

# Introdução à Robótica

## Aplicando Conceitos da Física e Matemática

Nicole Fernandes  
Davi Carnaúba

21 de dezembro de 2024

# Lista de Símbolos

$\theta$	Ângulo (em graus) associado a um movimento circular
$A$	Comprimento do arco correspondente ao ângulo $\theta$
$C$	Circunferência
$C_{giro}$	Comprimento do arco percorrido no giro do robô
$C_{roda}$	Circunferência da roda do robô
$D$	Diâmetro
$d$	Distância linear percorrida (por exemplo, o deslocamento do robô)
$d_{motriz}$	Distância entre as rodas motrizes do robô
$G$	Total de graus que a roda deve girar (ou seja, $360^\circ \times N$ ).
$N$	Número de rotações de uma roda
$R$	Raio
$R_{curva}$	Raio da curva resultante quando as duas rodas do robô se movem em velocidades diferentes
$V_d$	Velocidade da roda direita do robô
$V_e$	Velocidade da roda esquerda do robô

# Sumário

<b>Introdução</b>	<b>2</b>
Introdução à Programação de Computadores . . . . .	2
Kit Lego Spike Prime . . . . .	4
O que Você Aprendeu Neste Capítulo . . . . .	10
Questionário . . . . .	12
<b>Matemática na Robótica</b>	<b>14</b>
Movimentando o Robô Spike Prime com Precisão . . . . .	14
Girando o Robô Spike Prime com Precisão . . . . .	17
O que Você Aprendeu Neste Capítulo . . . . .	19
Questionário . . . . .	21
<b>Física na Robótica</b>	<b>23</b>
Movimento Circular dos Robôs Diferenciais . . . . .	23
Descobrimo o Raio da Curva Para um Robô Diferencial . . . . .	24
Como o Atrito Afeta a Precisão do Movimento . . . . .	28
O que Você Aprendeu Neste Capítulo . . . . .	30
Questionário . . . . .	31

# Introdução

Neste primeiro capítulo, vamos explorar a montagem dos kits de robôs Lego Spike Prime, com foco em entender cada componente da programação desses robôs e, assim, aprender como criar e personalizar seus próprios programas para eles.

Ao longo deste capítulo, você será apresentado aos conceitos básicos de montagem e programação, começando pela construção do robô base e passando pelos primeiros passos na criação de comandos. Nosso objetivo é garantir que você se familiarize com o ambiente do Lego Spike Prime e sinta-se confiante para desenvolver suas próprias ideias com autonomia e criatividade.

## Introdução à Programação de Computadores

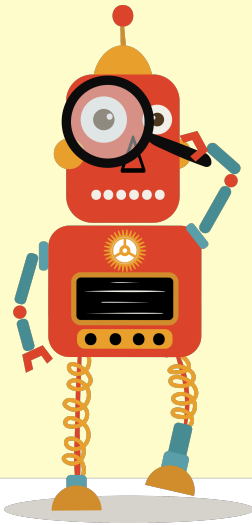
Programar é como ensinar um computador a executar tarefas por meio de algoritmos, que são sequências de instruções passo a passo, semelhantes a uma receita de bolo. Assim como cada etapa precisa ser seguida corretamente para que o resultado seja um bolo delicioso, os algoritmos devem ser precisos para que o computador execute as tarefas de forma eficaz.

Esses algoritmos são transformados em códigos que o computador



consegue entender e executar. Utilizando uma linguagem de programação, que serve como uma ponte entre o raciocínio humano e a máquina, podemos criar programas que fazem o robô realizar ações específicas, como se mover, identificar objetos e interagir com o ambiente. A programação nos dá a liberdade de criar soluções criativas e personalizadas para desafios do dia a dia, tornando o aprendizado divertido e empolgante.

Dois conceitos importantes para quem está iniciando na programação:



1. **Algoritmo** – É uma sequência de instruções para realizar uma tarefa ou resolver um problema.
2. **Fluxo de execução** – Refere-se à ordem em que as instruções de um programa são executadas. O fluxo normal de execução é top-down, ou seja, inicia de cima e segue até o último bloco embaixo.

## Programação em Blocos



A **Programação em blocos** trata-se de uma abordagem visual em que os programadores arrastam e conectam blocos de código para criar programas. A imagem à esquerda mostra um programa que primeiro inicia o motor A do robô e logo após o motor B. O comando do bloco laranja faz o programa aguardar 1 segundo, antes de continuar e executar as próximas instruções. Note que cada bloco se conecta com anterior formando uma pilha de blocos. A ordem que estes blocos serão executados inicia no primeiro (topo) até o último (embaixo).



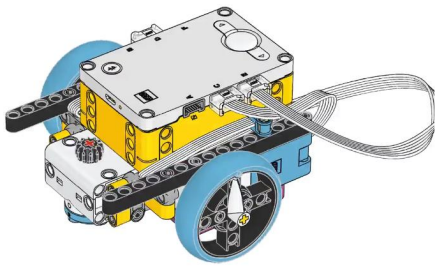
Um bloco só é executado após a execução completa do bloco anterior; ele nunca é executado simultaneamente ou antes do bloco anterior.

# Kit Lego Spike Prime

O Kit Lego Spike Prime é uma ferramenta educacional projetada para tornar a aprendizagem de robótica e programação acessível e envolvente para alunos de todas as idades, especialmente adolescentes. Combinando peças de construção LEGO tradicionais com motores, sensores e um bloco programável, o Spike Prime permite que os estudantes criem, modifiquem e programem robôs interativos e funcionais.

