

ROBÓTICA

AULA 37

Primeiros Passos Módulo 4



Loop gravitacional
automatizado - 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

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

SUMÁRIO

Introdução	2
Objetivos	3
Roteiro da aula	4
1. Contextualização	4
2. Montagem do protótipo	6
3. Feedback e finalização	19
Referências bibliográficas	19

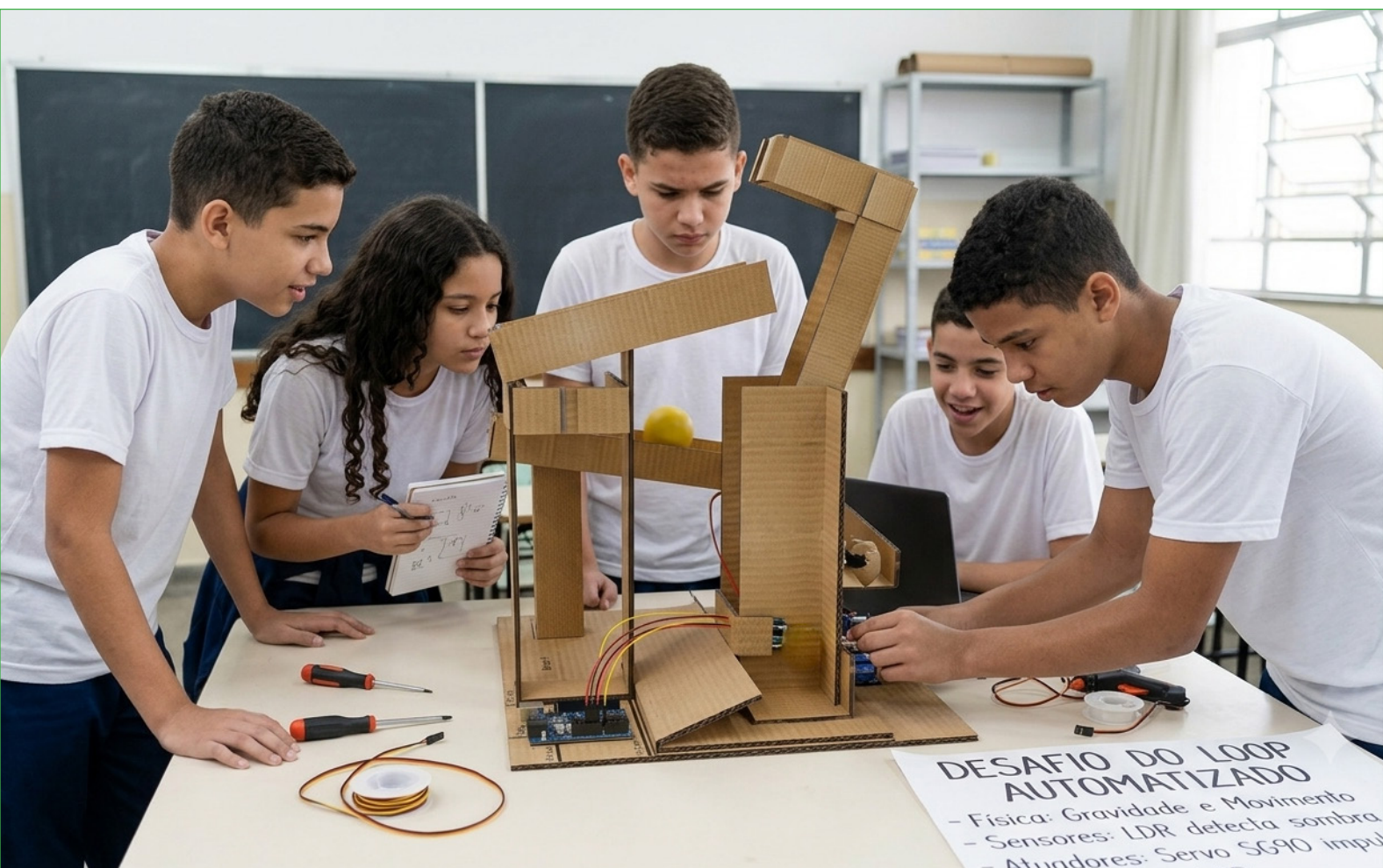
Loop gravitacional automatizado - I

Introdução

Imagine uma bolinha de pingue-pongue (ou similar) desafiando as leis da física em um ciclo infinito: deslizando por gravidade em pistas inclinadas, detectada pelo sensor LDR que “vê” sua sombra, e impulsionada de volta ao topo pelo servomotor SG90. Isso não é mágica – é robótica em ação real!

Neste experimento, o loop gravitacional automatizado traz Física para a mão de vocês. A bolinha ganha velocidade descendo pela força da gravidade, o LDR nota a sombra dela mudando a luz, e o servomotor SG90 a leva para o topo – ciclo simples e eficiente, inspirado na automação de fábricas da Revolução Industrial.

Preparem-se para testar na prática: ajustem ângulos e posição do LDR até a bolinha rodar suave sem parar. Qual grupo faz mais voltas sem falhar? Bora montar e ver juntos – quem topa o desafio da turma?



Loop gravitacional automatizado - I

Objetivos desta aula

- Recortar e dobrar papelão firme para formar pistas simples;
- Aprender como a gravidade transforma energia para uma bolinha descer suave;
- Integrar sensor de luminosidade LDR e servomotor SG90 na estrutura física para detectar a sombra da bolinha de pingue-pongue e movê-la em ciclo contínuo;
- Ajustar a sensibilidade do LDR para detectar precisamente a passagem da bolinha, testando em luzes diferentes sem falhas;
- Compreender a aplicação prática em automação industrial;
- Ajustar o ângulo das pistas (20-30°) para a bolinha descer bem devagar e sem parar, testando à mão sem peças elétricas;
- Trabalhar em grupo, dividindo tarefas (cortar, dobrar, testar), conversando sobre melhorias para o ciclo rodar mais de 10 vezes sem erro.

Figura 1 - Materiais para a montagem do protótipo



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Lista de materiais

- 1 placa de papelão firme (50 x 30 cm);
- 1 bolinha de pingue-pongue ou similar;
- Régua;
- Lápis;
- Estilete ou tesoura afiada;
- Cola quente + bastões;
- Palitos de churrasco ou sorvete (opcional para reforço);
- Palito de churrasco para o eixo;
- Fita adesiva;
- Jumper macho-macho;
- Jumper macho-fêmea;
- Alicates de corte;
- Chave Philips pequena;
- Arduino Uno;
- Servomotor sg90;
- Módulo LDR.

