadria. 3-Cantoneira colocada. 4-Parafuso no meio da base superior para a fixação da cantoneira.. Observe que foram colocadas duas arruelas de metal entre a cantoneira e a base da esteira, de modo que a esteira possa ser colocada entre as duas. 5-A cantoneira deverá estar ligeiramente avançada sobre a esteira, para que os grãos não entrem debaixo desta (observe o detalhe).

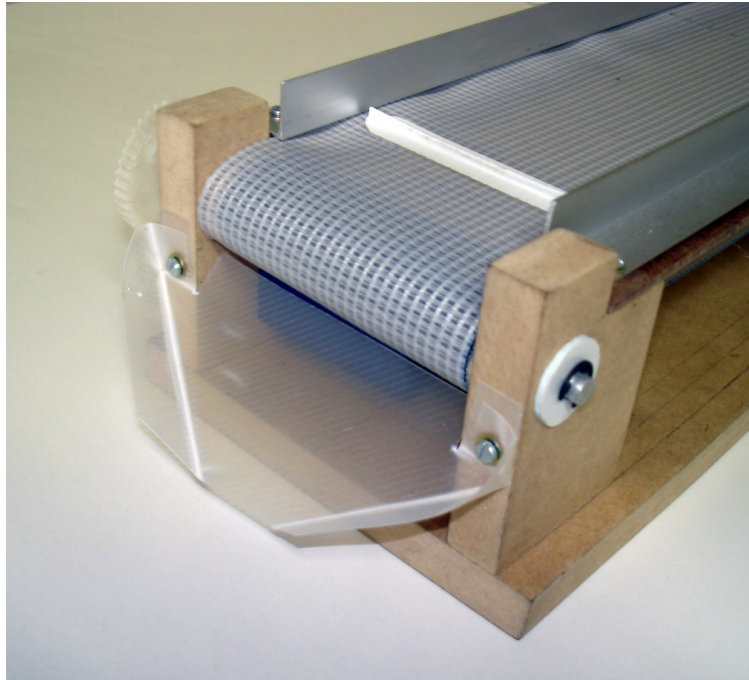
Basta agora repetir estes processos mais duas vezes para a criação das outras esteiras. Porém, lembre-se sempre de evoluir junto com as montagens, alterando medidas se necessário, substituindo materiais, procurando maneiras alternativas de realizar trabalhos que por algum motivo tenham se tornado cansativos, repetitivos ou complexos demais, sempre que possível tentando simplificar os pormenores, pois afinal, devemos vincular as montagens como uma forma divertida de adquirir conhecimento.



*Figura 20: Esteira concluída.*

## 6 – Adequações

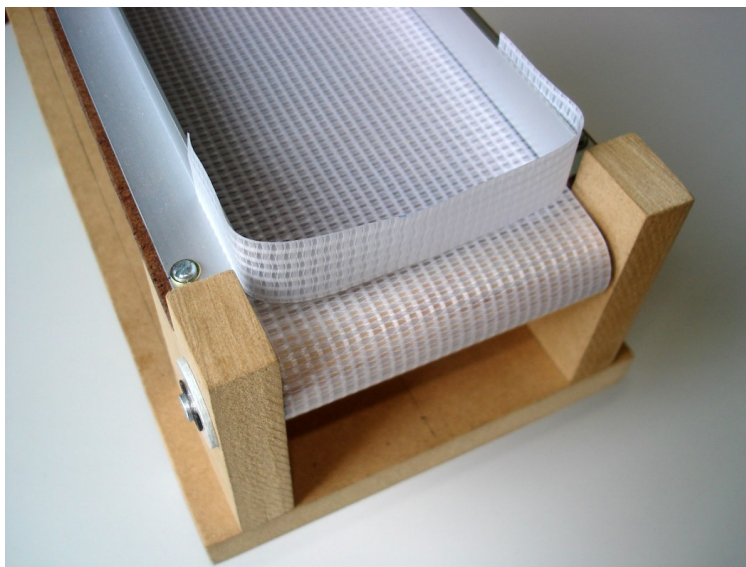
Com as esteiras prontas, passaremos às finalizações, para um bom funcionamento do conjunto. Nas duas esteiras que serão posicionadas após o separador, devemos colocar afuniladores para que os grãos caiam corretamente sobre o pote da balança. Não colocaremos afunilador logo ao final da esteira principal, pois nesta esteira será colocado um separador de grãos. Estes afuniladores podem ser feitos de qualquer material que ofereça uma resistência adequada. No nosso exemplo utilizamos plásticos destinados à capas de apostilas, que podem ser encontrados em qualquer loja que trabalha com fotocópias. O único inconveniente é o fato dele não poder ser várias vezes moldado, pois podemos estragá-lo. Esses afuniladores devem ser adequados à largura das esteiras. Eles foram fixados às peças de sustentação com a ajuda de dois parafusos pequenos. Recomendamos que se teste a forma do afunilador com uma folha de papel, antes de construir o definitivo com plástico. Ao fabricar estes afuniladores, leve em consideração que as esteiras estarão inclinadas, portanto será necessário fazê-los levemente inclinados para baixo.



**Figura 21:** Afunilador preso às peças de sustentação e fitas coladas à esteira, destinadas a levar os grãos esteira acima.

Nessas mesmas esteiras destinadas a transportar os grãos às suas balanças, colocamos tiras, as quais chamamos de retentores, para evitar que os grãos caiam das esteiras, pois elas estarão inclinadas. Essas tiras foram feitas com sobras do material utilizado para fazer a esteira e foram coladas com fita dupla-face. Às vezes pode ser necessário “picotar” a parte que fica próxima da esteira para que haja uma melhor mobilidade do retentor, evitando que, num possível atrito com a esteira, ele venha a dobrar e deixar com que os grãos acabem escorregando para fora da esteira, ou até mesmo fazendo com que a esteira pare.

Outro problema encontrado nas esteiras que transportam os grãos até suas respectivas balanças foi que os grãos tendem a escorregar esteira abaixo e acabam por se acumular nos retentores, chegando até a transbordarem para fora. Notamos então a necessidade de “degrais” cuja função é levar os grãos para cima, evitando que eles saiam rolando de volta quando estiverem sendo carregados. Isso foi resolvido colando-se na esteira fitas dobradas em seu próprio meio. Isso fica aberto à criatividade de cada um, pois poderíamos colar palitos de dente no lugar das fitas, por exemplo. É bom lembrar que a altura desses degrais não devem atrapalhar o funcionamento da esteira.

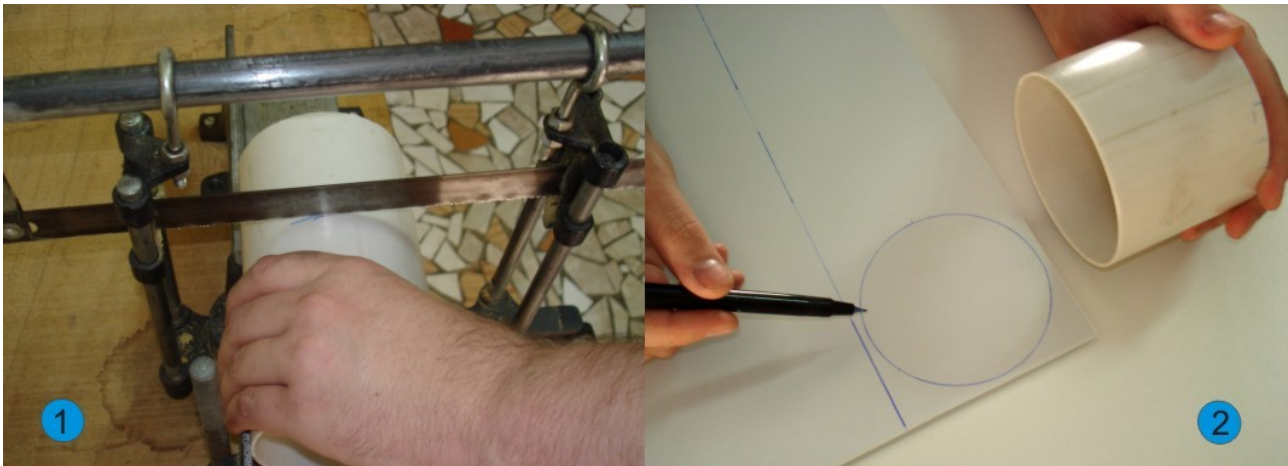


*Figura 22: Retentor feito com o mesmo material da esteira, que impede que os grãos caiam.*

## 7 – Alimentador

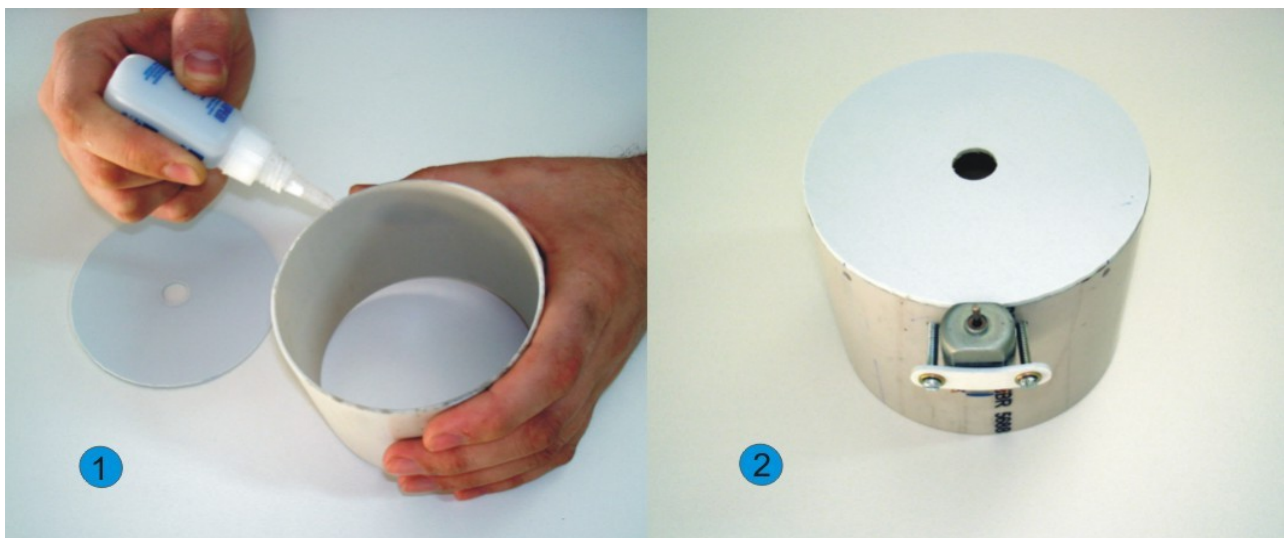
O alimentador é um recipiente onde os grãos são colocados inicialmente e são lançados continuamente à primeira esteira para posterior separação. Utilizamos um motor com um peso descentralizado para realizar a vibração do recipiente. A vibração é vital para seu funcionamento, pois sem ela, os grãos simplesmente não caem na esteira. Ela também é importante para manter contínuo o fluxo de grãos.

A estrutura do alimentador foi feita com cano de PVC de 100 mm de diâmetro e sua altura depende apenas da quantidade de grãos a serem separados, sendo que no exemplo foi definida como 10 cm. Um de seus lados foi fechado para que sirva como funil. Para isso, utilizamos o plástico PVC de 2 mm de espessura, utilizando o próprio pedaço de cano já cortado para desenhar a peça que fechará o fundo do alimentador. Devemos cortá-lo e fazer um furo no centro dele. O diâmetro desse furo varia de acordo com o tipo de grãos escolhidos. Primeiro, faça um furo pequeno, e quando a esteira já estiver pronta, aumente este furo aos poucos até achar um tamanho ideal. Optamos por fazer desta forma para simplificar um pouco nosso alimentador, porém sua saída poderia ter sido feita de outras maneiras, como um funil com a ponta cortada ou afinilando algum plástico, por exemplo.



**Figura 23:** Preparação do alimentador. 1-Tubo de PVC sendo cortado. 2-Plástico PVC sendo cortado para fechar o alimentador.

Para colar a peça de plástico ao cano cortado, utilizamos cola de secagem instantânea. Devemos ter cuidado para que a cola não escorra. Em seguida, devemos colocar também o motor com o peso desbalanceado, destinado a vibrar o alimentador. A forma como ele foi fixado é bastante simples: cortamos uma pequena tira de plástico PVC, tiramos as medidas necessárias, e parafusamos ele no alimentador de forma que o motor fique prensado contra o corpo do alimentador, transferindo melhor a vibração. O peso desbalanceado, como citamos, nada mais é do que uma pequena peça de madeira, de tamanho qualquer, com um furo descentralizado, que permita seu encaixe no eixo do motor.



**Figura 24:** Construção do alimentador. 1-Colagem da parte inferior. 2-Estrutura completa, com motor de vibração.

Em seguida, devemos fazer quatro pés para encaixar o alimentador na esteira. Para isso, iremos utilizar quatro barras cilíndricas de alumínio de 1/4", levando em consideração que seu tamanho deve ser suficiente para que o alimentador não encoste na esteira. Devemos fazer um furo em cada barra, que deve ficar o mais centralizado possível, e prender parafusos de 1/8" à essa barra

usando porcas. Esses parafusos funcionarão como hastes para segurar o alimentador na posição desejada e os furos deverão ter diâmetro suficiente para que eles passem através da barra.

O alimentador deve estar um pouco folgado, pois caso estiver bem preso, ele não irá vibrar como deveria. Por isso foram usadas duas porcas com certa folga para manter o parafuso encaixado na barra, sendo possível também apenas colar uma porca, mantendo assim a folga desejada. No alimentador os furos foram feitos com broca de 4 mm, para que ele fique folgado e possa vibrar ainda mais, levando em consideração que usamos parafusos de 1/8”.

Os pés do alimentador serão fixados na base de sustentação da primeira esteira, que será chamada de esteira principal. Por isso é importante que pelo menos umas das esteiras tenha a base de sustentação mais larga do que a base superior. Os furos na base de sustentação foram feitos com broca de 1/4” e possuem entre 5 e 7 mm de profundidade.

Como pode ser observado na figura abaixo, a esteira foi desmontada pra que os furos pudessem ser feitos. Fizemos um quadrado de acordo com as dimensões da esteira, e nos seus vértices foram feitas as marcações dos furos para os suportes do alimentador. Para controlar a profundidade dos furos, usamos um ajuste de avanço encontrado em nossa furadeira de bancada, que permite um controle preciso da profundidade do furo. Caso não exista tal opção, podemos monitorar esta profundidade com o auxílio de um paquímetro. Para facilitar o encaixe das pernas de sustentação do alimentador à base da esteira, lixamos as extremidades que serão encaixadas na base da esteira, no intuito de arredondar essas extremidades.



**Figura 25:** Alimentador sendo colocado na esteira principal. 1-Furos feitos na base de sustentação. 2-Alimentador pronto.

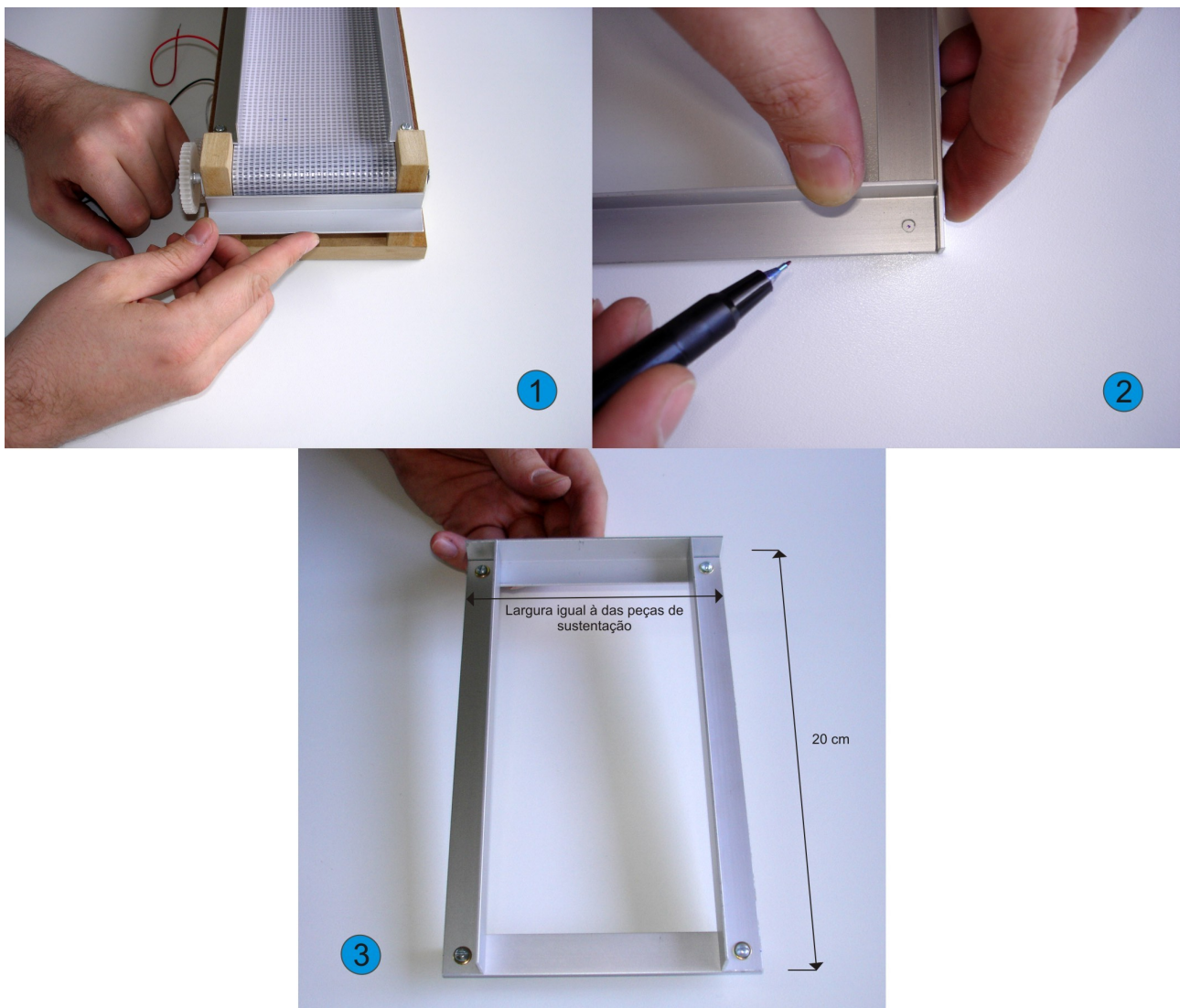
## 8 – Separador

Como o próprio nome já diz, o separador é o elemento que irá separar os grãos pequenos dos grandes e enviá-los às suas correspondentes esteiras. Ele possui diversas fendas, através das quais os grãos pequenos caem e são conduzidos a uma esteira localizada abaixo dele. Os grãos grandes, que não conseguem passar pelas fendas, são conduzidos a outra esteira à sua frente. A vibração do separador, realizada por um motor que possui um peso desbalanceado do seu eixo, é extremamente necessária, caso contrário, os grãos permaneceriam no separador. Este motor segue o mesmo

processo descrito para o motor de vibração do alimentador.

O nosso separador foi feito com tiras de arame e cantoneiras de alumínio. Foram usadas duas cantoneiras para apoiar as tiras de arame e outras duas para dar um comprimento adequado ao separador, formando a sua base. O separador deve ter uma largura igual a das peças de sustentação da esteira principal, onde será parafusado. O comprimento deve ser suficiente para que todos os grãos sejam realmente separados e, em nossa montagem, é de 20 cm.

Apesar de termos usado tiras de arame, recomendamos a possibilidade da utilização de algum outro material, como tiras de PVC, ou algo do gênero, tendo em vista que não é tão simples trabalhar com arame.