## Montagem do Robô de Aprendizagem

---



Para dar início à nossa jornada, vamos conhecer o robô base que será o ponto de partida para nossas atividades. Este robô, montado a partir do Kit Lego Spike Prime, será nosso principal instrumento de aprendizado nos próximos capítulos. Na imagem, você pode visualizar como ele é estruturado. A montagem do robô é simples e divertida, e as instruções detalhadas estão disponíveis no link a seguir: [Acessar Instruções](#).

Embora seja possível montar uma variedade de robôs diferentes com o Kit Lego Spike Prime, optamos por este modelo específico porque ele atende perfeitamente aos propósitos deste livro. Com ele, podemos ensinar conceitos fundamentais de física e matemática de forma prática e interativa, utilizando a robótica como ferramenta de aprendizado. Essa abordagem permite que os alunos compreendam melhor os princípios teóricos enquanto aplicam o conhecimento em projetos reais e envolventes.

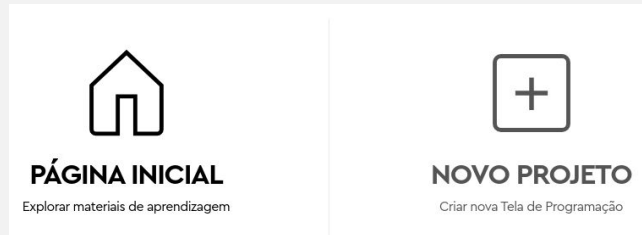
## Programando seu Primeiro Robô

---

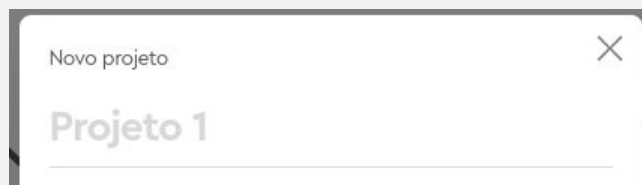
Após concluir a montagem do robô, é hora de explorar o ambiente de programação. Para isso, clique neste [link](#).

Ao acessar o link, siga os 3 passos abaixo para começar a programar seu robô:

**1** **Passo 1:** Clique em novo projeto.



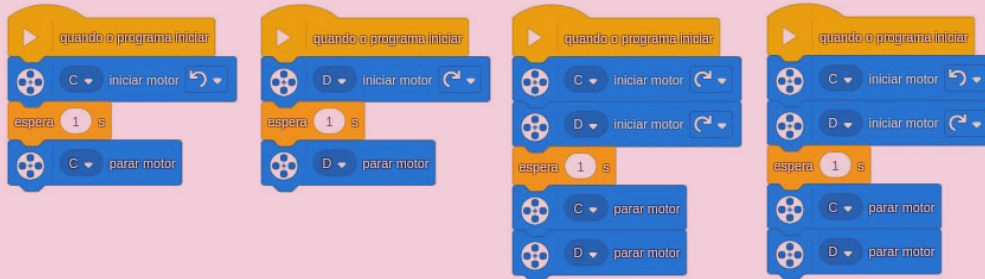
**2** **Passo 2:** Dê um nome para seu projeto.



**3** **Passo 3:** Clique no botão bloco de palavras e depois em criar.



## Experimento



Os 4 programas acima são exemplos de como fazer o robô se mover. Execute cada um destes programas e analise o comportamento do movimento do robô nos 4 casos. No primeiro apenas

o motor **C** está girando, no segundo, apenas o motor **D**, no terceiro os dois motores em direções opostas e o último gira os dois motores na mesma direção.

## Aprendendo Sobre o Bloco Programável

O **Bloco Programável** é a “mente” do robô construído com o Kit Lego Spike Prime, com portas para conectar motores, sensores e outros elementos essenciais. Ele possui uma bateria interna que garante energia para todos os componentes, permitindo que o robô funcione sem interrupções.

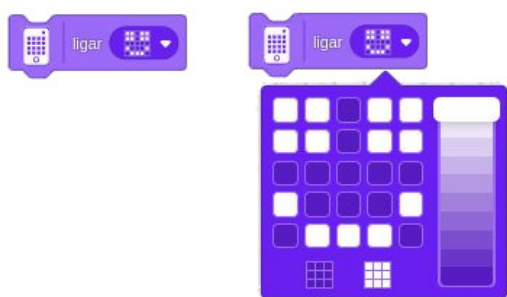
Esse bloco armazena e executa o código, transformando comandos em ações. Além disso, conta com uma **matriz de luz** que possibilita interação visual e feedback durante a execução dos programas. A seguir, veremos como usar essa matriz e explorar todo o potencial do Bloco Programável em suas criações.






## A Matriz de Luz

A matriz de luz do Spike Prime é um componente que cria efeitos visuais e transmite informações. Composta por 25 luzes organizadas em uma grade de  $5 \times 5$ , ela permite exibir padrões, mensagens e animações, personalizando a interação nos projetos. Para usá-la, utilize o seguinte bloco:



Este bloco permite desenhar e exibir imagens criadas por você. Clique no botão  para selecionar as luzes que deseja acender. Use sua criatividade para mostrar setas, emojis e outros elementos que deixem seus projetos mais interessantes e dinâmicos.

## Aprendendo Sobre os Motores

Os motores são essenciais para movimentar um robô ou algum mecanismo, permitindo que diferentes partes se desloquem de forma precisa. Eles podem ser programados para girar em ambas as direções, com velocidades variadas, possibilitando ao robô se mover em linha reta, girar ou executar ações específicas, como levantar um braço ou manipular objetos. A programação também permite definir o tempo ou o ângulo de rotação, garantindo movimentos precisos e adaptados às necessidades do projeto. Essa versatilidade torna os robôs capazes de realizar desde deslocamentos básicos até movimentos complexos e coordenados.



