

# **Aula 38 – Loop gravitacional automatizado [parte II]**

## **Módulo 4**

### **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**

Viviane Dziubate

#### **Validação de Conteúdo**

Darice Alessandra Deckmann Zanardini

Roberto Carlos Rodrigues

#### **Revisão Textual**

Kellen Pricila dos Santos Cochinski

#### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Edna do Rocio Becker

#### **Apoio Técnico**

Equipe UFMS

2026



## Introdução

Nesta aula, avançamos da fase de corte para a integração mecatrônica. O objetivo é realizar a colagem final das pistas e instalar os componentes que permitirão ao Arduino controlar o fluxo da bolinha.

Durante esta atividade, será muito importante trabalhar com:

precisão;  alinhamento;  organização;  testes constantes.

A precisão aqui é vital: um milímetro de desalinhamento no cesto pode impedir a leitura do sensor ou travar o braço mecânico.

## Objetivos desta aula

- Consolidar a estrutura usando colagem por termofusão (cola quente), garantindo a inclinação ideal para o movimento perpétuo simulado;
- Compreender como a gravidade pode ser usada em sistemas automatizados;
- Instalar o micro servomotor SG90 e o sensor LDR;
- Preparar o hardware para a fase de programação;
- Aplicar reforços estruturais com palitos de madeira para neutralizar o torque do motor.

## Lista de materiais

- Peças de papelão recortadas e dobradas na aula anterior (hastes, pistas, cesto e base);
- 1 bolinha de pingue-pongue ou similar;
- Régua;
- Lápis;
- Estilete ou tesoura afiada;
- Cola quente + bastões de cola;
- Palitos de churrasco ou sorvete (opcional para reforço);
- Palito de churrasco para o eixo;
- Fita adesiva;
- Jumper machomacho;
- Jumper machofêmea;
- Alicates de corte;
- Chave Philips pequena;
- Arduino Uno;



- Servomotor SG90;
- Módulo LDR.



Figura 1 - Materiais para a montagem do protótipo



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

### **Curiosidade maker: da Revolução Industrial à automação**

Você sabia que, durante a Revolução Industrial, o grande desafio das fábricas era criar movimentos contínuos e repetitivos para aumentar a produção? As primeiras máquinas usavam sistemas complexos de polias e engrenagens para "imitar" ciclos que hoje resolvemos com sensores e código.

O nosso loop gravitacional é um exemplo moderno dessa busca: usamos a gravidade (uma força natural) e a eletrônica para criar um ciclo que se reinicia sozinho, exatamente como os sistemas de transporte automatizados nas fábricas da Indústria 4.0!

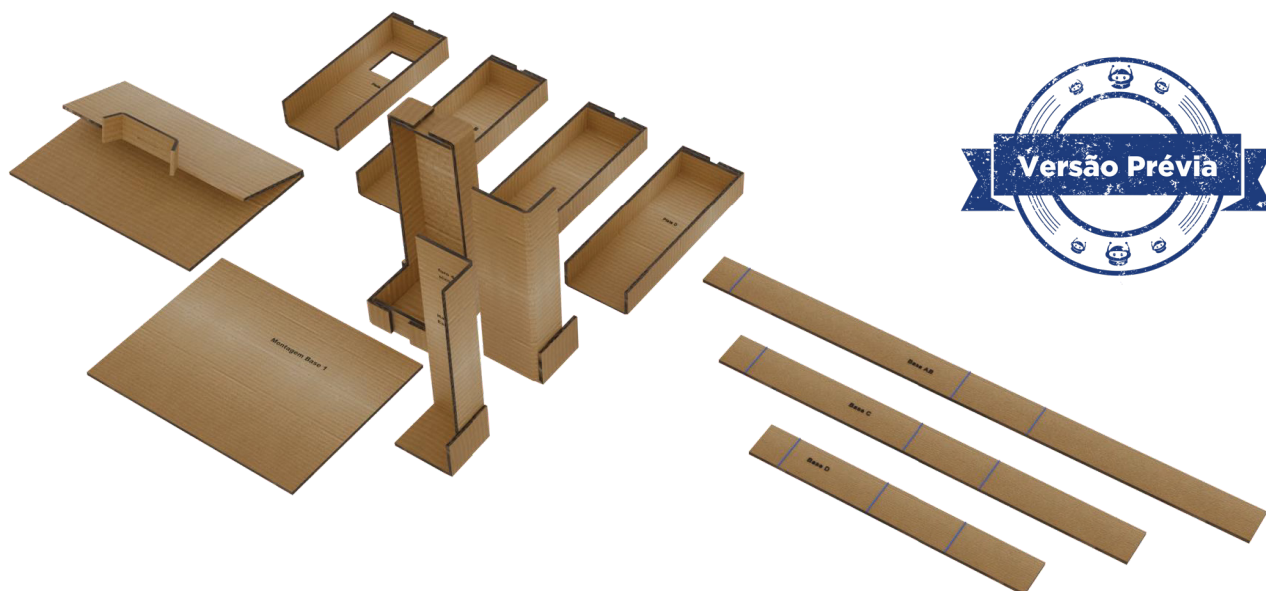
Assista ao vídeo para ver uma breve história da automação: [https://www.youtube.com/watch?v=XOXknSG\\_w2M](https://www.youtube.com/watch?v=XOXknSG_w2M)

## Roteiro da aula

### 1. Montagem do protótipo

Vamos reunir todas as peças que você recortou e preparou na aula anterior (Figura 2). Agora é o momento de transformar esses pedaços isolados de papelão em um sistema funcional. Verifique se as bordas estão limpas e se não há rebarbas nas canaletas, pois qualquer desvio milimétrico pode alterar a trajetória da bolinha e afetar o desempenho do sensor.

