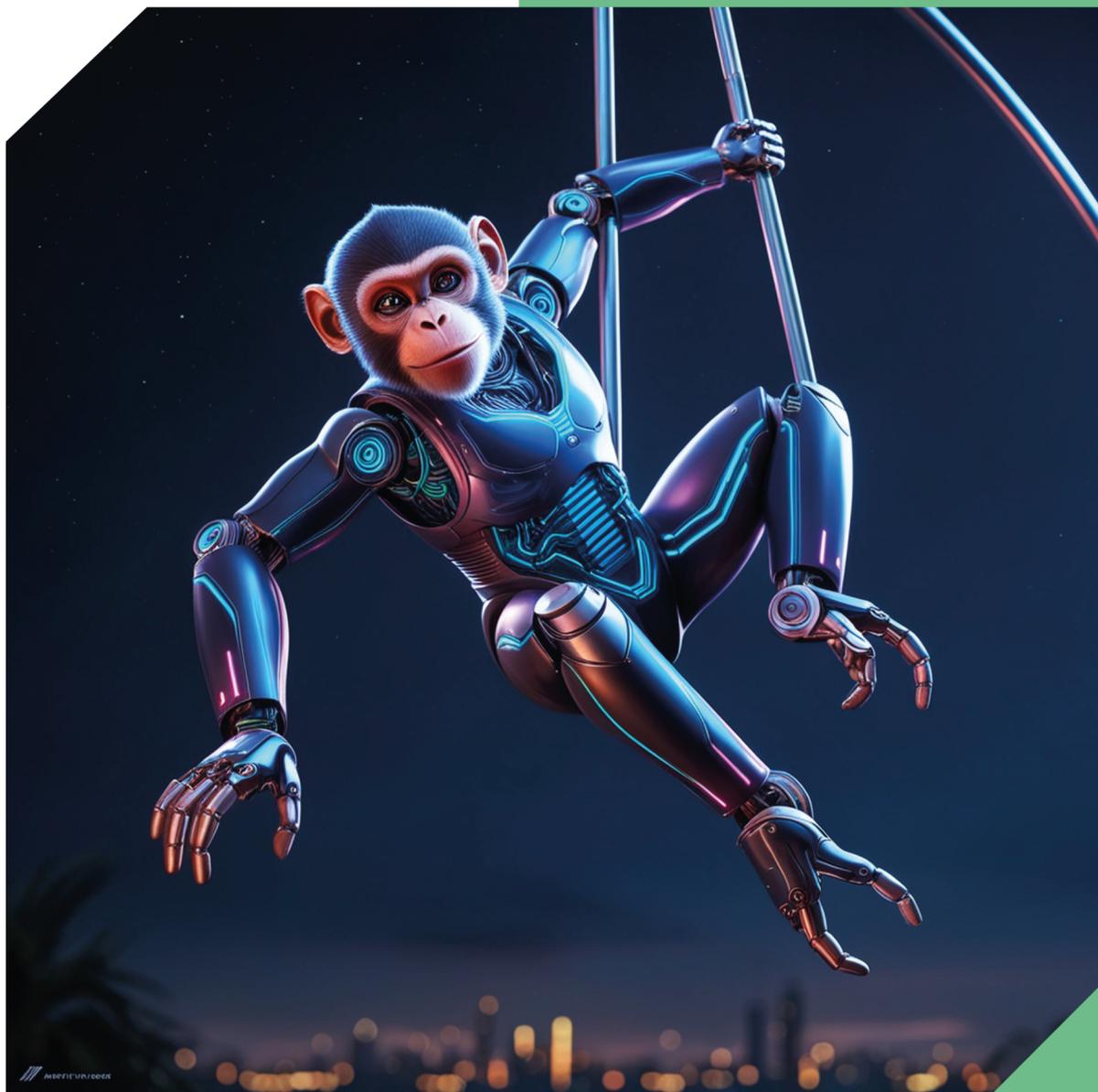


# ROBÓTICA

AULA 02

Primeiros Passos Módulo 4



Robô macaco  
trapezista - I

Diretoria de Tecnologia e Inovação

**GOVERNADOR DO ESTADO DO PARANÁ**

Carlos Massa Ratinho Júnior

**SECRETÁRIO DE ESTADO DA EDUCAÇÃO**

Roni Miranda Vieira

**DIRETOR DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO**

Claudio Aparecido de Oliveira

**COORDENADOR DE TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS**

Marcelo Gasparin

**Produção de Conteúdo**

Adilson Carlos Batista

Andrea da Silva Castagini Padilha

Viviane Dziubate Pittner

**Validação de Conteúdo**

Darice Alessandra Deckmann Zanardini

Viviane Dziubate Pittner

**Revisão Textual**

Kellen Pricila dos Santos Cochinski

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Edna do Rocio Becker

**Apoio Técnico**

Equipe UFMS

2025

# SUMÁRIO

<b>Introdução</b>	<b>2</b>
<b>Objetivos</b>	<b>3</b>
<b>Roteiro da aula</b>	<b>4</b>
1. Contextualização	4
2. Montagem do protótipo	9
<b>Referências bibliográficas</b>	<b>25</b>



## Introdução

Já imaginou um macaco de circo fazendo acrobacias no trapézio? E se te dissesse que podemos construir um usando nossos conhecimentos de robótica? Sim, com a ajuda de um Arduino, alguns motores e um pouco de papelão, isso é totalmente possível.

Com um pouco de criatividade e conhecimento em física e programação, daremos vida ao nosso próprio macaco robô trapezista! Ao longo deste projeto, aprenderemos como os princípios da física, como a força, o movimento e a energia, se aplicam à construção deste modelo de robô. Além disso, exploraremos um pouco mais o mundo da programação e controle de movimento do protótipo por meio do Arduino.

## Objetivos desta aula

- Projetar e construir um robô capaz de simular os movimentos de um macaco trapezista, incluindo balançar e girar;
- Aplicar conhecimentos de eletrônica, mecânica, programação e materiais para otimizar o design e a construção do robô;
- Identificar o centro de massa e o local de contrapeso para o funcionamento do robô trapezista;
- Relacionar o protótipo com o estudo dos movimentos, força e energia;
- Realizar cálculos de ângulos e posições para movimentos precisos dos servomotores.



## Lista de materiais

- Papelão para o protótipo;
- Cola quente;
- Fita adesiva;
- 02 servomotores;
- Jumpers macho-macho;
- 01 placa Arduino Uno;
- Case para pilha 18650;
- Botão liga desliga;
- Arduino;
- Notebook.

## Roteiro da aula

### 1. Contextualização

A robótica, campo interdisciplinar que converge diversas áreas do conhecimento, tem revolucionado como interagimos com o mundo. Ao construir um robô, estamos, na verdade, aplicando conceitos de engenharia, física, matemática e até mesmo das artes, para criar algo funcional e inteligente.

A presença de robôs em espetáculos circenses e de entretenimento é um exemplo marcante dessa evolução. Desde o final do século XX, artistas e engenheiros têm trabalhado juntos para criar performances inovadoras, onde robôs e humanos interagem de forma surpreendente. O uso de

robôs em apresentações circenses reflete uma evolução recente, onde a robótica e a animatrônica têm sido cada vez mais integradas aos espetáculos ao vivo. Um exemplo notável é o "RoboPole", criado pelo artista Martin Riedel e o engenheiro UliK, no qual um robô industrial é adaptado para interagir com acrobatas durante performances em um mastro de circo. Esse robô ajusta seus movimentos em tempo real para apoiar o acrobata, explorando novas possibilidades de expressão artística e expandindo os limites do que é possível no circo contemporâneo.

Figura 1 – RoboPole

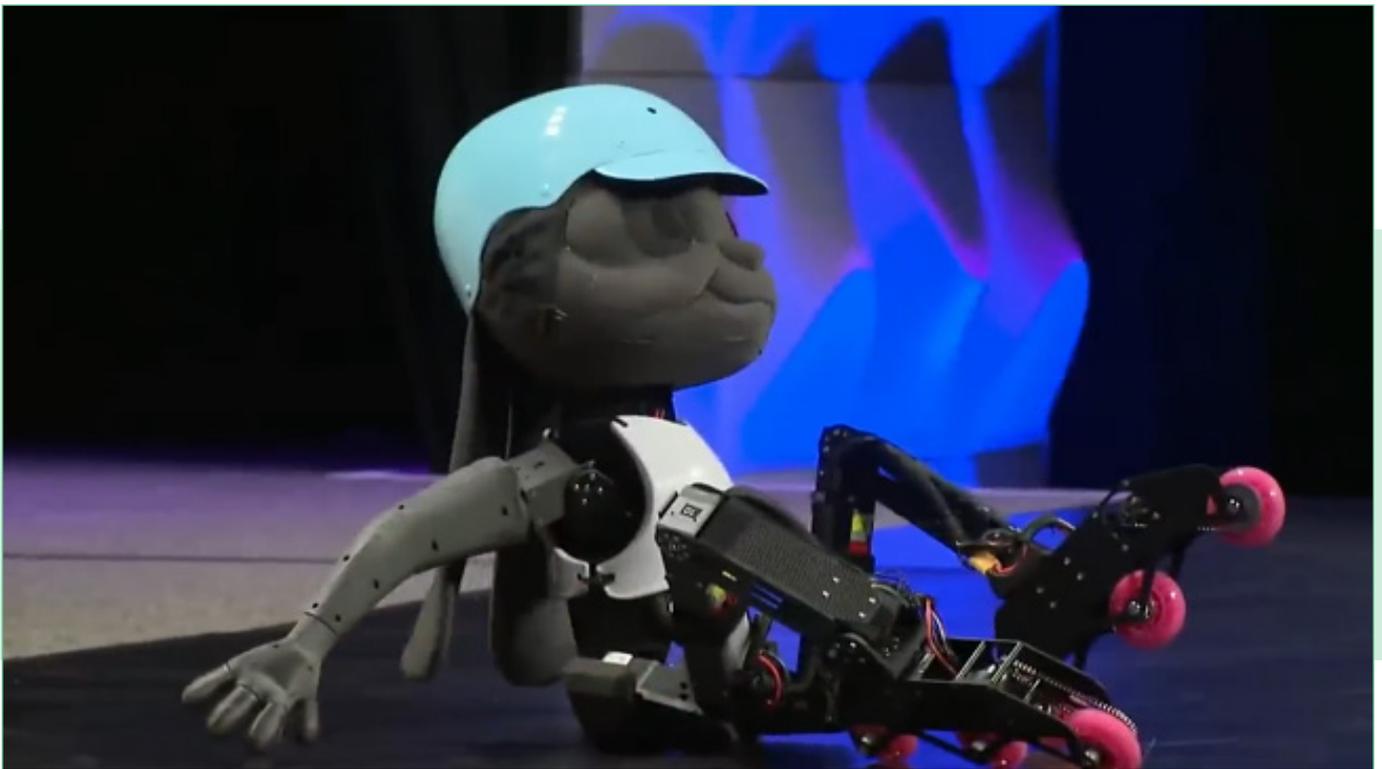


Fonte: [https://stagelync.com/news/app/uploads/2018/06/circus\\_robomain.png](https://stagelync.com/news/app/uploads/2018/06/circus_robomain.png)