Ao mover motores, é importante ter cuidado com os limites físicos das peças conectadas para evitar danos. Movimentos além do alcance permitido podem romper fios ou danificar componentes do robô.

## Controlando Motores



Para controlar os motores, você pode usar os blocos mostrados ao lado. O bloco **iniciar motor** faz o motor começar a girar na direção indicada pela seta; clique na seta para mudar a direção conforme necessário. O bloco **parar motor** interrompe o movimento do motor quando ele estiver em funcionamento.

O bloco **executar** faz o motor girar por uma quantidade específica de rotações, que pode ser um número real. Por exemplo, para girar o motor por meia rotação, basta usar o valor 0.5. Note que, ao usar esse bloco, o próximo comando só será executado após o motor completar as rotações especificadas. Em contraste, com o bloco **iniciar motor**, o próximo bloco é executado imediatamente após o motor começar a girar.

O bloco **definir velocidade a** permite ajustar a velocidade com que o motor gira, oferecendo mais controle sobre o movimento.

## Aprendendo Sobre os Sensores

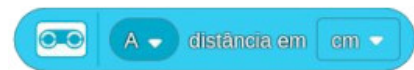
---

Os sensores são dispositivos fundamentais em robótica, pois permitem que o robô perceba e interaja com o ambiente ao seu redor. Eles funcionam como os sentidos de um ser humano, captando informações como luz, som, proximidade e toque. Com esses dados, o robô pode tomar decisões e ajustar seu comportamento, tornando suas ações mais inteligentes e adaptáveis. Entender como os sensores funcionam e como utilizá-los nos projetos é essencial para criar robôs que respondam a estímulos externos de forma dinâmica e eficaz.

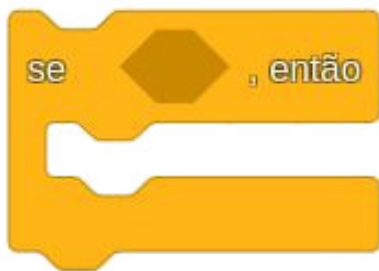
## Sensor ultrassônico

O sensor ultrassônico é um componente que permite ao robô medir distâncias e identificar a presença de objetos por meio de ondas sonoras de alta frequência. Ele funciona emitindo um pulso sonoro e calculando o tempo que o eco leva para retornar, determinando assim a distância entre o sensor e o objeto detectado.

O bloco de programação associado ao sensor permite obter a distância até o obstáculo mais próximo com certa precisão, possibilitando que o robô reaja de maneira autônoma, desviando ou parando conforme necessário.

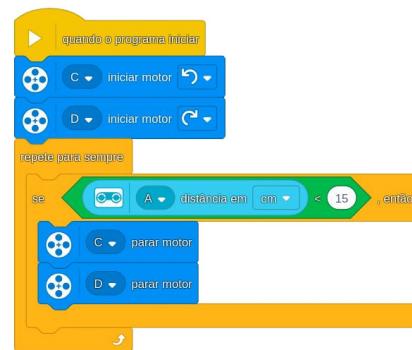


## Bloco se



Para usar o sensor ultrassônico, é necessário um método para verificar a distância medida por ele. Assim, o robô pode alterar seu comportamento se a distância detectada atender a um critério específico. Para isso, utilizamos o bloco **se**, que avalia uma condição e executa uma sequência de comandos caso essa condição seja **verdadeira**.

O exemplo ao lado ilustra um programa em que o robô começa a se mover para frente e, ao detectar um obstáculo a menos de 15 cm de distância, os motores param. Observe que o bloco **se** está inserido em um bloco **repita para sempre**, garantindo que a verificação da distância pelo sensor seja feita continuamente. Os blocos **iniciar motor** estão fora do **repita para sempre** para que os motores não voltem a ligar após pararem; caso contrário, o robô não ficaria parado ao detectar o obstáculo, e o efeito de parada não seria percebido.



## O que Você Aprendeu Neste Capítulo

Nesse capítulo, você aprendeu a montar o Kit Lego Spike Prime, familiarizando-se com cada componente essencial do robô. Exploramos os conceitos básicos de programação em blocos, entendendo como arrastar e conectar blocos de código para criar comandos que controlam as ações do robô. Você também descobriu a importância do Bloco Programável, que atua como o "cérebro" do robô, permitindo a execução de programas personalizados e a interação com a matriz de luz para fornecer *feedback* visual.

Além disso, abordamos o funcionamento dos motores e sensores, destacando como eles permitem que o robô se mova de maneira precisa e interaja com o ambiente ao seu redor. Através de exemplos práticos e experimentos, você aprendeu a programar movimentos básicos, controlar a velocidade das rodas e utilizar sensores ultrassônicos para detectar obstáculos. Esses conhecimentos fundamentais são essenciais para desenvolver robôs mais complexos e eficientes nos capítulos subsequentes.

Por fim, você teve a oportunidade de executar experimentos que reforçaram a compreensão dos conceitos apresentados, permitindo que você aplicasse a teoria na prática. Ao programar o robô para realizar tarefas específicas e analisar seu comportamento, você desenvolveu habilidades importantes em montagem, programação e resolução de problemas, preparando-se para desafios mais avançados no campo da robótica.

Com essas ferramentas e conhecimentos adquiridos, você está pronto para avançar para os próximos capítulos, onde explorará conceitos mais

aprofundados de física, matemática e robótica, utilizando o Kit Lego Spike Prime como uma poderosa ferramenta de aprendizado.