Figura 2 - Peças para colagem

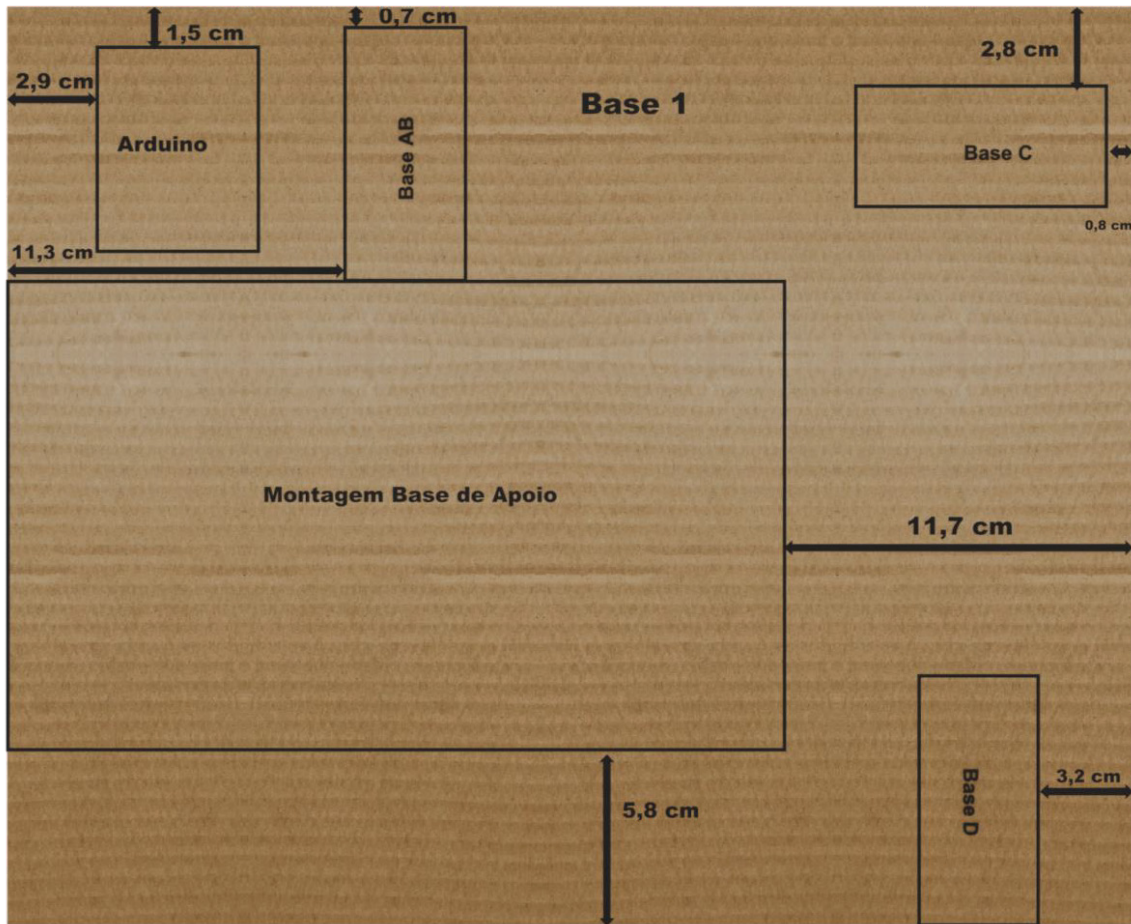


Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Para iniciar a montagem estrutural do protótipo, o foco nesta etapa é a preparação das pistas e bases. Como estamos utilizando material firme, a precisão no recorte e na dobra é o que garantirá a fluidez do movimento da bolinha.

Vamos realizar a traçagem técnica sobre a folha de papelão principal (base 1). Utilizando régua e esquadro, desenhem os retângulos conforme as medidas da Figura 3. Notem que cada área tem uma função específica: o espaço para o Arduino, as marcações das bases AB, C e D, e o retângulo central para a montagem da base de apoio. A precisão aqui é fundamental; na Física, o alinhamento correto dos centros de massa garante que a estrutura não tombe quando o motor começar a girar.

Figura 3 - Medidas para colagem das peças

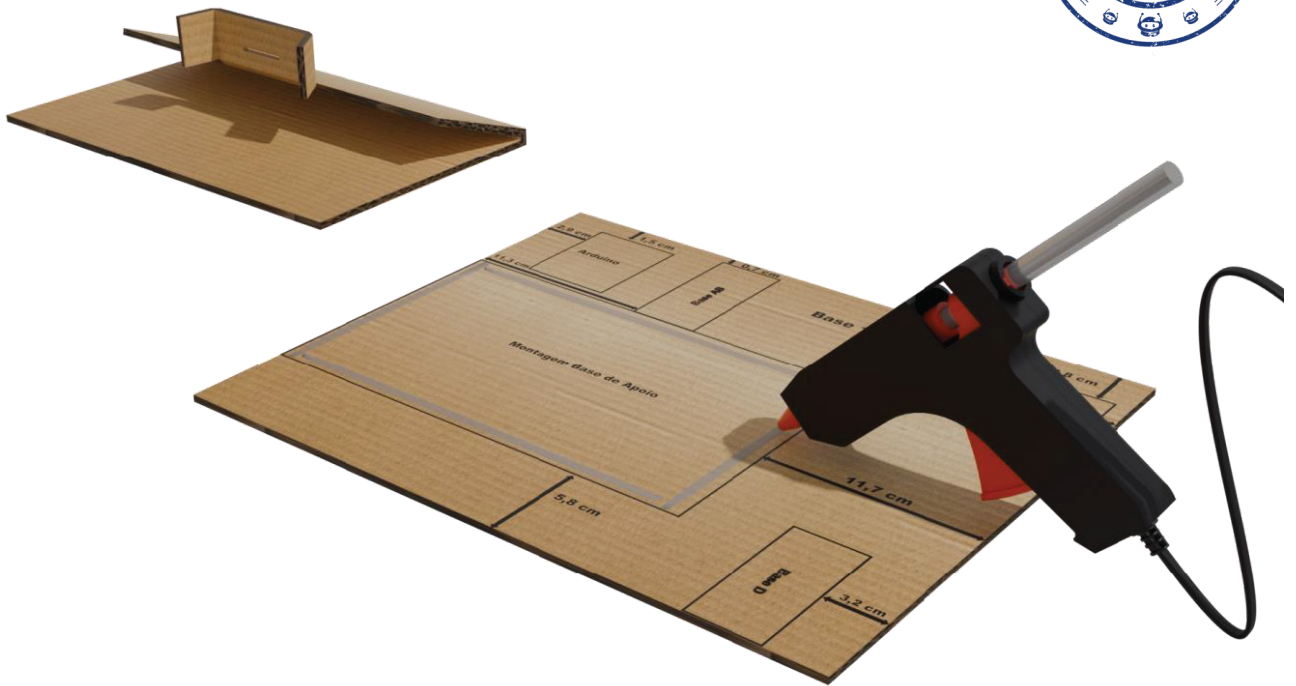


Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Após desenharem o gabarito, vamos dar volume ao projeto. Apliquem a cola quente com cuidado sobre as marcações da "montagem base de apoio", como mostrado na Figura 4.