## Robô macaco trapezista - I

Além disso, a indústria do entretenimento, especialmente parques temáticos e cinema, revolucionou a experiência do público ao criar animatrônicos hiper-realistas, capazes de imitar com perfeição os movimentos e comportamentos de seres vivos. Empresas como a Disney, por exemplo, substituíram animais reais em suas atrações por robôs sofisticados, garantindo uma experiência mais segura e ética para os visitantes. Um exemplo marcante é a coelha inspirada na personagem Judy Hopps, do filme Zootopia, que encanta o público com sua expressividade e realismo.

Figura 2 - Robô coelha da Disney



Fonte: <https://tek.sapo.pt/multimedia/artigos/disney-experimenta-robots-realistas-e-trapalhoes-para-interagir-com-visitantes-nos-seus-parques-tematicos>

Nos circos modernos, os tradicionais animais de circo estão dando lugar a robôs gigantes, proporcionando ao público uma experiência única e inovadora. Essa nova geração de artistas robóticos permite que os espetáculos circenses combinem a magia do tradicional com a tecnologia do futuro. Inspirados nessa tendência, vamos construir um macaco robô trapezista usando materiais simples como papelão, Arduino e uma fonte de alimentação.

## Para saber mais...

A **Lei Estadual n.º 16.667, de 17 de dezembro de 2010**, promulgada no Paraná e publicada no Diário Oficial em 18 de janeiro de 2011, proíbe a manutenção, comercialização e utilização de animais selváticos ou domésticos, nativos ou exóticos, em espetáculos circenses ou qualquer outro evento que explore esses animais. A norma permite a presença de animais domésticos de estimação nos circos apenas quando acompanhados de seus donos. Os circos que possuem animais devem destiná-los a zoológicos ou similares, respeitando a responsabilidade dos donos por eventuais danos morais ou físicos causados pelos animais.

O descumprimento da lei acarreta sanções como a interdição do espetáculo, o cancelamento da licença de funcionamento e multas estipuladas pelo órgão responsável. Além disso, podem ser aplicadas sanções adicionais previstas em legislações federais ou municipais e processos criminais pertinentes. A lei entrou em vigor na data de sua publicação.

Fonte: <https://leisestaduais.com.br/pr/lei-ordinaria-n-16667-2010-parana-proibe-a-manutencao-e-a-comercializacao-de-animais-selvaticos-ou-domesticos-sejam-nativos-ou-exoticos-em-espetaculos-circenses-ou-qualsquer-outros-que-explorem-esses-tipos-de-animais-e-da-outras-providencias>

## Robótica e física: os bastidores do nosso mágico trapezista

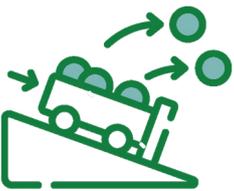
Preparado para desvendar os segredos por trás dos movimentos do nosso macaco robô trapezista? A física é a grande protagonista dessa aventura! Imagine o balanço do nosso macaco: ele é muito parecido com o movimento de um pêndulo de relógio, indo e vindo de um lado para o outro. Mas como isso é possível? A resposta está em conceitos importantes que vêm desta área de conhecimento, como período, amplitude, inércia e cinemática.



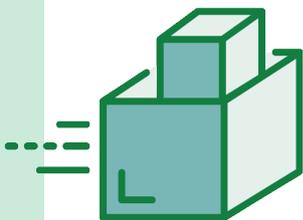
- **Período:** é o tempo que o robô leva para completar um balanço completo. Imagine-o como o tempo que um pêndulo leva para ir e voltar. Esse tempo depende do tamanho do “braço” do nosso macaco e da força da gravidade.



- **Amplitude:** é a distância máxima que o robô se afasta do ponto central do balanço. Quanto maior a amplitude, maior o balanço!



- **Inércia:** já pensou em tentar parar um carrinho de brinquedo em movimento? A tendência dele é continuar se movendo, certo? Essa é a inércia! No nosso robô, a inércia faz com que ele continue balançando mesmo após receber um impulso inicial, claro que, nesse caso, os servomotores farão esse trabalho.



- **Cinemática:** essa área da física estuda os movimentos. Para que nosso macaco se mova de forma realista, precisamos controlar sua velocidade, aceleração e força. Isso será feito por meio da programação com o Arduino e os servomotores.

## A conexão com o mundo real

Além de nos divertir, construir um robô trapezista nos ajuda a entender melhor o mundo ao nosso redor. O movimento pendular que estudamos está presente em diversos objetos, desde brinquedos até pontes. Ao programar nosso robô, estamos, na verdade, aplicando os mesmos princípios que regem o movimento de um acrobata nas barras paralelas ou de um artista circense no trapézio.

## E a programação?

Para garantir que nosso macaco robótico execute os movimentos de forma precisa e fluida, é fundamental programar o Arduino de forma detalhada. A programação funciona como uma receita de bolo, onde cada instrução é um ingrediente essencial. Ao adicionar um novo componente ou função ao robô, é preciso revisar e ajustar o código para garantir que tudo funcione em harmonia.

Ao programar os servomotores, por exemplo, definimos não apenas a velocidade, mas também o ângulo exato de cada movimento. Essa precisão é crucial para que o robô trapezista realize as acrobacias com sucesso. A sincronização entre os movimentos dos diferentes servomotores é outro ponto-chave, pois garante a coordenação necessária para simular os movimentos complexos de um macaco.

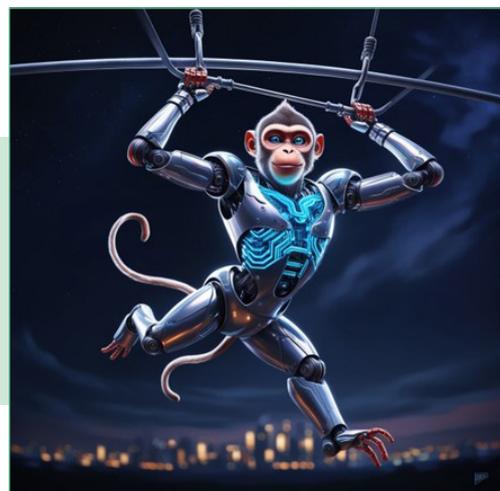
## Em resumo:

Ao construir nosso macaco robô trapezista, estamos explorando um universo de conhecimentos:

- **Física:** entendemos como os objetos se movem e interagem com o ambiente.
- **Programação:** aprendemos a dar vida às nossas ideias através da programação.
- **Engenharia:** aplicamos nossos conhecimentos para criar um sistema mecânico funcional.
- **Arte:** criamos um espetáculo único, combinando tecnologia e criatividade.

Evidentemente, para além dessas áreas, nosso robô trapezista pode se relacionar diretamente com as artes circenses do trapézio e com a modalidade da ginástica olímpica, na qual o sportista utiliza as barras paralelas para se movimentar com acrobacias.