Loop gravitacional automatizado - I

Roteiro da aula

1. Contextualização: Física em ação no loop gravitacional automatizado

Neste experimento, a Física ganha vida com conceitos simples e reais. A gravidade é a estrela: ela rola a bolinha de pingue-pongue para baixo nas pistas inclinadas, transformando energia potencial gravitacional (aquela “guardada” no alto, pela altura h) em energia cinética (movimento e velocidade durante a descida), a qual perde um pouco por atrito e calor (2ª Lei da Termodinâmica: entropia sempre aumenta).

Imaginem a bolinha no topo da pista: ela está parada, mas cheia de energia “escondida” só por causa da altura. Essa é a energia potencial gravitacional (E_p). É como uma pilha carregada esperando para ser usada. A fórmula é supersimples:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Onde:

- m : massa da bolinha (em kg, tipo 0,002 kg bolinha de pingue-pongue).
- g : força da gravidade (9,8 m/s² aqui na Terra).
- h : altura da pista (ex.: 20 cm = 0,2 m).

Quanto mais alta (maior h), mais energia guardada!

Quando solta a bolinha, ela desce rápido pela gravidade e ganha velocidade. Agora a energia “escondida” vira energia cinética (E_c), que é a energia do movimento. Fórmula fácil:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Onde:

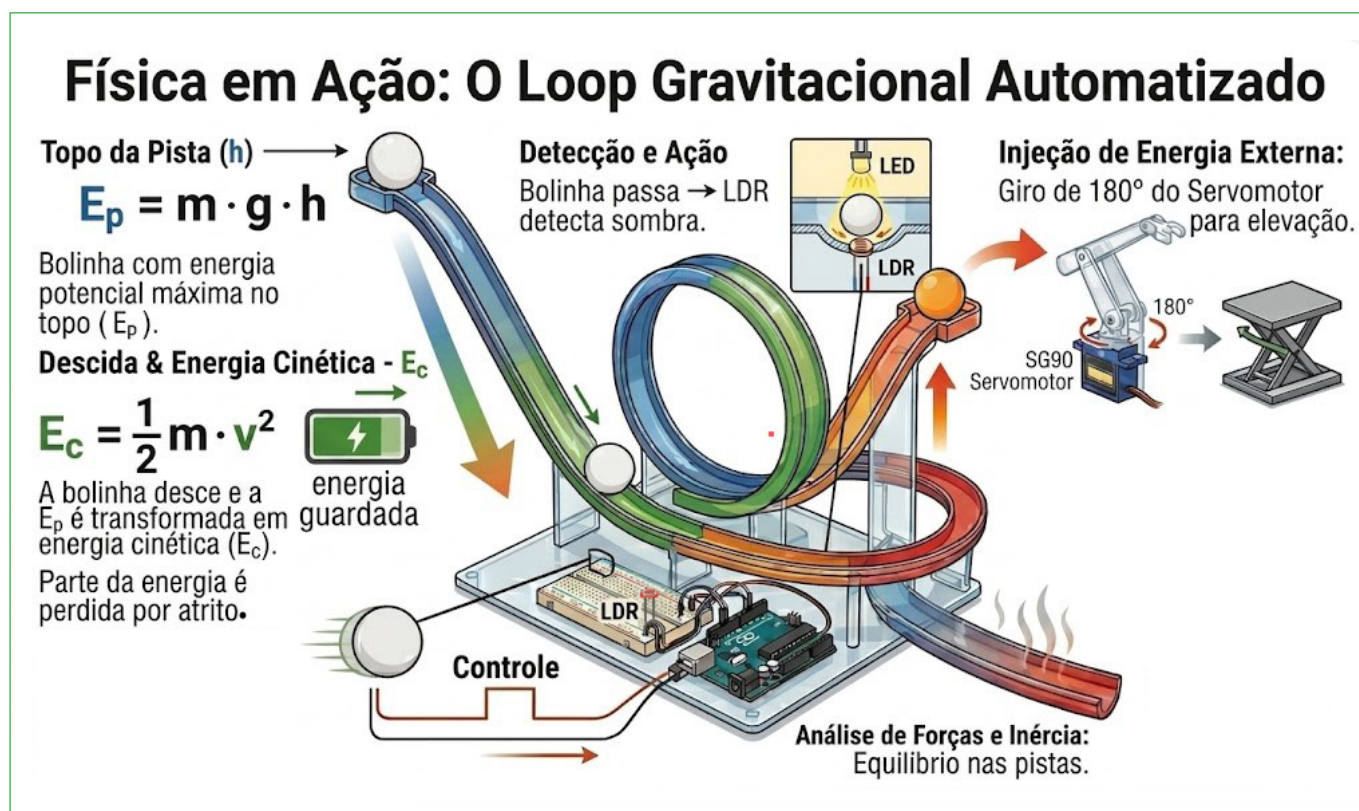
- m : mesma massa.
- v : velocidade (ex.: 1 m/s na descida suave).

A energia não some – ela só muda de forma! No fundo da pista, quase toda E_p virou E_c (menos um pouquinho perdido em calor por atrito).

No loop gravitacional, isso roda: E_p (topo) → E_c (descida) → ao fundo, o LDR detecta a sombra da bolinha (luz bloqueada muda resistência, criando pulso elétrico), sinalizando para o servomotor SG90 girar 180° e injetar energia externa para elevar ela de volta – simulando ciclo perpétuo, mas realista (sem violar conservação de energia). Inércia mantém o fluxo (bolinha quer seguir reto), e equilíbrio de forças (normal + atrito) evita travamentos.

Loop gravitacional automatizado - I

Figura 2 - Mapa mental sobre a Física do protótipo



Fonte: Conteúdo criado com auxílio da IA - Gemini, com curadoria e edição humana realizada por Viviane Dziubate.

Assista ao vídeo para ver o protótipo funcionando:



[Aulas 37, 38 e 39 - Loop gravitacional automatizado | Robótica Primeiros Passos - Módulo 4 - YouTube](#).

Agora que você compreendeu o que iremos desenvolver, vamos para a montagem do nosso protótipo. Nesta aula, o foco é a construção mecânica pura do loop gravitacional automatizado, preparando a base física para as próximas partes (término da pista com os componentes eletrônicos na aula 38 e programação/testes na aula 39).