# Questionário

1. O que é um **algoritmo**?
  - (a) Uma sequência de instruções para resolver um problema.
  - (b) Um tipo de componente eletrônico.
  - (c) Uma peça do kit LEGO.
  - (d) Um sensor de proximidade.
2. Qual é a função do **bloco programável** no robô Spike Prime?
  - (a) Armazenar e executar códigos que controlam o robô.
  - (b) Conectar motores e sensores.
  - (c) Emitir sinais sonoros.
  - (d) Criar peças para o robô.
3. Quantas luzes compõem a **matriz de luz** do Spike Prime?
  - (a) 20
  - (b) 25
  - (c) 30
  - (d) 35
4. Como o **sensor ultrassônico** mede a distância até um objeto?
  - (a) Por meio de ondas de calor.
  - (b) Com ondas de luz infravermelha.
  - (c) Emitindo um pulso sonoro e medindo o tempo de retorno do eco.
  - (d) Usando campos magnéticos.
5. Qual é a diferença entre os blocos **iniciar motor** e **executar**?
6. Cite dois cuidados importantes ao mover os motores do robô.

7. Explique o significado do termo "fluxo de execução" em programação.
8. Quais são os tipos de informações que os sensores podem captar?
9. **Questão prática:** Programe um robô Spike Prime para se mover em linha reta por 3 rotações, parar por 2 segundos e depois girar 90 graus para a esquerda. Descreva os blocos necessários e sua sequência.

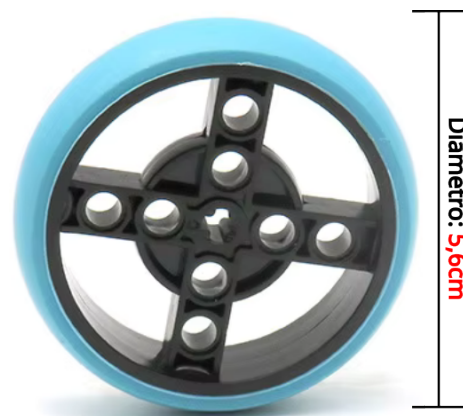
# Matemática na Robótica

Neste capítulo, exploraremos conceitos matemáticos aplicados à robótica de forma prática e interativa. Usando o Kit LEGO Spike Prime, você aprenderá como a matemática é essencial para a programação e movimentação de robôs. Essa abordagem prática permitirá compreender como os cálculos influenciam a precisão dos movimentos e ações realizadas pelos robôs.

## Movimentando o Robô Spike Prime com Precisão

Ao construir robôs, é comum precisar movimentá-los para uma posição ou distância específica. Essa tarefa exige precisão nos cálculos, considerando características físicas do robô, como o diâmetro das rodas e a distância entre elas, para traduzir a posição desejada em comandos claros.

Por exemplo, para avançar 35 cm, é necessário calcular quantas rotações ou graus as rodas devem girar, com base na circunferência das rodas, que indica o avanço por rotação completa. Essa habilidade é essencial para o robô executar tarefas com eficácia, seja em competições ou projetos de automação.



### Cálculo da Circunferência

---

A **circunferência** de uma roda é a linha curva que delimita o círculo e é



calculada pela fórmula:

$$C = \pi \cdot D$$

onde:

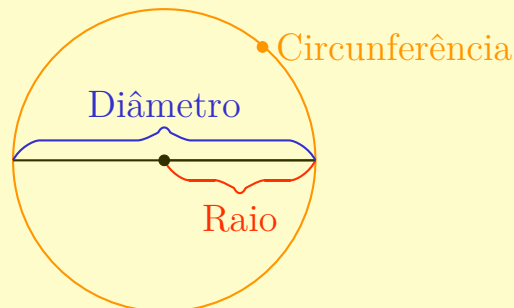
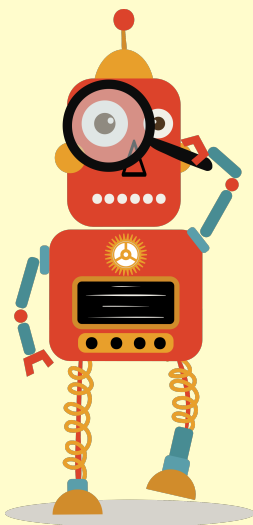
- $C$  é o tamanho da circunferência;
- $\pi$  é uma constante com valor aproximado de 3,14;
- $D$  é o diâmetro do círculo.

Substituindo  $D$  pelo diâmetro da roda, temos:

$$C_{\text{roda}} = 3,14 \cdot 5,8 = 18,21 \text{ cm}$$

Portanto, a cada rotação completa, a roda do robô percorrerá 18,21 cm.

### O que é Raio, Diâmetro e Circunferência?



- O **diâmetro** ( $D$ ) é o comprimento de uma linha reta que atravessa o círculo, passando pelo seu centro.
- O **raio** ( $R$ ) é metade do diâmetro ( $R = \frac{D}{2}$ ).
- A **circunferência** ( $C$ ) é a linha curva que delimita a área do círculo.

## Programando a Distância Percorrida pelo Robô

---



Para programar o robô a percorrer uma distância específica, utilizamos o bloco ao lado. Como você pode notar, o bloco pede o **número de rotações**, **graus** ou **segundos** que a roda deve girar.

Para movimentar pelo número de rotações, usamos a fórmula:

$$N = \frac{d}{C_{\text{roda}}}$$

onde:

- $N$  é o número de rotações necessárias;
- $d$  é a distância desejada;
- $C_{\text{roda}}$  é a circunferência da roda.

Por exemplo, para o robô percorrer 1 m, ou seja,  $d = 100$  cm, calculamos:

$$N = \frac{100}{18,21} \approx 5,49$$

Isso significa que a roda precisa girar aproximadamente 5,49 rotações para percorrer 1 m.