Figura 3 - Robô macaco trapezista



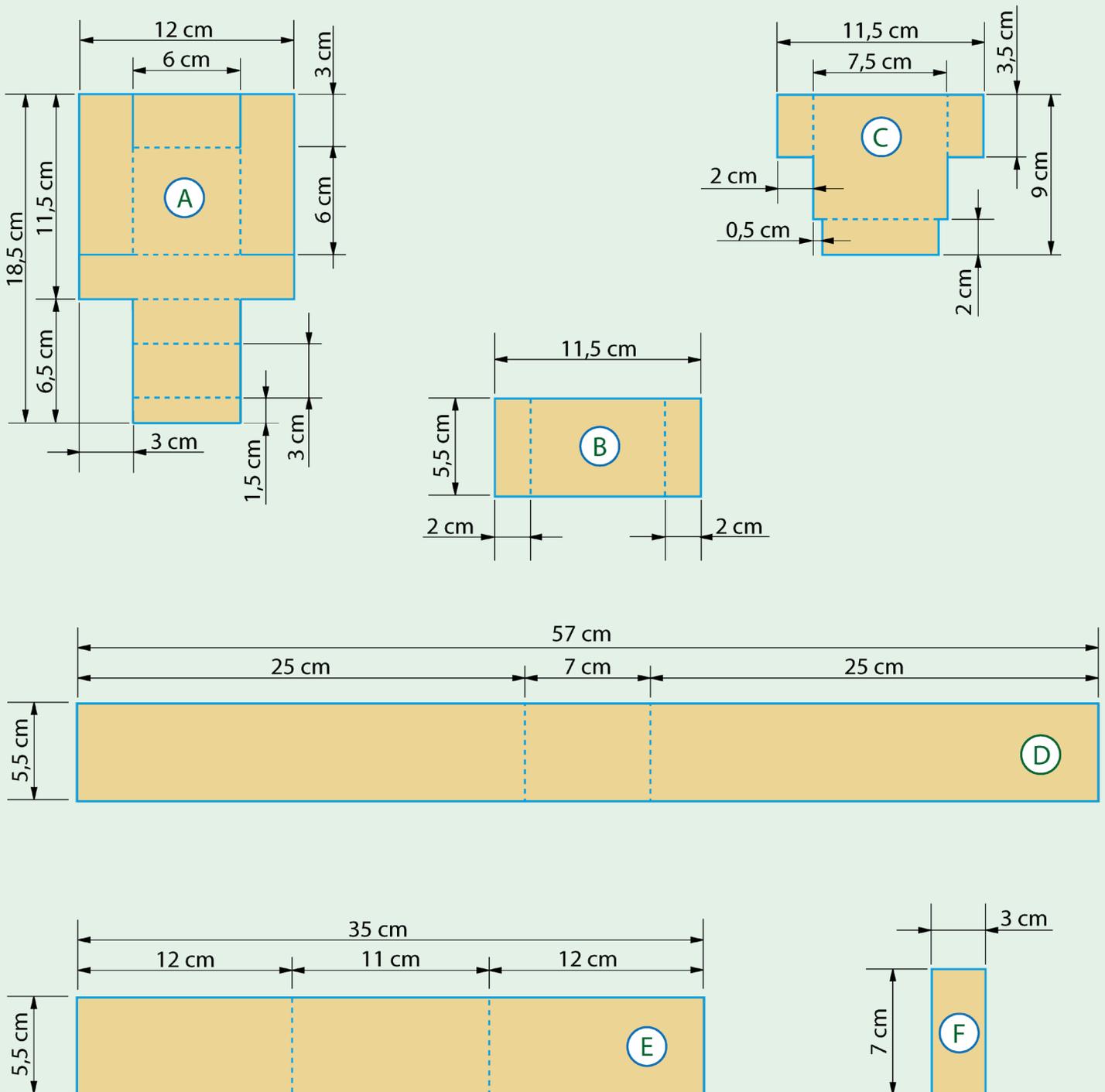
Fonte: Figura produzida por IA, 2024.



# Robô macaco trapezista - I

Agora, corte o papelão nas medidas indicadas no gabarito a seguir:

Figura 5 – Gabarito com as medidas das peças do robô trapezista



Na **peça D**, faça furos para inserir os dois servomotores. Esses furos devem ter as dimensões adequadas para os servomotores utilizados, mais ou menos 23 mm.

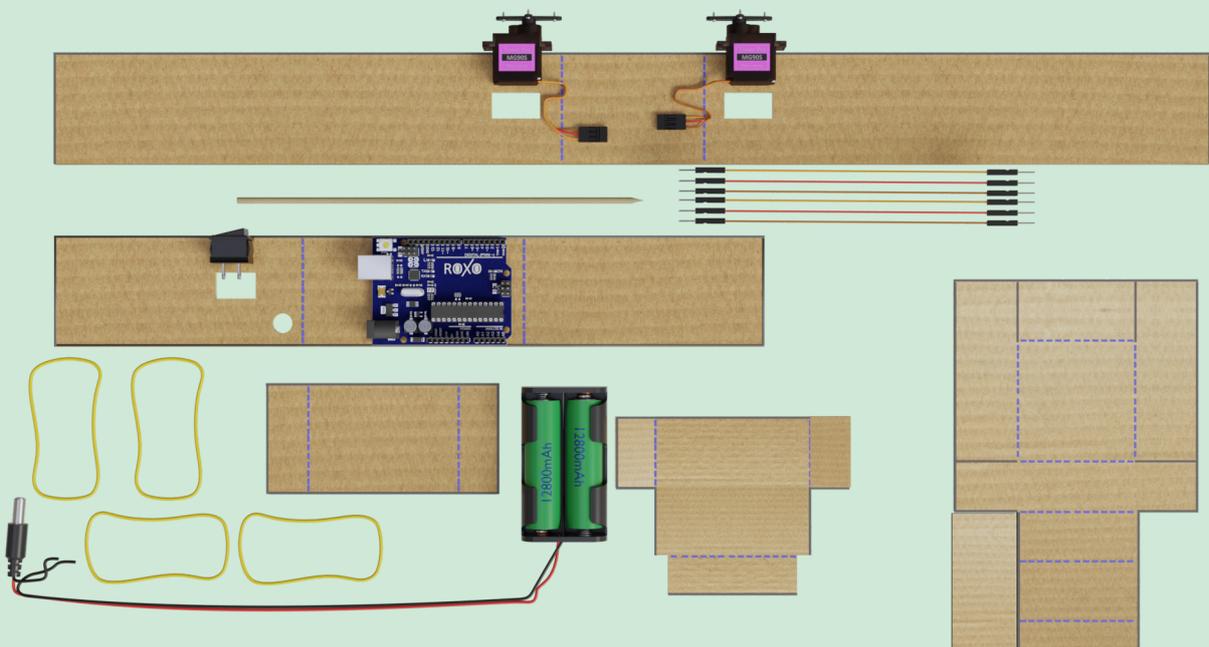
Na **peça E**, faça um furo com aproximadamente 14 mm de diâmetro para o botão de liga/desliga. Esse furo deve ser ajustado ao tamanho do botão escolhido, garantindo um encaixe seguro e funcional para o robô trapezista.

Para fixar os componentes durante a montagem, utilize fita crepe ou cola quente. Aplique com cuidado para não danificar os componentes.

Ao final da aula, remova os componentes com cautela para poderem ser reutilizados em atividades futuras.

A figura abaixo apresenta um diagrama detalhado das peças, indicando os pontos exatos para a fixação dos servomotores e do botão. Analise atentamente a figura antes de iniciar a montagem, certificando-se de compreender a posição correta de cada componente.

Figura 6 – Gabarito das peças com os componentes robóticos colocados



## Construindo o rosto do macaco

Pegue a **peça A** e realize as dobras conforme indicado na Figura 7. Após as dobras, faça os recortes nas partes laterais para criar o formato do rosto do macaco. Lembre-se de que, neste projeto, estamos montando um robô em forma de macaquinho trapezista. No entanto, o protótipo pode ser adaptado para representar qualquer outro animal ou até mesmo um robô humanoide, conforme sua preferência e criatividade no desenvolvimento do projeto.

Figura 7 – Peça A – Recorte da cabeça do macaquinho



Dobre a parte superior da peça recortada conforme indicado. Em seguida, dobre as partes laterais inferiores e cole-as, fixando-as como mostrado na sequência da Figura 8. Isso garantirá que a estrutura esteja estável e pronta para as próximas etapas do projeto.

Pegue a **peça A** e dobre conforme Figura 8.

Figura 8 - Peça A com as dobras



# Robô macaco trapezista - I

Figura 9 - Peça C

Pegue a **peça C** e dobre as partes laterais, conforme a Figura 9.

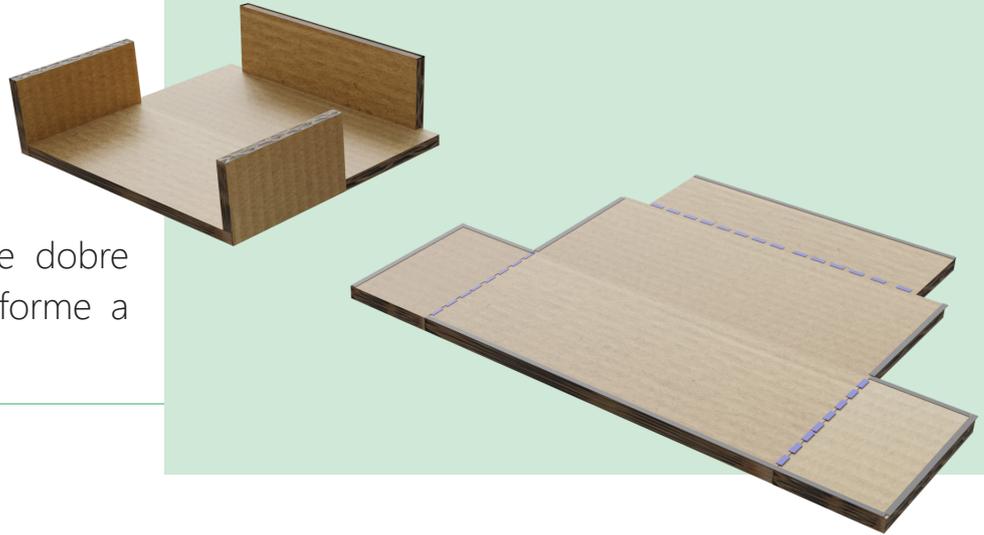


Figura 10 - Peça D

Dobre as laterais da **peça B**. A partir da linha da dobra, meça cerca de 1 cm e marque essa distância.