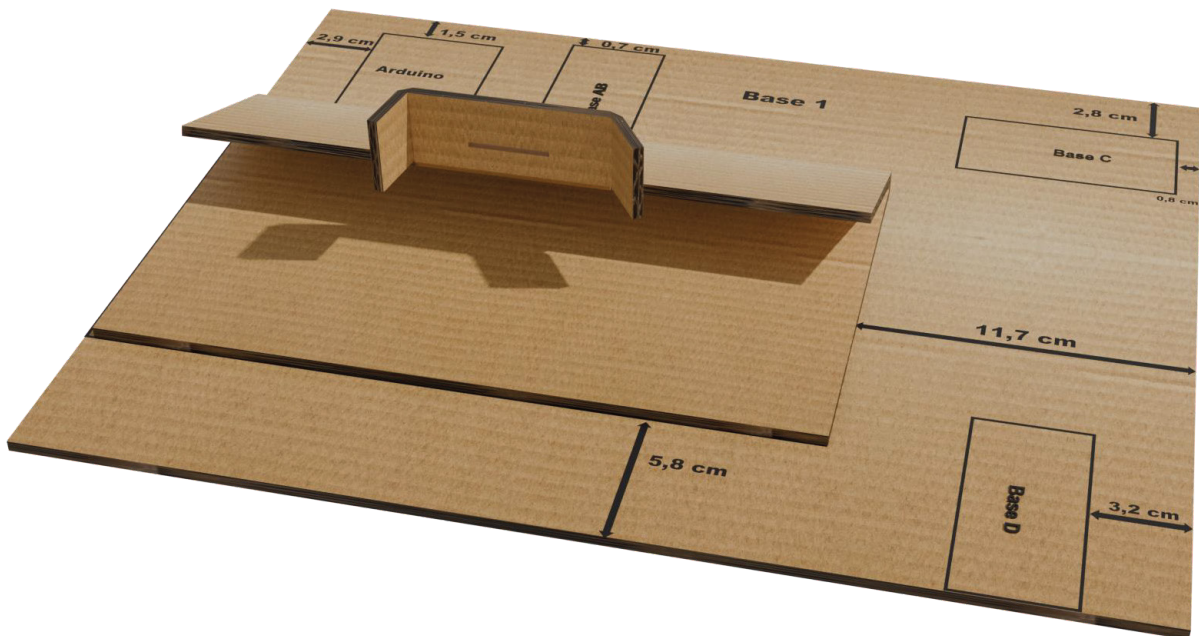
Figura 4 - Montagem base de apoio 1



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Peguem a peça de papelão dobrada e fixem na sobre a base 1 (Figura 5). Segurem por alguns segundos até que a cola cure (seque). O resultado deve ser uma estrutura rígida, como vemos abaixo, pronta para receber os componentes eletrônicos, eixos e as pistas do nosso loop.

Figura 5 - Base de apoio



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Agora o foco é a consolidação estrutural e a preparação para o embarque de hardware. Observem atentamente as Figuras 06, 07 e 08:

Antes da colagem, organizem as peças base AB, base C e base D. Elas possuem alturas diferentes para criar a inclinação necessária (energia potencial) que fará a bolinha percorrer todo o trajeto. Notem que o papelão ondulado deve estar com as dobras bem definidas em formato de "U" ou "L", garantindo que as pistas sejam rígidas e não deformem com o peso dos componentes. Caso as colunas não tenham rigidez, podemos colocar palitos de churrasco para fortalecer estas bases, só colar os palitos nas laterais do papelão, conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Base AB, base C e base D



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Utilizando a base 1 como seu mapa de montagem, posicionem cada suporte sobre as marcações correspondentes (Figura 7). Apliquem uma camada generosa, mas controlada, exatamente sobre as linhas do gabarito. A precisão aqui evita que o protótipo fique torto, o que causaria o travamento do braço elevador ou erros de leitura no sensor.

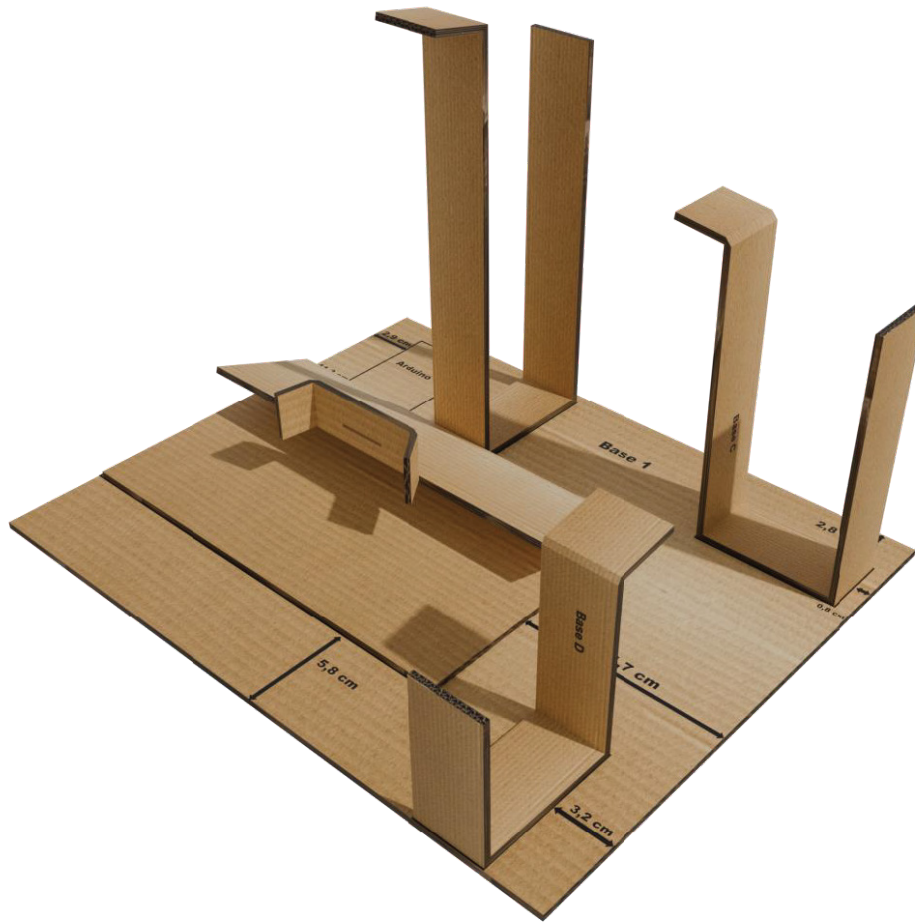
Figura 7 - Colagem das bases AB, base C e base D



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Na Figura 8, observamos a configuração ideal da estrutura antes de iniciarmos a fixação definitiva das pistas. Este é o momento de validar o alinhamento das hastes de suporte, que já devem estar coladas e paralelas sobre a base. Para neutralizar o torque do motor e evitar oscilações que dissipem a energia do sistema, a base precisa de rigidez absoluta.