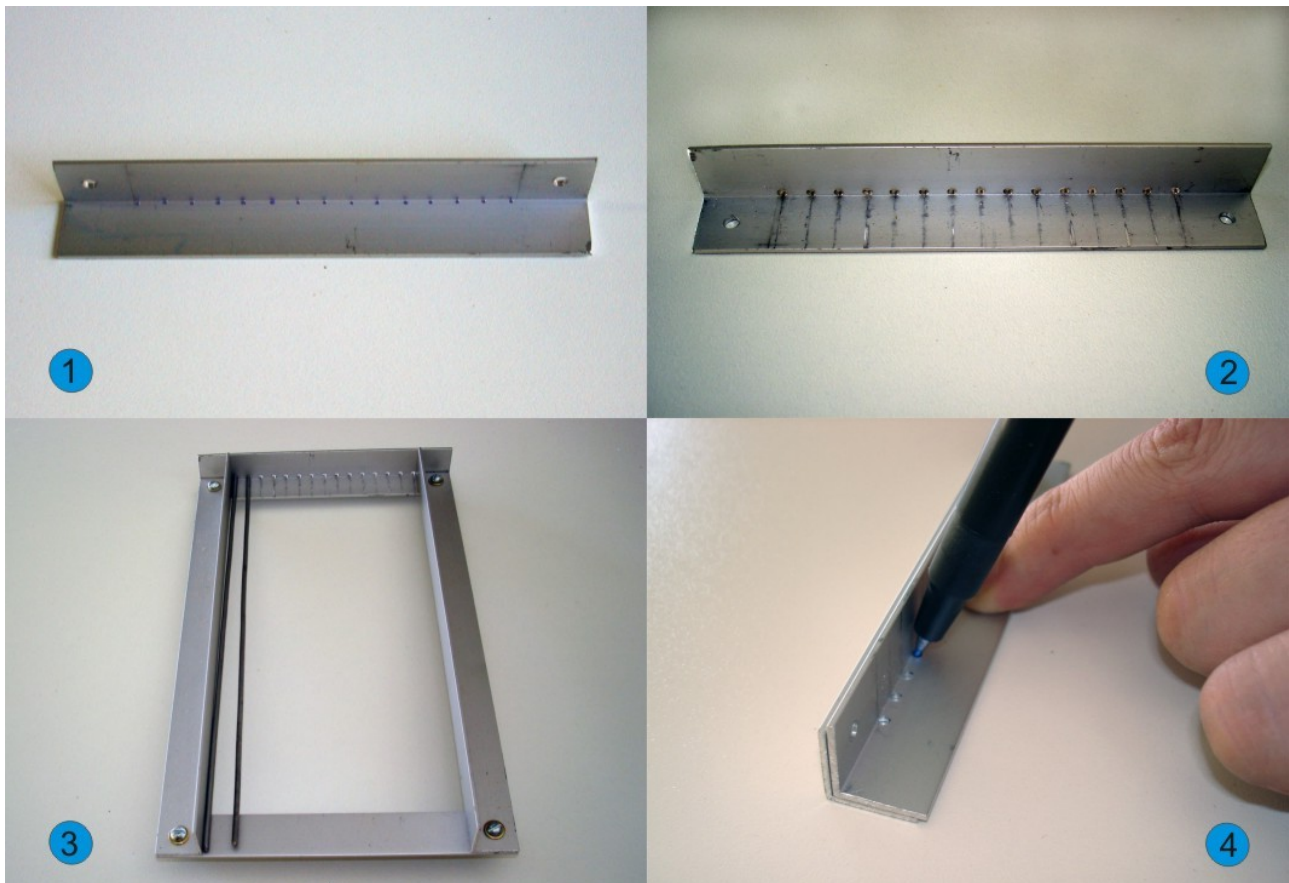


**Figura 26:** Criação da base do separador. 1-Verificando a largura. 2-Perfurando as cantoneiras de alumínio. 3-Base do separador pronta.

Estas peças de apoio das tiras de arame, como podemos perceber, estão invertidas uma em

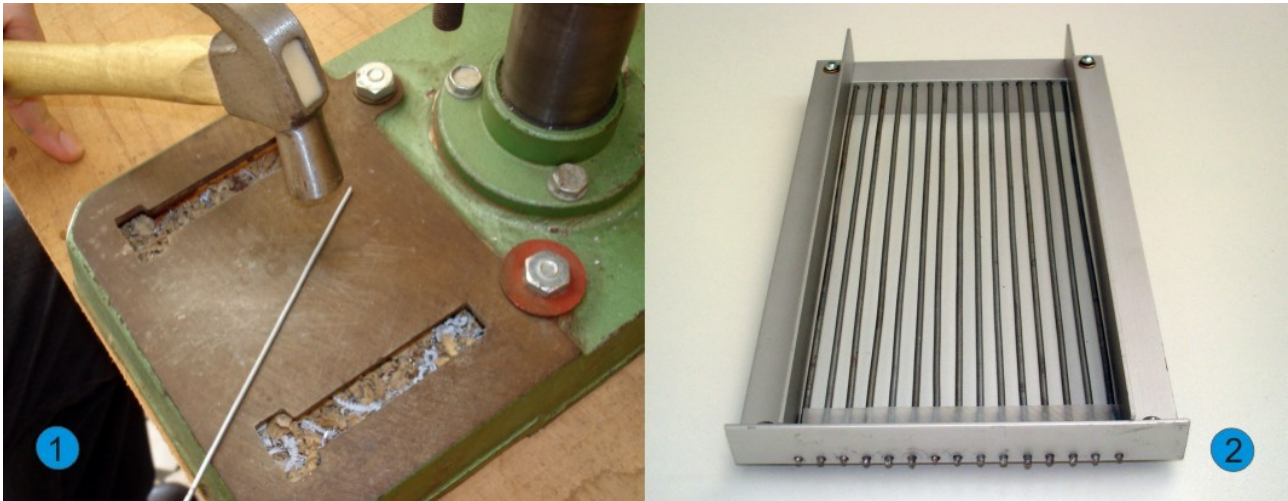
relação à outra, pois uma deverá ser parafusada às peças de sustentação da esteira, enquanto na outra extremidade colocaremos um afunilador para transportar os grãos maiores até à sua esteira. Para fazermos os furos para encaixar as tiras de arame, precisamos primeiro medir o espaço disponível. Depois, devemos medir a espessura do grão menor para saber qual o espaço entre as tiras, já que é necessário que estes grãos passem por elas (faça medições com diversos grãos para obter uma boa média). Sendo assim, podemos calcular o número de tiras que utilizaremos. Lembre-se de deixar pelo menos 1 mm a mais que a média obtida com as medidas realizadas no grão menor para garantir que eles passem com maior facilidade pelo separador, mas tome cuidado para não deixar folga demais, pois assim os grãos maiores passarão também. Antes de perfurar a cantoneira, certifique-se de que seus cálculos estão corretos.

Podemos marcar numa das peças estas distâncias com o auxílio de uma régua e uma caneta para retroprojeter. Deve-se tomar cuidado para que não fiquem muito afastadas ao ponto de também os grãos grandes passarem por elas, ou muito próximas, impedindo os grãos pequenos de passarem. Os furos desta peça devem ser suficientes para que encaixemos os arames. Depois de furada, ela será usada como referência para marcar a outra peça, que também deve ser furada. No exemplo, o arame utilizado tem 2 mm de espessura. Utilizamos uma broca de 2 mm para perfurar a cantoneira e espaçamos um pouco os furos para que o arame entrasse com maior facilidade.



**Figura 27:** Preparando a base para receber os arames. 1-Posicionamento dos furos definido. 2-Cantoneira perfurada. 3-Conferindo o posicionamento dos arames. 4-Utilizando a cantoneira já perfurada como referência para as marcações da outra cantoneira.

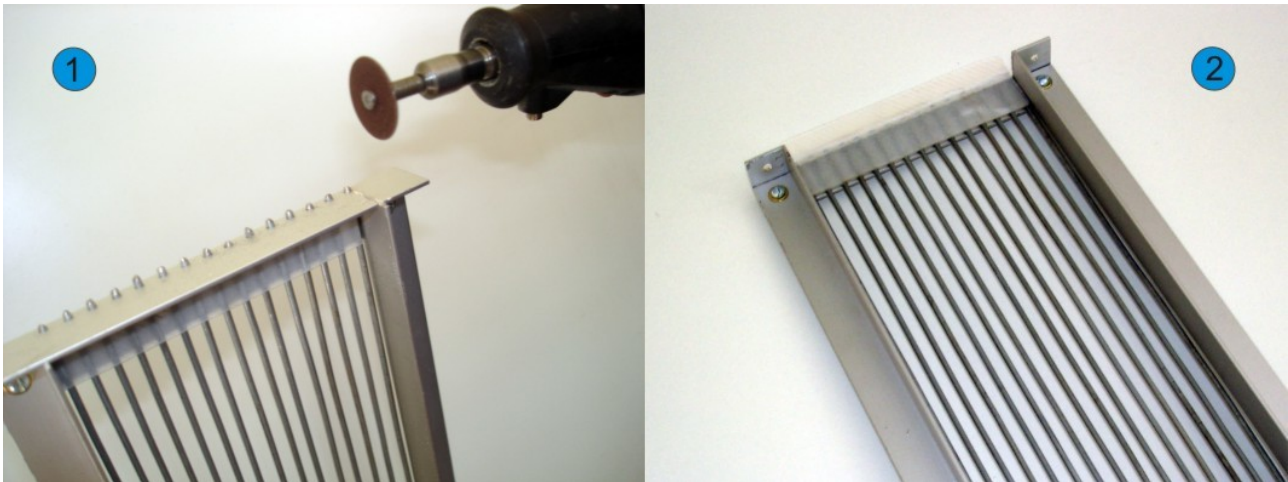
O próximo passo será cortar o número de tiras de arame necessárias. Deve-se desentortar os arames antes de encaixá-los nos furos, para que a distância entre as tiras seja uniforme. Isso pode ser feito com o auxílio de um martelo e uma base resistente, como uma morsa ou a base da furadeira de bancada. Depois de encaixadas as tiras de arame nos seus furos, utilizamos fita dupla-face e plástico flexível (o mesmo utilizado para os afuniladores) para segurá-las.



**Figura 28:** Colocação das tiras de arame. 1-É recomendado desentortar o arame, com a ajuda de um martelo. 2-Tiras de arame encaixadas e presas ao separador.

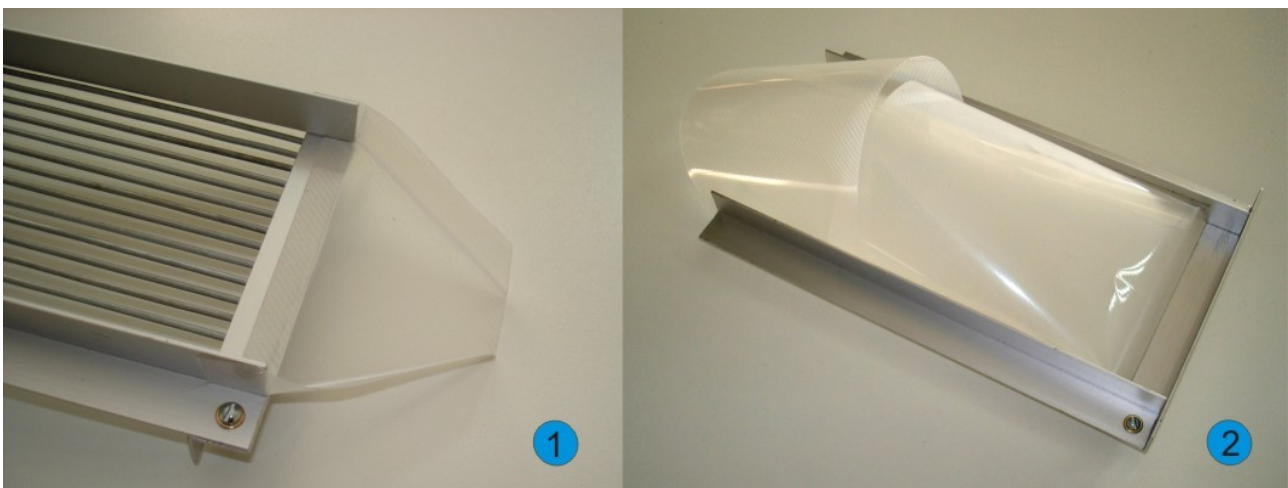
Em seguida, faremos os furos em uma das peças de alumínio para encaixar o separador na esteira principal e marcaremos nas peças de sustentação os furos a serem feitos. Devemos, então, retirar as duas peças de sustentação da esteira e furá-las. Fique atento à posição do separador, pois se o parafuso vier a tocar o eixo de tração da esteira, ele poderá ter seu movimento prejudicado e até mesmo parar. Esse furo pode ser feito com a microrretífica.

Na peça do separador que foi furada, cortaremos uma parte do alumínio que encosta na esteira, pois ela será substituída por uma tira de plástico, para que os grãos não caiam por baixo da esteira. Esta tira deve ser apoiada sob a saída da esteira. Este corte pode ser feito com o auxílio da microrretífica, fazendo uso do disco de corte.



**Figura 29:** Preparando o separador para a fixação à esteira. 1-A parte da cantoneira de alumínio que encosta na esteira deverá ser retirada. 2-Separador preparado para a fixação à esteira. Observe que o alumínio foi cortado e no seu lugar foi colocada uma peça de plástico.

Passaremos agora à confecção dos afuniladores que farão com que os grãos caiam exatamente nas suas esteiras. A peça de plástico que vai ao final do separador é semelhante àquelas colocadas nas esteiras que levarão os grãos às balanças, e é fixada por fita dupla face. A outra deve ser colocada na parte de baixo do separador. Esta peça foi feita com a ajuda de outro suporte de alumínio, semelhante ao do separador, sendo que neste caso não precisamos fazer duas peças de apoio, mas apenas uma, para fixá-la às peças de sustentação da esteira. Colocaremos duas peças de plástico que escoarão os grãos pequenos até a sua esteira. Estes plásticos servem para direcionar exatamente os grãos à esteira e também para amortecer a queda, evitando que eles se espalhem. Note que no afunilador criado para nossa esteira, o pedaço de plástico maior joga os grãos pequenos na outra parte, e esta sim é quem conduz os grãos à próxima esteira, diminuindo a velocidade de queda dos grãos e evitando que eles se espalhem.



**Figura 30:** Afuniladores do separador. 1-Afunilador para grãos grandes. 2-Afunilador para grãos pequenos.

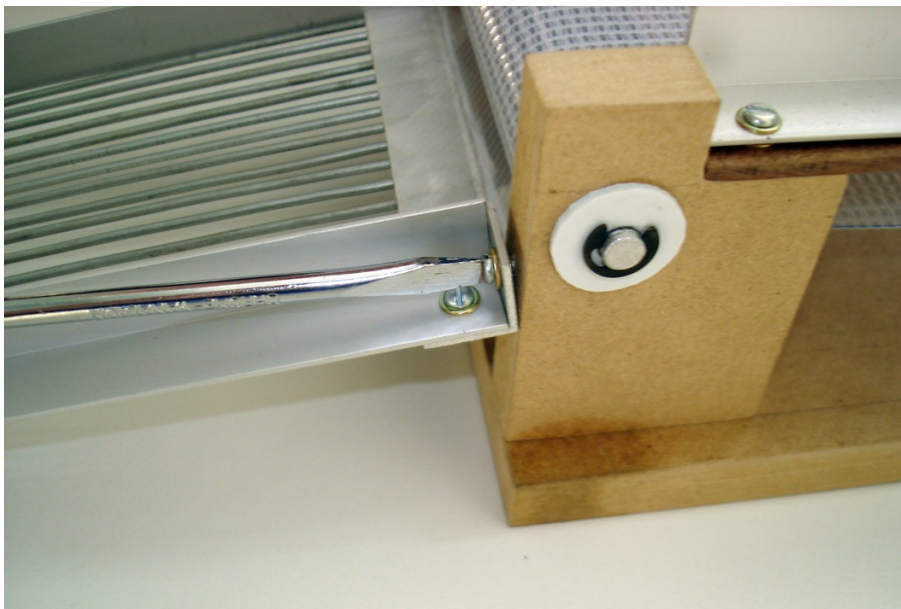
Para moldar estas peças, faça-o primeiramente com um papel, para definir seu tamanho ideal, para só então preparar o material a ser utilizado. Para a fixação dessa peças, utilizamos fita dupla-face.

Depois de pronto o afunilador, devemos então furá-lo e usar seus furos como referência para marcar as peças de sustentação da esteira. Devemos, então, retirar novamente estas peças para fazer os furos (ou utilizar a microrretífica). Mantenha uma certa distância entre o separador e seu afunilador, pois caso eles se toquem, a vibração do separador será reduzida. No exemplo, tentamos manter uma distância média de 1 cm entre o separador e seu afunilador.



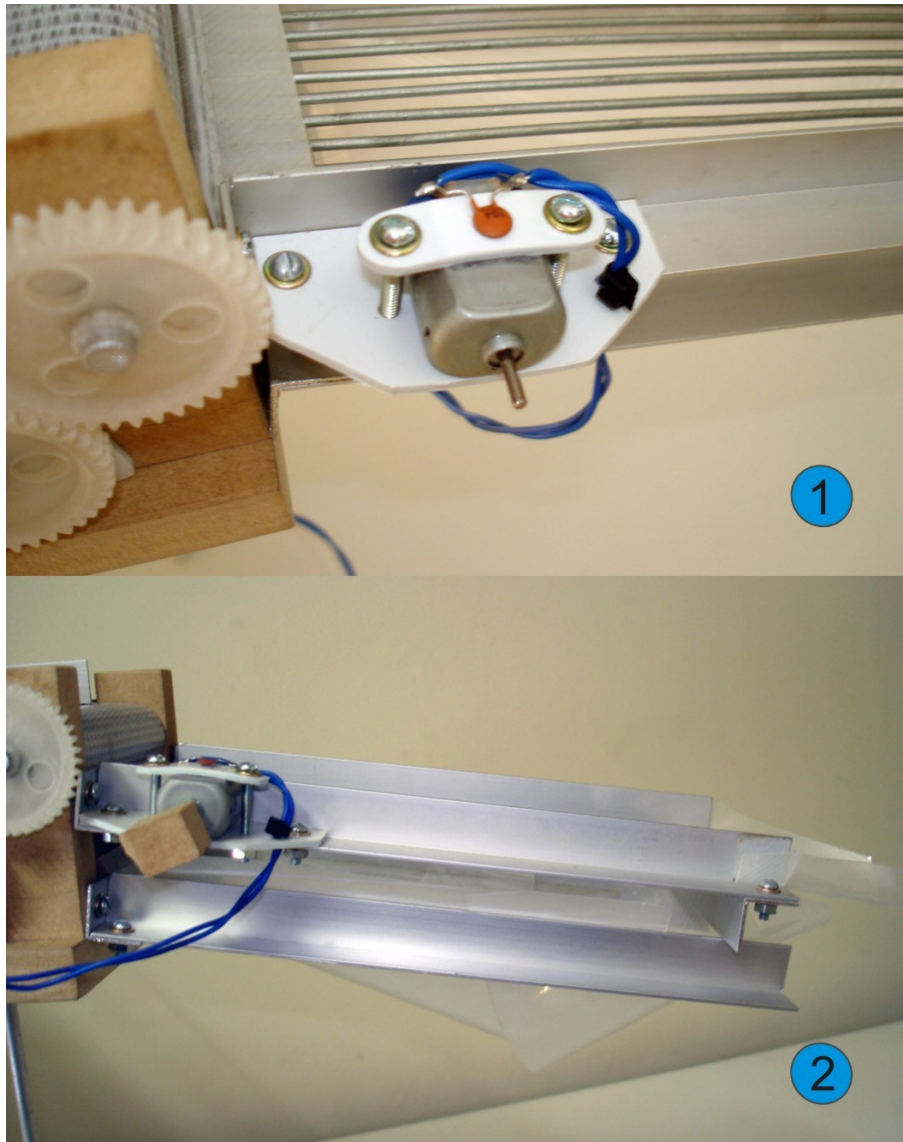
*Figura 31: Separador e afunilador para grãos pequenos presos às peças de sustentação da esteira.*

A inclinação do bloco do separador (separador e seu afunilador) é controlada através do aperto ou afrouxamento dos parafusos responsáveis pela sua fixação à esteira principal, e deve ser regulada quando a esteira estiver em funcionamento.