Loop gravitacional automatizado - I

2. Montagem do protótipo

Para que você visualize o sistema completo antes de detalharmos as partes, na Figura 3 temos a visão integrada do loop gravitacional automatizado.

Figura 3 - Visão geral do sistema



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.

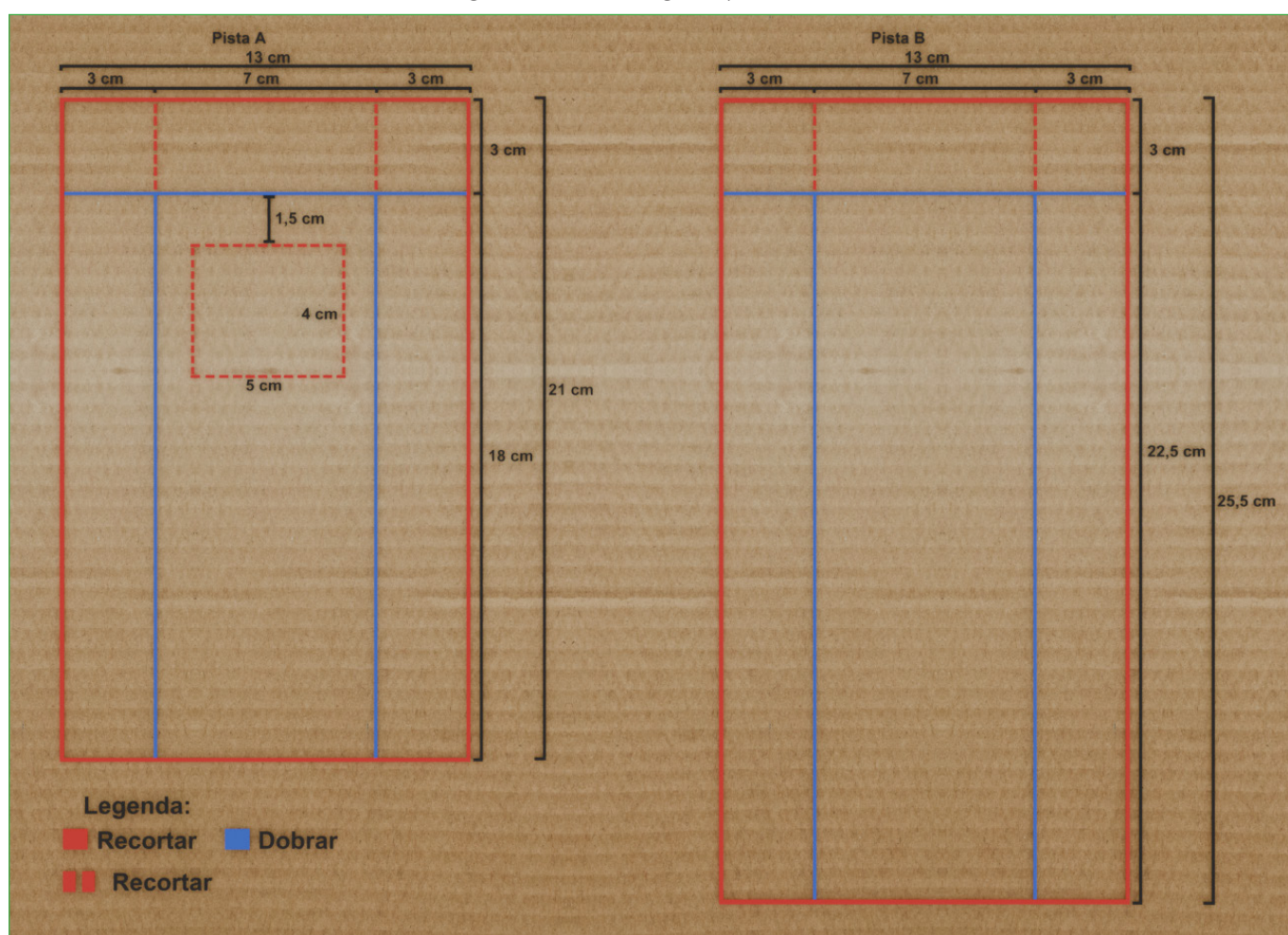
Loop gravitacional automatizado - I

Observe as imagens a seguir para orientar seus primeiros passos:

Estrutura inicial: pistas e bases

Pistas A e B (Figura 4): recorte as placas seguindo as medidas de 13 x 21 cm. Realize as dobras laterais conforme as medidas da imagem abaixo, de forma a criar uma canaleta contínua. É fundamental que as bordas estejam alinhadas para evitar que a bolinha salte da pista durante a descida (energia cinética).

Figura 4 - Montagem pista A e B

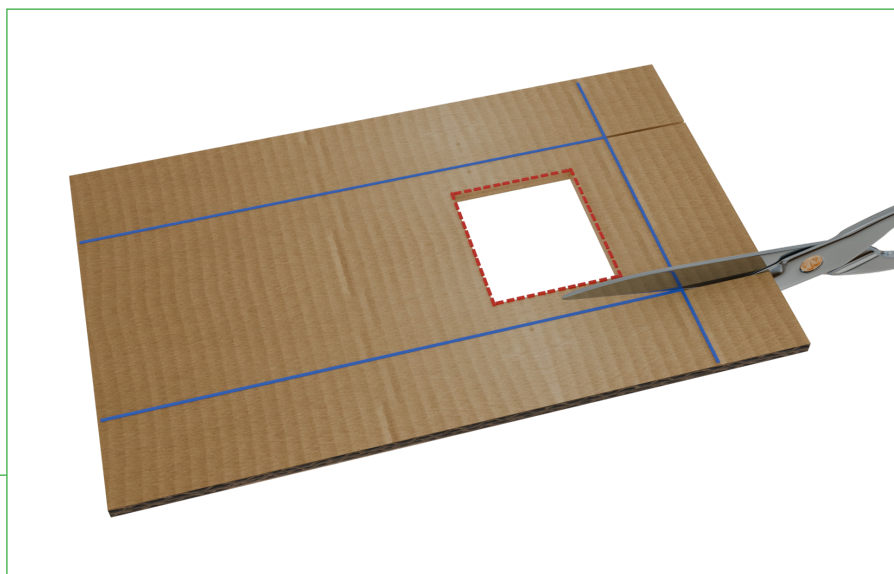


Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Loop gravitacional automatizado - I

Figura 5 - Montagem pista I

A peça da Figura 5 é crítica para a automação. Faça uma marcação retangular de 4 x 5cm e recorte, utilize a própria bolinha que está utilizando para testar se ela passa tranquilamente pelo orifício.