Figura 8 - Base AB, base C e base D prontas

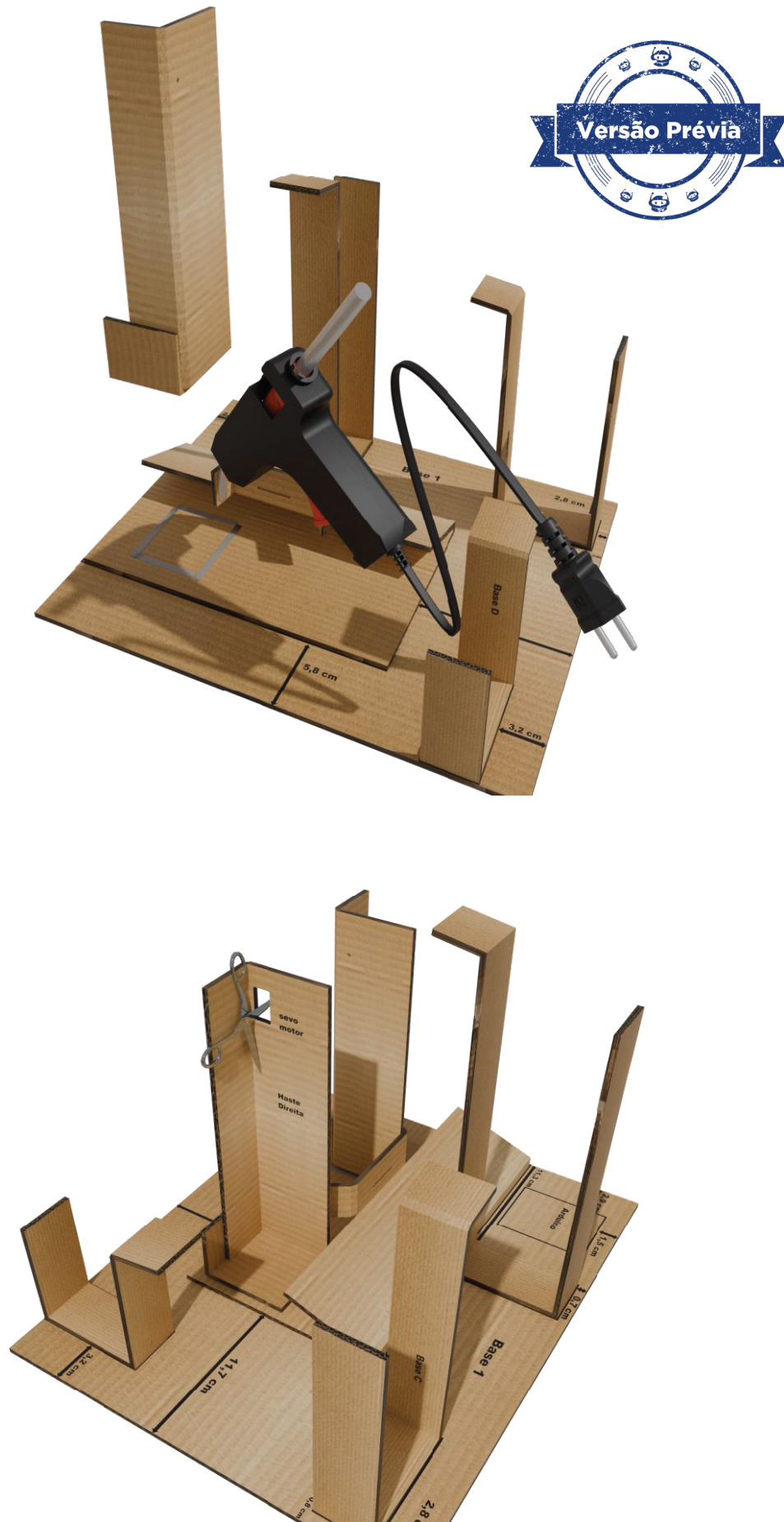


Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Vamos erguer os pilares que darão suporte ao braço mecânico (Figura 9). Colem as abas das hastes na base, garantindo que fiquem perfeitamente paralelas e em um ângulo reto (90°). Essa verticalidade é fundamental para manter o equilíbrio estático do conjunto. Dica técnica: se as hastes apresentarem qualquer balanço, utilizem palitos de churrasco como reforços transversais para travar a estrutura.



Figura 9 - Pilares de suporte ao braço



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Precisamos colar as hastes de suporte da direita e da esquerda na base de apoio. Observe que as dobras da base de apoio serão coladas por fora das hastes de suporte, conforme Figura 10.

Figura 10 - Posição de colagem das hastes de suporte

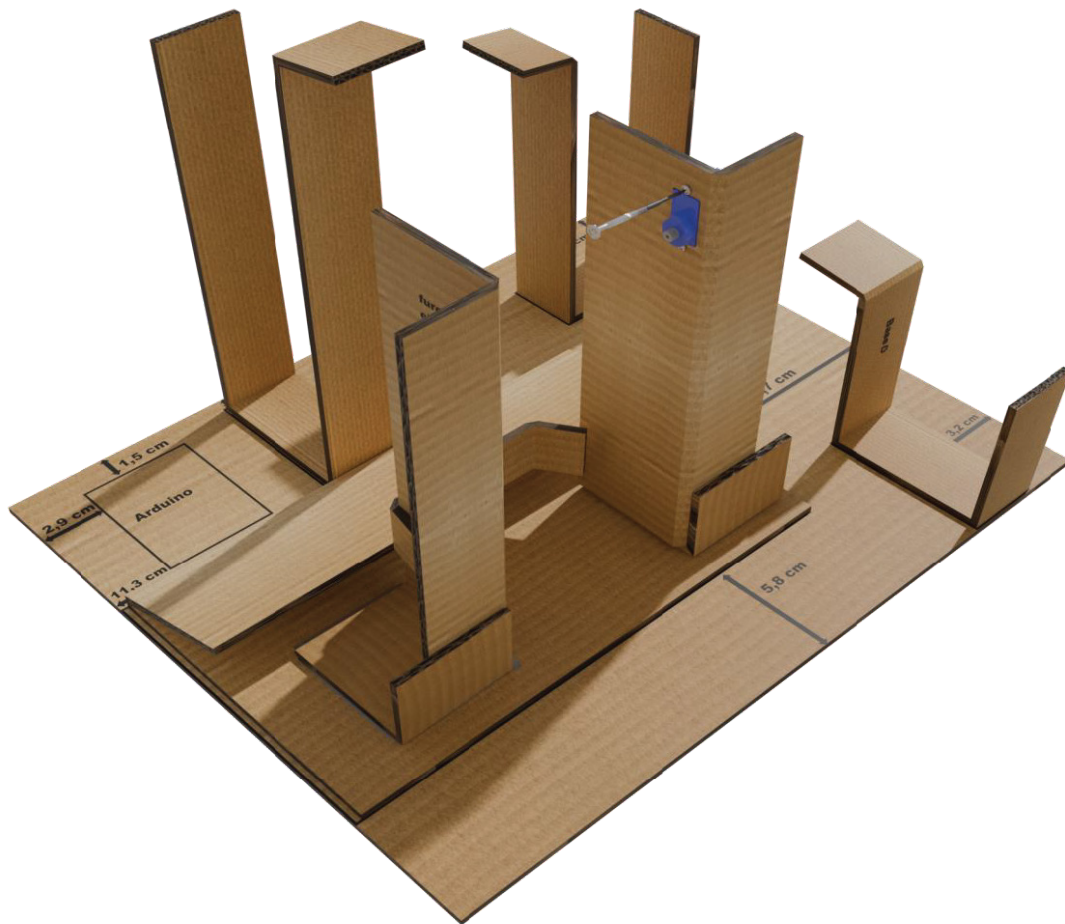


Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Com as hastes devidamente coladas e firmes, vamos instalar o "músculo" do robô. Encaixem o microservo SG90 no recorte da haste direita, fixando o pelas abas laterais com um pingo de cola quente (Figura 11). O eixo do motor deve estar alinhado com o furo da haste oposta para o movimento ser fluido. Cuidado para não deixar cola atingir as engrenagens.