*Figura 32: A inclinação do separador pode ser controlada de acordo com o aperto dos parafusos que o prendem à esteira principal.*

Optamos por colocar o motor responsável pela vibração mais próximo à esteira para que as vibrações não sejam excessivas. Note na figura abaixo, que foi feita uma pequena plataforma de plástico PVC para podermos fixar o motor, já que a cantoneira, não fornece uma área suficiente para tal. O motor foi prensado à essa plataforma através de uma pequena tira de plástico, presa à plataforma com parafusos e porcas. Esse método é semelhante ao que adotamos para prender o motor do alimentador à sua estrutura.



**Figura 33:** Finalização do separador. 1-Motor responsável pela vibração. Observe que este foi colocado próximo à esteira e montado numa pequena plataforma feita com o plástico PVC. 2-Separador e afunilador de grãos pequenos prontos e presos à esteira.

Outro detalhe para finalizarmos o separador é, se necessário, colocar uma cobertura para evitar que os grãos sejam lançados para longe. A cobertura pode ser feita com o material usado para fazer a esteira ou o plástico utilizado nos afuniladores, e pode ser fixado nas cantoneiras laterais com fita dupla-face.

## 9 – Balanças

As balanças são o destino final dos grãos separados. Elas fazem a pesagem dos grãos que caem no pote de pesagem através de um sensor de peso. O sinal do sensor de peso é então enviado ao Kit que compara com o peso limite definido no programa de controle da esteira. Caso o valor enviado pelo sensor de peso atinja o valor definido, as esteiras param de se mover e é disponibilizado um pote para o recebimento de grãos. Os grãos são então despejados nesse pote e as esteiras voltam a transportar os grãos. O Kit reconhece que há um recipiente na posição exata para o recebimento de grãos através uma chave fim-de-curso, que possui uma haste longa, que é acionada quando o recipiente encosta nela. O movimento do prato giratório é então interrompido e a esteira recomeça a transportar os grãos. Quando os grãos são novamente despejados, o prato giratório se move, a chave é desligada e volta a ser acionada ao entrar em contato com outro recipiente.

Cada balança possui dois servo-motores, sendo que um deles destina-se ao movimento do prato giratório e o outro é responsável por despejar os grãos nos recipientes. É importante saber que o servo-motor destinado ao prato giratório deve ser modificado para rotação contínua, mas o que é destinado a despejar os grãos nos potes coletores de grãos não será modificado.

Durante a montagem, devemos levar em consideração a altura que terá nossa balança, pois quanto mais alta ela for, mais altas deverão ser as esteiras e, conseqüentemente, mais material terá que ser despendido para essa finalidade. Além disso, sua estética e, principalmente, seu equilíbrio podem ser prejudicados.

O primeiro passo para a montagem de nossa balança será a definição do tamanho de sua base. No exemplo mostrado nesse tutorial, as suas dimensões são 11 cm de largura e 24 cm de comprimento. Recomendamos trabalhar com alguma folga no comprimento da base, de modo que se alguma alteração for realizada, não cause a perda desta peça, que é o componente principal da estrutura de nossa balança. Em seguida, traçaremos uma linha central paralela ao comprimento da madeira. Essa linha será nossa referência para definirmos em que ponto serão posicionados o prato giratório e as engrenagens responsáveis pela transferência do movimento do servo-motor para o prato giratório.

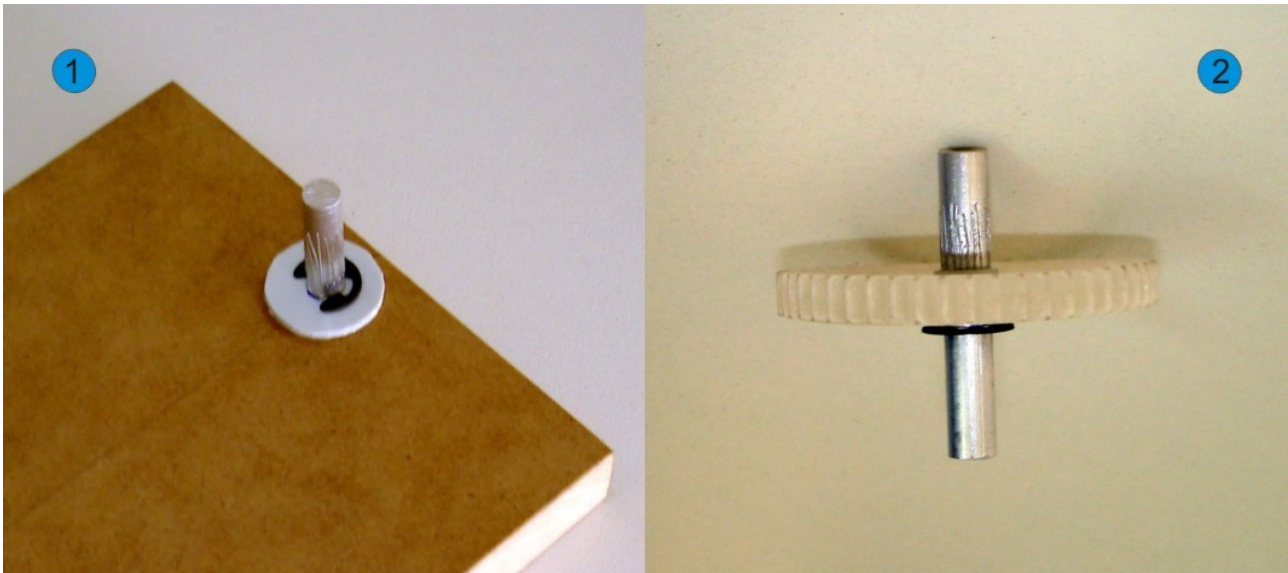
Com base na linha traçada, faremos um furo que servirá de apoio para o prato giratório dos potes de recolhimento de grãos. Este furo deverá ficar numa das extremidades da base e será feito primeiramente com broca de 1/8". Depois, utilizando o furo feito como referência e utilizando a broca chata para madeira (no caso 7/8"), faremos uma pequena reentrância na parte de baixo da base para colocar uma arruela de plástico, semelhante àquelas que já foram usadas anteriormente nos eixos das esteiras, que servirá como apoio para o pino do prato giratório. Esta reentrância deverá ser suficiente para comportar a arruela de plástico. Como o plástico que utilizamos foi o PVC de 2 mm de espessura, fizemos esta reentrância com 3 mm de profundidade. Logo após, aumentamos o furo com a broca de 8 mm, depois colamos a arruela de plástico no seu devido lugar com cola de secagem instantânea, lembrando-se de mantê-la centralizada ao máximo com o furo de 8 mm.



**Figura 34:** Perfurando a parte inferior da base da balança para a colocação do pino do prato giratório. 1-Primeiramente, o furo na base da balança deverá ser feito com a broca de 1/8". Então, deverá ser feita uma reentrância com a broca para madeira, com aproximadamente 3 mm de profundidade. 2-Conferindo a profundidade da reentrância, antes de colar a arruela de plástico. Observe que o furo central já foi alargado, com a broca de 8 mm.

Faremos, agora, outra arruela de plástico, agora para ser colada na parte de cima da base, porém esta será colada somente quando tivermos o eixo para o prato giratório. Essas arruelas têm a função de alinhar o eixo do prato giratório. Devemos então, preparar um pino, que será o eixo do prato giratório. Cortaremos um pedaço da barra de alumínio redonda de 1/4" de um tamanho que seja suficiente para ocupar o furo feito na base e ainda sobre um espaço suficiente para fixar uma engrenagem, duas arruelas de plástico, que servirão como espaçadoras, e o próprio prato giratório. No nosso caso, este pino foi cortado com 4 cm de comprimento. Ao lixá-lo para retirar as rebarbas do corte, tome cuidado para não arredondar as suas beiradas. Com o pino em mãos, ele será usado para auxiliar a colagem da outra arruela de plástico. Encaixamos o pino na arruela já colada na parte de baixo da base, colocamos a arruela a ser colada através dele e alinhamos esta segunda arruela com a ajuda do pino, para só então colá-la.

Em seguida, deve-se fazer um pequeno corte para a colocação de uma trava, num ponto logo acima da arruela de plástico da parte de cima da base. Devemos observar bem o local onde ela será colocada, para que o pino não fique para fora da base na parte de baixo. Para fazermos esta marcação, basta manter o pino encaixado nas arruelas de plástico e marcar o corte a ser feito rente à arruela. Para este corte, é recomendado seguir as regras sugeridas no tutorial do bloco padrão para servo-motor. O próximo passo consiste em colarmos uma engrenagem neste pino com cola de secagem instantânea, observando que primeiro devemos fazer ranhuras no alumínio para que a engrenagem não descole. Devemos estar atentos também para que a engrenagem fique colada de forma correta, sem que fique torta.



**Figura 35:** Preparação do pino para o prato giratório. 1-Pino do prato giratório pronto para que a engrenagem seja colada, observado pelo lado superior da base da balança. Observe que a trava e a arruela foram colocadas, além de terem sido feitas ranhuras no pino. 2-Engrenagem colada no pino. É importante estar atento para que ela esteja perfeitamente alinhada com o eixo..

Depois disso, devemos calcular quantas engrenagens utilizaremos, tendo como referência o tamanho da base e do prato giratório a ser utilizado. Para isso deve-se ter em mente o tamanho dos potes coletores a serem usados e a sua quantidade, para que possamos determinar em que distância o servo-motor responsável pelo giro do prato giratório deverá ficar. Devemos nos lembrar também de que deve haver um espaço para o servo-motor e para o bloco de pesagem de grãos. Poderemos então calcular quantas engrenagens serão necessárias, tendo em vista os tamanhos disponíveis. Observe que a forma em que essas engrenagens estarão dispostas produzirá o efeito de uma caixa de redução, diminuindo a velocidade mas aumentando o torque disponível (a redução que provocamos foi de aproximadamente 1:5).

É importante que as engrenagens estejam perfeitamente encaixadas umas com as outras, de modo que o movimento seja transferido corretamente. Não podem haver folgas entre elas, e muito menos devem estar em atrito. Essas engrenagens serão presas na base através de eixos. Mesmo não sendo eixos perfeitos, optamos por pregos para essa função, pela facilidade de se trabalhar com eles. Os furos a serem feitos nelas devem estar de acordo com o diâmetro do eixo escolhido (2 mm, no caso do exemplo). Estes furos devem estar perfeitamente centralizados, caso contrário podem comprometer por completo o movimento de rotação do prato.

Os pregos que utilizamos possuíam certas imperfeições que poderiam danificar as engrenagens. Eles possuíam pontas um pouco mais largas do que o resto do corpo, o que, ao inseri-los nas engrenagens, poderia vir a danificá-las. Além disso, possuíam inúmeras rebarbas, especialmente na região logo abaixo da cabeça, que é onde a engrenagem giraria. Essas rebarbas poderiam prejudicar o movimento das engrenagens. Resolvemos esses dois problemas utilizando a microrretífica, com o acessório de lixa.

Para que as engrenagens não tivessem contato com a base da balança, utilizamos arruelas para parafusos de 1/8", já utilizadas anteriormente. A quantidade varia de acordo com cada engrenagem. Também foi colocada uma arruela em cima de cada engrenagem, em contato com a cabeça do prego.

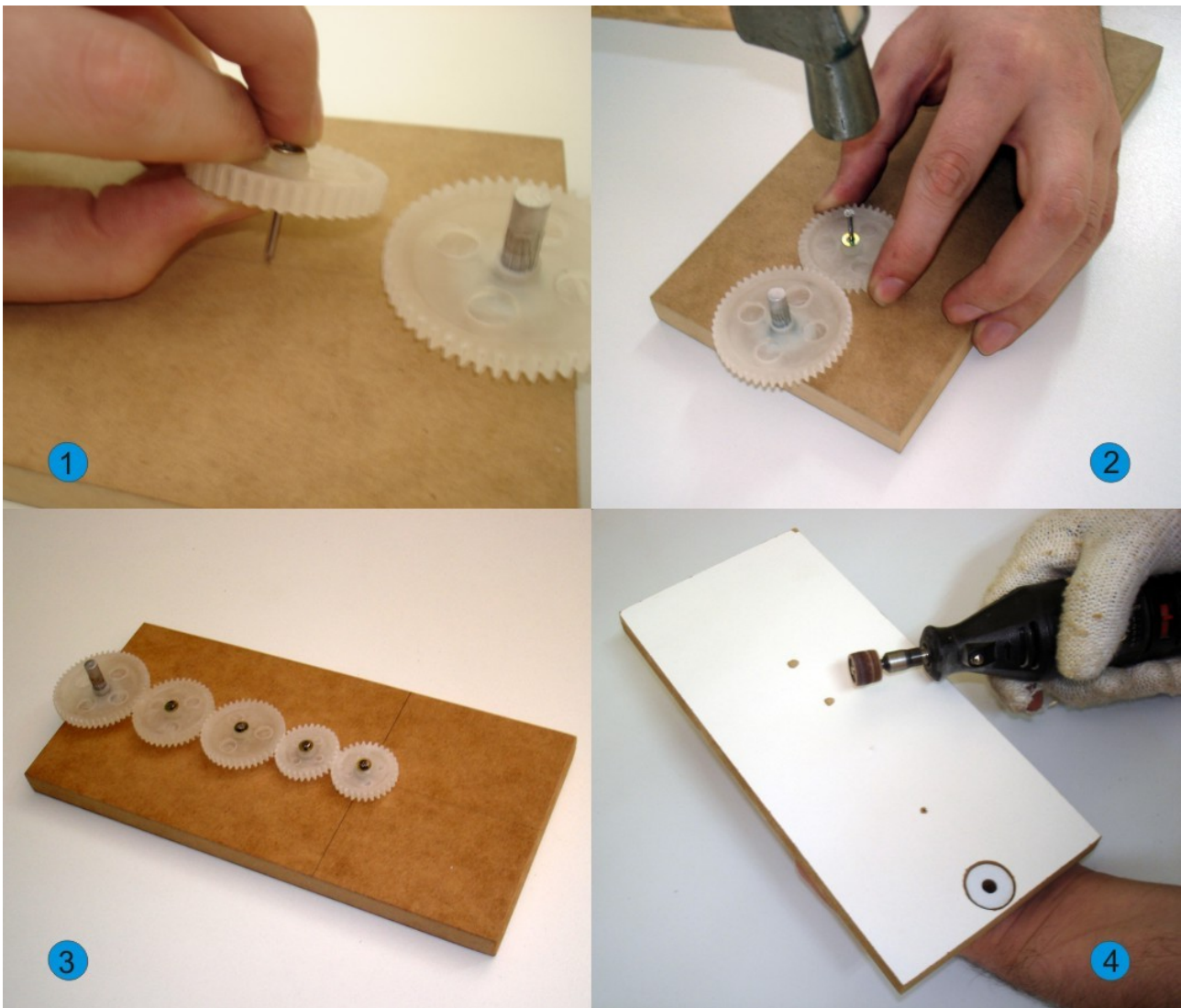


*Figura 36: Adequando os pregos com a microrretífica, com o acessório de lixa, para que não danifiquem as engrenagens.*

Para definirmos a distância entre cada engrenagem, podemos pegá-las e posicioná-las com seu eixo na linha central da base da balança, encostando-as nas outras engrenagens e girando até achar um ponto onde não exista muita folga e que não haja atrito. Com o martelo, damos uma batida bem de leve, apenas o suficiente para marcar a madeira. Então furamos a madeira com uma broca um pouco menor do que o eixo utilizado (1,5 mm no nosso caso).

Agora podemos fixar a engrenagem, não esquecendo das arruelas espaçadoras. Como utilizamos pregos como eixo, deve-se tomar cuidado na hora de martelá-los, pois podemos causar o travamento das engrenagens, ou até quebrá-las. Elas devem estar fixas, porém devem ter uma certa folga para poderem girar livremente. Esse processo deve ser repetido para cada engrenagem, uma a uma.

Caso os eixos ultrapassem a parte inferior da base, como foi o nosso caso, a superfície sobre a qual a balança estiver apoiada, como uma bancada de trabalho ou uma mesa, pode ser danificada. Esse problema foi resolvido com a microrretífica, utilizando o acessório de lixa.



**Figura 37:** Acrescentado engrenagens de transferência de movimento à base da balança. 1-Alinhando e centralizando a engrenagem para marcação. 2-As marcações para a perfuração foram feitas martelando levemente o prego. 3-Base com todas as engrenagens colocadas. 4-É importante gastar as pontas dos pregos na face inferior da base, para evitar danos às mesas e bancadas.

É interessante notar que a transferência de movimento para o prato giratório poderia ser feita através de correias e polias ou até mesmo com uma ligação direta ao eixo do motor. Optamos por utilizar engrenagens pela facilidade em obtê-las, através de moldes em acrílico.

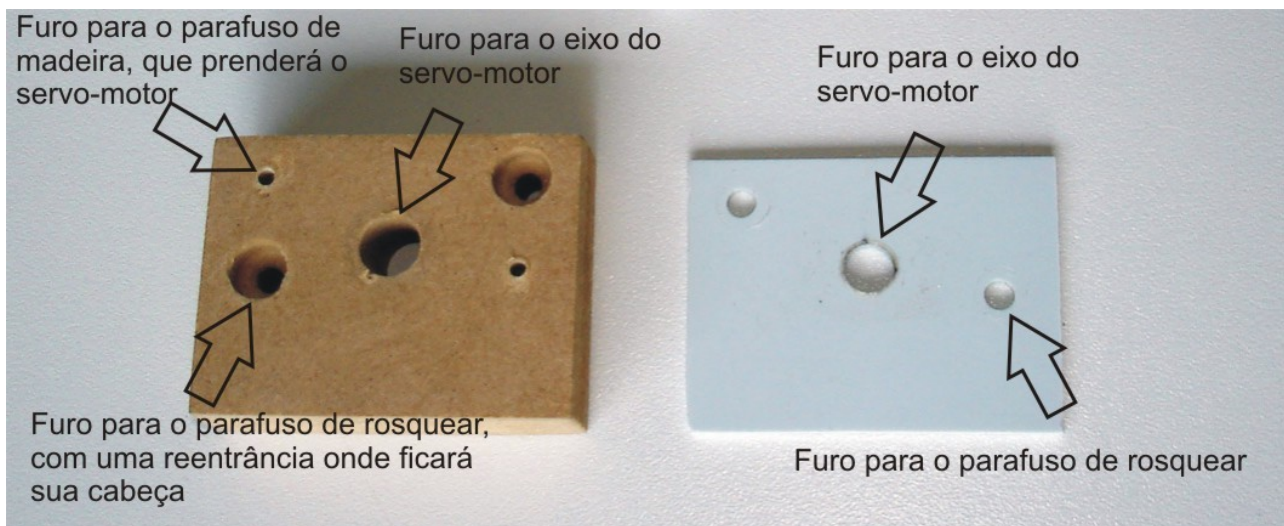
O próximo passo será a montagem do bloco do servo-motor para a movimentação do prato giratório. Esse bloco é um pouco diferente do bloco padrão, pois há algumas pequenas adaptações que facilitarão a sua retirada caso ele venha a ter que ser substituído. O primeiro passo consiste em fazermos as marcações na madeira e no plástico utilizando a peça de plástico padrão. Depois, devemos fazer os furos da seguinte forma: numa das diagonais marcadas para furação na madeira ficarão os parafusos que prenderão o bloco na base da balança. Foram utilizados dois parafusos de 1/8", com comprimento de 3,7 cm, e respectivas porcas e arruelas. Os furos para este parafuso foram feitos com broca de 4 mm. O comprimento desse parafuso é importante, pois ele deverá atravessar as madeiras do bloco do servo-motor e da base da balança, havendo ainda um espaço para que possamos manter o bloco ligeiramente acima da base. Além disso, ele não deverá ser grande de modo a atravessar a superfície inferior da base da balança, o que poderia trazer problemas

ao colocá-la sobre uma mesa ou bancada.