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Na Figura 6 podemos observar a pista "A" pronta.

Figura 6 - Pista "A" pronta.



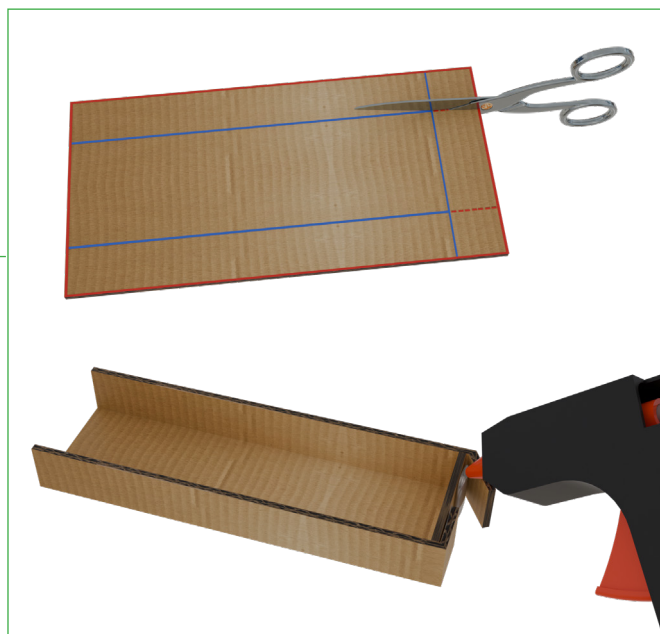
Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.



Loop gravitacional automatizado - I

Monte a pista de apoio para a bolinha, a qual irá percorrer depois que passar pelo orifício da pista "A" - Figura 7.

Figura 7 - Montagem da pista "B"



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

A Figura 8 ilustra a conclusão da pista "A" e "B", que agora está devidamente preparada para o encaixe nos suportes. Nesta etapa, as peças devem estar rígidas e alinhadas, garantindo que o receptáculo da bolinha esteja posicionado de forma a permitir a transição suave para o próximo ciclo.

Figura 8 - Pistas "A" e "B" prontas

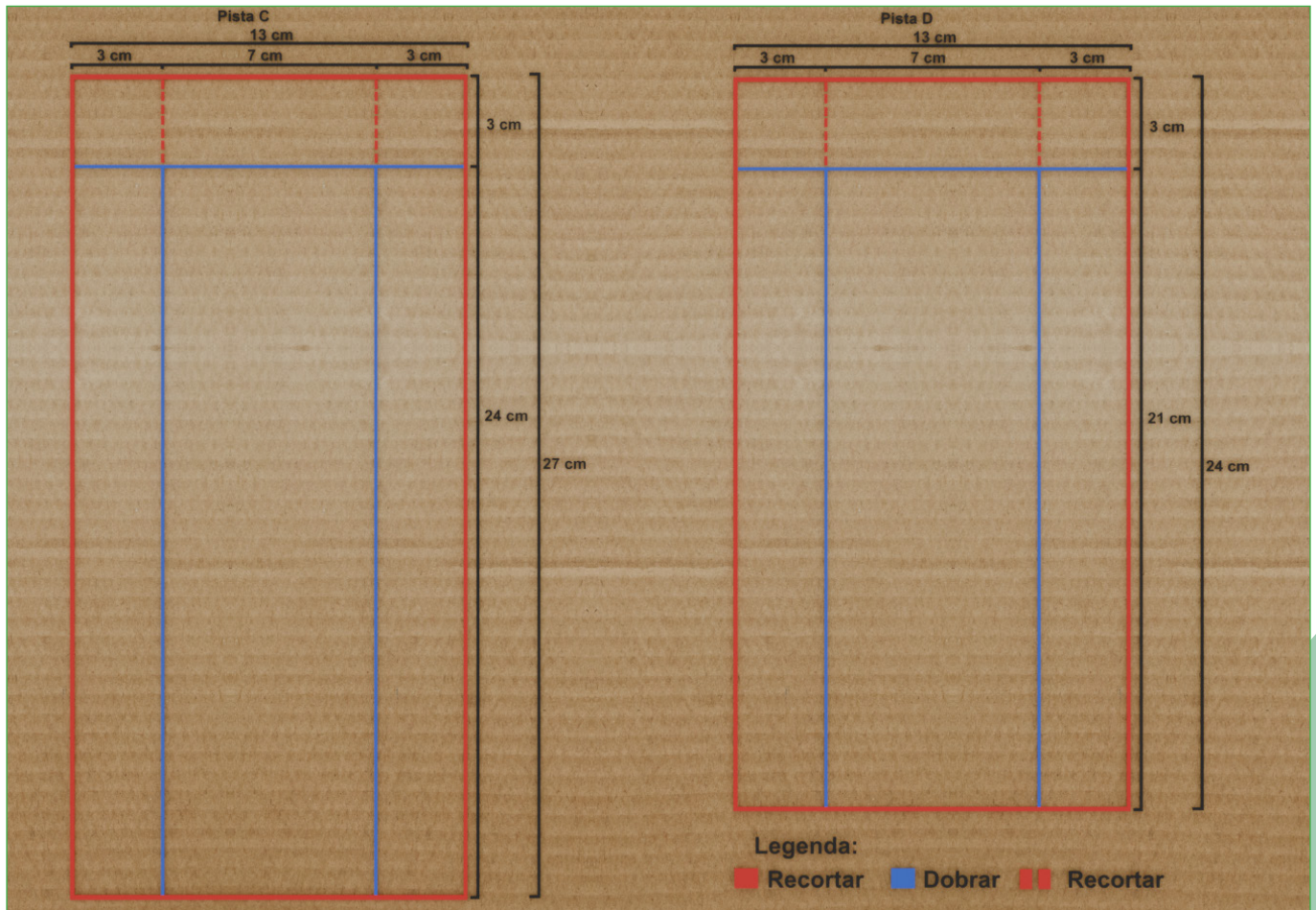


Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Loop gravitacional automatizado - I

Reserve as pistas que acabou de montar "A" e "B" e vamos para as pistas "C" e "D".
Desenhe-as seguindo as medidas indicadas na Figura 9.