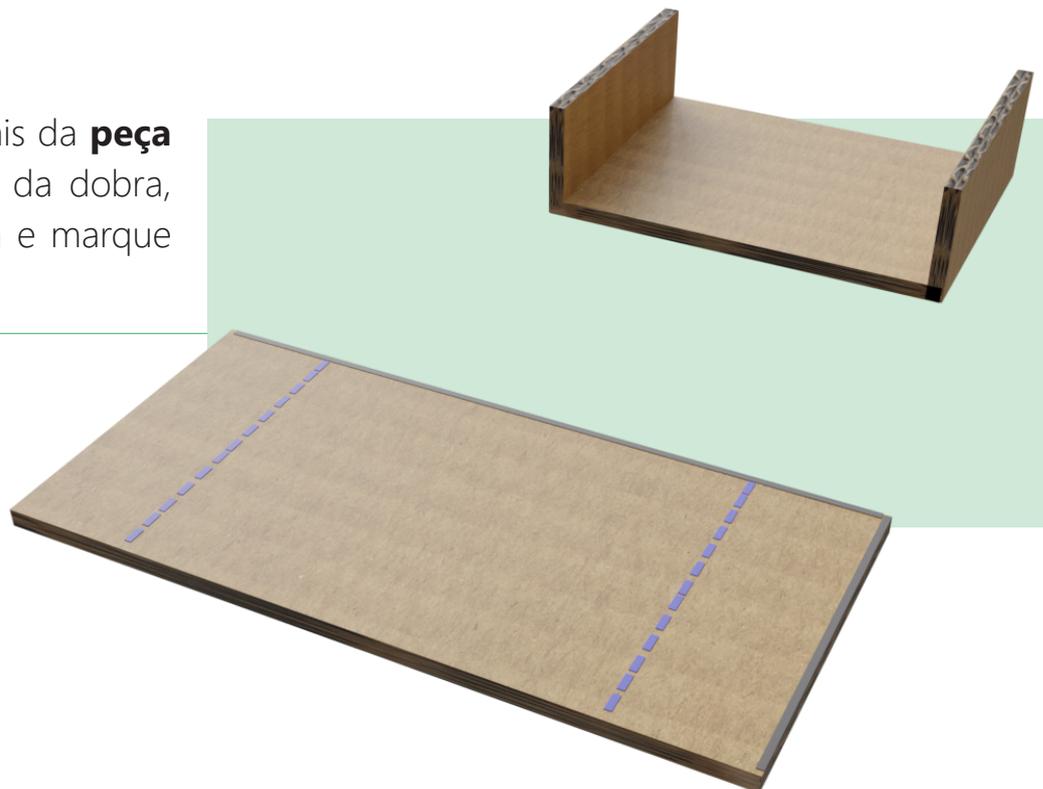


Figura 11 - Peça para acoplar o servomotor

Faça um recorte retangular em cada lateral da **peça D**, com dimensões de aproximadamente 23 mm, o suficiente para inserir os servomotores com segurança nesses orifícios.

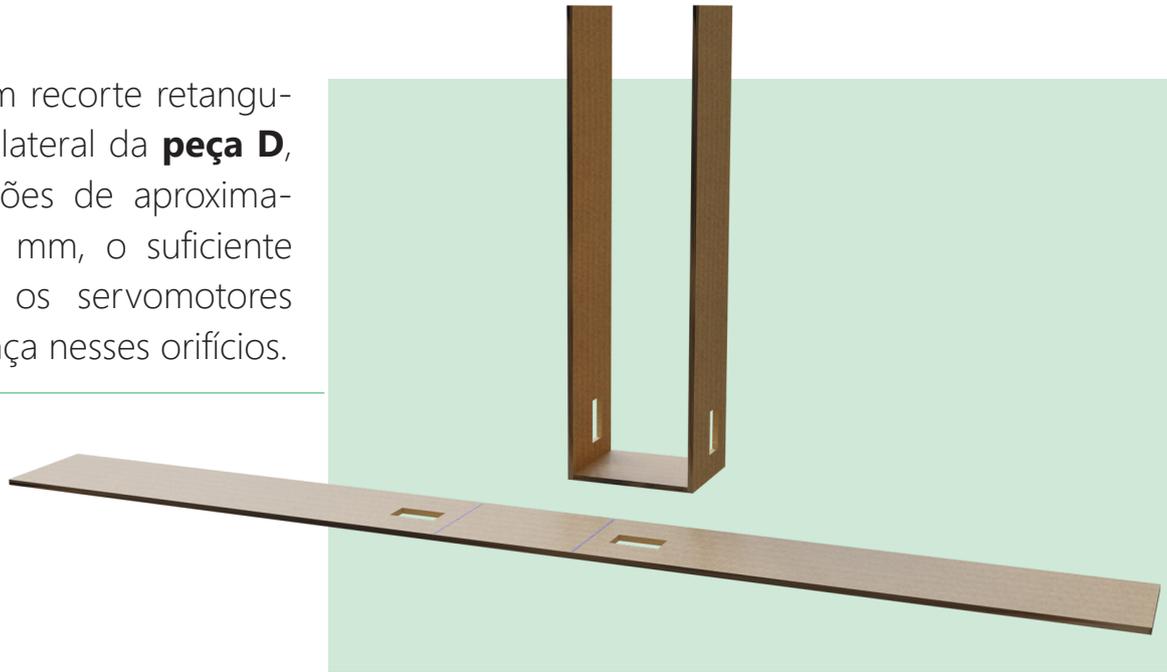
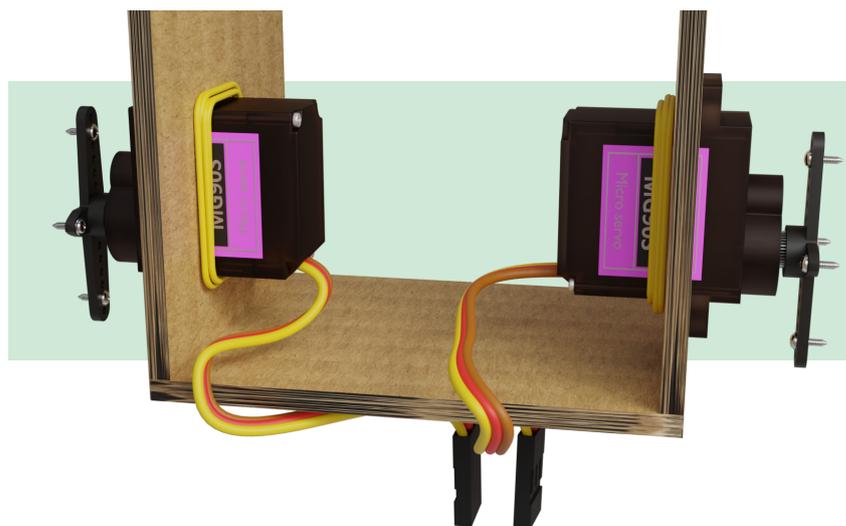


Figura 12 - Servomotores acoplados

Insira os dois servomotores nos orifícios da peça D. Enrole um elástico ao redor da base interna de cada servomotor para fixá-los, garantindo que fiquem bem presos e não se movam. Pegue a pá em formato de "T" e fixe-a nos servomotores utilizando quatro parafusos. Certifique-se de que as extremidades da pá fiquem voltadas para fora, pois essas partes serão usadas para conectar a próxima etapa do projeto.



Alinhe as **peças C e D** e cole-as pelas laterais indicadas como "1" (lados previamente dobrados). Cole a **peça C** na **peça D**, alinhando-as conforme a orientação da montagem. Após a colagem das duplas (C e D; A e F), junte essas duas estruturas conforme demonstrado na Figura 13. Essa montagem formará a estrutura base do robô trapezista, preparando-o para as etapas finais de fixação dos componentes e ajustes.

Figura 13 - Colando a parte de trás

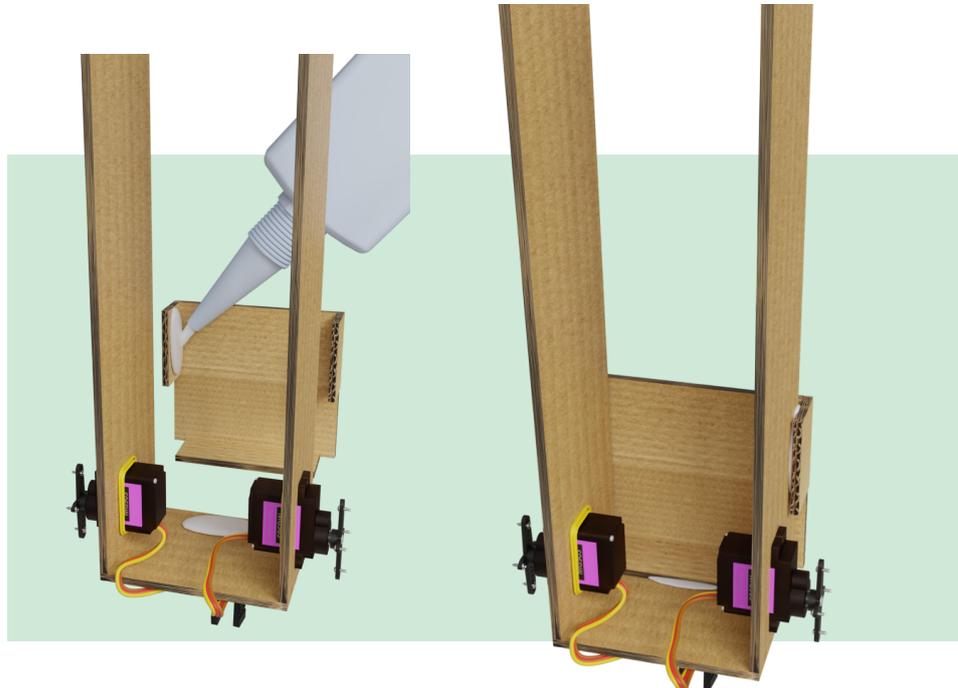
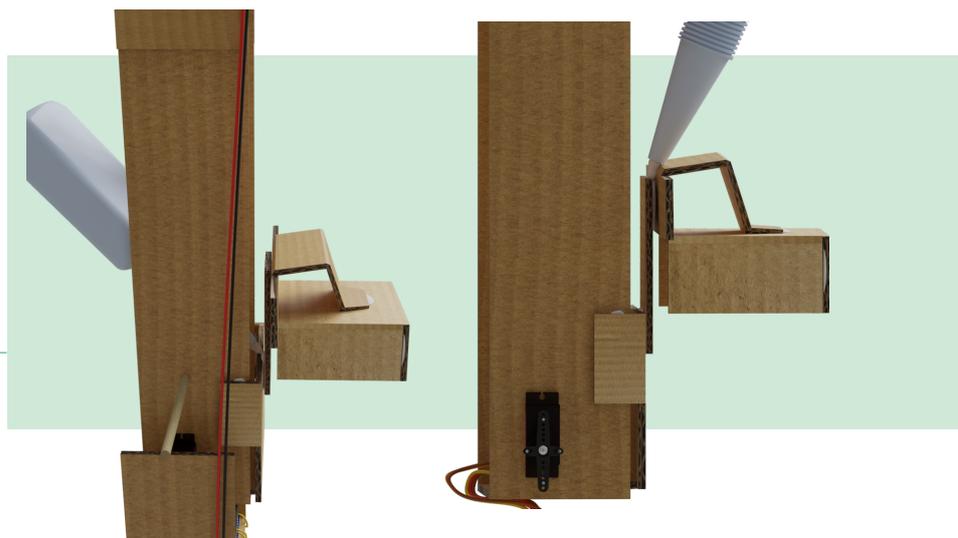