Como as cabeças desses parafusos estarão no lado do bloco onde será preso o servo-motor, elas deverão ser colocadas de modo que não impeçam a colocação deste. As cabeças devem ficar embutidas na madeira e por isso devemos fazer uma reentrância na madeira com uma broca maior. A profundidade e a largura dessa reentrância deverão ser definidas de acordo com as dimensões da cabeça do parafuso e de sua arruela. Em nossa montagem, a profundidade da reentrância é de 3 mm (a cabeça do parafuso mais a arruela medem 2,7 mm) o furo foi feito com a broca e 8 mm (pois o diâmetro da cabeça e da arruela é de 7 mm).

Na outra diagonal, estarão os parafusos que prenderão o servo-motor no bloco de madeira. Serão utilizados parafusos para madeira, de comprimento pouco menor que a largura do bloco de madeira onde ele será preso mais a aba plástica do motor, para que a ponta do parafuso não esteja aparente no outro lado do bloco. Utilizamos neste caso parafusos de 2,9 mm de diâmetro, os mesmos já utilizados na esteira para prender as cantoneiras que impedem que os grãos caiam para fora da mesma. Portanto o furo na madeira deverá ser feito com broca de 2,5 mm.

Devemos fazer também os furos na peça de plástico, que ficará presa no bloco de madeira através de uma arruela e uma porca colocada em cada um dos parafusos responsáveis por prender o bloco na base da balança.



**Figura 38:** Instruções para a furação do bloco do servo-motor. O bloco de madeira é mostrado pelo lado onde será fixado o servo-motor enquanto que a peça de plástico é mostrada pelo lado que ficará à mostra.

O próximo passo consiste na criação de um pino-eixo para o servo-motor. Seu tamanho deve ser definido de acordo com o espaço disponível. Como desejamos que o bloco tenha a menor altura possível, utilizamos o tamanho mínimo mencionado no tutorial sobre bloco padrão para servo motor. Este pino tem uma pequena diferença do modelo padrão: como a engrenagem utilizada é muito pequena para ser perfurada e encaixada no pino-eixo, iremos utilizar um pequeno parafuso para fixá-la. Primeiramente, devemos fazer um furo na engrenagem para o encaixe de um parafuso, da mesma dimensão do parafuso a ser usado (no caso 1/8”), com os cuidados necessários para que ele não saia torto. Por motivos de segurança recomendamos que, ao perfurá-la, não se segure a engrenagem diretamente com a mão. Sugerimos o uso de um alicate, por exemplo.

Depois, devemos fazer um furo no centro do pino-eixo, com tamanho suficiente para o encaixe do parafuso (este furo também foi de 1/8” em nossa montagem). O parafuso neste caso não

precisa entrar rosqueando, pois ele será colado ao pino-eixo. Esse procedimento é um pouco mais complicado, pois precisamos de um suporte para o pino-eixo. Utilizamos um pedaço de madeira qualquer. Foi feito um furo para o encaixe do pino-eixo, servindo assim de base para que possamos segurá-lo com segurança. Basta então furá-lo. É importante tomar cuidado para que o furo não seja torto nem muito profundo. Para retirar o pino-eixo, utilize um martelo, batendo no suporte até que a madeira se abra, tomando cuidado para não acertar o pino-eixo.

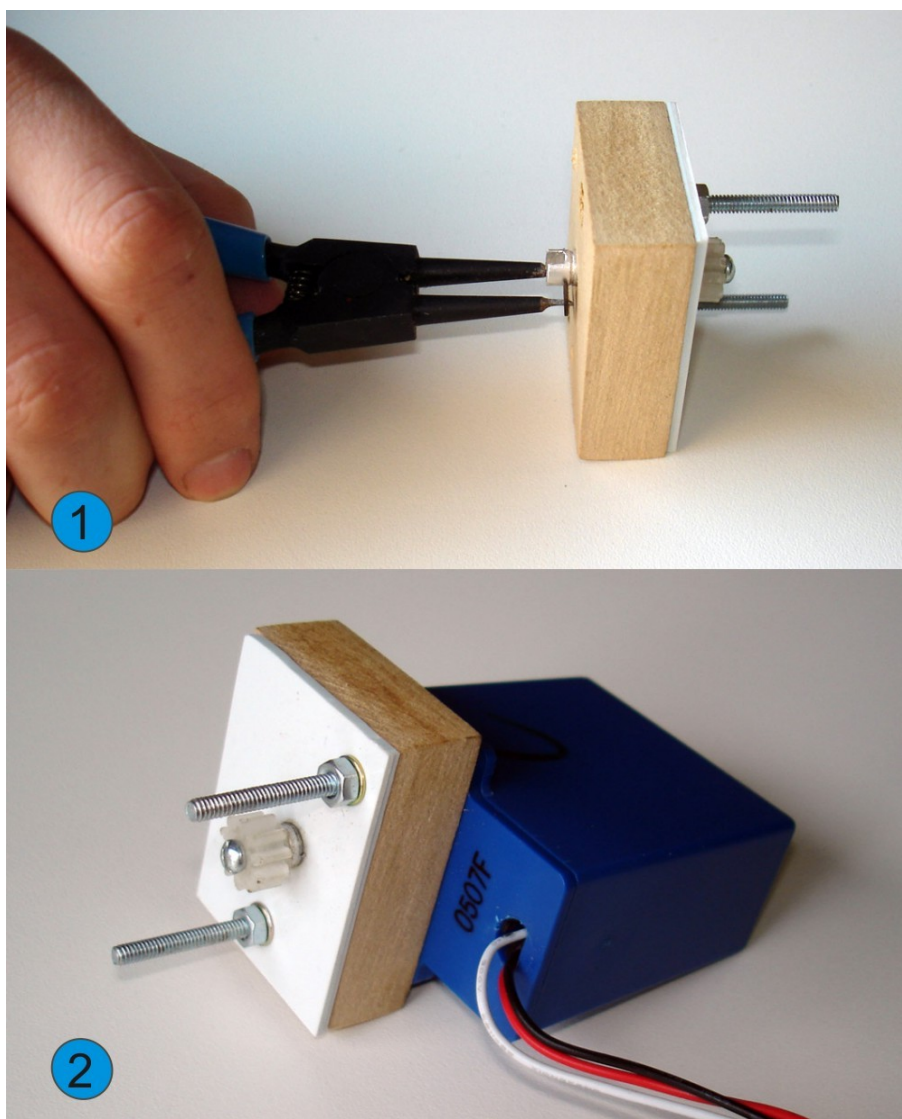
Com o furo pronto, parte-se para o processo convencional adotado para a criação de um pino para o motor, como o corte para o encaixe no servo-motor e o vinco para a colocação da trava. Com o pino pronto para ser encaixado no servo-motor, colamos o parafuso à engrenagem e o parafuso ao pino, ambos com a cola de secagem instantânea.



**Figura 39:** Criação do pino-eixo do servo-motor do prato giratório. 1-Pequeno bloco de madeira para o encaixe do pino-eixo. Ele deve se manter firmemente preso à esse bloco. 2-Marcação no pino-eixo do furo para o encaixe do parafuso. 3-Pino-eixo sendo perfurado com a broca de 1/8". É importante que o furo não seja torto nem muito profundo. 4-Pino-eixo já perfurado. 5-Para retirar o pino-eixo do bloco de madeira, deve-se martelar esse bloco até que ele se abra. 6-O parafuso com a engrenagem pode então ser colado ao furo do pino-eixo com a cola de secagem instantânea.

Por fim basta colocar o eixo do servo-motor com a engrenagem colada no bloco já devidamente parafusado e inserir sua trava. É interessante também lubrificar o eixo, na região que

ficará apoiada no plástico do bloco do servo-motor, preferencialmente com graxa.



**Figura 40:** Concluindo o bloco do servo-motor do prato giratório. 1-Encaixando a trava do eixo, antes de colocá-lo no servo-motor. 2-Bloco do servo-motor concluído.

O próximo passo será fixar o bloco do servo-motor na base da balança. Devemos ajustá-lo corretamente para que ele fique em contato direto com a última engrenagem do prato giratório. Optamos por colocá-lo na lateral da última engrenagem, para economizarmos espaço na base da balança.

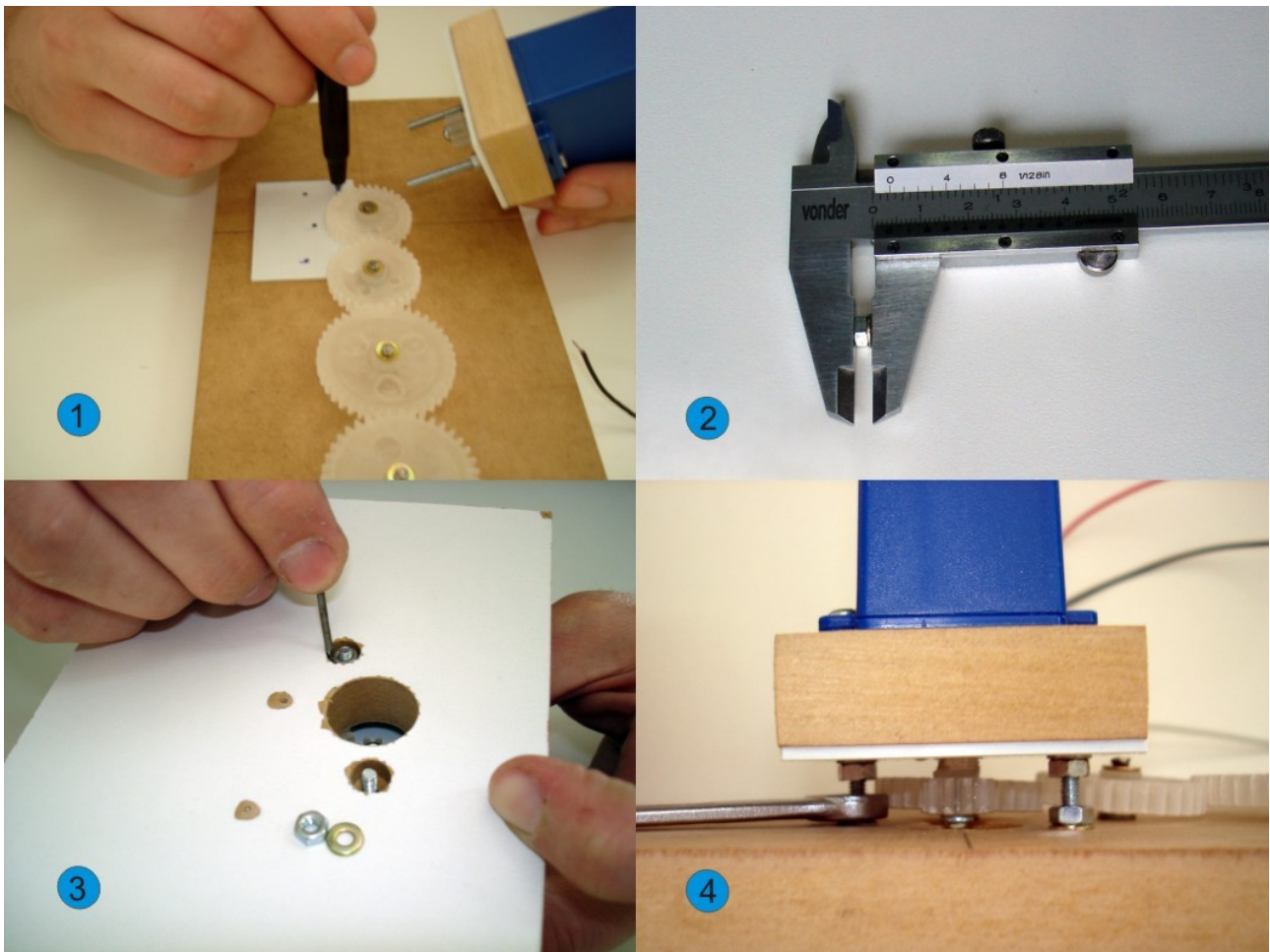
Utilizando a peça de plástico padrão, faremos a marcação dos furos a serem feitos na base, para o encaixe dos parafusos que prenderão o bloco do servo-motor. Serão feitos três furos: dois dos parafusos responsáveis por prender o bloco do servo-motor à base, e um furo que ficará na reta do eixo do servo-motor. Todos esses furos foram inicialmente feitos com broca de 5 mm. O furo posicionado logo em frente do eixo deverá ser aumentado (no exemplo utilizamos uma broca de madeira de 3/4”), para que possamos verificar o alinhamento da engrenagem do eixo com a engrenagem da base da balança. Já os furos usados para fixar o servo-motor devem possuir, no lado

inferior da base, uma reentrância na madeira, semelhante à que foi feita no bloco do servo-motor. Essa reentrância possibilitará que fixemos os parafusos do bloco através de porcas e arruelas, e suas dimensões devem ser estabelecidas de acordo com o tamanho dessas peças. Em nossa montagem, a sua profundidade é de 4 mm (dimensões da porca e arruela, mais uma pequena folga) e o furo foi feito com a broca de 8 mm.

Para podemos encaixar o bloco do servo-motor à base da balança, é necessário antes colocar mais uma porca e uma arruela em cada parafuso, como pode ser observado na imagem número 4 da figura a seguir. Através destas porcas é que controlaremos a altura em que o bloco do servo-motor ficará em relação a base. Isso é feito de acordo com o alinhamento da engrenagem do eixo do servo-motor com a engrenagem fixa na base da balança. Olhando por baixo da base podemos observar, através do furo feito com a broca chata, o encontro da engrenagem do servo-motor com a engrenagem fixa à base, podendo então alinhar os dentes das engrenagens. Por essa razão, o furo por onde passa o parafuso pela base foi feito com a broca de 5 mm, dando folga suficiente para que possamos deslocar o bloco do servo-motor e alinhar as engrenagens.

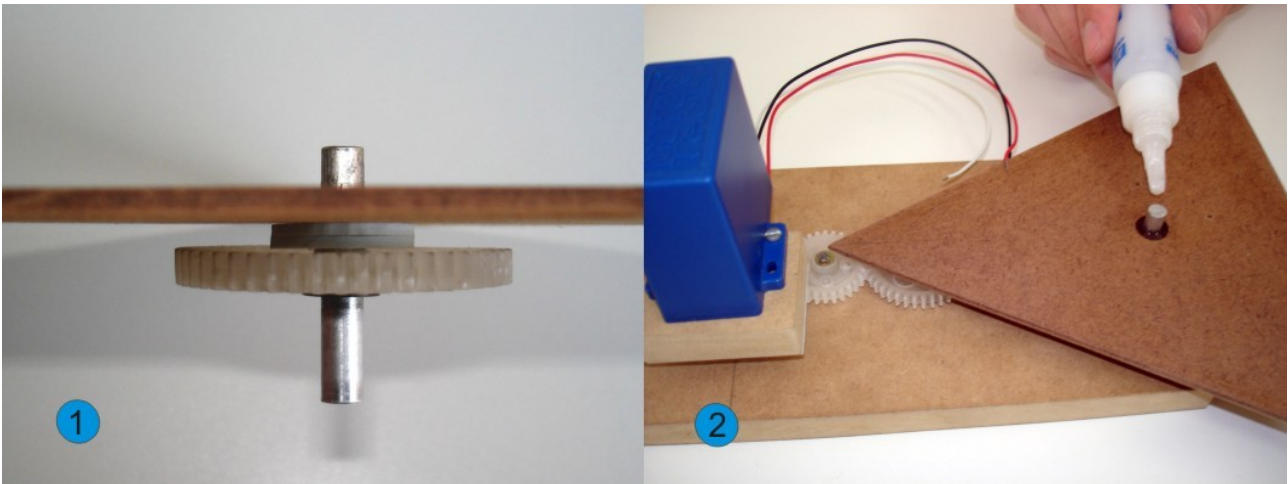
Para fixar o bloco do servo-motor à base da balança deve-se primeiro adicionar uma arruela e uma porca a cada parafuso. Utilize um prego ou alguma outra peça semelhante para ajudar a rosquear a porca até o final. O aperto final do bloco é feito através da porca encontrada do lado de cima da base, que fica encostada na base. Para apertar essa porca, deve-se utilizar uma chave apropriada.

Sempre que possível, faça essa fixação do bloco do servo-motor à base com ele ligado ao Kit e girando, para que seja possível verificar se ele vai estar em atrito ou espaçado em relação à engrenagem presa à base da balança.



**Figura 41:** Fixação do bloco do servo-motor na base da esteira. 1-Peça de plástico padrão sendo utilizada para marcar os furos a serem feitos. 2-Medindo as dimensões da porca e arruela para definir a profundidade da reentrância a ser feita na parte inferior da base. 3-Parafusos de rosquear sendo presos através de porcas nas reentrâncias na parte inferior da base. 4-O ajuste final da altura do bloco deve ser feita através das porcas colocadas na parte superior da base, e pode ser feita através de uma chave de boca.

Em seguida, faremos o prato giratório, onde estarão presos os coletores de grãos. O material que utilizamos foi o madeirite e ele pode ser construído de qualquer formato, desde que comporte os coletores de grãos a serem utilizados. Esse prato deverá ter um furo em seu centro para que possamos colá-lo no pino com a engrenagem, usando cola de secagem instantânea. O furo deve ter diâmetro aproximadamente igual ao do pino. Ao colar o prato no pino, deve-se antes fazer pequenas ranhuras no pino, para assegurar a colagem, assim como é feito para a colagem das engrenagens. Note também que o prato não poderá ficar encostado na engrenagem do pino, pois senão ele pode atritar com os eixos das engrenagens da base. Recomendamos que sejam colocadas algumas arruelas de plástico para servirem de espaçadoras. Poderemos então colar o prato com maior tranquilidade, sempre tentando mantê-lo o mais plano possível. É importante certificar-se de que o pino está bem colado no prato giratório, pois ele deverá aguentar o peso dos grãos sem descolar.



**Figura 42:** Criação do prato giratório. 1-Visão do pino do prato giratório, com a engrenagem e duas arruelas de plástico. 2-O prato giratório deverá estar bem fixado ao pino, para que o peso dos grãos não o descole.

Utilizando as próprias tampas dos potes a serem utilizados como coletores, construiremos suportes para os potes do prato giratório para que eles não sejam deslocados. A posição destes suportes deve ser adequada para que os potes possam acionar convenientemente o sensor de posição. Estes suportes poderão ser colados no prato giratório por meio de fita dupla-face e devem estar bem alinhados com o pino do prato. Utilize o paquímetro para uma maior precisão nessa medida. Sempre meça a partir do pino, pois ele é nossa referência do giro; nunca meça a partir das laterais do prato, pois até o menor desalinhamento pode comprometer o funcionamento desta etapa. É muito importante que os potes estejam bem presos a esses suportes, para que acionem corretamente o sensor de posição sem serem deslocados, mas eles também devem estar de tal modo que seja possível retirá-los. Caso seja necessário, use uma fita dupla face para colá-los.