Figura 11 - Encaixe do microservo

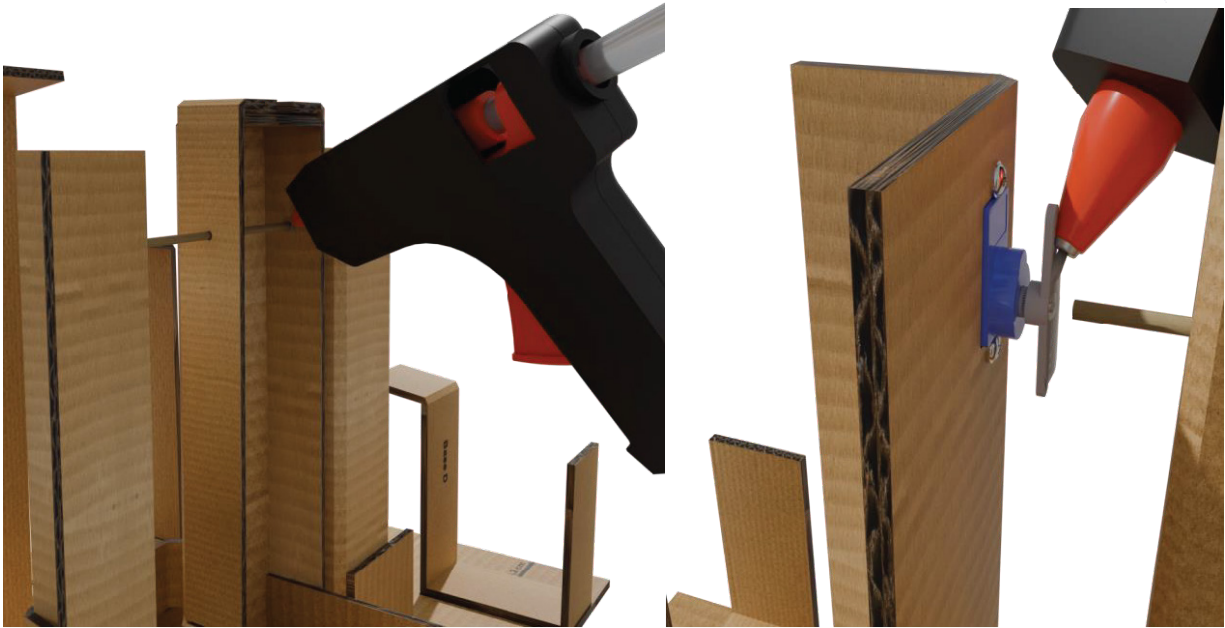


Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Vamos unir a mecânica ao motor para criar nossa alavanca como mostra a Figura 12. Atravessem o palito de madeira pelo furo da haste esquerda até encaixá-lo firmemente na cruzeta do servo. Colem o braço de papelão no palito de forma que ele gire solidário ao motor. Verifiquem se o braço sobe e desce sem esbarrar nas hastes, garantindo que o torque do servo seja convertido integralmente na elevação da bolinha.



Figura 12 - Fixação do braço de elevação I



Antes de avançarmos para a fixação final, observem a Figura 13. Utilizem um alicate de corte para remover a sobra do palito de churrasco, deixando-o rente à estrutura. Esse ajuste é fundamental para evitar que o excesso de madeira gere um momento de inércia desnecessário ou esbarre nas pistas durante o ciclo de elevação.

Para garantir que o torque do motor não desalinhe o conjunto, vamos aplicar um reforço estrutural. Colem o pedaço de papelão da base de apoio 1 na parte traseira das hastes que seguram o braço. Essa camada dupla aumenta a rigidez da face de apoio, impedindo que o papelão "vibre" ou ceda com o peso da bolinha, mantendo o eixo de rotação perfeitamente horizontal. Antes de finalizar esta etapa, realizem um teste manual para garantir que o braço elevador se movimenta de forma fluida por todo o curso, sem travar ou encostar em qualquer parte da estrutura física.

Figura 13 - Fixação do braço de elevação II



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Para garantir que a integração mecânica foi bem sucedida, realizem um teste manual movimentando o braço elevador por todo o seu curso, certificando-se de que ele deslize de forma

fluida, sem travar ou encostar em qualquer parte da estrutura física, conforme ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Fixação do braço de elevação III



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Agora, vamos consolidar a pista D em sua base correspondente, conforme orientado na Figura 15. Posicionem a pista sobre o suporte em "U", garantindo que a inclinação permita que a bolinha ganhe energia cinética suficiente para atingir o cesto. Para uma fixação rápida e rígida, utilizem a cola quente em todas as junções entre a pista e o suporte. Lembrem-se da técnica de engenharia discutida: se a estrutura apresentar qualquer oscilação, reforcem a base com palitos de churrasco.

Figura 15 - Pistas D



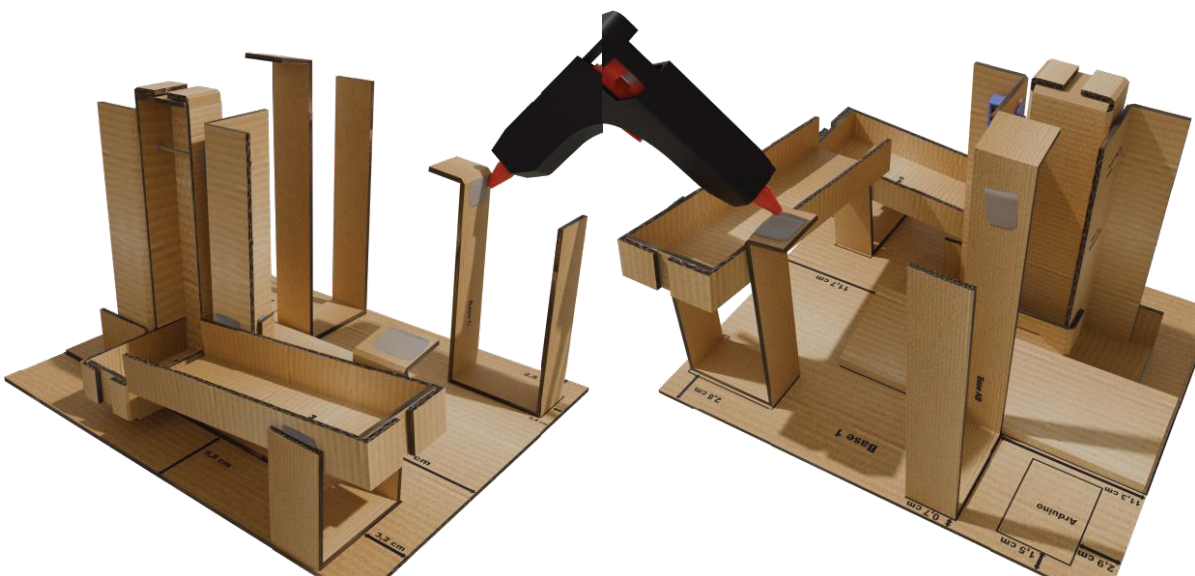
Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Fixe as pistas C, B e A, utilizando a cola quente em seus respectivos suportes de apoio. Conforme a Figura 16, a montagem deve respeitar a ordem decrescente de altura para a gravidade atuar de forma constante.

Posicione cada pista com uma leve inclinação em direção à próxima seção. A pista A deve desaguar na B, está na C, e assim por diante, até que a pista D entregue a bolinha exatamente no cesto de detecção.