Figura 14 - Colando a parte de trás

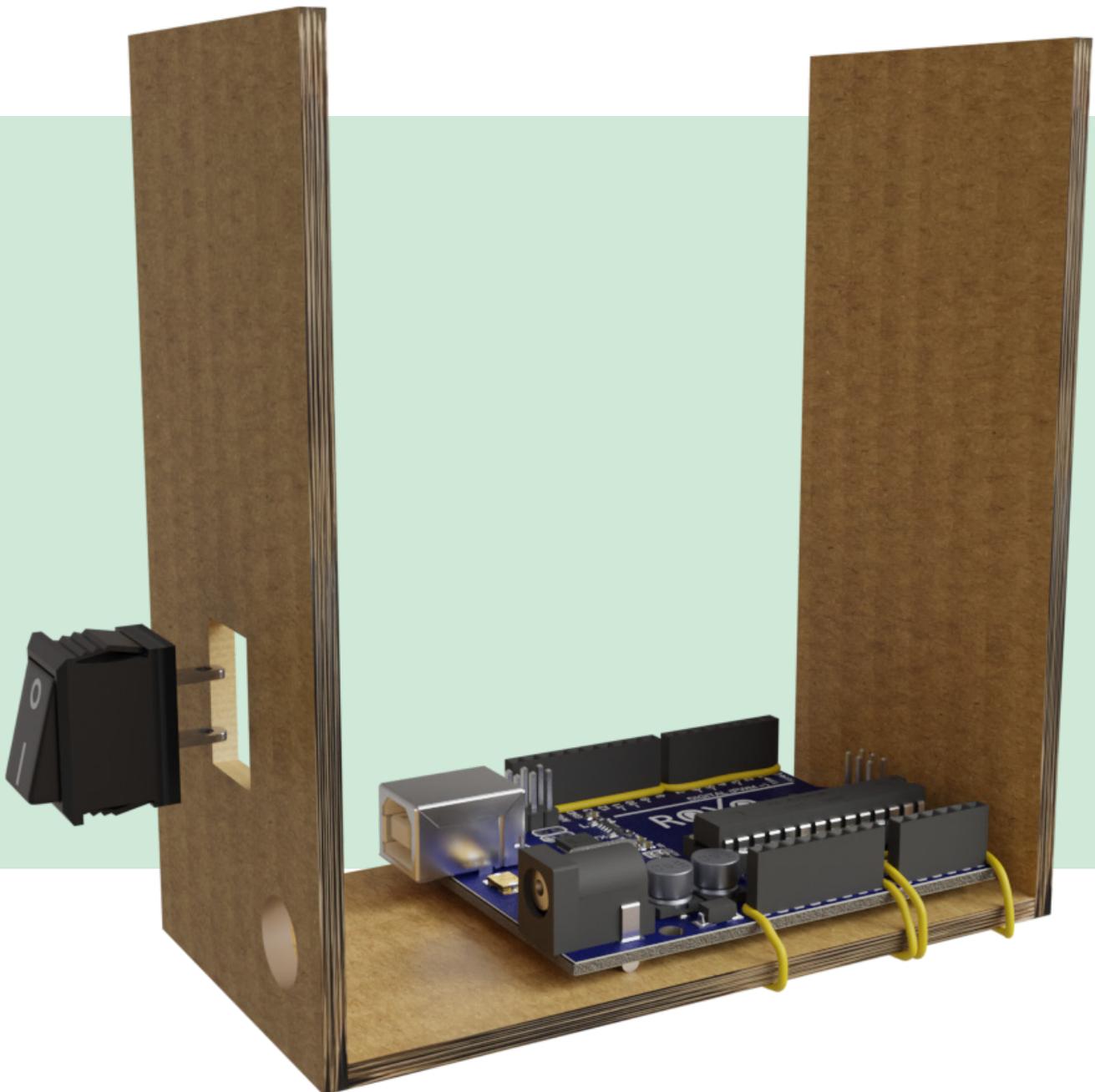
Cole a parte superior da cabeça (**peças A, F e C**), montadas anteriormente, na parte de trás do corpo do macaco.



# Robô macaco trapezista - I

Pegue a **peça E**, dobre as extremidades marcadas como 1-1, da mesma forma que foi feito com as outras peças. Em seguida, insira o plugue de liga/desliga no furo previamente recortado para essa finalidade. Esses passos ajudarão a fixar os componentes de maneira segura e organizada.

Figura 15 – Inserindo o plugue liga/desliga



# Robô macaco trapezista - I

Porém, não faça as conexões eletrônicas desses dois componentes ainda. As conexões deverão ficar mais ou menos conforme a Figura 16, antes vamos unir as partes do macaco robô trapezista.

Figura 16 - Componentes eletrônicos

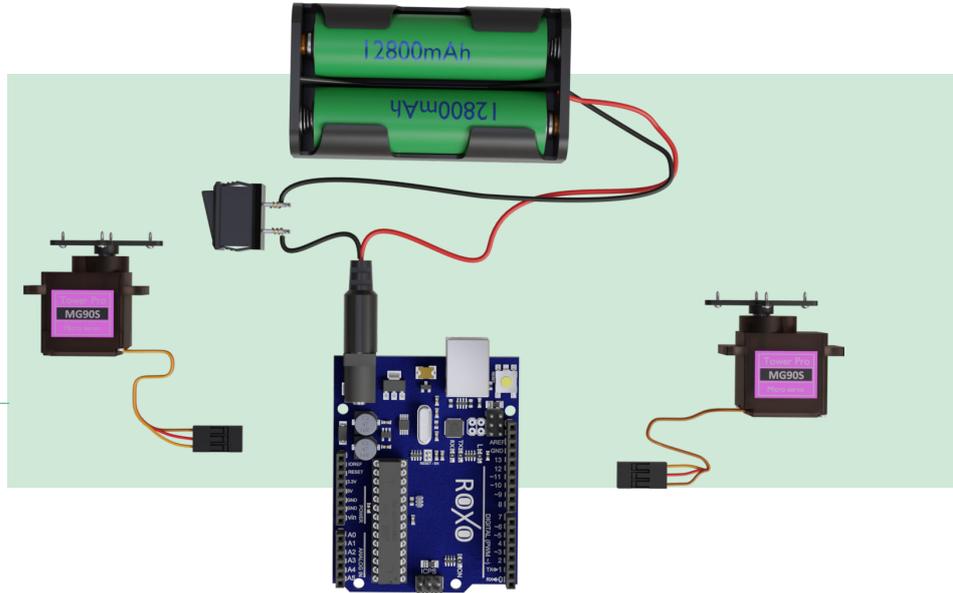
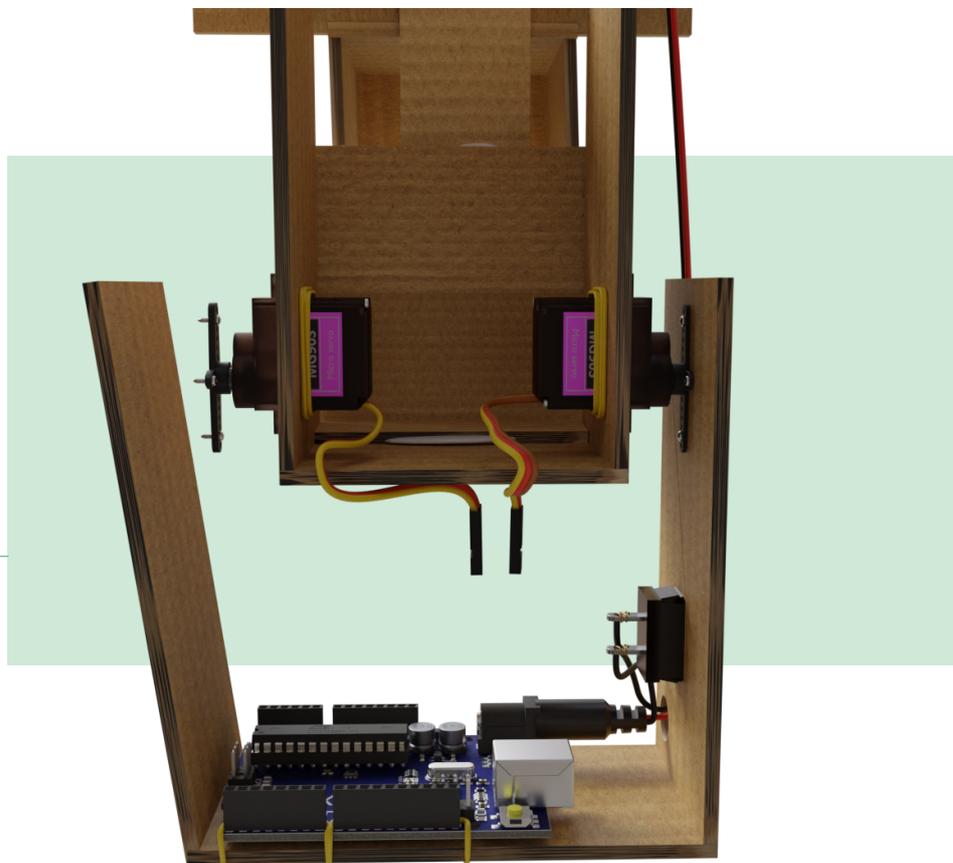


Figura 17 - Unindo as partes do macaco trapezista

Com as duas partes do macaco trapezista já montadas, aplique cola quente nas pás dos servomotores. Una as duas peças, pressionando para ficarem firmemente conectadas e apertando os parafusos das pás, Figura 17.