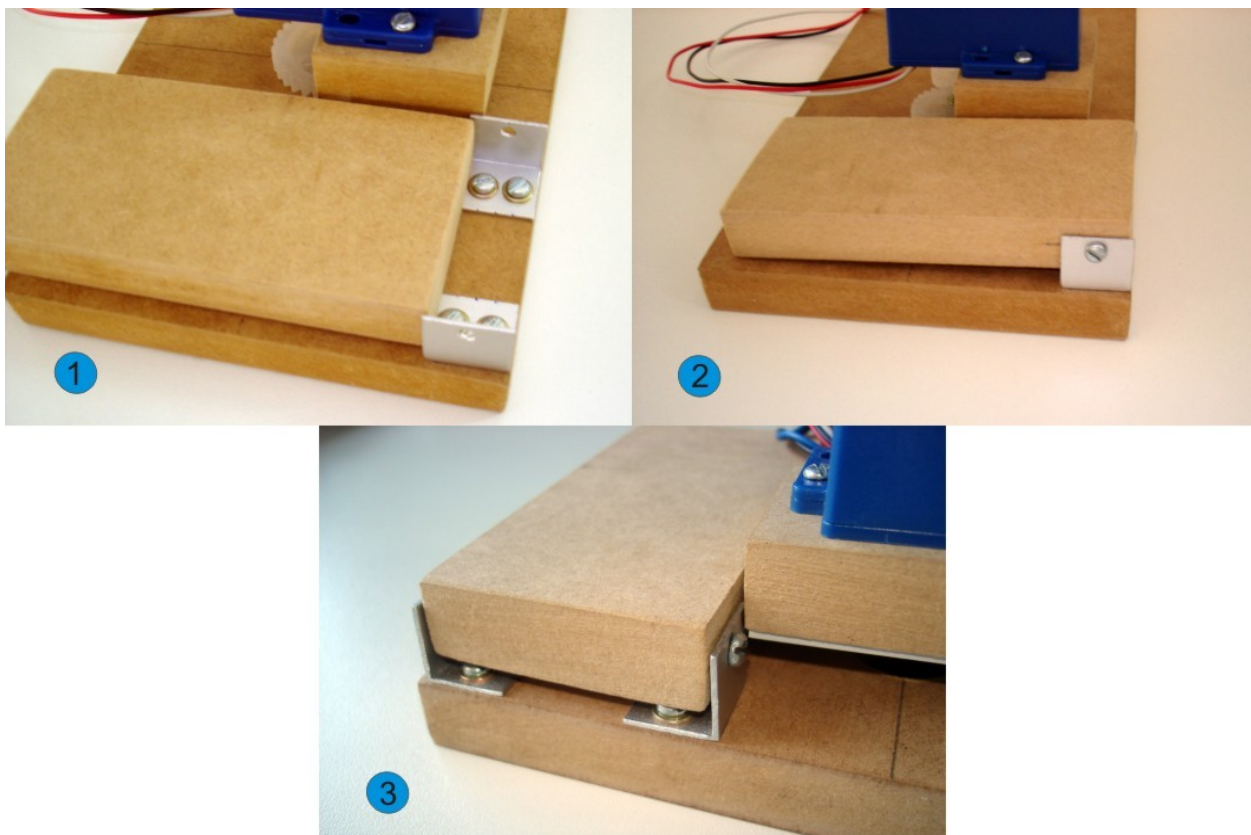


**Figura 43:** Verificando o posicionamento dos suportes do prato giratório.

O próximo passo consiste em montar o bloco responsável pelo recebimento dos grãos das esteiras, pesagem e despejo nos recipientes do prato giratório, ou seja, a balança propriamente dita. Esse bloco consiste principalmente de um pote de recolhimento de grãos, preso num eixo de alumínio; um servo-motor, que deslocará o pote através de um conjunto de duas engrenagens; e um sensor de peso, que monitora a quantidade de grãos recolhida. O pote deverá estar de frente ao prato giratório.

Primeiramente, cortamos um pedaço retangular de madeira MDF com um comprimento um pouco menor que a largura da base da balança (cortamos com 10 cm) e em seguida cortamos duas partes de cantoneiras de alumínio 5/8", com 1,5 cm de comprimento, que serão os suportes para a movimentação desse bloco. Devemos então fazer dois furos em cada pedaço de cantoneira para fixá-los à base da balança, de modo simétrico. Em seguida, faremos outro furo para parafusar o pedaço de madeira à estas peças. Este furo deve ficar bem próximo à parte superior da cantoneira para que possa haver a movimentação do bloco e foi feito com broca 3 mm. Faremos então a marcação dos furos a serem feitos nas faces laterais da madeira, utilizando o meio da espessura da madeira como referência (0,75 cm), para evitarmos que a madeira rache ao ser furada. A profundidade desses furos irá variar de acordo com os parafusos utilizados, não sendo necessário que o mesmo exceda 1 cm. Assim como os furos que serão feitos para a fixação das cantoneiras à base, estes furos também serão feitos com 2,5 mm, levando-se em consideração a utilização de parafusos com 2,9 mm de diâmetro, podendo ter suas medidas alteradas de acordo com a disposição dos materiais ou outras necessidades.

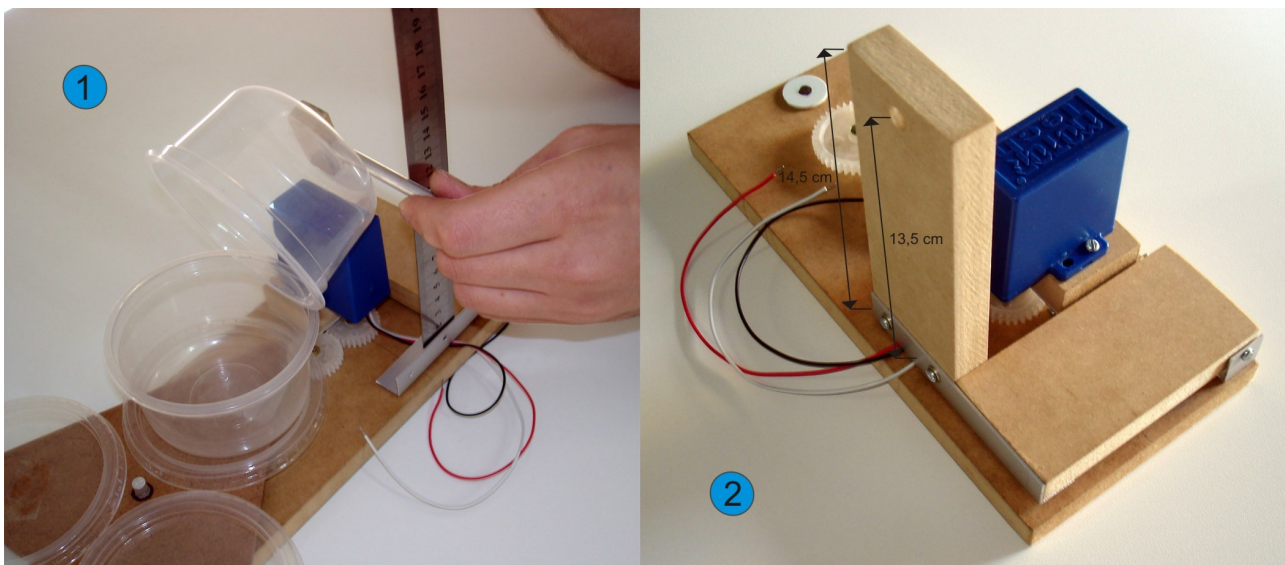
O aperto dos parafusos desse bloco de madeira é feito da seguinte forma: parafusa-se eles com o auxílio de uma chave de fenda, sem apertá-los até o fim, deixando uma pequena folga para que a peça possa ser movimentada. O parafuso funcionará como uma espécie de eixo, tendo como base a cantoneira, que permitirá o movimento do bloco de pesagem dos grãos.



**Figura 44:** Criação do bloco para o recipiente de pesagem. 1-Cantoneiras de alumínio fixadas à base da balança. 2 e 3-Bloco de madeira já fixado às cantoneiras. Esse bloco deverá ser móvel, de modo que seja possível levantá-lo.

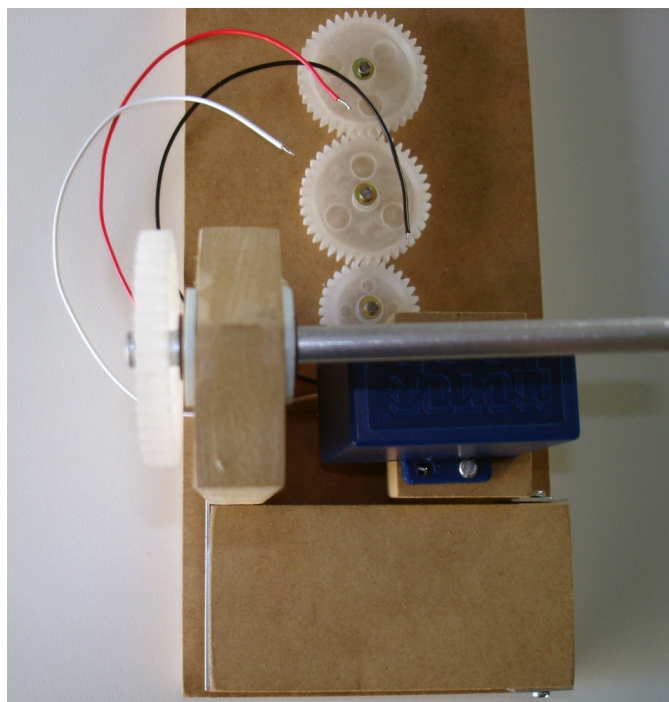
Em seguida, cortaremos outra peça de madeira para a sustentação do pote de pesagem, que recebe os grãos das esteiras. Esse pote estará fixo à peça de madeira através de um eixo. Esse eixo será deslocado por um servo-motor, com a finalidade de despejar os grãos nos potes coletores do prato giratório. Fixaremos esta peça junto àquela que se movimenta por meio de uma cantoneira, bastando furá-las e parafusá-las. Essa peça deve ter sua altura calculada de acordo com a altura em que o pote possa despejar adequadamente seus grãos nos potes coletores. Para isso, iremos utilizar o pote de pesagem (um pote igual aos demais), com um eixo cortado aleatoriamente, e uma régua para podermos ajustar a altura adequada para este pote.

Devemos apoiar o eixo deste pote na régua e fazer o movimento de despejar os grãos nos potes coletores, observando a melhor posição para o eixo. A altura ideal que encontramos para o eixo foi de 13,5 cm, cortamos a peça então com 14,5 cm.



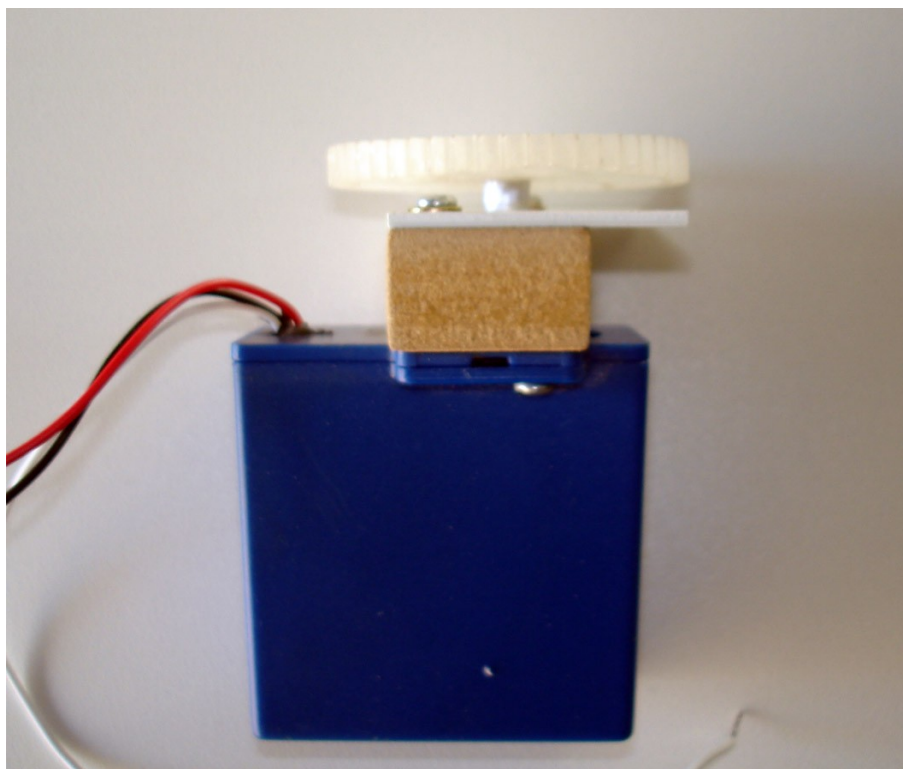
**Figura 45:** Bloco de suporte do eixo do pote de pesagem. 1-Conferindo a altura ideal para o pote de pesagem. 2-Bloco pronto, com o furo de 8mm para o eixo.

Ao obter essa medida, podemos fazer o furo nesta madeira para encaixar o eixo do pote, utilizando a broca de 8 mm. Para a confecção do eixo, utilizaremos os mesmos procedimentos dos eixos presentes nas esteiras. O eixo foi feito com a barra de alumínio de 1/4", e seu comprimento dependerá de onde o pote de pesagem será fixado. Numa das extremidades, colaremos uma engrenagem, que será explicada a seguir. Prepararemos então duas arruelas de plástico iguais às utilizadas anteriormente, que sustentarão o eixo. Cole primeiramente uma arruela, passe o eixo por ela, coloque a outra arruela, e utilize o eixo para assegurar que, ao colar a segunda arruela, ele esteja alinhado. Agora colocaremos as travas no eixo, para que ele não seja deslocado horizontalmente. Basta colocar o eixo no seu lugar e verificar a posição ideal para a colocação das travas.



**Figura 46:** *Visão superior do eixo do pote de pesagem, com as travas, arruelas e a engrenagem colocadas.*

O próximo passo é a confecção de um bloco de servo-motor que deslocará o eixo, despejando os grãos nos potes coletores, lembrando que esse servo não será modificado para rotação contínua. Esse bloco tem uma madeira para sustentação mais estreita do que aqueles utilizados para os outros servo-motores, para que possamos ajustar a engrenagem deste servo-motor com a engrenagem do eixo. Para isto, levando-se em consideração um bloco padrão, basta cortar uma parte da madeira como pode ser observado na figura abaixo. Para fixá-lo ao bloco onde se localiza o eixo, utilizaremos um pedaço de cantoneira com tamanho igual à largura da madeira dos blocos, fixando-os com parafusos para madeira. Esta cantoneira possui dois furos, que foram feitos com broca de 5 mm, que justamente por serem mais largos que o parafuso utilizado, possibilitarão o ajuste do encaixe entre as engrenagens. Os parafusos utilizados foram de 2,9 mm, com aproximadamente 1 cm de comprimento.

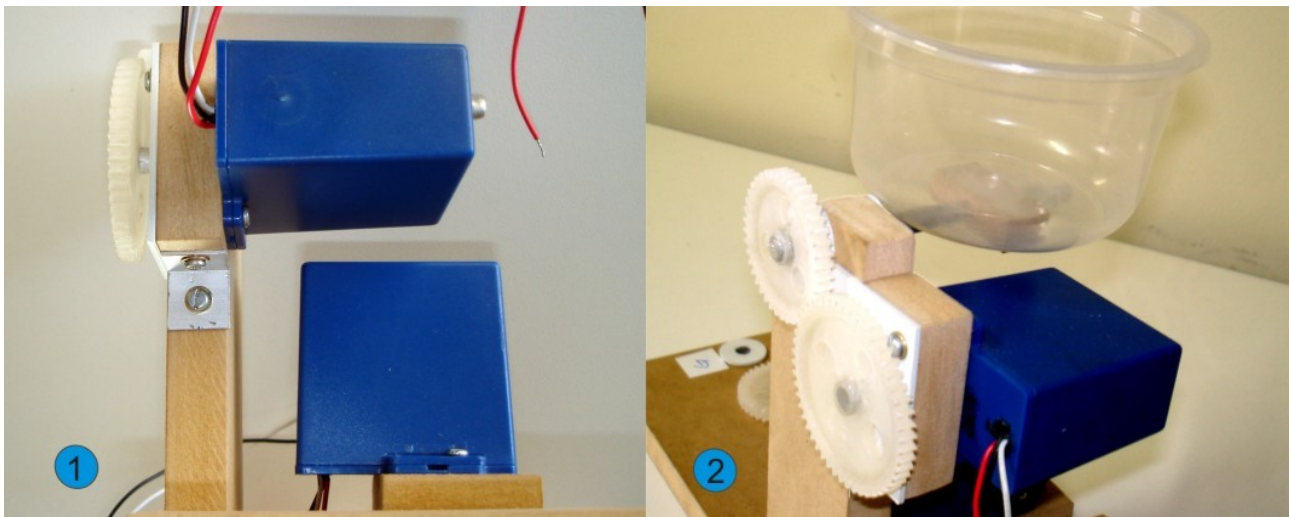


*Figura 47: Visão superior do bloco de servo-motor destinado a movimentar o pote de pesagem de grãos. Observe que ele foi construído de modo a ser preso à estrutura que suporta o pote através do plástico PVC saliente.*

As engrenagens foram dimensionadas da seguinte forma: a engrenagem que será conectada ao eixo do servo-motor, possui 50 dentes, enquanto a que irá no eixo para o pote de pesagem, possui 40 dentes. De acordo com essa relação, ocorrerá um aumento na velocidade do servo-motor, o que pode ser visto em maiores detalhes no livro Mecatrônica e Robótica, pg 229. Por se tratar de um servo-motor não adaptado, ocorrerá que além de aumentarmos sua velocidade, aumentaremos também o ângulo de rotação, que dos 90° originais passaram para 108°, ou seja um acréscimo de 20%. Isso faz-se necessário, pois 90° não é um ângulo suficiente para que o pote da balança despeje todo seu conteúdo nos potes coletores do prato giratório.

Para fixar o pote de recolhimento de grãos no eixo, utilizaremos um pequeno bloco de madeira que será preso no eixo, e sobre este, colaremos o pote. Faremos um furo nesse bloco com a broca de 1/4" e o colaremos no eixo com a cola de secagem instantânea, fazendo ranhuras antes, para que a colagem seja mais eficiente. Tente centralizá-lo em relação a base da balança, de modo que o pote despeje seus grãos diretamente nos potes coletores do prato giratório.

Para posicionar o pote de modo que os grãos caiam corretamente nos potes coletores, ligue o servo-motor à respectiva porta do Kit e utilize o programa exemplo para movimentar o servo-motor e verificar o ângulo ideal para que seja colada a peça de madeira.



**Figura 48:** Bloco do servo-motor e pote de pesagem. 1-O bloco do servo-motor é preso através de uma cantoneira. 2-Conjunto de bloco do servo-motor e pote de pesagem completo.

Devemos colocar uma chave fim-de-curso que servirá como sensor de posição dos potes de recolhimento de grãos do prato giratório. Esta chave foi fixada na estrutura da balança por meio de uma cantoneira. Esta cantoneira será fixada com fita dupla-face à madeira do servo-motor e nela fixaremos a chave, também com fita dupla-face. É possível ao invés de utilizar fita dupla-face, parafusar a cantoneira ou colar a chave. Ela deve ser posicionada para que os potes possam tocar nela quando forem deslocados até a frente da balança. Ao ser acionada, o Kit é informado de que há um pote pronto para receber grãos e então o pote da balança despejará os grãos contidos nele. Porém, lembre-se de que apenas os potes podem tocá-la e deve-se evitar que o prato giratório ou o suporte do pote acionem a chave pois assim, mesmo quando não houver nenhum pote, a balança despejará seu conteúdo.