Figura 9 - Pista "C" e "D"

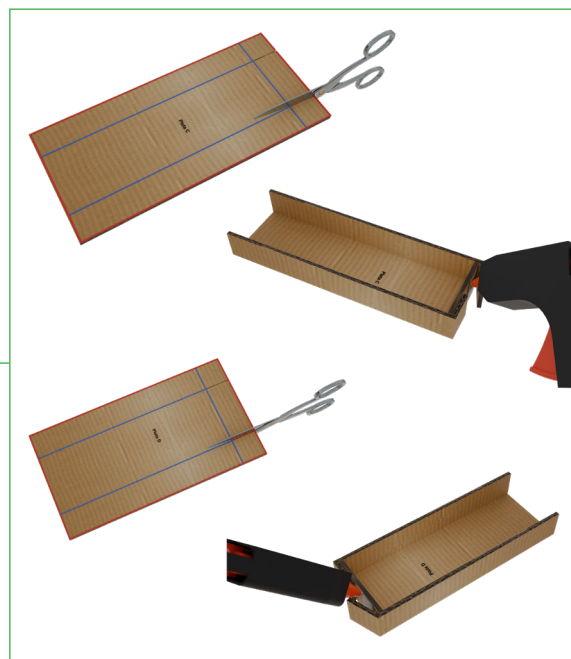


Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Loop gravitacional automatizado - I

A Figura 10 ilustra a etapa final de recorte e montagem das canaletas. Note que, embora as pistas C e D sigam o mesmo padrão de largura (13 cm), seus comprimentos são variados para criar o efeito de zigue-zague necessário para o fluxo contínuo da bolinha.

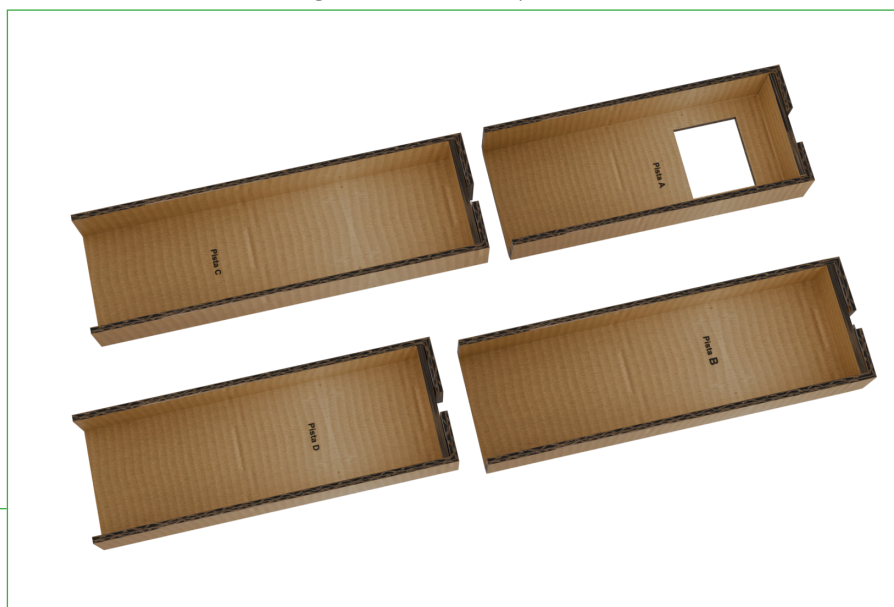
Figura 10 - Montagem das pistas "C" e "D"



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Na Figura 11, você confere as quatro pistas finalizadas. Reserve-as cuidadosamente; elas serão integradas ao restante da estrutura nas próximas etapas para garantir o alinhamento do fluxo gravitacional.

Figura 11 - Pistas prontas



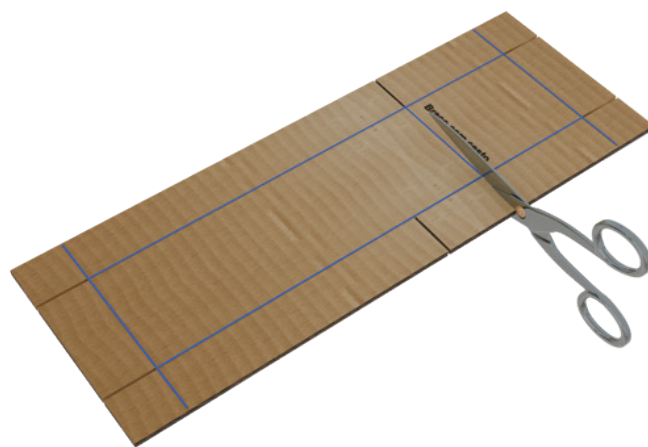
Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Loop gravitacional automatizado - I

Estrutura do cesto:

Chegou a hora de preparar o “coração” mecânico do projeto: o cesto que vai receber a bolinha. Na Figura 12, você encontra o desenho técnico com todas as medidas para fazer igual no seu papelão, desenhe e recorte.

Figura 12 - Montagem braço com cesta I



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Loop gravitacional automatizado - I

Dobre as abas com cuidado para formar uma pequena caixa e utilize a cola quente para fixar as laterais (Figura 13). Esse cesto precisa ser muito resistente, pois é nele que o braço mecânico atuará para elevar a bolinha e reiniciar o ciclo do nosso sistema.