# Robô macaco trapezista - I

Figura 18 – Colagem da parte superior

Utilize cola quente ou cola para papel para fixar a parte superior do macaco trapezista (**peça B**). Aplique a cola nas áreas indicadas e cole a parte superior com cuidado, conforme mostrado na Figura 18, garantindo que as peças se alinhem corretamente. Essa etapa finaliza a montagem da estrutura, deixando o robô mais sólido e preparado para as conexões eletrônicas.

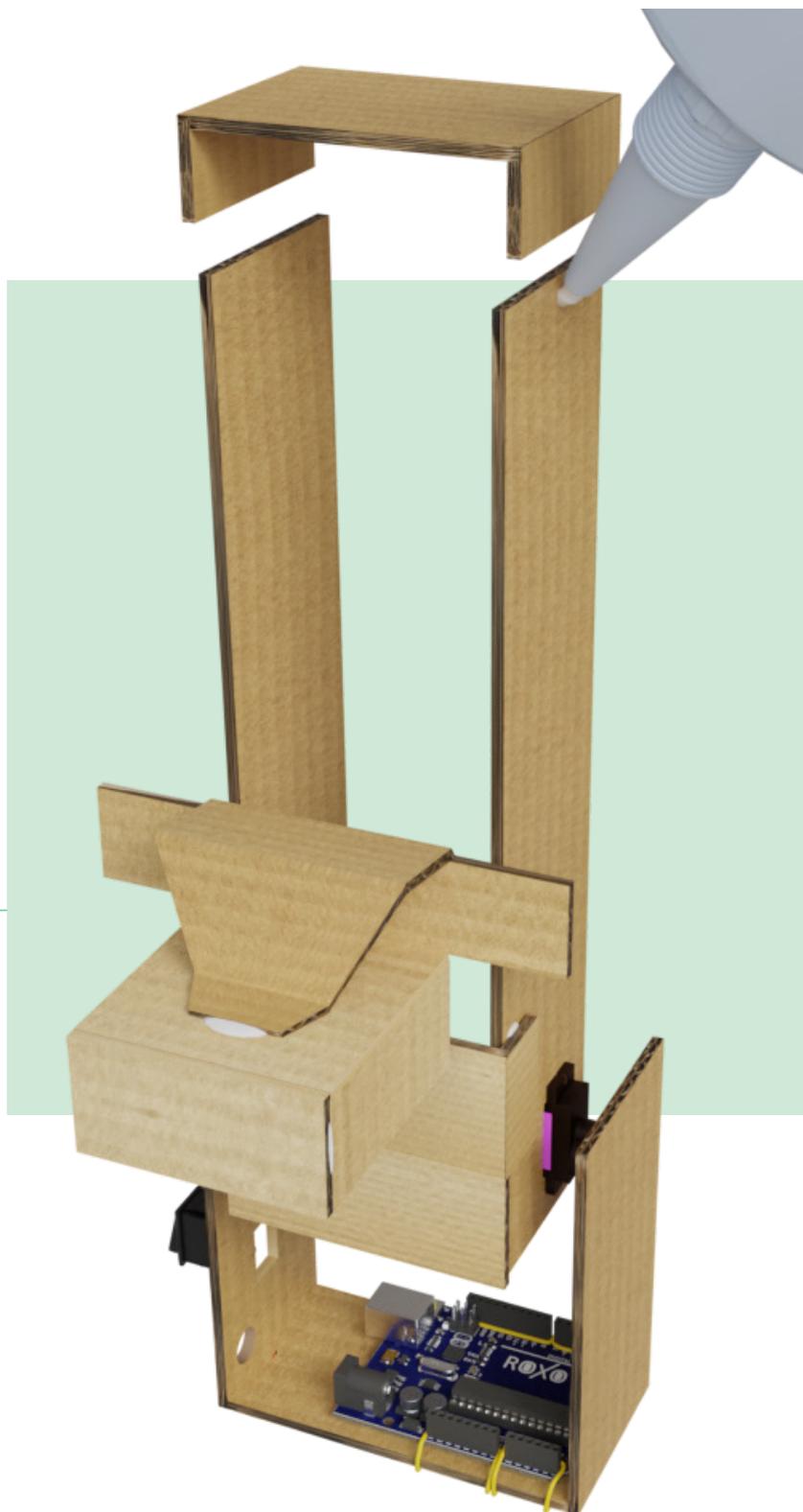
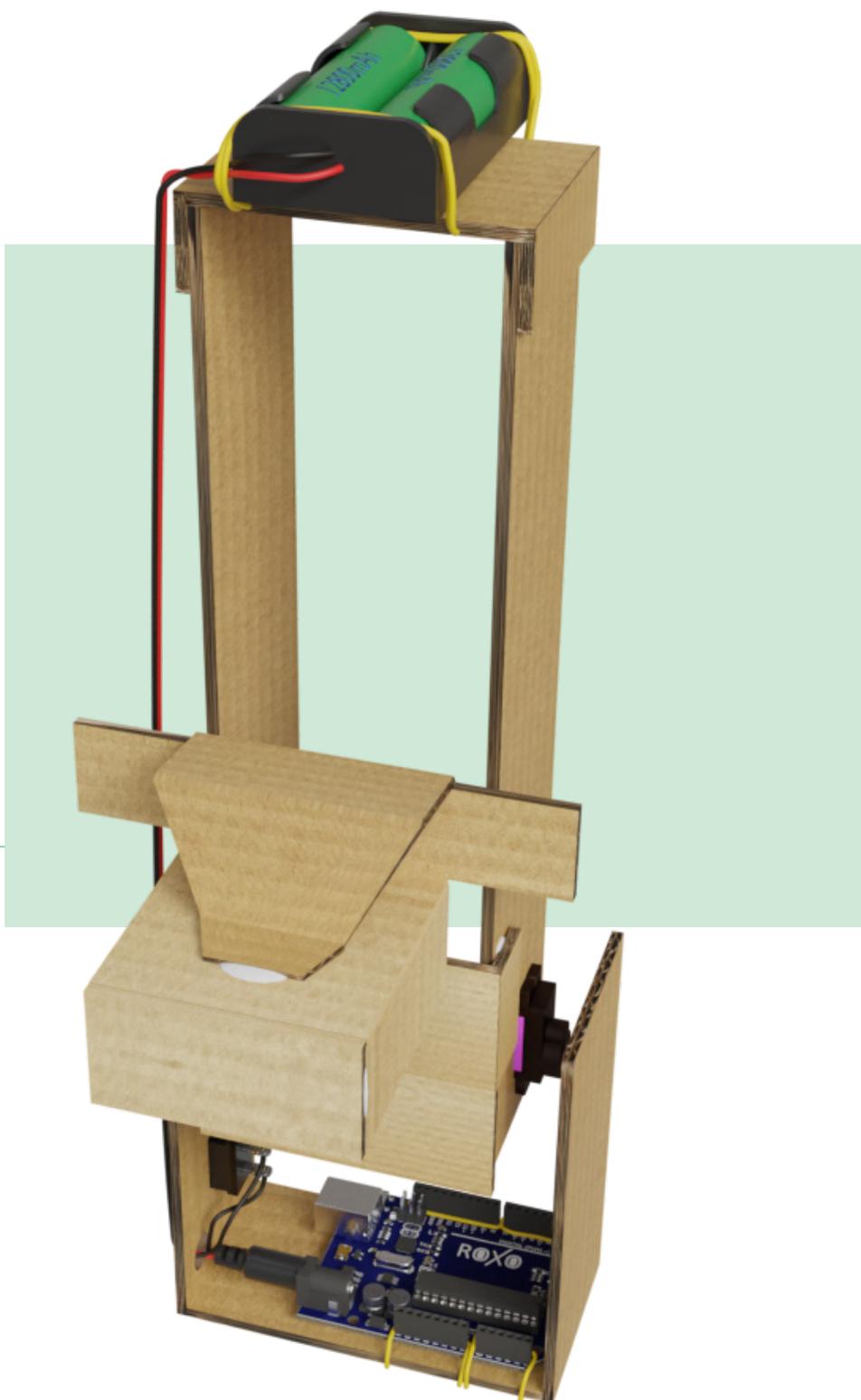


Figura 19 – Colagem

Na parte superior do projeto, como na Figura 19, cole algum objeto pesado para atuar como contrapeso na movimentação do macaco. Nesse caso, foram escolhidas duas baterias. Que além de funcionarem como contrapeso, serão a fonte de energia para movimentar toda a estrutura. Usando elástico de dinheiro, prenda a caixa das baterias na parte superior – Figura 19.