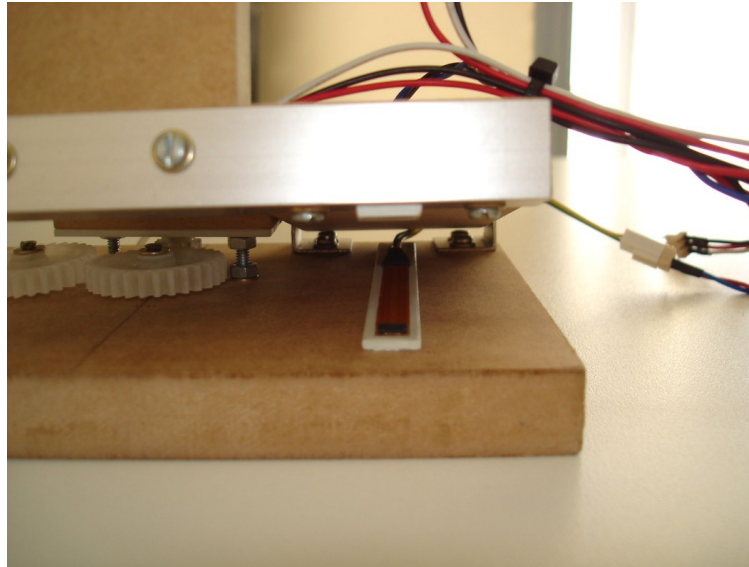


**Figura 49:** Chave de fim-de-curso. 1-Visão da posição a qual a chave foi colocada. 2-Verificando o seu funcionamento. O pote coletor de grãos deverá acioná-la quando o prato giratório se movimentar.

Em seguida, colocaremos um sensor de peso para que o Kit possa verificar a presença de grãos na balança. Este sensor será fixado numa tira de PVC com fita dupla-face, e colocado sob a

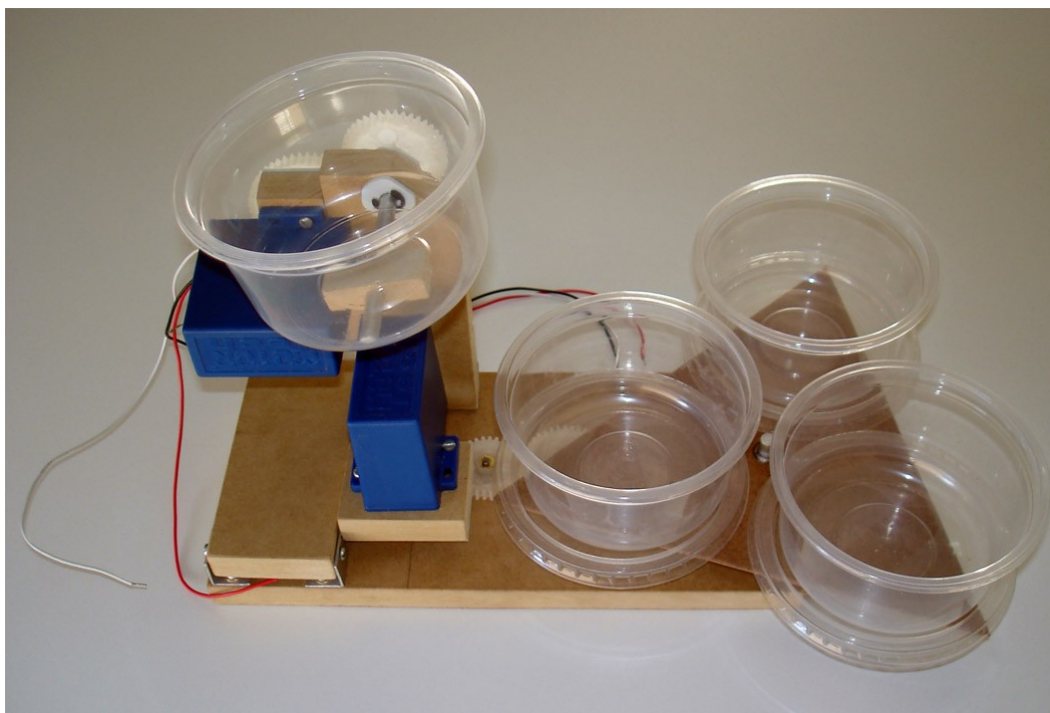
peça de madeira móvel sobre a qual está o pote de recolhimento de grãos. Também devemos colocar um pequeno pedaço de PVC colado na cantoneira onde esta tocará o sensor de peso para que este possa ser acionado corretamente. É muito importante que o sensor fique voltado para o lado mais extremo da abertura do bloco da balança, diretamente embaixo da cantoneira que liga os dois blocos de madeira, de modo que o peso total do bloco se concentre sobre o sensor e sua leitura seja mais precisa.

É recomendável também que a abertura, tanto do ponto onde colocamos o sensor quanto do ponto onde o bloco da balança está preso, mantenham a mesma altura em relação à base da balança. Para isso podemos sugerir que sejam colados dois ou mais pedaços, de acordo com a necessidade.



**Figura 50:** Sensor de peso colocado a peça de madeira móvel. Observe que ele foi posicionado voltado para a abertura maior do bloco da balança, de modo que todo o peso se concentre sobre ele. Além disso, foi colado um pequeno pedaço de plástico na cantoneira, logo na região que entra em contato com o sensor quando o bloco estiver abaixado.

Após cumprir todos esses passos, finalizamos a construção da balança. Agora basta repetir estes processos mais uma vez, para que tenhamos duas balanças completas.



*Figura 51: Balança completa.*

## 10 – Finalizações

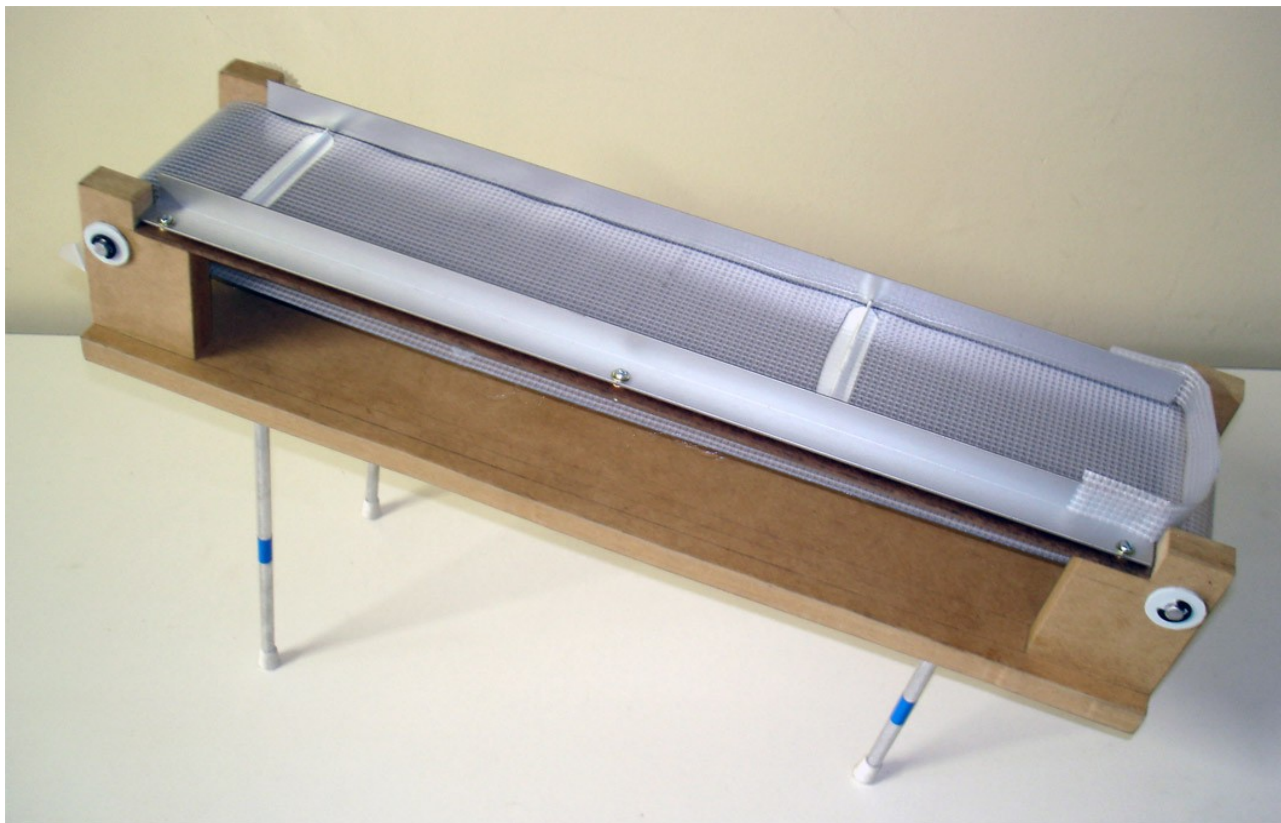
Com as duas balanças e as três esteiras à mão, podemos agora dar conta dos últimos detalhes para poder finalizá-la. Ainda é necessário fazer os pés das esteiras, que as manterão elevadas e as sustentarão. A esteira principal deverá ser plana e estar numa altura suficiente para que os grãos pequenos caiam numa esteira embaixo do separador. A esteira destinada aos grãos pequenos deverá ter uma extremidade baixa, para que possa ser encaixada embaixo do separador, e uma extremidade alta, que possa despejar os grãos na balança. Já a esteira para os grãos grandes não precisa ser tão inclinada quanto a outra, pois a saída para grãos grandes do separador é mais alta que a de grãos pequenos. A outra extremidade também deve ter altura suficiente para que os grãos caiam na balança. O fator que mais influencia na altura de nossa esteira é a altura da balança, por isso recomendamos que a balança seja construída com a menor altura possível.

Os pés serão feitos com barras de alumínio circulares de 1/4". Depois de obter todas as dimensões, levando em consideração as restrições acima, deve-se cortar as barras com a serra de meia-esquadria. É muito importante que os pés de uma mesma extremidade tenham as mesmas dimensões, para que a estrutura não fique torta. Devemos agora ajustar cada barra de alumínio antes de colocá-las nas esteiras. Na extremidade da barra que será fixada na esteira, devemos arredondar sua ponta com uma lixa, para facilitar a sua colocação. A outra extremidade, que ficará em contato com o chão, deve estar devidamente lixada, sem rebarbas, para que não venha a danificar a superfície onde ela estará. Colocamos pezinhos de borracha, com esta finalidade.

Pegaremos agora cada uma das esteiras para fazer as furações para os pés. Devemos levar em consideração que eles deverão estar bem alinhados um com o outro e não podem ser tortos, para uma melhor sustentação e boa aparência. Os furos serão feitos com broca de 1/4" e é recomendado que eles sejam feitos próximos das peças de sustentação, e não abaixo delas. Também devem ter uma profundidade suficiente para segurar os pés, mas é preciso tomar cuidado para não atravessar a

base de sustentação. Como a madeira que utilizamos possui 1,5 cm de espessura, fizemos os furos para os pés com uma profundidade de 1 cm, utilizando a mesma técnica aplicada na fixação do alimentador.

Podemos agora colocar os pés. É importante que eles estejam bem alinhados. Devem estar fixos à esteira, de modo que estejam firmes, mas que também possam ser retirados para um eventual transporte do conjunto.



*Figura 52: Esteira para transporte de grãos pequenos com os pés. Observe a inclinação.*

## 11 – Eletrônica

Depois da montagem da estrutura da esteira, o próximo passo para a sua construção é a elaboração da eletrônica envolvida no seu funcionamento. Temos que desenvolver os sistemas relacionados a alimentação, ao acionamento dos motores DC, os sensores de posição, além de conectar todos os componentes ao MEC1000 ou ao KDR5000.

Para que a esteira funcione, ela deverá ser alimentada corretamente. Devido ao grande número de motores, sendo que vários deles serão acionados simultaneamente, não é possível a utilização das fontes que alimentam o MEC1000 ou o KDR5000, pois elas serão sobrecarregadas. Devemos então obter uma fonte que ofereça as tensões necessárias ao acionamento dos motores e suporte a corrente requerida por esses componentes, além de oferecer um preço razoável.

Uma ótima opção é uma fonte de computador, que possui um preço baixo em comparação com a potência que oferece. Ela fornece, entre outras, saídas nas tensões que necessitamos, de 12V

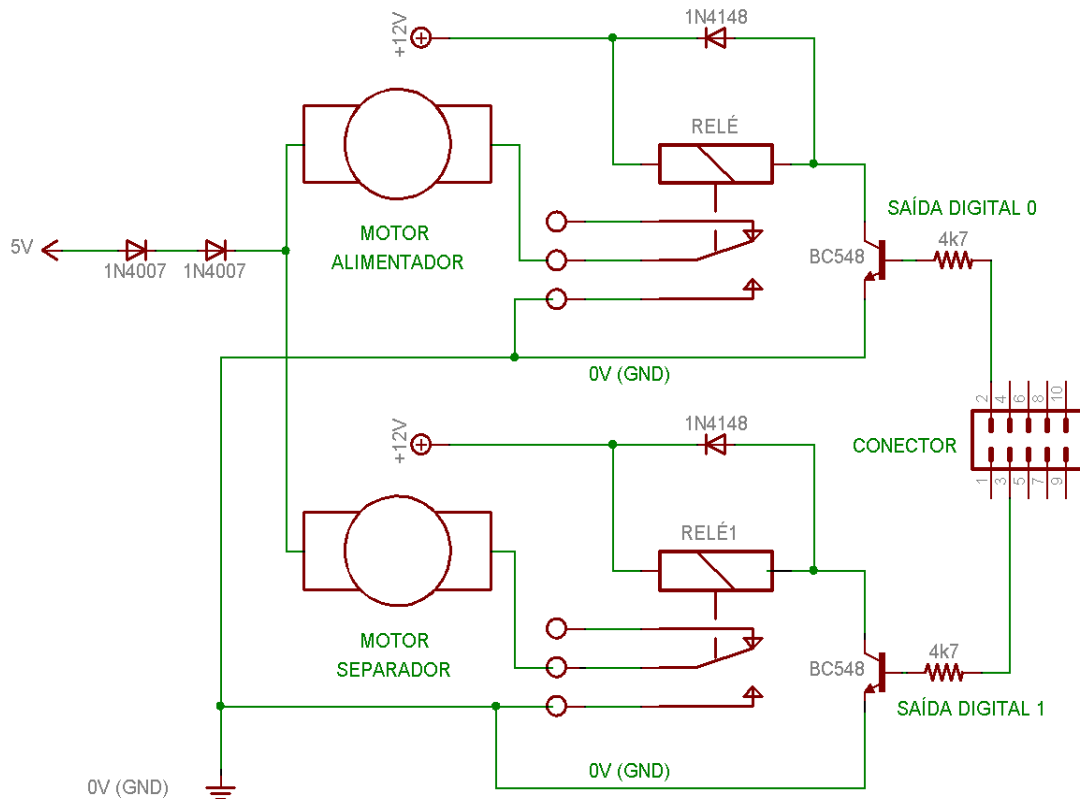
e 5V, suportando correntes de até algumas dezenas de ampères.



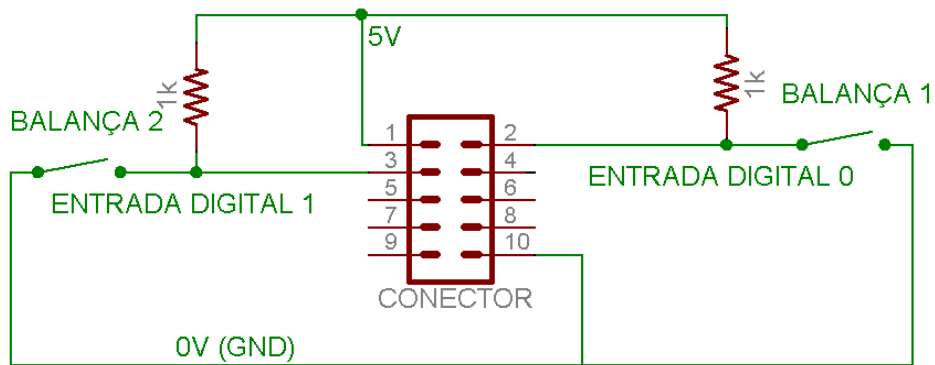
*Figura 53: Fonte de computador, uma ótima opção para a alimentação da esteira.*

Uma fonte dessas possui inúmeras saídas, sendo que cada fio possui uma cor. A relação entre a tensão e as cores, e a própria pinagem dos conectores pode ser encontrada no tutorial sobre a utilização de fontes de computador em projetos eletrônicos. Dentre as várias saídas disponíveis, utilizaremos as de 12V, 5V e 0V.

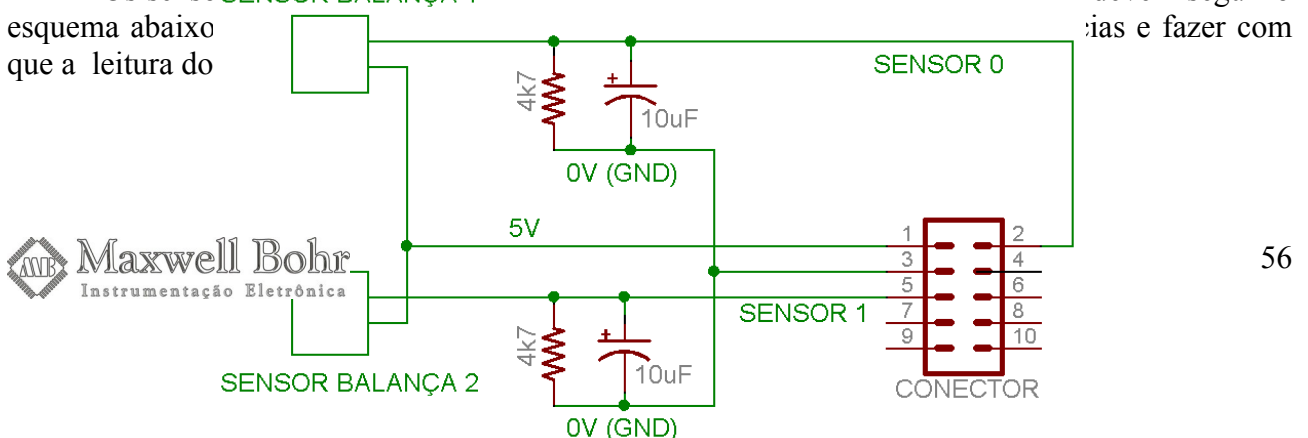
Após obter a fonte, podemos nos dedicar a elaboração de outros sistemas, dentre eles, os motores do alimentador e separador. Esses motores não poderão ser ligados diretamente às saídas digitais, pois esta não fornece a corrente necessária para seu uso. Uma opção então é acioná-los através de relés. O esquema abaixo mostra a placa de relés utilizada para ligar os motores. Nessa placa, o sinal da saída digital acionará um transistor, que por sua vez, acionará o relé, ligando o motor. Um dos terminais do motor DC deverá ser ligado diretamente à alimentação, enquanto que o outro será ligado a ela através do relé. Os dois diodos 1N4007 são usados para reduzir a tensão, já que esses motores trabalham entre 3 e 4V, não suportando os 5V. Lembre-se que a alimentação deles deverá ser proveniente de uma fonte externa. Nesse exemplo, os relés foram alimentados com tensão de 12V, mas existem modelos que trabalham em outras tensões, bastando verificar suas especificações.



Também será necessário desenvolver os sensores de posição, que serão ligados às Entradas Digitais. As chaves utilizadas deverão seguir o mesmo esquema de ligação mostrado no manual do KDR5000 e no tutorial sobre as Entradas Digitais.



Os sensores SENSORES BALANÇA 1 e SENSORES BALANÇA 2 devem seguir o esquema abaixo que a leitura do sensor SENSORES BALANÇA 1 e SENSORES BALANÇA 2 devem seguir o esquema abaixo que a leitura do sensor SENSORES BALANÇA 1 e SENSORES BALANÇA 2 devem seguir o esquema abaixo que a leitura do sensor



O próximo passo será conectar os componentes ao KDR5000 ou ao MEC1000. É interessante seguir o exemplo de conexão aqui mostrado, para facilitar a criação do programa de controle da esteira. Serão utilizados um conector de Saídas Digitais, um conector de Entradas Digitais, um conector de Servo-motores e um conector de Sensores.