Figura 13 - Montagem braço com cesta II

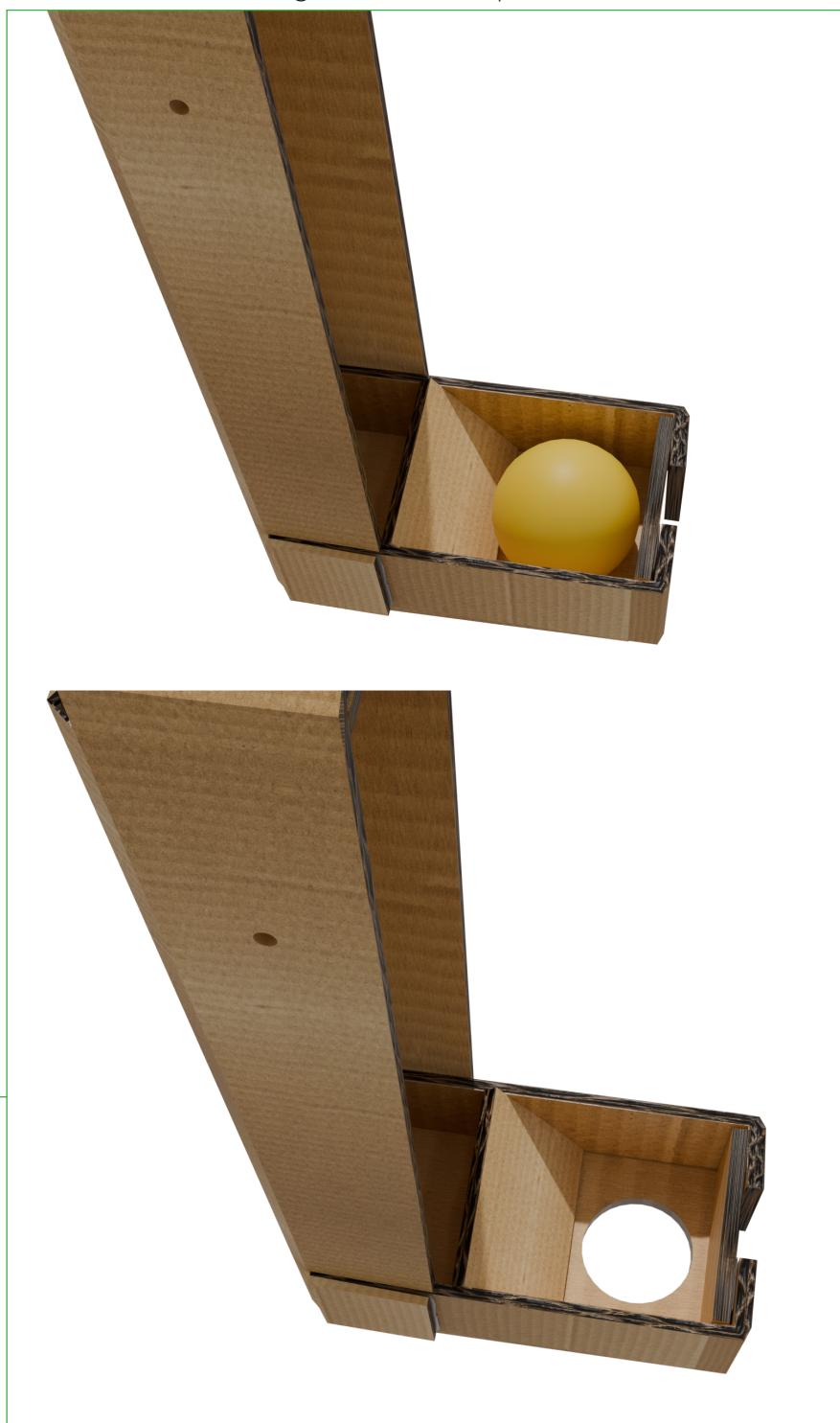


Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Loop gravitacional automatizado - I

Desenhe o orifício onde a bolinha ficará estacionada (Figura 14). Atenção: essa abertura deve ter um diâmetro quase do tamanho da bolinha, sendo apenas um pouco menor que ela. Isso serve para dois propósitos: primeiro, garante que a bolinha tampe totalmente a luz para o sensor LDR; segundo, cria um encaixe firme que segura a bolinha no lugar, impedindo que ela escape ou caia quando o braço mecânico começar a subir. Certifique-se de que o furo não seja longo demais, pois a bolinha precisa ficar apoiada na borda e não atravessar o papelão.