Certifique-se de que não existam "degraus" ou frestas nas emendas das pistas. Um encaixe suave entre as seções é o segredo para que a bolinha não perca energia cinética e o movimento perpétuo simulado não seja interrompido.

Figura 16 - Pista C e AB





Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Observem a Figura 17. Instalem um pequeno antepeito (aba) de papelão estrategicamente posicionado na saída da última pista. Esse componente funciona como um guia direcional e um dissipador de energia: ele força a bolinha a reduzir sua energia cinética residual, garantindo que ela caia com precisão cirúrgica exatamente sobre o orifício no centro do cesto. Sem esse anteparo, a inércia da bolinha poderia fazê-la quicar ou estacionar fora do ponto de detecção, o que interromperia o ciclo lógico do sensor LDR.

Figura 17 - Ajuste na cesta



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Se ficou alguma dúvida sobre a montagem, assistam novamente ao vídeo do protótipo funcionando — ver o loop gravitacional em ação ajuda a entender como cada peça se encaixa e

qual é o objetivo final de cada etapa: [Aulas 37, 38 e 39 - Loop gravitacional automatizado | Robótica Primeiros Passos - Módulo 4 - YouTube](#).

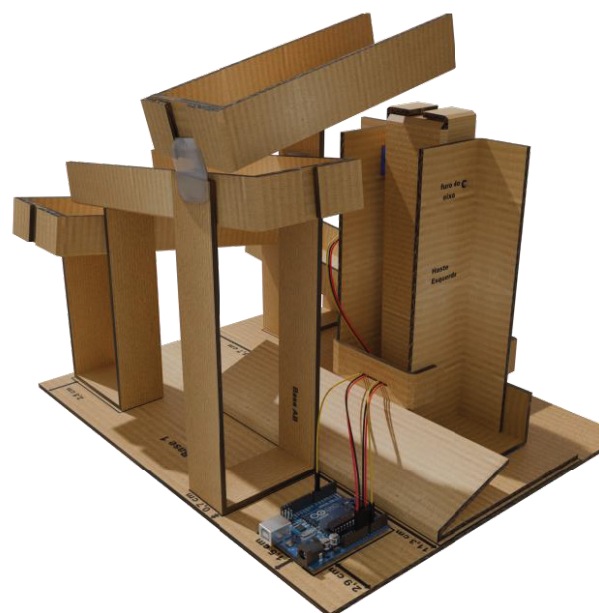
☐ Checkout mecânico obrigatório: antes de iniciar a montagem do circuito eletrônico e as conexões no Arduino, é imprescindível que realizem um teste manual. Soltem a bolinha do topo da pista e verifiquem se ela percorre todo o trajeto e para perfeitamente sobre o sensor. Caso ela não estacione no local exato, ajustem o ângulo desse anteparo com uma gota de cola quente até que o movimento seja 100% confiável.

Com base nas imagens abaixo, a montagem do circuito deve seguir um planejamento rigoroso para garantir que o loop gravitacional opere de forma autônoma. A instalação deve ser realizada da seguinte forma:

- O Arduino Uno deve ser posicionado na área demarcada na base de papelão. Notem que ele deve ficar próximo ao "furo do eixo" para facilitar a passagem dos cabos. Utilize jumpers coloridos para organizar as conexões, mantendo o padrão: vermelho (5V), preto (GND) e amarelo/laranja (sinal), Figura 18.

- 

Figura 18 - Localização do Arduino Uno



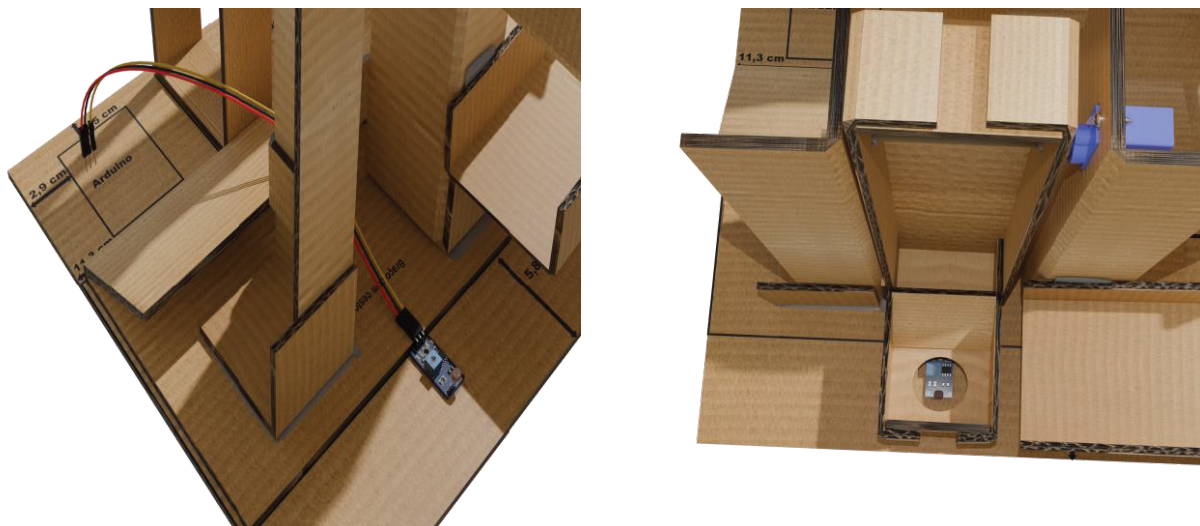
Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

- O servomotor é fixado na lateral da haste principal. Sua função é movimentar o braço elevador. ☐Antes de fixá-lo, testem o servomotor conectando-o diretamente ao Arduino e rodando um código simples de varredura (0° a 180°) para confirmar que ele está funcionando — um servo queimado ou com engrenagens danificadas vai consumir tempo de aula.

Apenas após o teste, certifiquem-se de que o cabo do motor passe por dentro das canaletas de papelão para evitar que ele se enrosque no braço mecânico durante o movimento de 0° a 180°.

- O sensor LDR deve ser instalado no fundo do cesto. Ele deve estar alinhado com o buraco central para que a bolinha, ao estacionar, interrompa a luz e envie o sinal de "bolinha detectada" para o Arduino, Figura 19.

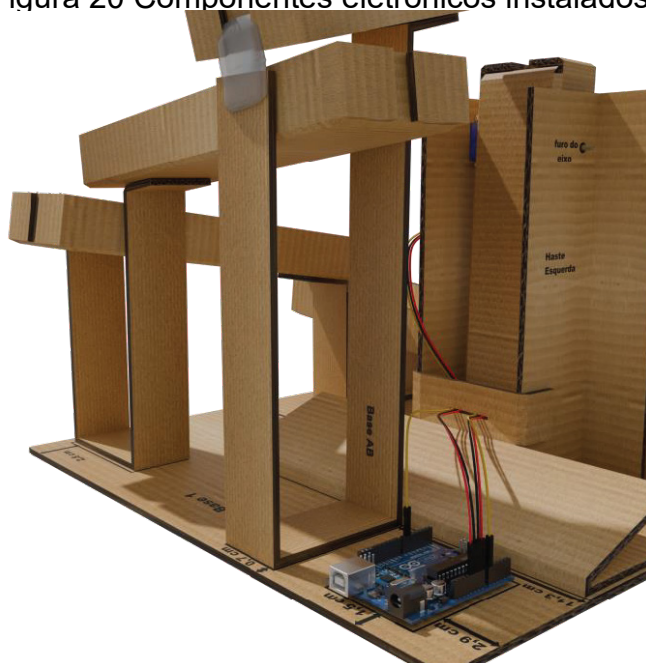
Figura 19 - Componentes eletrônicos.