Caso a esteira seja conectada ao KDR5000, é importante observar que deverão ser utilizados o *Módulo de Sensores Genérico* e o *Módulo de Entradas, Saídas e Servo-Motores*. Para a conexão dos componentes, utilize a primeira porta de cada tipo, para facilitar a criação do programa, tendo em vista que o MEC1000 possui uma quantidade de portas menor e o programa deverá ser compatível com os dois. Caso haja dúvidas, basta consultar os manuais desses equipamentos.

A relação entre as portas e os componentes que deverão ser conectados é mostrado na tabela abaixo. Consulte o manual do MEC1000 ou do KDR5000 para obter os esquemas dos conectores. É possível ligar os componentes de outras maneiras, mas a conexão descrita abaixo foi padronizada para facilitar a programação.

<b>Conector de Saídas Digitais</b>	
Saída 0	Motor DC do Alimentador
Saída 1	Motor DC do Separador
<b>Conector de Entradas Digitais</b>	
Entrada 0	Sensor de Posição da Balança 1
Entrada 1	Sensor de Posição da Balança 2
<b>Conector de Servo-Motores</b>	
Servo 0	Servo do prato giratório da Balança 1
Servo 1	Servo do bloco de pesagem da Balança 1
Servo 2	Servo do prato giratório da Balança 2
Servo 3	Servo do bloco de pesagem da Balança 2
Servo 4	Servo das esteiras de grãos pequenos e grandes
Servo 5	Servo da esteira principal
<b>Conector de Sensores</b>	
Sensor 0	Sensor de peso da Balança 1
Sensor 1	Sensor de peso da Balança 2

Os termos Balança 1 e Balança 2 servem apenas como referência para a ligação e programação. Esses nomes poderão ser dados a qualquer uma das balanças, desde que todos os seus componentes sigam essa regra.

Como pode-se observar, o sinal de controle dos servo-motores das esteiras de grãos pequenos e de grãos grandes será o mesmo. Isso porque quando uma das balanças apresentar um peso maior que o limite, as duas esteiras serão desligadas e voltarão a funcionar depois que os grãos forem despejados. Conectaremos os cabos dos seus sinais de controle na mesma porta Servo 4. Já as alimentações de todos os servos devem ser ligadas à fonte externa, com uma tensão de 5V.

Durante a conexão dos componentes, é muito importante tomar cuidado com as fiações. Deve-se verificar se tudo está sendo conectado corretamente e também tomar muito cuidado para evitar curto-circuitos, que podem danificar tanto o Kit quanto os componentes. A conexão da alimentação dos componentes também deve ser feita com muito cuidado, para evitar erros.

É interessante também o uso de conectores, para facilitar o transporte das estruturas. Utilize

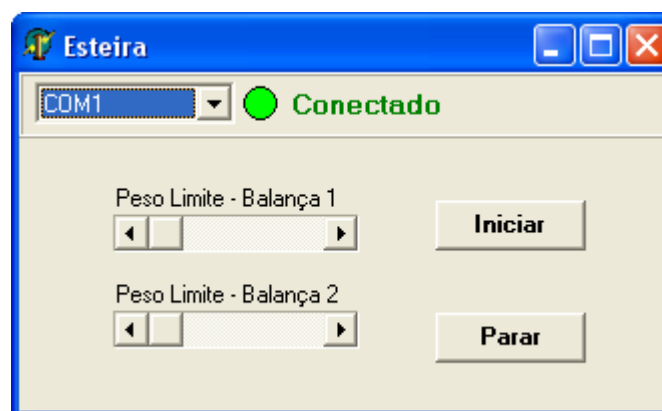
um cabo curto saindo do motor ou sensor, e coloque um conector em sua extremidade. E então utilize um cabo de comprimento maior para ligá-lo ao Kit. Se possível, utilize conectores com vários terminais (os DB-9 de portas seriais são uma ótima opção) e ligue nele todos os cabos de uma parte do conjunto (de uma balança, por exemplo). Além disso, uma ótima coisa a ser realizada é colocar identificações aos fios, de modo que, quando o conjunto for desmontado, fique fácil de encaixar os cabos nos seus devidos conectores.

## 12 – Programação

Para o funcionamento perfeito da esteira, ela deverá ser controlada adequadamente. Sendo assim, devemos criar um programa que faça com que o Kit interprete as informações recebidas dos sensores e atue sobre os motores no momento exato, de modo que a esteira funcione de modo autônomo.

Através do programa a ser criado aqui, o Kit fará a leitura das portas de Entradas Digitais e de Sensores, observando se há um pote pronto para receber grãos e verificando o peso dos grãos no pote de pesagem; e atuará nos motores DC e servo-motores, de modo que o funcionamento do sistema seja completamente autônomo.

O nosso programa será criado através do Delphi, utilizando o Projeto Base, que nos permite a comunicação com o Kit através de uma porta serial, como ponto de partida para a elaboração do programa. Devido a complexidade do programa a ser desenvolvido nesse tutorial, é importante ressaltar que é necessário seguir a sua implementação com muita atenção, para que o programa funcione perfeitamente.



*Figura 54: Programa de controle da esteira.*

Nosso primeiro passo é criar a interface gráfica do programa. Como vamos utilizar o projeto criado no tutorial Base como ponto de partida, copiamos o projeto daquele tutorial e em cima dele vamos adicionar alguns componentes gráficos extras.

A primeira coisa que modificaremos no projeto é a propriedade Caption do Form principal, que possui o texto “Projeto Base”. Vamos modificá-la para “Esteira”. Com isso já podemos começar a adicionar os componentes gráficos ao Form.

A interface gráfica é composta por dois Button, dois Labels e dois ScrollBar. Os botões serão destinados a iniciar e parar o funcionamento da esteira. Os componentes ScrollBar serão

destinados à seleção do peso limite da balança, que então despejará os grãos nos potes coletores. Os Labels apenas indicarão a que balança se referem os ScrollBar. Todos esses componentes podem ser encontrados na aba “Standard” da barra de componentes.



*Figura 55: Aba "Standard" da Barra de componente.*

Vamos adicionar um Label e um ScrollBar para o ajuste do peso limite da balança 1. O componente Label possui o seguinte ícone.



*Figura 56: Ícone do componente Label.*

Em seguida adicionamos um componente ScrollBar que encontra-se na aba “Standard” da barra de componentes e possui o seguinte ícone.



*Figura 57: Ícone do componente ScrollBar.*

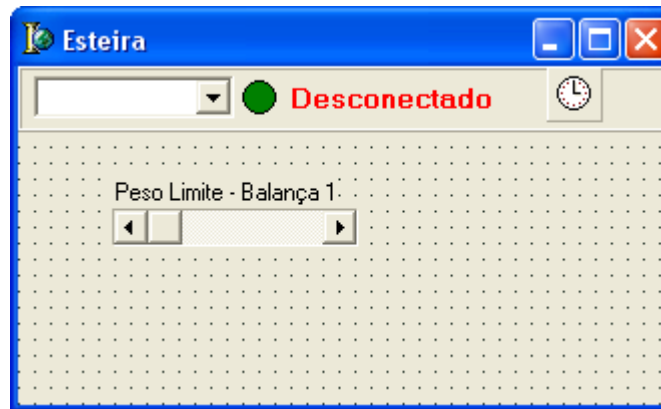
Adicionamos os dois componentes e modificamos as seguintes propriedades do Label.

<b>Name</b>	=	LabelBalanca1
<b>Caption</b>	=	Peso Limite – Balança 1

E as seguintes propriedades do ScrollBar.

<b>Name</b>	=	ScrollBarBalanca1
<b>Max</b>	=	1023
<b>Min</b>	=	100

Com isso o Form terá a seguinte aparência.



*Figura 58: Form após a adição de componentes para o controle da Balança 1.*

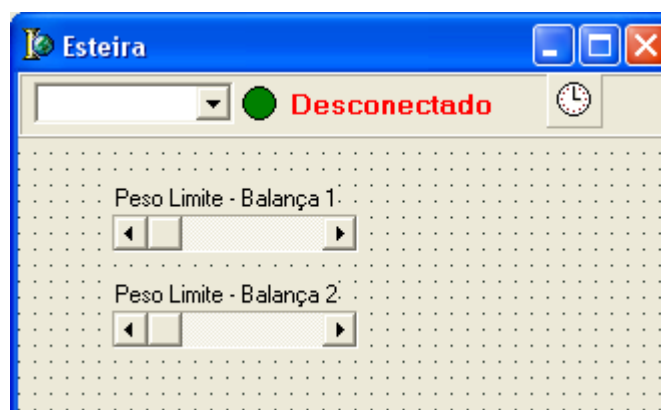
Agora vamos inserir os componentes para o ajuste do peso limite da balança 2. Assim como para o ajuste da balança 1, vamos adicionar aqui um Label e um ScrollBar. No Label modificaremos as seguintes propriedades.

**Name** = LabelBalanca2  
**Caption** = Peso Limite – Balança 2

E no ScrollBar, essas serão as modificações.

**Name** = ScrollBarBalanca2  
**Max** = 1023  
**Min** = 100

Com isso teremos o Form da seguinte maneira.



*Figura 59: Form após a adição dos componentes para o controle da Balança 2.*

Para finalizar a interface desse programa vamos adicionar dois botões, um para iniciar o

funcionamento da esteira e outro para pará-la. Dessa forma temos que adicionar dois componentes Button, que podem ser encontrados na aba “Standard” da barra de componentes. Esse componente possui o seguinte ícone.



*Figura 60: Ícone do componente Button.*

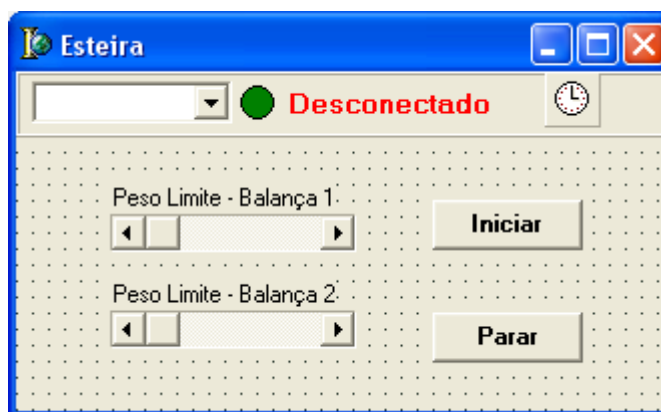
Temos que modificar as seguintes propriedades dos botões. Vamos modificar primeiro as propriedades do botão para iniciar a esteira.

**Name** = ButtonIniciar  
**Caption** = Iniciar  
**Font/Style/fsBold** = true

Em seguida as propriedades do botão para parar a esteira.

**Name** = ButtonParar  
**Caption** = Parar  
**Font/Style/fsBold** = true

Com isso finalizamos a construção de nossa interface gráfica. A seguir a imagem dessa interface finalizada.



*Figura 61: Imagem da interface finalizada.*

Agora podemos implementar o código necessário para o controle da esteira. É importante observar que é necessária muita atenção durante a implementação do código desse programa. Devido a sua grande extensão, é relativamente fácil se perder ou esquecer alguma coisa. Como em programação pequenos detalhes podem impedir o funcionamento correto de um programa, o cuidado é essencial.

Através desse programa, o Kit fará um extenso uso das suas portas de Entradas Digitais, Saídas Digitais, Sensores e Servo-motores. Sendo assim, é importante saber o modo como os

componentes foram conectados a essas portas. Para facilitar o uso, recomendamos seguir as instruções mostradas no trecho referente à Eletrônica.

O programa funcionará da seguinte forma: criaremos uma função chamada SleepAndTest e uma variável chamada Stop, sendo que os dois poderão ter apenas os valores True (verdadeiro) e False (falso). Quando a variável Stop for True, a função SleepAndTest será falsa e vice-versa. A função SleepAndTest terá dois objetivos: gerar um “delay” (pausa na execução do programa). Essa pausa ficará muito clara durante o funcionamento da esteira, por exemplo no momento em que o pote de pesagem despeja os grãos nos potes coletores e espera 1 segundo para voltar à posição inicial.

O outro objetivo dessa função será verificar se o botão Parar foi pressionado. Isso é feito verificando o estado da variável Stop. Quando apertamos o botão Iniciar, o valor dessa variável é definido como False. Sendo assim, a função SleepAndTest retornará um valor verdadeiro, o que é um requisito para a execução do programa. Ao apertar o botão Parar, a variável Stop é definida como verdadeira, o que acarretará na interrupção da execução do programa.

O nosso primeiro passo então será criar a variável Stop. Isso será realizado da seguinte forma: apertamos F12, mudando do Form para a Unit Main. Na parte superior dessa Unit, antes do código que foi criado no Tutorial Base, temos a declaração das variáveis globais da Unit. A única variável global presente no momento é a FormMain. Declararemos então a variável Stop, que será do tipo Boolean (True/False). Desse modo, a linha de código do programa ficará assim:

```
...  
var  
    FormMain: TFormMain;  
    Stop: Boolean;  
implementation  
...
```

Devemos agora criar a função SleepAndTest. Vamos nos dirigir ao final da Unit, nas linhas de código criadas no Tutorial Base. Antes do end final do programa (**end.**) criaremos a função SleepAndTest. Ela será do tipo Boolean, ou seja, retorna um valor verdadeiro ou falso. Inicialmente, criaremos a função desse modo:

```
...  
function SleepAndTest (tempo: integer): Boolean;  
begin  
end;  
  
end.
```

Essa função depende do parâmetro Tempo, que será do tipo Integer, cujo objetivo será explicado a seguir. Devemos declarar uma variável e uma constante locais, ou seja, que serão utilizadas apenas nessa função, chamadas i, que será do tipo Integer, e Tempobase, cujo valor será 10.

```

...
function SleepAndTest (tempo: integer): Boolean;
var
    i: integer;
const
    Tempobase = 10;
begin

end;

end.

```

Vamos agora implementar nossa função SleepAndTest, fazendo com que ela gere o “delay” e verifique o valor da variável Stop. Para isso, utilizaremos uma estrutura de repetição **for** e uma estruturas de comparação **if-else**, que comparará o valor de Stop com True e False. Deste modo, nossa linha de código ficará assim:

```

...
function SleepAndTest (tempo: integer): Boolean;
var
    i: integer;
const
    Tempobase = 10;
begin
    for i:=1 to tempo do
        begin
            Application.ProcessMessages;
            if Stop = true then
                begin
                    // Se o botão Parar foi pressionado, a variável Stop
                    // será verdadeira e a função retornará um valor falso.
                    SleepAndTest := false;
                end
            else
                begin
                    // A função Sleep pausa o programa durante um tempo

```

```

Sleep(Tempobase);
// Se o botão Parar não foi pressionado, a função re-
// tornará um valor verdadeiro
SleepAndTest := true;
end;
end;
end;

end.

```

Após criar a função, vamos analisá-la. Primeiramente, adicionamos uma estrutura de repetição **for**. As instruções contidas nessa estrutura serão executadas até que o valor da variável *i*, que foi iniciada com o valor 1, seja igual ao valor da variável tempo, lembrando-se que a cada repetição o valor da variável *i* será incrementada em uma unidade. Temos então a função `Application.ProcessMessages`. Essa função processa todas as tarefas pendentes no programa, sendo que nesse caso o principal objetivo é atualizar a interface e verificar se algum botão foi pressionado na interface gráfica do programa e, caso isso tenha ocorrido, as linhas de código referentes a esse botão serão executadas.

Temos depois uma estrutura de comparação **if-else**, que verificará o valor da variável `Stop`. Se `Stop` for verdadeiro, o que acontecerá ao pressionar o botão Parar, então a função `SleepAndTest` retornará um valor falso. Mas se a variável `Stop` for falsa, então `SleepAndTest` será verdadeiro, o que é uma condição essencial para a execução do programa, como veremos a seguir. Além disso temos a função `Sleep`. Essa função pausa o programa durante um tempo em milisegundos. Como nossa constante `Tempobase` foi definida como 10, a cada vez que essa função `Sleep` for acionada, haverá uma pausa de 10 ms.

Mas lembre-se de que essa função `Sleep` está dentro de um laço **for**, cujo número de repetições é definido pelo parâmetro tempo. Se declararmos nossa função dessa maneira: `SleepAndTest (100)`; então tempo será 100 e, conseqüentemente, haverá 100 repetições no laço **for**. Se a variável `Stop` for falsa, a função `Sleep` será executada 100 vezes, gerando então um “delay” de 1 segundo.

O próximo passo será então implementar o código que será executado ao pressionarmos o botão Iniciar. Para isso, basta dar um duplo clique sobre ele no nosso Form, o que abrirá o seguinte manipulador na nossa Unit:

```

...
procedure TFormMain.ButtonIniciarClick(Sender: TObject);
begin
end;

end.

```

Primeramente, devemos declarar as variáveis locais a serem utilizadas. Serão cinco, sendo

que quatro serão do tipo Integer e uma do tipo Byte. As variáveis PesoLim1 e PesoLim2 definirão o peso limite das balanças, as variáveis Peso1 e Peso2 serão o valor da leitura do sensor de peso das balanças e a variável Balancas será utilizada para reconhecer a presença de um pote pronto para receber grãos.

```
...  
procedure TFormMain.ButtonIniciarClick(Sender: TObject);  
var  
    PesoLim1, PesoLim2, Peso1, Peso2: integer;  
    Balancas: byte;  
begin  
end;  
  
end.
```

Agora vamos declarar as constantes locais. Deve-se ter muita atenção nesse momento, pois esses valores dependem de como os servo-motores e sensores de peso foram ligados às suas respectivas portas. Por isso, é recomendado seguir as instruções de conexão mostradas no trecho referente à Eletrônica. Além disso, os manuais do MEC1000 e do KDR5000 fornecem a configuração de suas portas, bastando verificá-los e atribuir sua posição à constante. Por exemplo, como o servo motor da esteira principal foi ligado no pino Servo 5, o valor da constante ServoEstPrinc deverá ser 5. Já as constantes Horario e Antihorario, servirão como parâmetro para o sentido da rotação dos servos na função ServoMotorOn. A sua utilização depende de como o motor foi posicionado. Caso algum servo-motor esteja girando no sentido errado, basta trocar a constante utilizada.

```
...  
procedure TFormMain.ButtonIniciarClick(Sender: TObject);  
var  
    PesoLim1, PesoLim2, Peso1, Peso2: integer;  
    Balancas: byte;  
const  
    Horario          = 0;  
    Antihorario      = 255;  
    ServoPrato1      = 0;  
    ServoPesagem1    = 1;  
    ServoPrato2      = 2;  
    ServoPesagem2    = 3;  
    ServoEstGraos    = 4;  
    ServoEstPrinc    = 5;  
    SensorPesol      = 0;
```

```

    SensorPeso2    = 1;
begin
end;

end.

```

Agora vamos implementar o código a ser executado quando o botão Iniciar for pressionado. Como utilizaremos a função SleepAndTest frequentemente, e esta depende da variável Stop, nosso primeiro passo deverá ser atribuir um valor a essa variável, que deverá ser False. Devemos também estabelecer os valores limites do peso da balança. Esses valores serão definidos com a posição das ScrollBar criadas no Form. Então vamos atribuir essas variáveis às suas ScrollBar correspondentes. O código então ficará assim:

```

...
begin
    // Ao pressionar o botão iniciar, a variável Stop será
    // falsa
    Stop:= false;
    // A posição das ScrollBar definirá o peso limite de cada
    // balança
    PesoLim1:= ScrollBarBalanca1.Position;
    PesoLim2:= ScrollBarBalanca2.Position;
end;

end.