Figura 14 - Cesta pronta

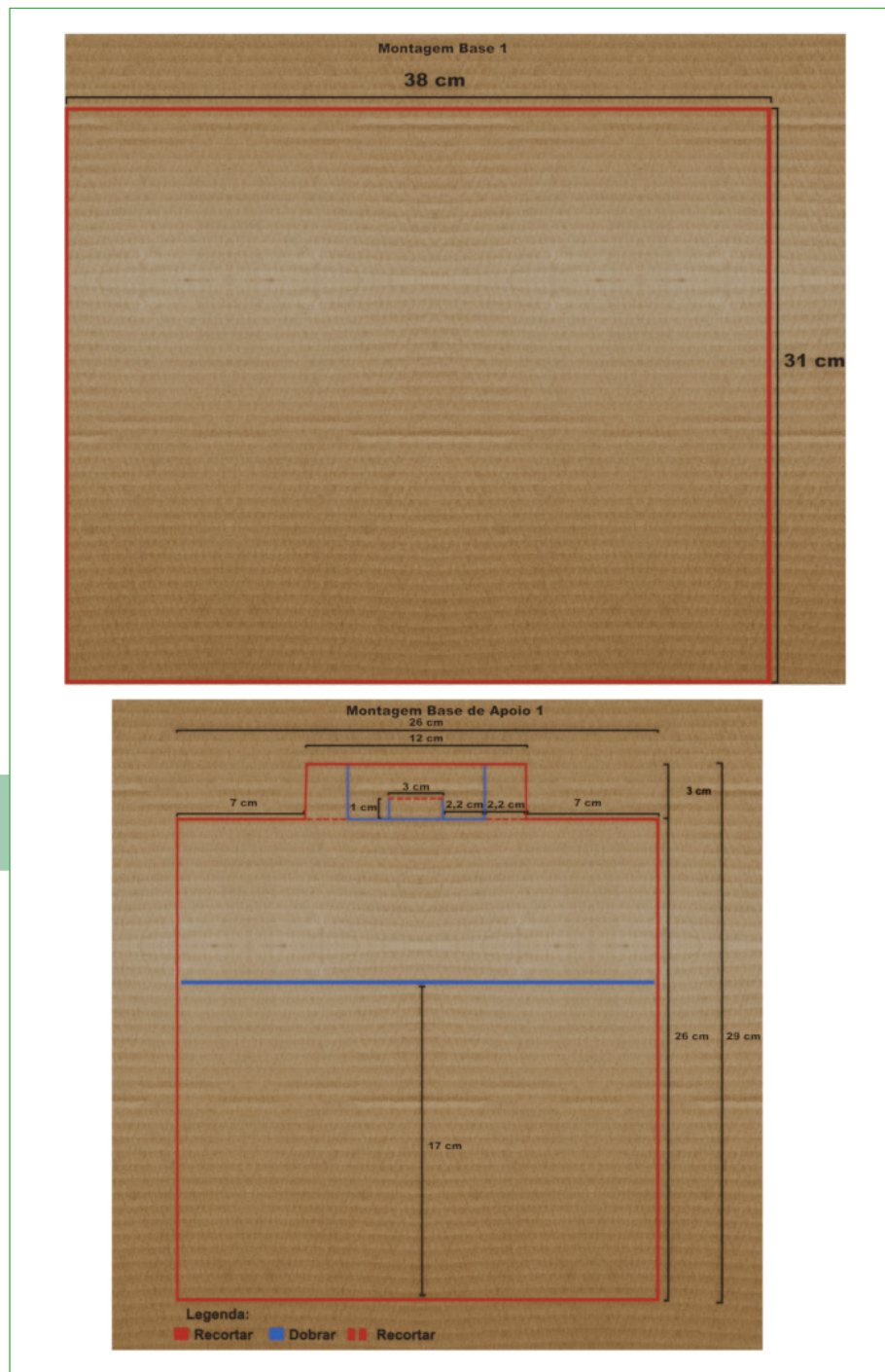


Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Loop gravitacional automatizado - I

A Figura 15 apresenta o projeto das bases que darão sustentação a toda a estrutura. Recortem a base 1 e a base de apoio 1 seguindo as medidas indicadas.

Figura 15 - Base 1 e base de apoio 1



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Loop gravitacional automatizado - I

Sigam a legenda com atenção: as linhas vermelhas indicam onde vocês devem recortar e as linhas azuis, onde devem dobrar. Na Figura 16, observamos a base 1 e a base de apoio 1. O encaixe superior de 3 cm com o pequeno recorte central é o que vai travar as pistas na inclinação correta. Essa precisão é o segredo para que a gravidade faça o trabalho de movimentar a bolinha sozinha.

Figura 16 - Montagem da base 1 e base de apoio 1

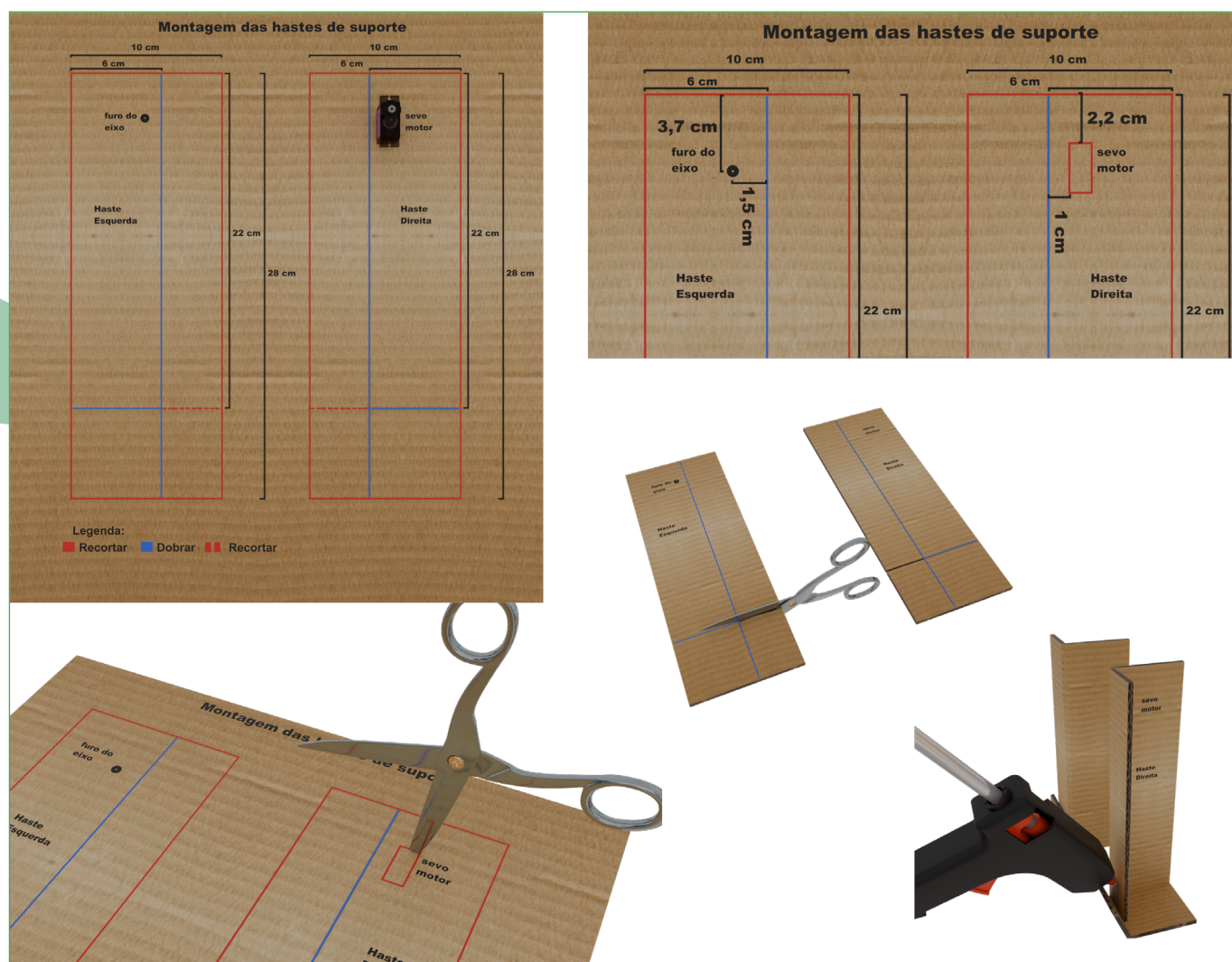


Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Loop gravitacional automatizado - I

Preparem as hastes de suporte, Figura 17, sigam as medidas com precisão para garantir o funcionamento mecânico. As peças são espelhadas: a haste esquerda recebe apenas o furo circular para o palito de madeira (eixo de rotação), enquanto a haste direita possui o recorte vazado exato para o encaixe do corpo do micro servomotor SG90. Esse alinhamento é vital para o palito atravessar a estrutura de forma reta, permitindo que o motor eleve o braço com a bolinha sem esforço excessivo; por fim, dobre as abas inferiores de 6 cm para fora, assegurando a estabilidade vertical do conjunto durante o movimento.