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

- Organização dos fios: observem na figura abaixo as medidas de 2,9 cm e 11,3 cm. Elas servem como guia para que os fios passem por baixo das pistas, mantendo o protótipo limpo e funcional. Use fita adesiva para prender os fios no verso da base, evitando que o peso dos cabos desalinhe as pistas de papelão.

Figura 20 Componentes eletrônicos instalados



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

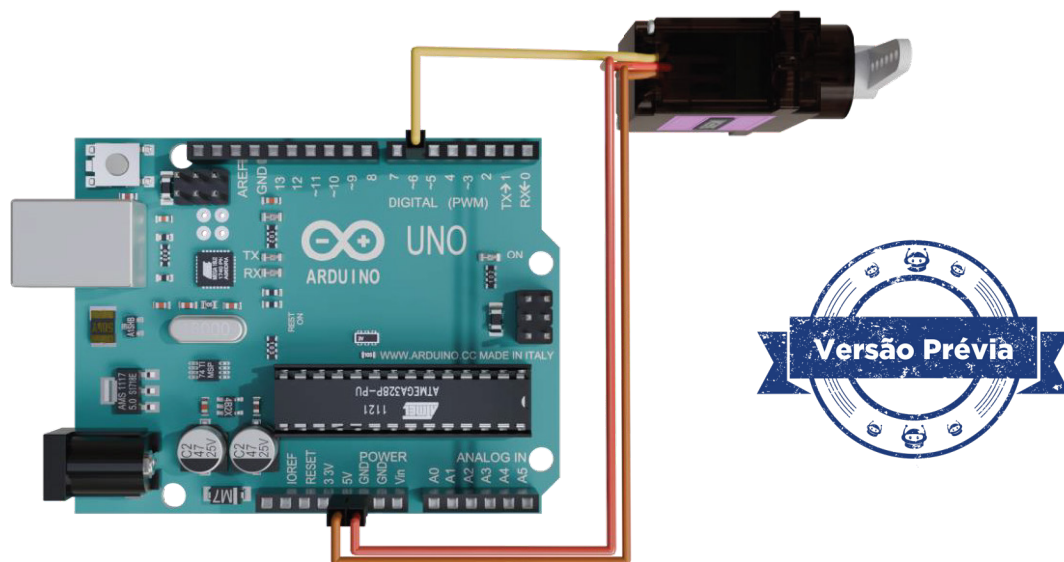
## Instalação eletrônica (Figura 21, 22 e 23)

Para dar vida ao nosso projeto, vamos conectar os componentes ao Arduino Uno, que funciona como o cérebro do nosso robô. Prestem muita atenção em cada fio, pois uma ligação invertida pode impedir o funcionamento do sistema.

### 1. Conexão do servomotor (o braço mecânico, Figura 21)

- Primeiro, vamos ligar o motor que fará o movimento de subida:
- Fio preto: conecte no pino GND (terra) do Arduino.
- Fio vermelho: conecte no pino 5V (energia).
- Fio amarelo ou laranja: conecte no pino ~6. Este é o fio de sinal que diz ao motor para qual posição ele deve girar.

Figura 21 - Ligação eletrônica I



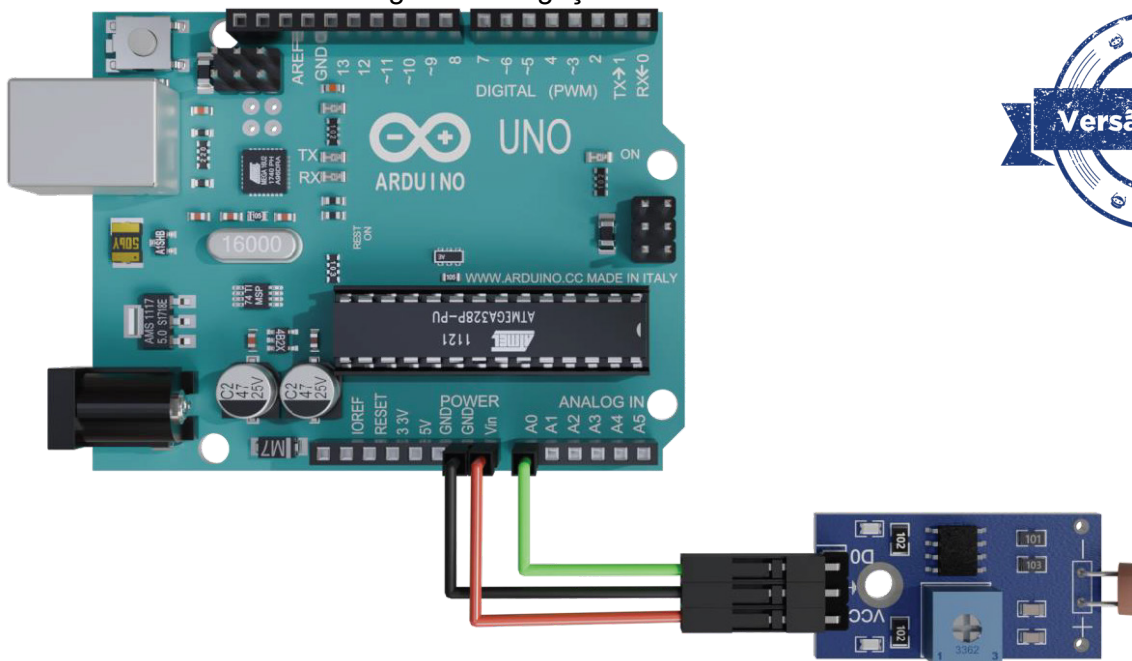
Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

### 2. Conexão do sensor LDR (o olho do robô, Figura 22)

Agora, vamos ligar o sensor que "enxerga" a bolinha:

- GND do sensor: conecte em outro pino GND do Arduino.
- VCC do sensor: conecte no pino 5V (você pode usar uma protoboard ou o pino VIN).
- Sinal (A0): conecte no pino A0 do Arduino. É por aqui que o Arduino lê quanta luz o sensor está recebendo.