```

Podemos partir agora para a inicialização das esteiras, ou seja, para a ligação dos motores. Os servo-motores da esteira principal e das secundárias serão ligados através da função ServoMotorOn. O primeiro parâmetro dessa função definirá a porta a ser utilizada. Para facilitar a utilização deste programa com o KDR5000 e com o MEC1000, recomenda-se utilizar a porta 0, lembrando-se de que este último possui apenas uma porta de controle de servo-motores. Já o segundo parâmetro dessa função define qual motor será ligado. Utilizaremos as constantes locais que definimos como base na ligação dos motores para assumirem esse parâmetro. Como ligaremos os servos da esteira principal e das esteiras que levam os grãos às balanças, utilizaremos as constantes ServoEstPrinc e ServoEstGraos. Para definir o sentido da sua rotação, utilizamos a constante Antihorario, mas convém alertar novamente que caso o motor gire no sentido errado, basta utilizar a outra constante.

Para ligar a vibração do alimentador e do separador, devemos apenas acionar as saídas digitais correspondentes. Havendo um nível lógico alto na saída, o motor DC será acionado através

de um relé. Utilizaremos a função `DigitalPortWrite` para enviar um sinal através das portas de saída digitais. Essa função possui dois parâmetros. Um indica a porta que será utilizada. No nosso caso, utilizaremos a porta 0, seguindo as instruções de ligação dos componentes. Já o segundo parâmetro indica quais bit serão setados, ou seja, quais saídas serão acionadas. Como ligamos os motores nas saídas Saída 0 e Saída 1, esse parâmetro será definido com o número 3, cujo valor em binário é 00000011. Desse modo, nossa linha de código ficará assim.

```
...
begin
    // Ao pressionar o botão iniciar, a variável Stop será
    // falsa
    Stop:= false;
    // A posição das ScrollBar definirá o peso limite de cada
    // balança
    PesoLim1:= ScrollBarBalanca1.Position;
    PesoLim2:= ScrollBarBalanca2.Position;
    // Inicialização das esteiras
    // Liga os motores do alimentador e separador
    kit.DigitalPortWrite(0,3);
    // Liga o servo-motor das esteiras de grãos
    kit.ServoMotorOn(ServoEstGraos,Antihorario);
    // Liga o servo-motor da esteira principal
    kit.ServoMotorOn(ServoEstPrinc,Antihorario);
end;

end.
```

Agora, podemos nos encaminhar ao trecho principal da linha de código do programa, onde serão executadas todas as ações de leitura do peso dos grãos, a disponibilização de um pote de coleta e o despejo de grãos. Essas ações deverão se repetir até que o botão Parar seja pressionado, desse modo, precisamos utilizar uma estrutura de repetição, que nesse caso será um **while**. Ele dependerá do valor da função `SleepAndTest`, ou seja, o nosso programa estará preso nesse laço **while** enquanto a função `SleepAndTest` retornar um valor verdadeiro. Caso o botão Parar seja pressionado, o que fará com que `SleepAndTest` retorne um valor falso, esse laço **while** será encerrado e o programa se encaminhará ao código de finalização da esteira.

Criando esse laço **while**, nosso programa ficará assim:

```
...
begin
    // Ao pressionar o botão iniciar, a variável Stop será
    // falsa
```

```

Stop:= false;
// A posição das ScrollBar definirá o peso limite de cada
// balança
PesoLim1:= ScrollBarBalanca1.Position;
PesoLim2:= ScrollBarBalanca2.Position;
// Inicialização das esteiras
// Liga os motores do alimentador e separador
kit.DigitalPortWrite(0,3);
// Liga o servo-motor das esteiras de grãos
kit.ServoMotorOn(ServoEstGraos,Antihorario);
// Liga o servo-motor da esteira principal
kit.ServoMotorOn(ServoEstPrinc,Antihorario);

// Enquanto a função SleepAndTest retornar um valor
// verdadeiro, o programa estará preso nesse laço while,
// fazendo com que a esteira funcione
while SleepAndTest(1) = true do
begin
end;
end;

end.

```

Após criar esse laço **while**, devemos implementar o código que será executado enquanto o nosso programa estiver preso nele. O primeiro passo será novamente utilizar a função `DigitalPortWrite` para manter os motores do alimentador e do separador acionados. Além disso, devemos fazer a leitura do valor dos sensores de peso. Isso pode ser feito atribuindo às variáveis `Peso1` e `Peso2` o valor da leitura das portas de sensores. Utilizaremos a função `SensorReadNow`, cujo único parâmetro será qual o sensor a ser lido. A esse parâmetro será atribuído o valor das variáveis `SensorPeso1` e `SensorPeso2`, que indicam onde estão ligados os sensores de peso das balanças.

```

...
while SleepAndTest(1) = true do
begin
// Os motores do alimentador e separador ficarão ligados
kit.DigitalPortWrite(0,3)
// As variáveis Peso1 e Peso2 assumirão os valores da

```

```

    // leitura dos sensores de peso
    Peso1:= kit.SensorReadNow(SensorPeso1);
    Peso2:= kit.SensorReadNow(SensorPeso2);
end;
end;

end.

```

O nosso próximo passo agora será implementar o código a ser executado quando o valor da leitura dos sensores de peso ultrapassa o peso limite, o que deverá levar ao procedimento de despejo de grãos. Utilizaremos duas estruturas de comparação **if** para verificar quando isso ocorre, sendo uma para cada balança. Numa delas será verificado se o valor de **Peso1** é maior que o de **PesoLim1**, enquanto que na outra será verificado se o valor de **Peso2** é maior que o de **PesoLim2**. Nosso código ficará assim:

```

...
while SleepAndTest(1) = true do
begin
    // Os motores do alimentador e separador ficarão ligados
    kit.DigitalPortWrite(0,3)
    // As variáveis Peso1 e Peso2 assumirão os valores da
    // leitura dos sensores de peso
    Peso1:= kit.SensorReadNow(SensorPeso1);
    Peso2:= kit.SensorReadNow(SensorPeso2);

    // Verifica se o peso na balança 1 é superior ao limite
    if Peso1 > PesoLim1 then
    begin
    end;

    // Verifica se o peso na balança 2 é superior ao limite
    if Peso2 > PesoLim2 then
    begin
    end;

end;
end;

```

**end.**

Vamos primeiramente implementar o código da balança 1. O código da balança 2 será muito semelhante, com apenas alguns valores diferentes. O primeiro passo será inicializar a variável *Balancas*, atribuindo a ela o valor 0. Ela será utilizada para reconhecer se um pote está disponível para receber grãos. Essa atribuição é muito importante, e sua função será explicada a seguir. Devemos também desligar os servo-motores da esteira principal e das esteiras secundárias com a função *ServoMotorOff*, de modo que os grãos não continuem a ser transportados enquanto o pote de pesagem despejar os grãos nos potes de recebimento de grãos.

```
...
if Peso1 > PesoLim1 then
begin
    // Inicialização da variável Balancas
    Balancas:= 0;
    // Desliga as esteiras
    ServoMotorOff(ServoEstGraos);
    ServoMotorOff(ServoEstPrinc);
end;
...
```

Devemos agora disponibilizar um prato para o recebimento de grãos do pote de pesagem. O primeiro passo para esse procedimento será deslocar o prato giratório até que um pote de coleta acione o sensor de posição. Observe que o segundo parâmetro da função *ServoMotorOn* depende de como foi montada a balança. Caso o prato giratório se mova para o sentido errado, basta trocar o parâmetro *Horario* por *Antihorario*. Depois, utilizaremos a função *SleepAndTest*, com o valor 100 como parâmetro, para que seja gerado um atraso de um segundo e verificar se o botão *Parar* foi pressionado.

```
...
if Peso1 > PesoLim1 then
begin
    // Inicialização da variável Balancas
    Balancas:= 0;
    // Desliga as esteiras
    ServoMotorOff(ServoEstGraos);
    ServoMotorOff(ServoEstPrinc);
    // Desloca o prato giratório
    kit.ServoMotorOn(ServoPrato1,Horario);
    // Gera um atraso de 1 segundo

```

```

        SleepAndTest(100);
    end;
    ...

```

Agora devemos verificar se há um pote disponível para receber os grãos. Através da variável *Balancas*, faremos uma leitura do estado das Entradas Digitais, atribuindo a ela o valor da função *DigitalPortRead*. Seguindo as instruções de conexão dos sensores de posição, quando o sensor da balança 1 for acionado, então o valor retornado pela função será 00000001, cujo valor em decimal é 1. É interessante observar que, para o bom funcionamento do programa, tanto a estrutura da esteira quanto a sua eletrônica devem ser bem construídas. É importante que o pote possa acionar a chave adequadamente e que esta esteja corretamente conectada à porta de Entradas Digitais.

Utilizaremos um laço **while**, no qual o nosso programa ficará preso até que o valor da variável *Balancas* seja 1. Para verificar essa condição utilizaremos o seguinte método. O valor de *Balancas* será comparado com o número 1 através de um operador **and**. O resultado dessa comparação é então definido como sendo diferente de 1 através do operador  $\langle \rangle$ . Caso esta definição seja correta, o programa continuará nesse laço **while**. Caso essa definição seja falsa, ou seja, a variável *Balancas* é 1, o que indica que o sensor de posição foi acionado, o programa sairá desse laço **while** e executará as próximas operações. Outra condição para que esse laço seja interrompido é que a função *SleepAndTest* retorne um valor falso, indicando que o botão Parar foi pressionado.

É importante que a variável *Balancas* seja iniciada com o valor 0 toda vez que o valor do sensor for superior ao peso limite, senão ela continuará com o valor da última leitura das Entradas Digitais. Sendo assim, o programa poderá nem sequer entrar nesse laço **while**.

```

    ...
    if Peso1 > PesoLim1 then
    begin
        // Inicialização da variável Balancas
        Balancas:= 0;
        // Desliga as esteiras
        ServoMotorOff(ServoEstGraos);
        ServoMotorOff(ServoEstPrinc);
        // Desloca o prato giratório
        kit.ServoMotorOn(ServoPrato1,Horario);
        // Gera um atraso de 1 segundo
        SleepAndTest(100);

        while ((SleepAndTest(1)) = true) and ((Balancas and 1) <> 1) do
        begin
            // A variável Balancas assumirá o valor da leitura
            // das Entradas Digitais

```

```

        Balancas:= kit.DigitalPortRead(0);
    end;

end;

...

```

Devemos então fazer com que o servo-motor do prato giratório seja desligado quando o sensor de posição seja acionado. Podemos fazer isso utilizando uma estrutura de comparação **if**. Quando o valor da variável **Balancas** for 1, então o servo será desligado através da função **ServoMotorOff** e o programa sairá desse laço **while**. Observe que nessa estrutura **if**, como ela realizará apenas uma função, não necessitaremos dos complementos **begin** e **end**;

```

...
while ((SleepAndTest(1)) = true) and ((Balancas and 1) <> 1) do
begin
    // A variável Balancas assumirá o valor da leitura
    // das Entradas Digitais
    Balancas:= kit.DigitalPortRead(0);
    if (Balancas and (1)) = (1) then
        // Desliga o servo do prato giratório
        kit.ServoMotorOff(ServoPrato1);
    end;
end;

...

```

Com a verificação da presença do pote de coleta realizada, podemos partir para os procedimentos a serem realizados para o despejo dos grãos, lembrando-se que eles serão executados apenas depois que a variável **Balancas** for igual a 1. O primeiro passo será gerar um pequeno atraso de 1 segundo com a função **SleepAndTest**. Depois, o motor do bloco de pesagem será acionado, despejando os grãos nos potes coletores. Faremos então um outro atraso de 1 segundo e só depois retornaremos os blocos à sua posição inicial, prontos para receberem mais grãos. Caso esse último atraso não seja suficiente para que os grãos caiam, basta utilizar como parâmetro um valor maior.

Também é importante observar se o servo-motor do bloco de pesagem gira para o sentido correto. Caso esteja errado, basta utilizar como parâmetro uma constante diferente.

```

...
while ((SleepAndTest(1)) = true) and ((Balancas and 1) <> 1) do
begin
    // A variável Balancas assumirá o valor da leitura

```

```

// das Entradas Digitais
Balancas:= kit.DigitalPortRead(0);
if (Balancas and (1)) = (1) then
    // Desliga o servo do prato giratório
    kit.ServoMotorOff(ServoPrato1);
end;

// Gera um atraso de 1 segundo
SleepAndTest(100);
// Vira o pote de pesagem, despejando os grãos
kit.ServoMotorOn(ServoPesagem1,Antihorario);
// Gera um atraso de 1 segundo
SleepAndTest(100);
// Volta o pote de pesagem à posição inicial
kit.ServoMotorOn(ServoPesagem1,Horario);

end;

```

...

O próximo passo então será gerar um outro atraso de 1 segundo e então reiniciar as esteiras, possibilitando que outros grãos caiam no pote de pesagem. Basta utilizarmos a função ServoMotorOn tendo como parâmetros os servos a serem ligados e seus sentidos.

...

```

// Gera um atraso de 1 segundo
SleepAndTest(100);
// Vira o pote de pesagem, despejando os grãos
kit.ServoMotorOn(ServoPesagem1,Antihorario);
// Gera um atraso de 1 segundo
SleepAndTest(100);
// Volta o pote de pesagem à posição inicial
kit.ServoMotorOn(ServoPesagem1,Horario);
// Gera um atraso de 1 segundo
SleepAndTest(100);
// Reinicia as esteiras

```

```

    kit.ServoMotorOn(ServoEstGraos,Antihorario);
    kit.ServoMotorOn(ServoEstPrinc,Antihorario);
end;
...

```

Desse modo, terminamos a programação para a balança 1. Vamos agora terminar a programação da balança 2, voltando para aquela estrutura **if** comparando o valor de Peso2 com o valor de PesoLim2 criada logo atrás. Podemos nos basear na programação da balança 1, trocando os parâmetros ServoPrato1 e ServoPesagem1 pelos seus equivalentes da balança 2 e observando o sentido correto para seu deslocamento.

Também devemos nos lembrar de que a variável Balancas deve ser comparada com o valor 2, pois a leitura das Entradas Digitais deverá retornar o valor 00000010 quando o sensor de posição da balança 2 for acionado. Apenas detalharemos o laço **while** do reconhecimento de potes coletores, a fim de exemplificar como deverá ser a programação para a balança 2.

```

...
while ((SleepAndTest(1)) = true) and ((Balancas and 2) <> 2) do
begin
    // A variável Balancas assumirá o valor da leitura
    // das Entradas Digitais
    Balancas:= kit.DigitalPortRead(0);
    if (Balancas and (2)) = (2) then
        // Desliga o servo do prato giratório
        kit.ServoMotorOff(ServoPrato2);
end;
...

```

O nosso próximo passo agora será criar as rotinas para o desligamento da esteira. Essas linhas de código serão escritas depois do **end;** do laço **while** principal, aquele ao qual nosso programa estará preso enquanto a função SleepAndTest for verdadeira. Pode parecer estranho à primeira vista, mas elas serão mesmo escritas no **procedure** do botão Iniciar, mas somente serão executadas quando a função SleepAndTest for falsa, pois assim o nosso programa sairá do laço **while** principal.

Devemos então desligar todos os servo-motores das esteiras, através da função ServoMotorOff, e os motores DC, setando todos os bits das Saídas Digitais como 0.

```

...
end;

// As funções a seguir desligarão a esteira e só serão
// executadas quando o programa sair do loop while princi-

```

```

// pal, ou seja, quando a função SleepAndTest retornar um
// valor falso

// Desliga os motores
kit.ServoMotorOff(ServoPesagem1);
kit.ServoMotorOff(ServoPesagem2);
kit.ServoMotorOff(ServoPrato1);
kit.ServoMotorOff(ServoPrato2);
kit.ServoMotorOff(ServoEstGraos);
kit.ServoMotorOff(ServoEstPrinc);
kit.DigitalPortWrite(0,0);
end;

end.

```

Nosso programa está quase pronto. Basta agora implementar o código a ser executado quando o botão Parar for pressionado. Voltamos então ao nosso Form, apertando a tecla F12, e damos um duplo clique sobre esse botão, abrindo o seguinte manipulador.

```

...
procedure TFormMain.ButtonPararClick(Sender: TObject);
begin
end;

end.

A única coisa que precisamos fazer é atribuir à variável Stop o valor True, o que fará com que a função SleepAndTest retorne um valor falso e, conseqüentemente, a esteira seja desligada.

...
procedure TFormMain.ButtonPararClick(Sender: TObject);
begin
    // Quando o botão for pressionado, a variável Stop será ver-
    // dadeira, conseqüentemente a função SleepAndTest será fal-
    // sa e o funcionamento da esteira será interrompido
    Stop := true;
end;

end.

```

Assim acabamos a programação para o funcionamento da esteira. Se todos esses passos forem seguidos corretamente, o programa poderá ser compilado e executado.

## 13 – Dicas

Várias funcionalidades interessantes podem ser acrescentadas ao programa de controle da esteira. Elas apenas não foram adicionadas nesse tutorial para simplificar a implementação das linhas de código do programa, mas servem como um bom exemplo para um maior aprendizado de programação.

Algo que seria interessante é a criação de uma versão manual do programa, onde as esteiras e balanças possam ser ligadas e controladas manipulando botões na interface. A sua implementação seria um ótimo exercício para a fixação dos conceitos de programação.

Outra opção seria atualizar automaticamente as ScrollBar que definem o peso limite. Isso pode ser feito através do evento OnChange, que é executado toda vez que há uma mudança na sua posição. Podemos utilizar esse evento para atribuir o valor da posição das ScrollBar às variáveis PesoLim1 e PesoLim2 automaticamente, sem precisar reiniciar a esteira para que os novos valores sejam atribuídos.

Pode-se também criar dois componentes Label que mostrem o peso dos grãos na balança, ou seja, o valor atual das variáveis Peso1 e Peso2. Isso permite ao usuário acompanhar o funcionamento da balança.

Uma dica também é adicionar na interface dois indicadores da presença de um pote pronto para receber grãos, sendo um para cada balança. Isso pode ser feito acrescentando um componente Shape, e fazendo com que este mude de cor toda vez que o sensor de presença for acionado.

Uma outra rotina que pode ser implementada é de manter os potes de pesagem na sua posição inicial, antes dos procedimentos de desligamento dos motores. Isso é importante, pois caso a esteira seja desligada enquanto algum deles estiver despejando seus grãos, quando a esteira for ligada novamente, os grãos não serão recolhidos e pesados, mas cairão no chão.

Também é possível desligar os motores do alimentador e do separador toda vez que o peso dos grãos ultrapassar o valor limite, acionando-os depois que os grãos forem despejados. Como eles não precisam ficar ligados durante esse período, essa é uma modificação interessante, pois serve para reduzir um pouco o nível de ruído.

## 14 – Conclusão

Podemos então ligar agora todos os sistemas e verificar se o seu funcionamento está correto. Lembre-se de conectar e alimentar todos os componentes adequadamente, verificando minuciosamente se não há alguma falha, curto-circuito ou conexões mal encaixadas. Se todos os passos mostrados nesse tutorial foram seguidos corretamente, o sistema deverá funcionar perfeitamente. Caso seu funcionamento deixe a desejar, verifique se há alguma falha na parte estrutural, elétrica ou na programação.

Com isso, finalizamos a construção da esteira. Através desse projeto tivemos a oportunidade de aprimorar nossos conhecimentos em Mecânica, Eletrônica e Programação, ou seja, em todos os

ramos da Mecatrônica. Assim, construindo um sistema automatizado, tivemos a oportunidade de verificar o funcionamento de todas as estruturas que o compõem. A elaboração de uma estrutura mecânica, a criação e conexão de todos os componentes eletrônicos e a implementação das linhas de código que coordenam o seu funcionamento são os passos principais da elaboração de um robô ou um sistema automatizado.

Deve ficar claro que essa montagem pode servir de base para inspirar outros inúmeros projetos, bastando apenas utilizar a criatividade. Com um pouco de conhecimento e criatividade, pode-se criar várias montagens interessantes na área de Mecatrônica.