Figura 17 - Molde das hastes

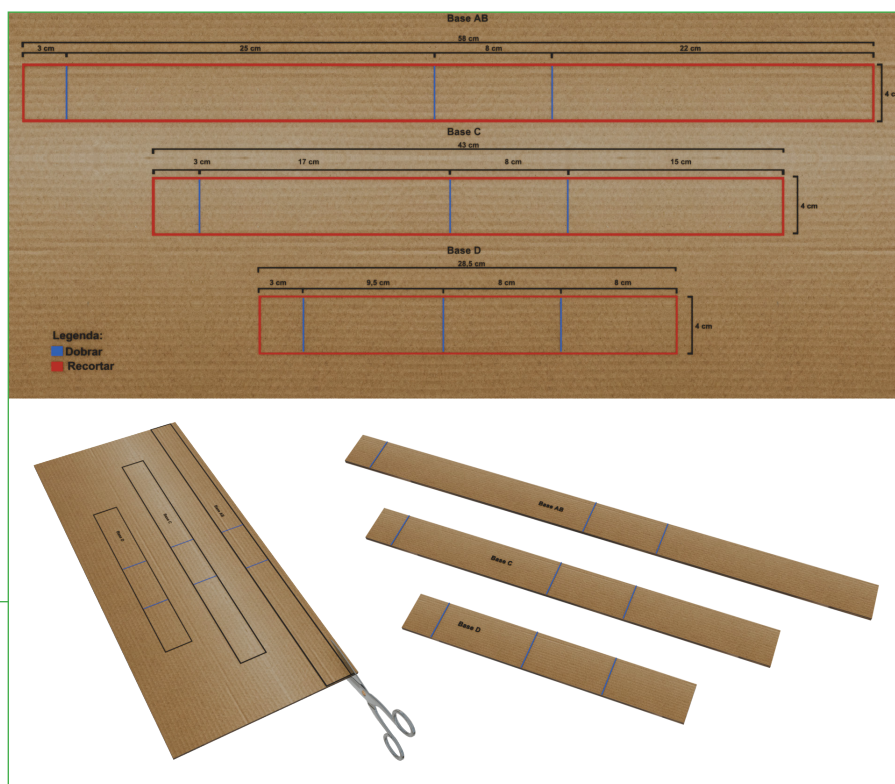


Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Loop gravitacional automatizado - I

Figura 18 - Bases para as pistas

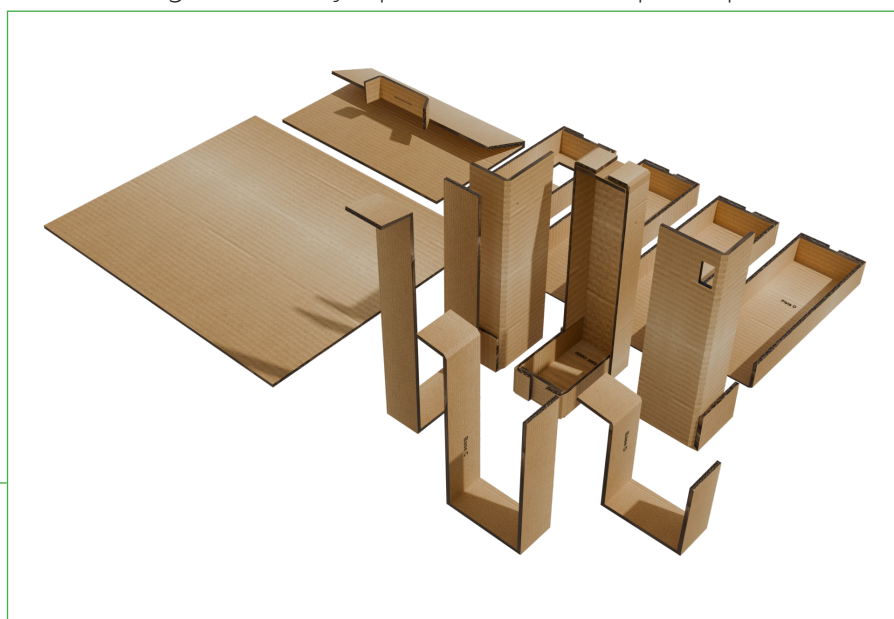
Observem na Figura 18 o detalhamento das bases A, B, C e D. Sigam a legenda com atenção: as linhas vermelhas indicam onde vocês devem recortar e as linhas azuis onde devem dobrar.



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Figura 19 - Peças para montarmos o protótipo

Na Figura 19, você pode visualizar todas as peças de papelão finalizadas e organizadas. Antes de encerrar, faça um "check-out" no seu material: confira se as 4 pistas, a base central, o cesto e as hastes de suporte estão com os cortes e dobras precisos.



Fonte: Roberto Rodrigues, 2026.

Loop gravitacional automatizado - I

Não cole nada ainda! Na próxima aula, faremos a montagem estrutural completa, integrando os componentes eletrônicos para dar vida ao nosso loop.

Desafios e customização

Agora que as peças principais estão recortadas, que tal dar uma identidade ao seu robô? Vocês podem pintar ou decorar as pistas de papelão. Além de deixar o projeto visualmente incrível, a pintura pode ajudar a selar as fibras do papelão, diminuindo ainda mais o atrito com a bolinha.

E se... o projeto não estiver firme?

Verifiquem a rigidez de cada junção. Se alguma pista ou suporte parecer “mole” ou balançar demais, utilizem palitos de madeira como vigas de reforço. Cole-os nas quinas ou na base para garantir que a estrutura suporte a bolinha e a vibração do motor sem sair do lugar.

3. Feedback e finalização

Analise o que foi desenvolvido até aqui e reflita: você conseguiu antecipar como essas peças se conectarão aos sensores? O pensamento crítico na fase de corte é o que separa um protótipo funcional de um brinquedo travado.

Mantenham o foco e a organização, pois vocês acabaram de construir o esqueleto de um sistema automatizado.

Recolham todos os componentes, organizem as peças por tipo e guardem-nas cuidadosamente no kit de Robótica. Deixar o material pronto e ordenado é a marca de um desenvolvedor profissional. Preparem-se: nas próximas aulas, a eletrônica entra em cena para dar vida a essa estrutura!

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
- Enzo Enrico Giacomini Piolla
- Kellen Pricila dos Santos Cochinski
- Marcelo Gasparin
- Michele Serpe Fernandes
- Michelle dos Santos
- Regeane Vaz Guedes
- 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 - CompartilhaIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