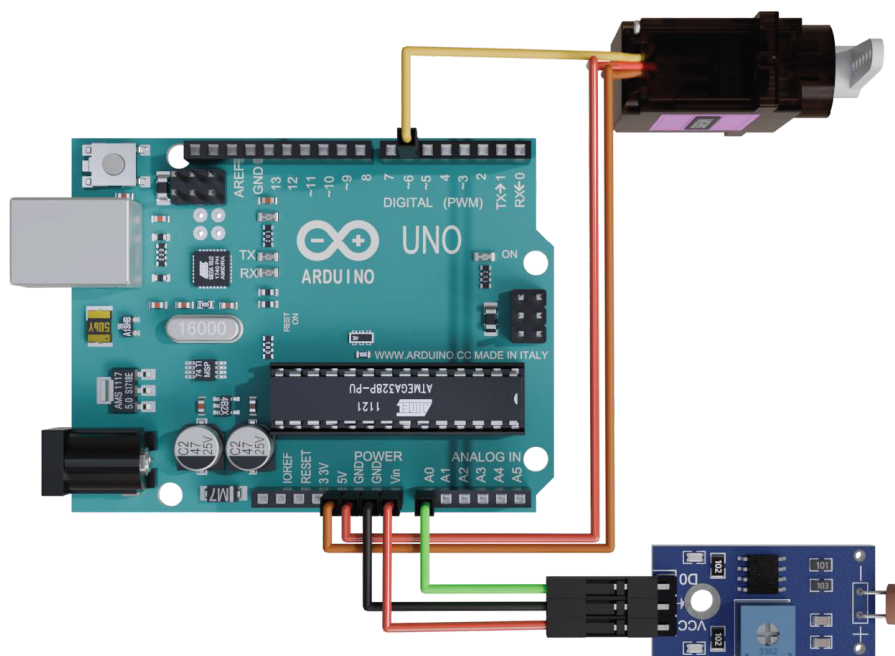
Figura 22 - Ligação eletrônica II



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Para finalizar a montagem eletrônica conforme a Figura 23, realize a conferência minuciosa para evitar falhas de sinal ou curtos-circuitos.

Figura 23 - Ligação eletrônica III

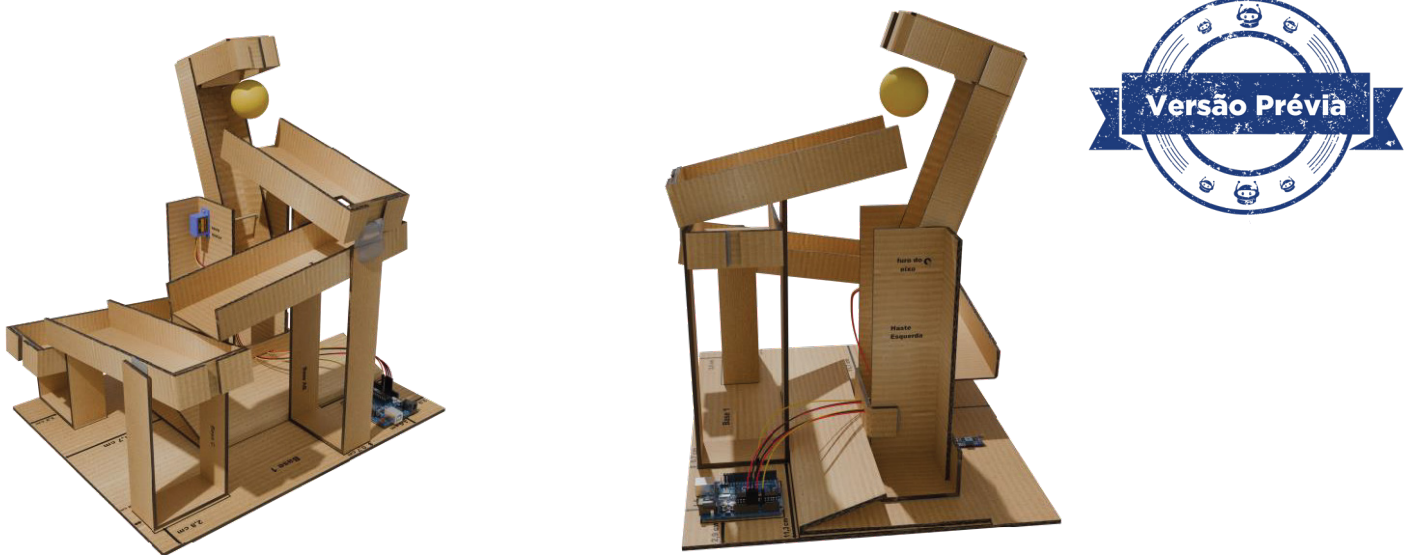


Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Com a estrutura física consolidada e os componentes eletrônicos devidamente instalados Figura 24, concluímos a fase de hardware do nosso projeto. Agora que o corpo do robô está pronto

e os sensores posicionados para "enxergar" a bolinha, estamos a apenas um passo de dar vida ao sistema. Na próxima aula, entraremos no universo do código para programar a lógica de controle, transformando o silício em ação e nos divertindo ao ver o loop gravitacional operar em um ciclo infinito de movimento e tecnologia. Preparem-se para ver a magia da automação acontecer diante dos seus olhos!

Figura 24 - Protótipo executando movimento



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

## Desafios e customização

Agora que a base mecânica está pronta, é hora de dar identidade ao projeto. Desafio cada grupo a otimizar o fluxo da bolinha: como poderíamos diminuir ainda mais o atrito nas rampas usando materiais do dia a dia? Além disso, pensem na estética e na sinalização do protótipo, como se fosse uma verdadeira linha de produção industrial. Personalizem o cesto e as pistas, garantindo que o design não interfira na aerodinâmica da bolinha.

### E se...? Como bons cientistas, precisamos antecipar variáveis:

- E se a luz da sala ficar muito forte ou muito escura? O sensor LDR ainda conseguiria detectar a bolinha ou precisaríamos de um anteparo (blindagem) maior?
- E se trocarmos a bolinha de pingue-pongue por uma de gude, que é mais pesada? O braço mecânico e o servo teriam torque suficiente para elevar essa nova massa?
- E se adicionássemos uma segunda pista de retorno? Seria possível criar um caminho duplo?

## Feedback e finalização

Finalizem a aula realizando o último teste de "corrida livre" da bolinha. Verifiquem se todos os fios estão firmes e se o servo motor está bem fixado. Organizem os componentes e as ferramentas em seus devidos lugares. Na próxima etapa, daremos "vida" a essa estrutura através do código, então certifiquem-se de que a mecânica está impecável — lembrem-se: um software perfeito não corrige uma estrutura física desalinhada.

## REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Documentação de Referência da Linguagem Arduino**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/reference/pt/>. Acesso em: 20, abr. 2026.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MORAES, Paulo S. **Robótica educacional com Arduino**. São Paulo: Érica, 2019.

## 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

- Bruno Pereira Wesner da Silva - Engenharia de Computação
- Caetano de Medeiros Santana - Sistemas de Informação
- Fernanda das Neves Merqueades Santos - Ciência da Computação
- Filipe de Andrade Machado - Ciência da Computação
- Gabriel Pereira Falcão - Ciência da Computação
- Guilherme Siqueira Fiani - Engenharia de Software
- Jenniffer Oliveira Checchia - Ciência da Computação
- Maria Paula do Nascimento Santos - Engenharia de Computação
- Pedro Paulo de Oliveira Andrade - Ciência da Computação
- Vinicius Wagner da Silva - Engenharia de Software

**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

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 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**



**Atribuição–NãoComercial–Compartilhalgal 4.0 Internacional**

**(CC BYNCSA 4.0)**