# Robô macaco trapezista - I

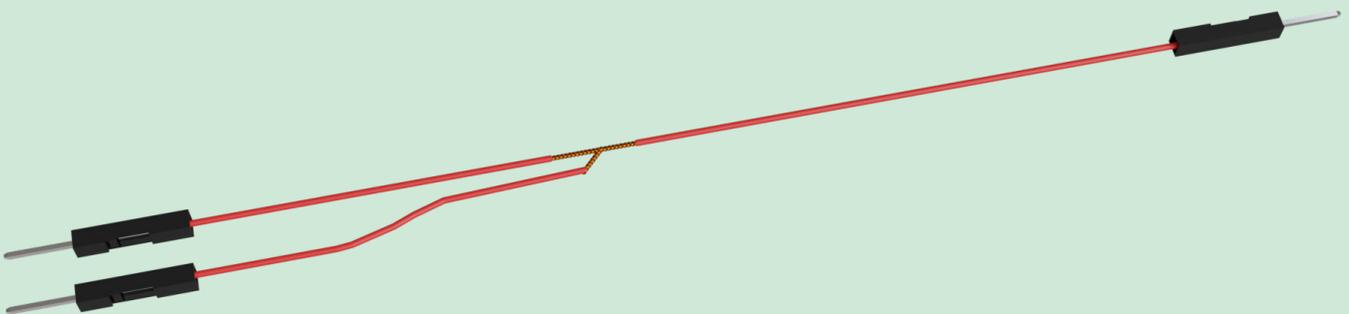
Para ligar e desligar a bateria, será necessário adaptar o terminal Jack, que incluirá um botão de liga/desliga. Esse botão permitirá controlar o fornecimento de energia ao robô. Realize uma emenda de fio para conectar o terminal Jack ao case da bateria. Na imagem, o case está ilustrado com duas baterias 18650, mas, se preferir, pode-se usar uma fonte de 9V como fonte de energia. No caso de utilizar as duas baterias, elas devem ser conectadas corretamente ao case, conforme indicado na imagem, garantindo uma ligação segura e funcional. Essa adaptação permitirá o controle da alimentação de energia e o ajuste da fonte de energia conforme a necessidade do projeto.

No caso da alimentação dos dois servomotores, nós utilizamos no projeto dois jumpers e uma única conexão, pois queremos evitar o uso da protoboard como alimentação. Ao invés disso, conectamos diretamente no Arduino Roxo, que possui apenas uma saída de 5 volts. Por isso, será necessária a adaptação de dois jumpers em uma única conexão, removendo uma parte da capa isolante e conectando em um único jumper, conforme Figura 20.

## ATENÇÃO

A remoção do isolamento do jumper deve ser feita com cuidado para não se cortar e depois usar fita isolante para evitar curto-circuito.

Figura 20 – Adaptação do jumper para conexão dos servomotores



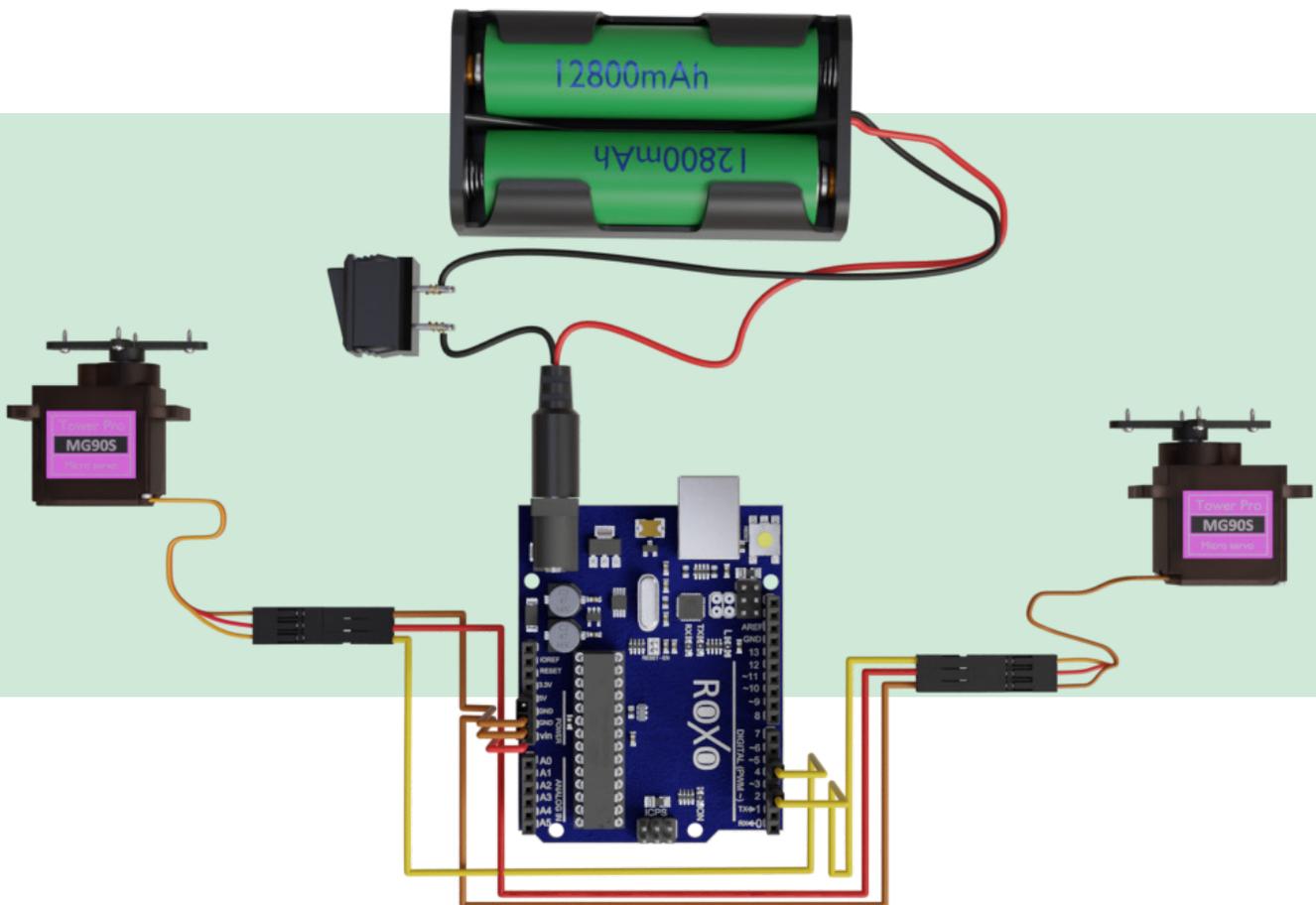
# Robô macaco trapezista - I

Para as conexões dos componentes eletrônicos, siga o diagrama abaixo representado na Figura 21.

**Fonte de alimentação:** a bateria do case será conectada diretamente ao Arduino. O polo negativo da bateria será ligado ao botão liga/desliga, que por sua vez estará conectado ao terra do Arduino. Essa configuração permitirá ligar e desligar o circuito através do botão.

**Servomotores:** os sinais de controle dos servomotores serão conectados aos pinos digitais 5 e 6 do Arduino. A terra dos servomotores será conectada ao terra comum do circuito. Para a alimentação dos servomotores, utilize um único ponto de alimentação: o pino VIN do Arduino. Conecte os fios de alimentação positiva dos servomotores em um ponto comum e, em seguida, conecte esse ponto ao pino VIN. Essa configuração simplifica a conexão e garante que todos os servomotores recebam a mesma tensão.

Figura 21 – Esquema de montagem eletrônica no protótipo

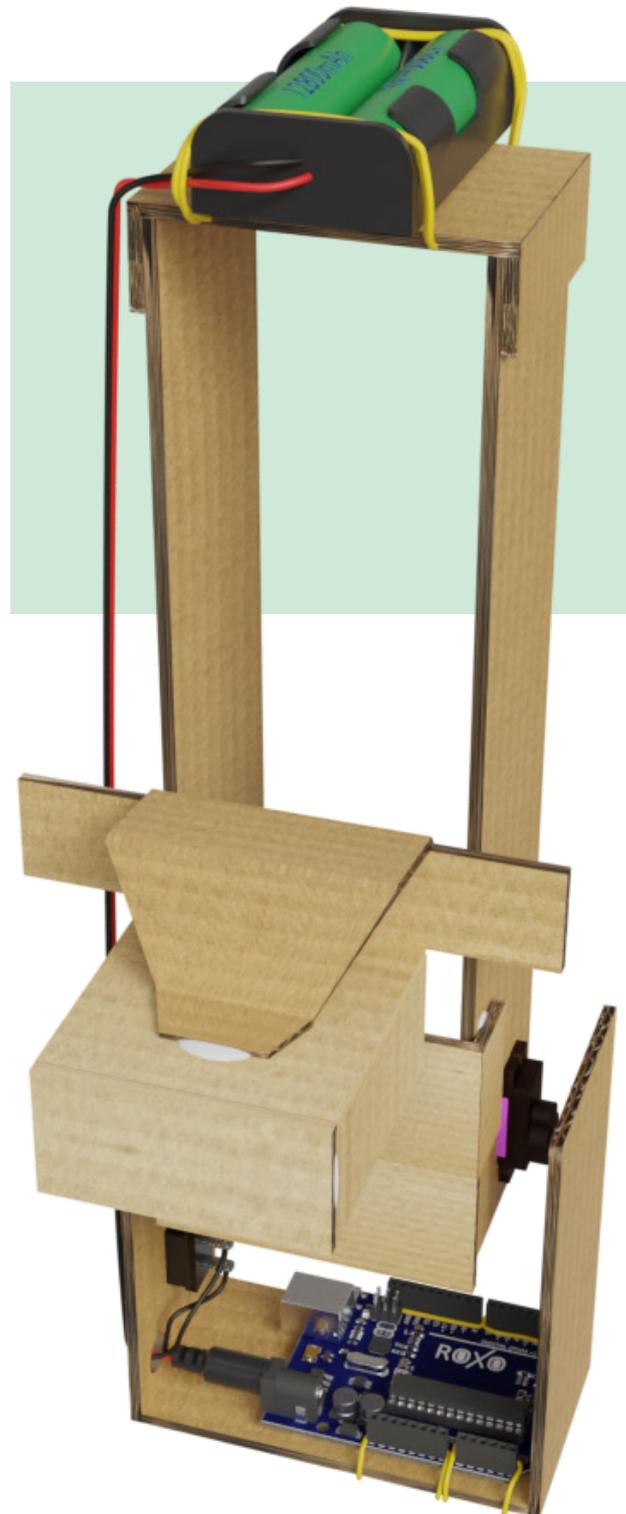


Com a montagem do protótipo pronta, precisamos fazer a calibragem do peso corretamente para o giro do macaco robô trapezista ocorrer de forma contínua. Para isso, recordemos alguns itens da física vistos acima:

**Amplitude** - representa a distância máxima que o robô trapezista se afasta do ponto central do balanço. Quanto maior a amplitude, mais amplo será o movimento do trapézio. No projeto, a amplitude será determinada pela programação dos servomotores. Ao programar o Arduino, definiremos o ângulo máximo de movimento dos servos para que o robô atinja a amplitude desejada. Se quisermos um movimento mais amplo, o ângulo de rotação dos servomotores deve ser aumentado. Esse controle da amplitude permite que o robô balance de forma marcante, proporcionando uma ação de trapézio autêntica. Entretanto, será necessário encontrar o eixo para os movimentos, conforme Figura 22.