Se preferirmos trabalhar com graus em vez de rotações, usamos a fórmula:

$$G = N \cdot 360$$

onde:



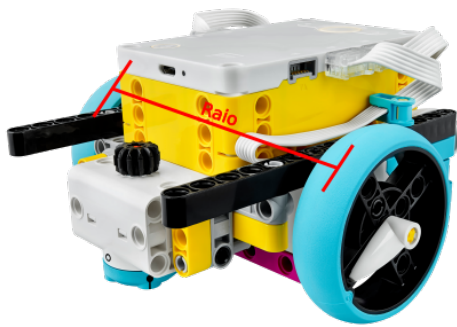
- $G$  é o número total de graus que a roda deve girar;
- $N$  é o número de rotações.

Substituímos o valor de  $N$ :

$$G = 5,49 \cdot 360 \approx 1976,4 \text{ graus}$$

Assim, o robô precisa girar suas rodas 1976,4 graus para percorrer 1 m.

## Girando o Robô Spike Prime com Precisão



Robôs com rodas diferenciais possuem duas rodas motorizadas controladas de forma independente, permitindo movimentos como deslocamento linear e rotação. Quando uma roda permanece parada e a outra gira, o robô executa um movimento circular ao redor da roda estacionária. Neste livro chamaremos este movimento de **círculo de giro**, pois refere-se à trajetória circular que o robô realiza quando realiza um giro sobre si mesmo. O raio deste círculo será igual à **distância entre as rodas motrizes** do robô.

### Cálculo para Girar o Robô

Para calcular o movimento de giro do robô, seguimos os passos abaixo:

1. **Calcular a circunferência do círculo de giro:**

$$C_{giro} = 2 \cdot \pi \cdot d_{motriz}$$

onde:

- $C_{giro}$  é a circunferência do círculo de giro;
- $d_{motriz}$  é o raio do círculo de giro, que corresponde à distância entre as rodas motrizes.

Por exemplo, se a distância entre as rodas motrizes for 12 cm, então:

$$d_{motriz} = 12 \text{ cm}$$

e

$$C_{giro} = 2 \cdot 3,14 \cdot 12 = 75,36 \text{ cm}$$

## 2. Calcular o arco correspondente ao ângulo de giro:

$$A = \frac{\theta}{360} \cdot C_{giro}$$

onde:

- $A$  é o comprimento do arco;
- $\theta$  é o ângulo que desejamos que o robô gire em graus.

Para um giro de  $90^\circ$ :

$$A = \frac{90}{360} \cdot 75,36 = 18,84 \text{ cm}$$

## 3. Converter o arco em rotações da roda:

$$N_{giro} = \frac{A}{C_{roda}}$$

onde:

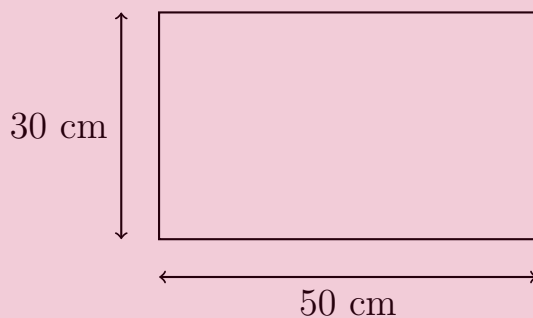
- $N_{giro}$  é o número de rotações para o robô percorrer o comprimento do arco  $A$ ;
- $A$  é o comprimento do arco;
- $C_{roda}$  é a circunferência da roda.

Substituindo os valores:

$$N_{giro} = \frac{18,84}{18,21} \approx 1,03$$

Assim, para o robô girar  $90^\circ$ , uma das rodas precisa girar 1,03 rotações.

## Experimento



Peça ao professor uma superfície onde o robô possa se mover por pelo menos 30 cm em todas as direções. Use fita isolante para formar o retângulo mostrado

acima com as dimensões especificadas. Programe o robô para percorrer todo o contorno do retângulo.

## O que Você Aprendeu Neste Capítulo

Neste capítulo, você explorou a aplicação de conceitos matemáticos fundamentais na robótica utilizando o Kit LEGO Spike Prime. Iniciamos compreendendo a importância da **circunferência**, calculada pela fórmula  $C = \pi \cdot D$ . Essa compreensão permitiu determinar a distância percorrida pelo robô a cada rotação completa da roda.

Aprendeu a converter uma distância desejada em número de rotações necessárias para que o robô a percorra, utilizando a fórmula  $N_{giro} = \frac{d}{C_{roda}}$ . Além disso, você descobriu como converter rotações em graus de giro com a fórmula  $G = N \cdot 360$ .

Através de exemplos práticos e experimentos, você aplicou esses cálculos na programação do robô, controlando sua movimentação linear e rotacional com precisão. O experimento proposto reforçou sua compreensão, permitindo que você programasse o robô para seguir trajetórias específicas e analisasse seu comportamento em ambientes controlados.

Por fim, desenvolveu habilidades importantes em integração matemática e programação, preparando-se para enfrentar desafios mais complexos nos capítulos seguintes. Com esses conhecimentos, você está apto a programar movimentos precisos e eficientes, essenciais para o desenvolvimento de projetos robóticos avançados.

Com essa base sólida, você está preparado para avançar para o próximo capítulo, onde aprofundará ainda mais seus conhecimentos em matemática e física aplicada à robótica, expandindo as capacidades do seu Kit LEGO Spike Prime e aprimorando suas habilidades de programação e resolução de problemas.



# Questionário

1. O que é a **circunferência** de uma roda e como ela é calculada?
  - (a) A distância entre as bordas da roda, calculada como  $C = \pi \cdot D$ .
  - (b) O comprimento do eixo da roda, calculado como  $C = D/2$ .
  - (c) O diâmetro da roda, calculado como  $D = 2 \cdot R$ .
  - (d) A área da roda, calculada como  $A = \pi \cdot R^2$ .
2. Para calcular a **distância** que o robô percorre em uma **rotação completa** da roda, qual fórmula deve ser usada?
  - (a)  $d = N \cdot C$
  - (b)  $d = \pi \cdot R$
  - (c)  $C = \pi \cdot D$
  - (d)  $A = \pi \cdot R^2$
3. Quantas rotações são necessárias para o robô percorrer 1 m, dado que a **circunferência da roda** é 18,21 cm?
  - (a) 4,89
  - (b) 5,49
  - (c) 6,21
  - (d) 7,02
4. Qual é o número total de graus que as rodas devem girar para o robô percorrer 1 m?
  - (a) 1976,4 graus
  - (b) 1800,0 graus
  - (c) 2050,2 graus
  - (d) 3600,0 graus

5. Como calcular o comprimento do arco percorrido pelo robô em um giro de  $\theta$  graus?
- (a)  $A = \pi \cdot R_{giro}$
  - (b)  $A = \frac{\theta}{360} \cdot C_{giro}$
  - (c)  $A = 2 \cdot \pi \cdot R$
  - (d)  $A = N \cdot C$
6. Qual é a função da fórmula  $N = \frac{d}{C}$  na programação do movimento do robô?
- (a) Calcular a distância percorrida pelo robô em função do número de rotações.
  - (b) Determinar o número de rotações necessárias para o robô percorrer uma distância.
  - (c) Converter o número de graus para rotações completas da roda.
  - (d) Calcular a área do círculo formado pela roda.
7. Como a distância entre as rodas motrizes influencia o giro do robô?
- (a) Define o raio do círculo de giro.
  - (b) Determina sua estabilidade.
  - (c) Influencia a circunferência do giro.
  - (d) Afeta sua resistência ao movimento.
8. **Questão prática:** Programe o robô para se mover em linha reta por 2,5 m, parar por 2 segundos e depois voltar para a posição inicial. Descreva os blocos necessários e sua sequência.



# Física na Robótica

Neste capítulo, utilizaremos o Kit LEGO Spike como uma ferramenta prática e inovadora para investigar e compreender os principais conceitos da física. Através da construção de modelos funcionais e da realização de experimentos interativos, você será capaz de visualizar na prática como as leis e os fenômenos físicos funcionam no mundo real

## Movimento Circular dos Robôs Diferenciais

Quando duas rodas de um robô se movem em velocidades diferentes, ele segue uma trajetória curva. Isso ocorre porque a roda mais rápida percorre um arco maior e a mais lenta um arco menor, fazendo o robô mudar de direção. Esse fenômeno, chamado de movimento diferencial, é crucial para controlar a trajetória e o comportamento direcional de robôs, como o robô Spike Prime, e também é utilizado em veículos autônomos, drones e trens.

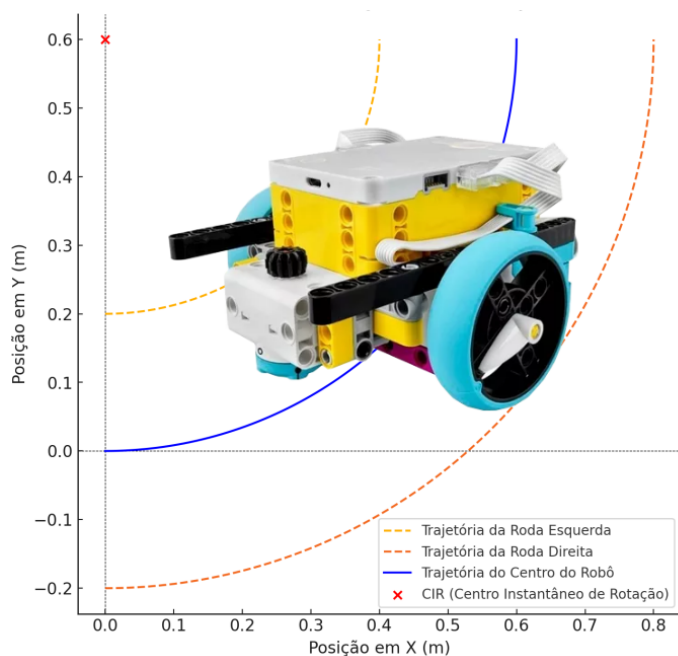
Ao realizar a atividade de progra-

mar o robô para seguir trajetórias curvas, os participantes podem visualizar como a diferença de velocidade entre as rodas determina o raio da curva.



Uma grande diferença resulta em uma curva fechada, enquanto uma diferença menor gera uma curva mais ampla. Este conceito é aplicado no mundo real em várias tecnologias de transporte e automação, como carros autônomos e sistemas de logística, promovendo uma melhor compreensão da física e da robótica no cotidiano.

# Descobrendo o Raio da Curva Para um Robô Diferencial



Um **robô diferencial** é um tipo de robô que se desloca utilizando duas rodas motrizes independentes, normalmente posicionadas uma em cada lado. Cada roda pode girar com velocidades diferentes ou até em direções opostas, permitindo grande versatilidade de movimento. Quando as velocidades das rodas não são iguais, o robô descreve uma trajetória curva, e a diferença de velocidade entre as rodas determina o raio dessa curva.

A roda que gira mais rápido percorre um arco maior, enquanto a roda mais lenta percorre um arco menor. O centro da curva, por sua vez, é um ponto imaginário localizado fora do robô, ao redor do qual ele "gira" ao realizar a curva. Essa dinâmica torna os robôs diferenciais altamente adaptáveis para trajetórias complexas.

## Cálculo do raio da curva

O raio da curva ( $R_{curva}$ ) pode ser aproximado utilizando a fórmula:

$$R_{curva} = \frac{d_{motriz}}{2} \cdot \frac{V_e + V_d}{V_e - V_d} \quad (1)$$

onde:

- $d_{motriz}$  é a distância entre as rodas motrizes.
- $V_e$  e  $V_d$  são as velocidades das rodas esquerda e direita, respectivamente.

## Exemplo

### Dados do robô:

- $d_{motriz} = 0,2 \text{ m}$  (20 cm).
- $V_e = 0,5 \text{ m/s}$ .
- $V_d = 0,3 \text{ m/s}$ .

Substituindo os dados do robô na Equação 1, temos:

$$R_{curva} = \frac{0,2}{2} \cdot \frac{0,5 + 0,3}{0,5 - 0,3} = 0,4 \text{ m}$$

Logo o raio da curva ( $R$ ) será de 0,4 m (40 cm). Portanto, o robô seguirá uma curva com raio de 40 cm, dado que a distância entre as rodas motrizes é de 20 cm e as velocidades das rodas são 0,5 m/s e 0,3 m/s, respectivamente.

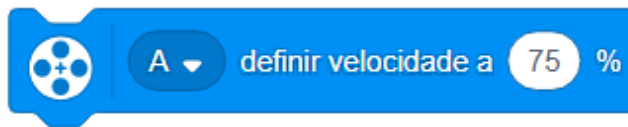


Se  $R_{curva}$  tiver um valor positivo, então o robô estará realizando uma curva para **direita**, caso contrário, estará realizando uma curva para **esquerda**.

## Programando a velocidade da roda do robô

Para programar a roda do robô a percorrer uma distância com uma velocidade específica, utilizamos o bloco indicado ao lado.

É importante lembrar que esse bloco é utilizado apenas para uma das rodas. Isso significa que, para controlar as duas rodas com velocidades diferentes, é necessário usar dois blocos de movimento, um para cada roda, permitindo que cada uma tenha uma velocidade específica.





É importante que o comando para atribuir a velocidade da roda seja seguido logo após de um comando para iniciar a rotação da roda, caso contrário, a velocidade não será ajustada.

A implementação dessa lógica no programa exige que as velocidades sejam convertidas em porcentagens correspondentes no software de programação, como no bloco de controle da velocidade do motor mostrado anteriormente. Isso permite que o robô execute movimentos suaves e siga as trajetórias curvas desejadas, promovendo uma compreensão prática dos conceitos de movimento diferencial.

Para determinar a porcentagem correspondente à velocidade da roda direita ( $V_d$ ) em relação à velocidade da roda esquerda ( $V_e$ ), utilizamos a regra de três simples. Sabemos que a velocidade máxima ( $V_e$ ) corresponde a 100%. Assim, temos:

$$\begin{array}{l} V_e = 0,5 \text{ m/s} \quad \longrightarrow \quad 100\% \\ V_d = 0,3 \text{ m/s} \quad \longrightarrow \quad x \end{array}$$

Aplicamos a regra de três para encontrar  $x$ :

$$x = \frac{V_d \cdot 100}{V_e}$$

Substituímos os valores:

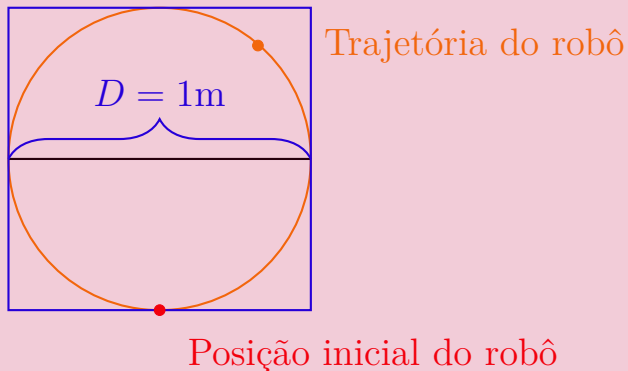
$$x = \frac{0,3 \cdot 100}{0,5} = \frac{30}{0,5} = 60\%$$

Portanto, a velocidade da roda direita ( $V_d = 0,3 \text{ m/s}$ ) equivale a 60% da velocidade máxima ( $V_e = 0,5 \text{ m/s}$ ).



O exemplo ao lado ilustra como ajustar as velocidades de cada roda individualmente. Dessa forma, podemos utilizar a seguinte sequência de blocos para programar o robô Spike Prime e explorar o movimento diferencial, programando o robô para realizar uma trajetória curva com raio de 40cm.

## Experimento



Peça ao professor uma superfície onde o robô possa se mover por pelo menos 1 m em todas as direções. Use fita isolante para formar o **quadrado** mostrado acima com as dimensões especificadas. Programe o robô para realizar uma trajetória circular de forma que o robô toque nos 4 cantos do quadrado sem sair dele. Para determinar a velocidade da roda para um determinado raio

use a equação abaixo:

$$\frac{V_e}{V_d} = \frac{2 \cdot R_{curva} + d_{motriz}}{2 \cdot R_{curva} - d_{motriz}}$$

Esta equação indica que, para um determinado raio  $R_{curva}$  e distância entre as rodas motizes  $d_{motriz}$ , as velocidades das rodas esquerda ( $V_e$ ) e direita ( $V_d$ ) devem manter essa proporção para que o robô execute a curva desejada.

## Como o Atrito Afeta a Precisão do Movimento

O atrito desempenha um papel fundamental na movimentação de robôs diferenciais, afetando diretamente a precisão das trajetórias planejadas. No contexto de um robô como o LEGO Spike, o atrito entre as rodas e a superfície pode causar desvios indesejados no caminho, especialmente em superfícies irregulares ou com diferentes coeficientes de atrito.

Existem dois tipos principais de atrito que influenciam o movimento do robô:

- **Atrito estático:** É a força que impede o movimento inicial do robô.

Um atrito estático elevado pode dificultar a partida do movimento, exigindo uma maior força aplicada pelas rodas.

- **Atrito dinâmico:** Age quando o robô já está em movimento, resistindo ao seu deslocamento. Um atrito dinâmico irregular pode causar variações na velocidade e desvios na trajetória.

Ao realizar trajetórias curvas, diferenças no atrito das rodas podem impactar o raio da curva e a precisão do movimento. Por exemplo:

- Se a roda direita experimentar mais atrito do que a esquerda, sua velocidade será reduzida, resultando em um raio de curva menor do que o planejado.
- De maneira oposta, se a roda esquerda enfrentar mais atrito, o raio da curva será maior, desviando o robô para fora da trajetória esperada.
- Ou até mesmo o deslize pela falta de atrito de uma das rodas pode causar o desvio da trajetória esperada.



A trajetória do robô pode ser corrigida utilizando sensores avançados, como acelerômetros e giroscópios.

## Experimento

Peça ao professor uma superfície onde o robô possa se mover por pelo menos 2 m. Utilize fita isolante para marcar uma linha reta com comprimento de 2 m. Coloque o robô na posição inicial, alinhado com o início da fita isolante, e programe-o para percorrer 2 m em linha reta ao longo da fita. Após a execução do percurso, meça e registre a distância real percorrida pelo robô. Repita todo o procedimento dez vezes, anotando as distâncias reais em cada tentativa. **Observe que, em diversas ocasiões, o robô percorre uma distância menor do que a prevista ou não consegue manter uma trajetória em linha reta.** Você consegue identificar os motivos?

## O que Você Aprendeu Neste Capítulo

Nesse capítulo, você aprendeu a aplicar conceitos fundamentais de física na robótica utilizando o Kit LEGO Spike Prime. Exploramos o movimento circular dos robôs diferenciais, entendendo como a diferença de velocidades entre as rodas influencia a trajetória e o raio das curvas que o robô percorre. Você aprendeu a calcular o raio da curva  $R_{curva} = \frac{d_{motriz}}{2} \cdot \frac{V_e + V_d}{V_e - V_d}$ .

Você também compreendeu a importância do atrito no movimento do robô, diferenciando entre atrito estático, que impede o início do movimento, e atrito dinâmico, que resiste ao movimento contínuo, afetando a precisão das trajetórias. Além disso, desenvolveu habilidades em programar a velocidade das rodas utilizando blocos de programação, permitindo que o robô execute movimentos suaves e siga trajetórias curvas com maior precisão. Os experimentos práticos realizados reforçaram a compreensão dos conceitos teóricos, proporcionando uma aplicação real dos cálculos e da programação na robótica.





# Questionário

1. O que é o **movimento diferencial** em robótica e como ele influencia a trajetória do robô?
  - (a) Um método de programação que permite ao robô seguir linhas retas com precisão.
  - (b) A diferença de velocidades entre as rodas que faz o robô realizar curvas suaves.
  - (c) Um sistema de sensores que ajusta automaticamente a direção do robô.
  - (d) A técnica de equilibrar o robô utilizando giroscópios e acelerômetros.
2. Como a diferença de velocidade entre as rodas afeta o **raio da curva** ( $R_{curva}$ ) que o robô irá percorrer?
  - (a) Maior diferença de velocidade resulta em um raio de curva maior.
  - (b) Maior diferença de velocidade resulta em um raio de curva menor.
  - (c) A diferença de velocidade não afeta o raio da curva.
  - (d) O raio da curva depende apenas da distância entre as rodas motrizes, independentemente da velocidade.
3. Como a **distância entre as rodas motrizes** ( $d_{motrizes}$ ) influencia o movimento de giro de um robô diferencial?
  - (a) Determina a velocidade máxima que o robô pode atingir.
  - (b) Define o raio mínimo da curva que o robô pode realizar.
  - (c) Influencia diretamente a estabilidade do robô durante o movimento.
  - (d) Não tem influência significativa no movimento de giro.
4. Como o **atrito dinâmico** pode afetar a precisão da trajetória de um robô diferencial?

- (a) Aumenta a velocidade do robô, tornando-o mais preciso.
  - (b) Reduz a resistência ao movimento, permitindo curvas mais suaves.
  - (c) Causa variações na velocidade, resultando em desvios na trajetória.
  - (d) Não tem efeito significativo na trajetória do robô.
5. Qual é a principal diferença entre **atrito estático** e **atrito dinâmico** em relação ao movimento de um robô?
- (a) Atrito estático impede o movimento inicial, enquanto atrito dinâmico resiste ao movimento contínuo.
  - (b) Atrito estático aumenta a velocidade do robô, enquanto atrito dinâmico a diminui.
  - (c) Atrito estático afeta apenas uma roda, enquanto atrito dinâmico afeta ambas.
  - (d) Não há diferença significativa entre atrito estático e dinâmico.
6. **Questão prática:** Programe o robô diferencial para seguir uma **trajetória circular** com raio de 0,5 m. Descreva os blocos necessários e explique como você ajustaria as velocidades das rodas para alcançar o raio desejado.