**Inércia** - a tendência de um objeto em movimento continuar se movendo, neste caso do robô, a inércia permitirá que ele continue balançando após o impulso inicial dado pelos servomotores, o peso na estrutura do robô ajudará a manter o movimento, simulando o efeito da inércia. Isso será especialmente importante para prolongar o balanço do trapézio. A programação controlará o movimento dos motores, mas a própria massa do robô contribuirá para que o balanço se mantenha por um tempo, antes que os motores deem um novo impulso.

Figura 22 – Protótipo com as partes eletrônicas montadas

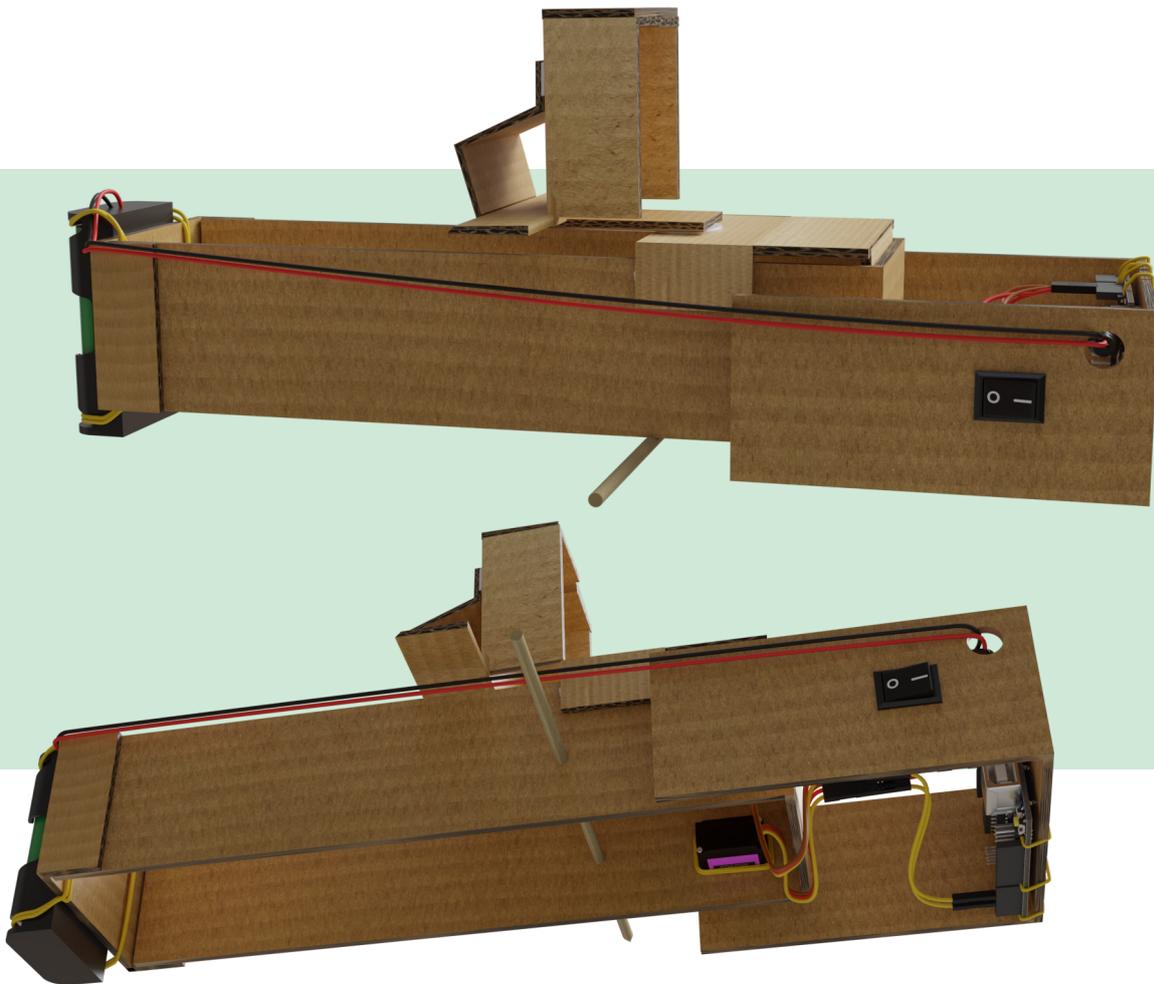


# Robô macaco trapezista - I

Com isso, lembre-se também que estamos trabalhando com uma área específica da Física, a **Cinemática**, que nos apresenta os aspectos como velocidade, aceleração e força. Para que o movimento do robô seja realista, a programação no Arduino definirá a velocidade e a aceleração dos servomotores. A velocidade de rotação dos servos determinará quão rápido o robô balança, enquanto a aceleração controlará a suavidade e o ritmo do movimento. Isso envolve ajustes na programação para que o robô imite o movimento natural de um trapezista.

O ponto de giro central é fundamental para o equilíbrio e a amplitude do movimento do robô. Para encontrá-lo, posicione o robô de forma que o centro de massa esteja equilibrado ao longo do eixo do trapézio, conforme Figura 23. Esse será o eixo de rotação, faça um furo e insira o eixo (palito), permitindo um balanço uniforme e controlado.

Figura 23 - Contrapeso posicionado



# Robô macaco trapezista - I

Com a estrutura montada e o eixo feito, partiremos para a programação e testes, isso será realizado na próxima aula.

Figura 24 - Protótipo pronto para receber a programação



Fonte: Roberto Carlos Rodrigues, 2024.

## REFERÊNCIAS

ARDUINO. Documentação de Referência da Linguagem Arduino. Disponível em: <https://www.arduino.cc/reference/pt/>. Acesso em: 27, mai. 2024.

YOUTUBE. DIY Swinging Monkey Robot - Fun & Educational STEAM Project. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AR2uhFIK1rl>. Acesso em 21 de nov. 2024.

PARREIRA, Rui. Disney experimenta robots realistas e trapalhões para interagir com visitantes nos seus parques temáticos. Disponível em: <https://tek.sapo.pt/multimedia/artigos/disney-experimenta-robots-realistas-e-trapalhoes-para-interagir-com-visitantes-nos-seus-parques-tematicos>. Acesso em 26 de nov. 2024.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL (UFMS)**  
**FACULDADE DE COMPUTAÇÃO (FACOM)**

**PROFESSORES**

- Amaury Antônio de Castro Junior
- Anderson Corrêa de Lima
- Glauder Guimarães Ghinozzi
- Graziela Santos de Araújo
- Said Sadique Adi

**ESTUDANTES**

- Arthur Henrique Andrade Farias - Ciência da Computação
- Anny Beatriz Silva Corrêa Aranda - Ciência da Computação
- Bruno Pereira Wesner da Silva - Engenharia de Computação
- Fernanda das Neves Merqueades Santos - Ciência da Computação
- Gabriel Pereira Falcão - Ciência da Computação
- Jenniffer Oliveira Checchia - Ciência da Computação
- Leonardo Vargas de Paula - Sistemas de Informação
- Marcos Gabriel da Silva Rocha - Engenharia de Computação
- Maria Paula do Nascimento Santos - Engenharia de Computação
- Nathanael Martins Wink - Ciência da Computação
- Victor Luiz Marques Saldanha Rodrigues - Ciência da Computação

**DIRETORIA DE TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO (DTI)**  
**COORDENAÇÃO DE TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS (CTE)**

**EQUIPE ROBÓTICA PARANÁ**

- Adilson Carlos Batista
- Ailton Lopes
- Andrea da Silva Castagini Padilha
- Cleiton Rosa
- Darice Alessandra Deckmann Zanardini
- Edna do Rocio Becker
- Kellen Pricila dos Santos Cochinski
- Marcelo Gasparin
- Michele Serpe Fernandes
- Michelle dos Santos
- Roberto Carlos Rodrigues
- Sandra Aguera Alcova Silva
- Viviane Dziubate Pittner

Os materiais, aulas e projetos da “Robótica Paraná”, foram produzidos pela Coordenação de Tecnologias Educacionais (CTE), da Diretoria de Tecnologia e Inovação (DTI), da Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED), com o objetivo de subsidiar as práticas docentes com os estudantes por meio da Robótica. Este material foi produzido para uso didático-pedagógico exclusivo em sala de aula.



Este trabalho está licenciado com uma Licença  
Creative Commons – CC BY-NC-SA  
[Atribuição - NãoComercial - Compartilha Igual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



DTI - DIRETORIA DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO