

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA  
SOUZA**

**Etec SYLVIO DE MATTOS CARVALHO**

**Curso de Técnico em Eletrotécnica**

**Daniel Roberto Mariano**

**Letícia Costa Silva**

**Murilo Franco**

**Yan Tiago Rodrigues de Oliveira**

**CONTROLE DE QUALIDADE VIA CONFERÊNCIA DE PESO**

**Matão, SP  
2025**

**Daniel Roberto Mariano**

**Letícia Costa Silva**

**Murilo Franco**

**Yan Tiago Rodrigues de Oliveira**

## **CONTROLE DE QUALIDADE VIA CONFERÊNCIA DE PESO**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual Sylvio de Mattos Carvalho, orientado pelo Prof. Jocimar Fernando de Souza, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Técnico em Eletrotécnica.

**Matão, SP  
2025**

## RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma esteira transportadora automatizada com sistema de verificação de peso, voltada para aplicações em linhas de produção industrial. A proposta visa melhorar o controle de qualidade por meio da integração de sensores de carga, motores de passo e microcontroladores, utilizando a plataforma Arduino Uno como unidade central de controle. O sistema automatizado permite identificar, em tempo real, produtos fora dos padrões de peso estabelecidos e realizar sua separação automática, reduzindo falhas humanas e aumentando a eficiência operacional. O projeto foi dividido em etapas de concepção mecânica, programação, montagem eletrônica e testes práticos, validando o funcionamento do sistema em situações simuladas. Os resultados demonstraram precisão nas medições, confiabilidade na rejeição de produtos irregulares e viabilidade de implementação em ambientes industriais. Como proposta futura, sugere-se a inclusão de visão computacional e integração com sistemas de supervisão industrial via IoT.

**Palavras-chave:** automação industrial, controle de qualidade, esteira seletora, pesagem automatizada, Arduino.

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
1.1 Objetivo geral.....	6
1.2 Objetivos específicos.....	6
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
1.1. Controle de qualidade.....	8
2.1.1 Benefícios do controle de qualidade .....	9
2.2 Automação industrial .....	9
2.3 Esteira transportadora .....	11
2.3.1 Componentes de uma esteira transportadora .....	12
<b>3.COMPONENTES.....</b>	<b>18</b>
3.1 Arduíno .....	18
3.2 Protoboard .....	19
3.3 Módulo relé 8 canais .....	20
3.4 Célula de carga .....	20
3.5 Motor de passo bipolar 4 fios .....	22
3.6 Sensor de obstáculo reflexivo infravermelho .....	23
3.7 Driver motor de passo DRV8825.....	24
3.8 Lista de materiais .....	25
<b>4. DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>26</b>
4.1. Montagem da estrutura da esteira .....	26
4.1.2. Lona da esteira .....	29
4.1.3 Balança .....	32
4.1.4 Motor de passo .....	33
4.1.5 Base da esteira .....	34
4.1.6 Motor da esteira .....	34
4.2 Desenvolvimento do sistema.....	36
4.2.1 Código de programação .....	36
4.2.2 Esquema elétrico .....	44
4.2.3 Montagem .....	44
4.3 Estrutura do sistema .....	47
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, é de suma importância para qualquer tipo de indústria prezar pela qualidade de produtos ou serviços prestados. A qualidade do produto entregue reflete diretamente na imagem e reputação de uma empresa ou marca, aspecto esse que afeta a percepção do público quanto a mesma, dessa forma impactando na confiança e por consequência em números de vendas.

Segundo Crosby (1979), qualidade significa entregar exatamente o que foi prometido. No contexto do chão de fábrica, isso exige mais do que apenas seguir um roteiro, é necessário verificar, em tempo real, se o produto atende ao que foi especificado. Uma das formas mais práticas de fazer isso é por meio da conferência de peso durante o processo de produção, que funciona como uma checagem objetiva e confiável.

Durante o desenvolvimento deste projeto, ficou evidente que integrar sensores de carga a uma esteira transportadora seria uma solução eficiente. Esse conjunto permite que o sistema decida automaticamente se um produto pode seguir na linha ou precisa ser separado, otimizando tempo e reduzindo erros manuais.

Um dos aspectos mais importantes sobre produtos é a quantidade, em muitos casos, definida pelo peso. A verificação do peso durante o processo produtivo garante que esse ponto esteja de acordo com o esperado, e dessa forma, trazendo o produto mais próximo de obter a tão importante qualidade.

Além disso, para manter a competitividade e os lucros da empresa, é essencial equilibrar o volume de produção com o tempo necessário para a execução dos processos. Assim, a integração de um sistema de checagem automatizado ao fluxo produtivo torna-se uma solução viável e eficiente.

A combinação de esteiras transportadoras para o deslocamento dos produtos e sensores de carga para a medição do peso permite a criação de um sistema capaz de aprovar itens que atendem aos requisitos de qualidade e rejeitar aqueles que não estão em conformidade, garantindo maior controle e eficiência no processo produtivo.

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver um sistema automatizado de controle de peso para melhorar a eficiência e qualidade no processo produtivo.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Implementar um sistema de pesagem automatizado que garanta a precisão dos produtos de acordo com suas especificações.

Integrar sensores de posicionamento e balança à esteira para conduzir os produtos ao processo de verificação de peso.

Desenvolver um mecanismo de redirecionamento automatizado que possibilite o reprocessamento dos produtos fora do padrão.

Reduzir a intervenção manual no processo de controle de peso, minimizando o risco de falhas humanas.

Melhorar o fluxo de produção, otimizando a velocidade de conferência de peso e o encaminhamento para reprocessamento, quando necessário.

Validar a eficiência do sistema por meio de testes práticos, garantindo precisão e repetibilidade dos resultados.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O presente trabalho surgiu da necessidade prática de melhorar o controle de peso em processos industriais, especialmente em linhas de produção onde a conferência visual ou manual não é suficiente. A proposta é desenvolver uma esteira seletora automatizada que integre sensores, motores e lógica embarcada — com foco na precisão, baixo custo e possibilidade real de aplicação. A pesquisa se concentra na implementação de um sistema inteligente de seleção por peso, utilizando sensores de alta precisão e algoritmos de processamento para otimizar a triagem de itens com base em suas características físicas. Essa abordagem visa não apenas aprimorar a eficiência operacional, mas também garantir um controle de qualidade mais preciso e reduzir desperdícios no processo produtivo.

Para atingir esse objetivo, a pesquisa seguirá uma abordagem estruturada em diversas etapas. Primeiramente, será realizada uma revisão abrangente da literatura sobre esteiras seletoras, abordando seu funcionamento, principais tecnologias empregadas e as possibilidades de integração com sistemas embarcados, como a programação em Arduino e outras plataformas de automação. Além disso, serão analisadas soluções já existentes no mercado, identificando seus pontos fortes e desafios, a fim de embasar o desenvolvimento de um sistema inovador e aprimorado.

A próxima etapa consistirá na concepção e construção de um protótipo funcional da Esteira Seletora, incorporando sensores de peso de alta precisão, atuadores eletromecânicos para movimentação eficiente dos itens e um sistema de controle baseado em microcontroladores. O protótipo será desenvolvido para permitir ajustes dinâmicos, garantindo flexibilidade na separação de diferentes tipos de materiais. Após sua construção, o sistema passará por uma bateria de testes rigorosos para avaliar sua eficiência, precisão na seleção dos itens, confiabilidade do processo e capacidade de adaptação a diferentes cenários industriais.

Por fim, a pesquisa se concentrará na avaliação global do sistema em condições reais de uso, considerando aspectos como custo-benefício, escalabilidade, consumo energético, durabilidade e facilidade de integração com linhas de produção já existentes. A partir dessa análise, serão discutidos os benefícios e desafios da implementação da Esteira Seletora em diferentes setores industriais, além de possíveis melhorias futuras para aperfeiçoar ainda mais sua performance.

Ao atingir esses objetivos, este relatório pretende contribuir significativamente para o avanço da automação industrial, fornecendo soluções inovadoras que possam otimizar processos produtivos, reduzir custos operacionais e aumentar a qualidade dos produtos finais.

## **2.1 Controle de qualidade**

O controle de qualidade refere-se a um conjunto de estratégias adotadas por empresas para mensurar e garantir a qualidade dos produtos e serviços oferecidos no mercado. Com a globalização da economia e os avanços tecnológicos, a concorrência tornou-se mais acirrada, enquanto os consumidores se tornaram mais exigentes. Assim, as empresas buscam aprimorar continuamente seus processos produtivos, reduzindo custos, otimizando recursos e aumentando a eficiência (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009; RANGEL et al., 2012).

Os principais desafios enfrentados no controle de qualidade incluem:

- Variações na matéria-prima;
- Erro humano;
- Falhas em maquinários e equipamentos;
- Uso inadequado de métodos e procedimentos produtivos;
- Deficiências no processo de inspeção.

A crescente inserção de tecnologias nos processos industriais tem contribuído para a minimização desses problemas. A automatização emerge como um fator essencial para a otimização dos resultados, por meio da implementação de softwares e sistemas produtivos automatizados que proporcionam vantagens competitivas às empresas (PINTO; NUNES; VIERO, 2015). Organizações que investem no controle de qualidade demonstram um compromisso contínuo com a satisfação do consumidor, assegurando que seus produtos apresentem o mínimo de defeitos e estejam em conformidade com os padrões exigidos pelo mercado.

Além disso, sistemas de pesagem automatizados devem obedecer às diretrizes estabelecidas pelo Regulamento Técnico Metrológico do Inmetro (Portaria nº 233/1994), que assegura a precisão de instrumentos de medição em processos industriais. Tais requisitos também são compatíveis com os princípios da norma NBR

ISO 9001:2015, que estabelece critérios para sistemas de gestão da qualidade focados na melhoria contínua.

### **2.1.1 Benefícios do Controle de Qualidade**

A implementação eficaz do controle de qualidade nas organizações proporciona diversos benefícios, tais como:

- Fortalecimento da cultura de qualidade entre os colaboradores;
- Redução significativa do desperdício, mediante o uso mais eficiente dos recursos;
- Diminuição de custos operacionais;
- Aprimoramento dos métodos produtivos;
- Padronização de produtos e serviços;
- Aumento da competitividade e do volume de vendas.

No contexto corporativo, a qualidade é um fator essencial para a diferenciação no mercado. Empresas que asseguram altos padrões de qualidade em seus produtos e serviços fortalecem a confiança dos consumidores, consolidam sua reputação e garantem maior sustentabilidade em um ambiente empresarial dinâmico e competitivo.

## **2.2 Automação industrial**

Desde os primórdios da civilização, o ser humano tem buscado meios para mecanizar e automatizar atividades manuais, visando maior eficiência e produtividade. A invenção da roda e o desenvolvimento de mecanismos como os moinhos movidos pelo vento são exemplos iniciais desse processo. Entretanto, foi apenas em meados do século XX, mais precisamente na década de 1950, que surgiram mecanismos capazes de viabilizar a movimentação automática de materiais, dando início à popularização da automação industrial, especialmente no período conhecido como “Anos Dourados”.

A automação industrial tem evoluído em consonância com as revoluções industriais. Na Primeira Revolução Industrial (século XVIII), ocorrida na Inglaterra, a

introdução das máquinas a vapor impulsionou a mecanização da produção, especialmente nos setores agrícola e artesanal, resultando no desenvolvimento dos primeiros dispositivos semiautomáticos. Posteriormente, durante a Segunda Revolução Industrial (século XIX), a chegada da eletricidade representou um avanço significativo para a automação, não apenas no setor industrial, mas também no domínio doméstico, com a introdução de dispositivos como rádios-relógios e televisores.

No decorrer da Terceira Revolução Industrial (século XX), a tecnologia atingiu um nível mais avançado com a incorporação de computadores aos processos produtivos. Foi nesse período que os sistemas industriais passaram a ser totalmente automáticos. Atualmente, vivemos a chamada Indústria 4.0 — uma fase marcada pela interconectividade dos equipamentos, sensores inteligentes, uso de dados em tempo real e controle remoto de sistemas. Essa transformação não é apenas tecnológica, mas também muda como as decisões são tomadas dentro das fábricas.

Thomas Kuhn (2006) chama esse tipo de mudança de “ruptura de paradigma”, pois ela rompe com modelos anteriores e redefine como os problemas industriais são enfrentados. A automação deixa de ser apenas um ganho operacional e passa a ser uma exigência estratégica.

De acordo com Silva (2020), a automação consiste em um conjunto metódico de sistemas mecânicos e de software, cujo objetivo é otimizar o processo produtivo, reduzindo a necessidade de intervenção manual. Dessa forma, a automação das linhas de produção promove eficiência operacional, minimiza o esforço dos trabalhadores e garante a conformidade do produto final com os padrões estabelecidos.

A automação industrial, nesse cenário integrado, promove a substituição parcial ou total da mão de obra humana por equipamentos eletromecânicos de alta precisão e desempenho, aumentando a confiabilidade operacional, reduzindo falhas humanas e desperdícios, e contribuindo para a sustentabilidade econômica e técnica das unidades fabris. O impacto do fordismo e da automação estende-se também à estrutura econômica, trabalhista e social da indústria moderna, consolidando um novo paradigma de produção baseado na eficiência, organização e tecnologia

### 2.3 Esteira transportadora

No contexto industrial contemporâneo, observa-se uma crescente adoção de tecnologias mecânicas e eletrônicas avançadas com o propósito de otimizar os processos produtivos. Essa evolução tem como foco o aumento da produtividade, a redução dos custos operacionais, a melhoria do desempenho sistêmico e a elevação dos padrões de qualidade dos produtos manufaturados. Um marco histórico importante nesse processo foi a introdução do modelo fordista de produção, que revolucionou a organização do trabalho no chão de fábrica ao implantar a esteira rolante. Esse sistema permitiu que a matéria-prima se deslocasse até os operários em posições fixas, resultando em expressivos ganhos de produtividade e na redução do tempo de produção. A modernização desse conceito levou ao desenvolvimento de esteiras rolantes automatizadas, que hoje desempenham papel essencial no transporte contínuo de materiais ao longo da linha de montagem, integrando-se de forma eficiente aos sistemas automatizados.

As esteiras transportadoras desempenham um papel fundamental na automação de processos industriais e logísticos. São amplamente utilizadas para o transporte contínuo de materiais, produtos ou componentes dentro de linhas de produção, centros de distribuição e setores diversos, proporcionando agilidade, segurança e redução de esforço humano (REIS; OLIVEIRA, 2017).

Uma esteira transportadora é um sistema mecânico composto por uma superfície móvel (geralmente uma correia ou roletes), acionada por um motor, que realiza o deslocamento de materiais de um ponto a outro. Esse transporte pode ocorrer em linhas retas ou curvas, com inclinação ou em planos horizontais, dependendo da necessidade do processo produtivo (RIBEIRO, 2016).

O funcionamento básico se dá através de um motor elétrico que transmite torque a um rolo motriz. Esse rolo, por sua vez, movimenta a correia, que desliza sobre uma estrutura metálica (leito), transportando os objetos posicionados sobre ela



Figura 1: Esteira transportadora  
FONTE: MESTEIRAS - Esteira transportadora reta

### 2.3.1 Componentes de uma esteira transportadora

Os componentes que compõem as partes de uma esteira transportadora se diferenciam bastante de acordo com o projeto. Ou seja, eles possuem características específicas dependendo se o objetivo é transportar a carga horizontalmente ou na vertical; se o material é corrosivo, cortante ou possui altas temperaturas; se é pesado ou leve; em grãos, areia ou volumes maiores. Portanto, o dimensionamento e a seleção adequada dos componentes são etapas essenciais para garantir a eficiência, segurança e durabilidade do sistema.

As esteiras transportadoras são compostas por diversos elementos que trabalham em conjunto para garantir o transporte contínuo, eficiente e seguro de materiais. Cada componente exerce uma função específica e sua correta interação é fundamental para o desempenho geral do equipamento.

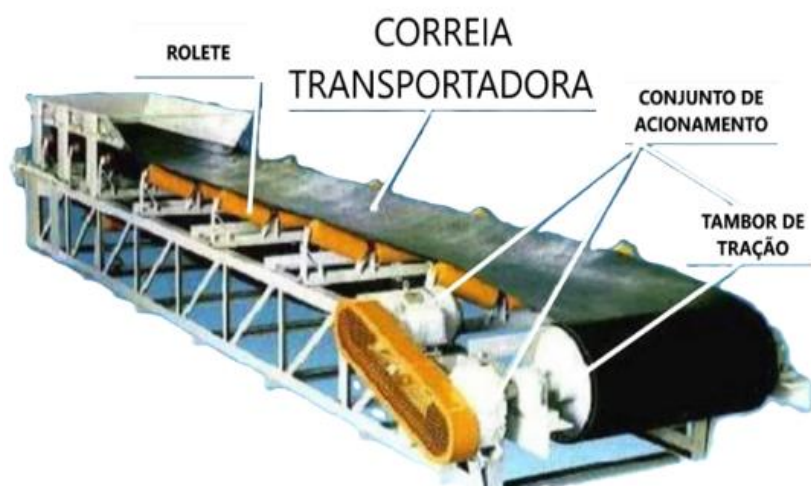


Figura 2: Partes da Esteira transportadora

FONTE: JW Engenharia - <https://jweng.com.br/noticias/correia-transportadora/>

A seguir, são apresentados os principais componentes de uma esteira transportadora:

Os roletes são componentes fundamentais em sistemas de transporte por correias. Trata-se de conjuntos de rolos cilíndricos que giram livremente em seu próprio eixo, servindo para suportar, guiar e acomodar as correias transportadoras durante o deslocamento da carga. Em outras palavras, os roletes atuam como elementos de sustentação e direcionamento da correia, sendo indispensáveis para o bom funcionamento e a durabilidade do sistema.

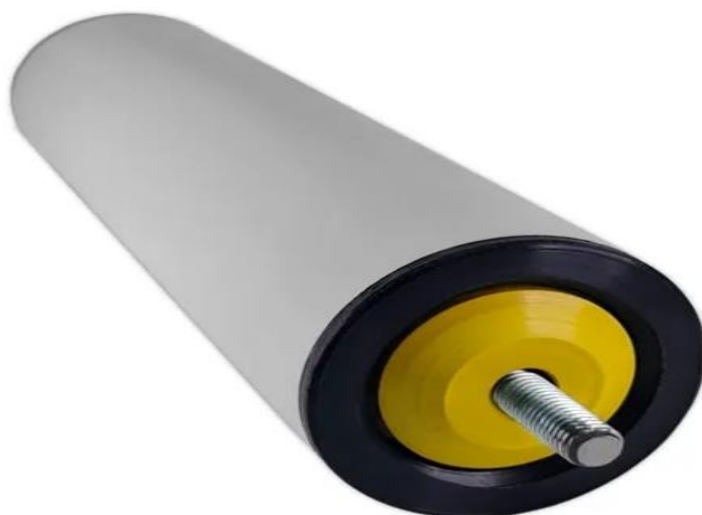


Figura 3: Rolete

FONTE: IPC Comercial - <https://www.ipccomercial.com.br/>

Existem diversos tipos de roletes utilizados em esteiras transportadoras, sendo cada um deles projetado para desempenhar funções específicas de acordo com as exigências operacionais do sistema.

Entre os principais tipos, destacam-se: roletes de carga, que sustentam a correia durante o transporte do material; roletes de retorno, posicionados na parte inferior da estrutura para suportar a correia no trajeto de retorno; roletes de impacto, localizados na área de carregamento para absorver choques e proteger a correia contra danos; roletes autoalinhantes, que auxiliam na correção e manutenção do alinhamento da correia; roletes de transição, responsáveis por adaptar gradualmente a forma da correia entre os trechos planos e curvos; roletes de anéis, que ajudam a reduzir o acúmulo de resíduos e melhoram a limpeza do sistema; roletes espirais, com estrutura helicoidal que favorece a autolimpeza; roletes limpadores, destinados à remoção de materiais aderidos à parte inferior da correia; e roletes catenária, utilizados em trechos suspensos para sustentar a correia de forma flexível entre dois pontos de apoio. Cada tipo de rolete contribui diretamente para a eficiência, segurança e durabilidade do sistema transportador.

**O tambor** é um elemento giratório, que direciona, desvia, traciona e tensiona a correia transportadora. Normalmente, é constituído em aço e pode fazer parte das polias de acionamento e retorno, além de estar em diversas localizações ao longo da correia. Além disso, ele pode também ser revestido ou não (superfície de contato) e estar em diferentes formas, como abaulado, plano e nervurado.



Figura 4: Tambor

Fonte: <https://solutecindustrial.com.br/tambores-martin/>

Os esticadores são componentes mecânicos ou eletromecânicos responsáveis por manter a correia tensionada de forma adequada, compensando variações dimensionais decorrentes de alongamentos ou contrações naturais durante a operação. Esse tensionamento é fundamental para garantir o correto funcionamento da esteira, evitando desvios, patinamentos ou desgastes prematuros. Existem quatro principais tipos de esticadores: por parafuso (manual), por gravidade (automático), por molas (automático) e o tipo especial, que funciona de forma automática por meio de acionamento motorizado.

Além do mecanismo de tensionamento em si, esses sistemas são compostos por elementos como contrapeso, carro móvel, tambor de esticamento, tambor de desvio e mancais (como buchas ou rolamentos), que trabalham em conjunto para assegurar a estabilidade e o desempenho do sistema transportador.



Figura 5: Esticador

Fonte: <https://solutecindustrial.com.br/tambores-martin/>

O conjunto de acionamento, também conhecido como *drive*, é o responsável por proporcionar o movimento da esteira transportadora, sendo essencial para seu funcionamento. Trata-se de um grupo de elementos mecânicos e elétricos que trabalham em conjunto para transmitir a potência necessária à correia. Esse conjunto é geralmente composto por motor elétrico (normalmente trifásico), redutor de velocidade (que ajusta o torque e a rotação do motor), acoplamentos, tambor motriz e, em muitos casos, inversor de frequência, que permite o controle preciso da

velocidade da esteira. A escolha adequada desses componentes deve considerar fatores como o tipo de material transportado, a carga envolvida, a velocidade desejada e as condições de operação, garantindo eficiência, segurança e durabilidade ao sistema.



Figura 6: Conjunto de Acionamento

Fonte: iStock - Foto de Eixo De Acionamento Do Motor Transmissão Da Rede Esteira e mais fotos de stock de Aço - iStock

A correia é o componente da esteira transportadora responsável por receber e conduzir os materiais ao longo do trajeto estabelecido. Todas as correias são compostas por duas partes principais: a carcaça e o revestimento. A carcaça tem como função suportar os esforços de tração e absorver impactos, garantindo resistência estrutural à correia. É fabricada com materiais duráveis, como nylon, poliéster ou cabos de aço, conforme as exigências da aplicação. Já o revestimento tem o papel de proteger a correia contra o desgaste ocasionado pelo contato com os materiais transportados e pelos roletes e tambores. Pode ser liso ou conter taliscas (elementos em relevo para evitar o deslizamento da carga), sendo produzido com materiais como PVC, PU ou borracha, escolhidos conforme o tipo de carga e o ambiente de operação.

Entretanto, não é apenas o material da correia que influencia seu desempenho. Parâmetros como velocidade, ângulo de inclinação, largura e espessura também são fundamentais para garantir um transporte eficiente e seguro.

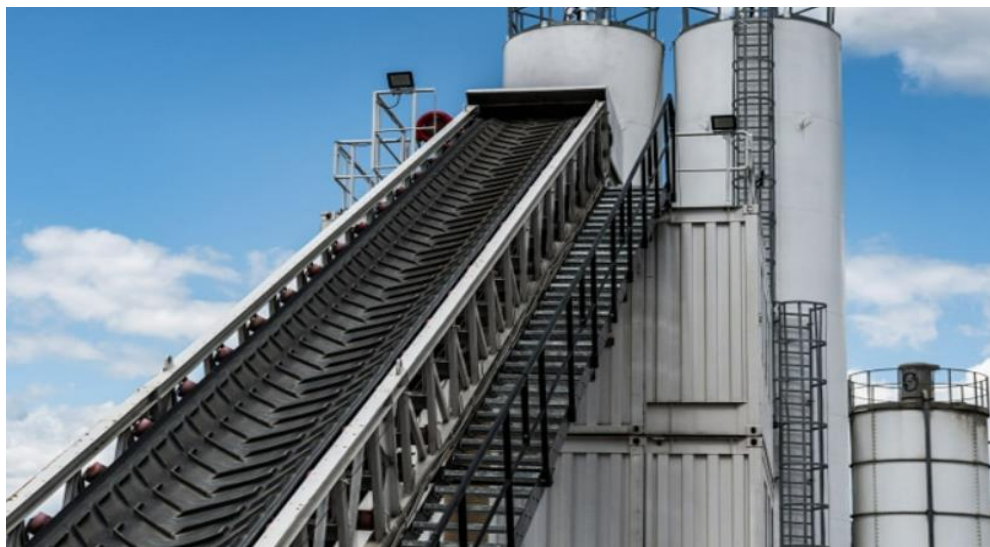


Figura 7: Correia Esteira Transportadora  
FONTE: ABECOM

### 3 COMPONENTES

#### 3.1 Arduíno UNO

O Arduino Uno é uma plataforma de prototipagem eletrônica baseada em um microcontrolador ATmega328P fabricado pela empresa italiana Arduino. É uma placa de desenvolvimento de microcontrolador de código aberto, projetada para fornecer uma plataforma simples e barata para entusiastas e estudantes criarem projetos de sistemas digitais e embarcados. O Arduino Uno é conhecido como a melhor placa para começar no desenvolvimento de projetos embarcados, sendo a mais usada e documentada de toda a família Arduino. É robusta e utilizada mundialmente, com rica documentação complementar proveniente de Shields, Módulos e Sensores.

A escolha da plataforma Arduino também é respaldada por sua ampla aplicação em projetos de automação industrial e ensino técnico, conforme demonstrado por Rossi e Pinto (2020), que destacam sua versatilidade e acessibilidade em soluções embarcadas de baixo custo.



Figura 8: Arduíno UNO  
FONTE: Próprio autor, 2025

**Função:** Recebimento dos sinais dos sensores, interpretação e acionamento de equipamentos

**Dados Técnicos:**

- Microcontrolador: Atmega328P
- Modelo: Arduino Uno Rev R3
- Pinos analógicos: 6
- Pinos digitais: 14
- Corrente máxima fornecida por pino: 40mA
- Corrente máxima fornecida pela placa nos terminais de saída: 200mA
- Tensão dos pinos digitais para entrada ou saída de sinais: 5VCC

### 3.2 Protoboard

Um protoboard, também conhecido como placa de ensaio, é uma base de plástico repleta de orifícios conectados eletricamente, onde componentes eletrônicos como resistores, capacitores, e transistores podem ser inseridos e interligados para formar circuitos.

**Função:** conexão elétrica entre os componentes

**Dados Técnicos:** Furos: 830; Material: plástico abs

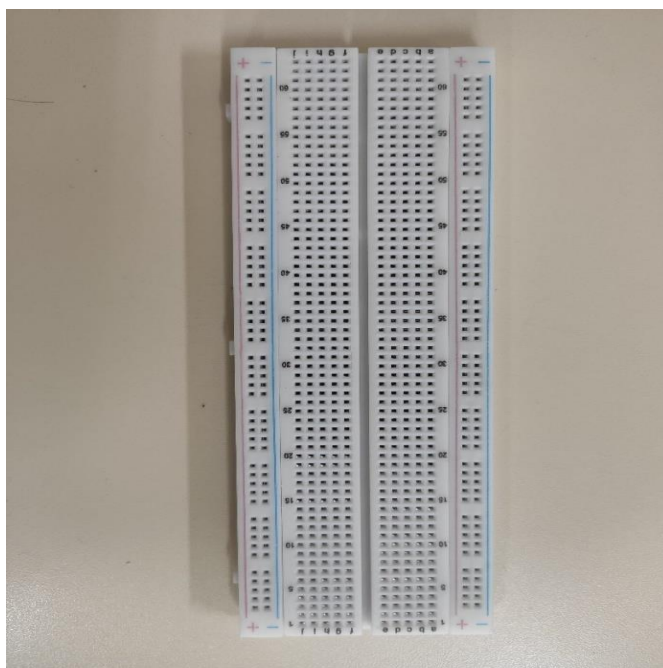


Figura 9: Protoboard  
FONTE: Próprio autor, 2025

### 3.3 Módulo relé 8 canais

O módulo relé 8 canais é uma placa de interface que agiliza e simplifica o uso de relés em seus projetos. O módulo relé 8 canais é usado para acionar cargas de variadas tensões e correntes. Com isso, pode-se ligar e desligar aparelhos de quase todos os tipos, com limite de corrente de 10A. Pode ser usado ligado diretamente a sensores microcontroladores ou qualquer circuito que use a lógica TTL.



Figura 10: Módulo Relé 8 canais  
FONTE: Próprio autor, 2025

**Função:** Realizar o acionamento dos equipamentos

**Dados Técnicos:**

- Canais: 8
- Tensão de operação: 5v
- Corrente de operação: 15~20mA(cada canal)
- Terminais disponíveis: 1 Comum, 1NA, 1NF
- Corrente máxima dos terminais: 10A

### 3.4 Célula de carga

Uma célula de carga é um dispositivo utilizado para medir a força ou carga aplicada a um objeto. Também conhecida como transdutor de força, a célula de carga é amplamente utilizada em diversas indústrias, como a automotiva, aeroespacial, de

construção, entre outras. Ela desempenha um papel fundamental na medição precisa de forças, permitindo o controle e monitoramento de processos.

Uma célula de carga é composta por um sensor de deformação, geralmente feito de metal, que é capaz de converter a força aplicada em uma mudança de resistência elétrica. Essa mudança de resistência é então convertida em um sinal elétrico proporcional à carga aplicada. Esse sinal pode ser lido e interpretado por um sistema de aquisição de dados ou por um controlador, permitindo a obtenção de informações precisas sobre a força aplicada.

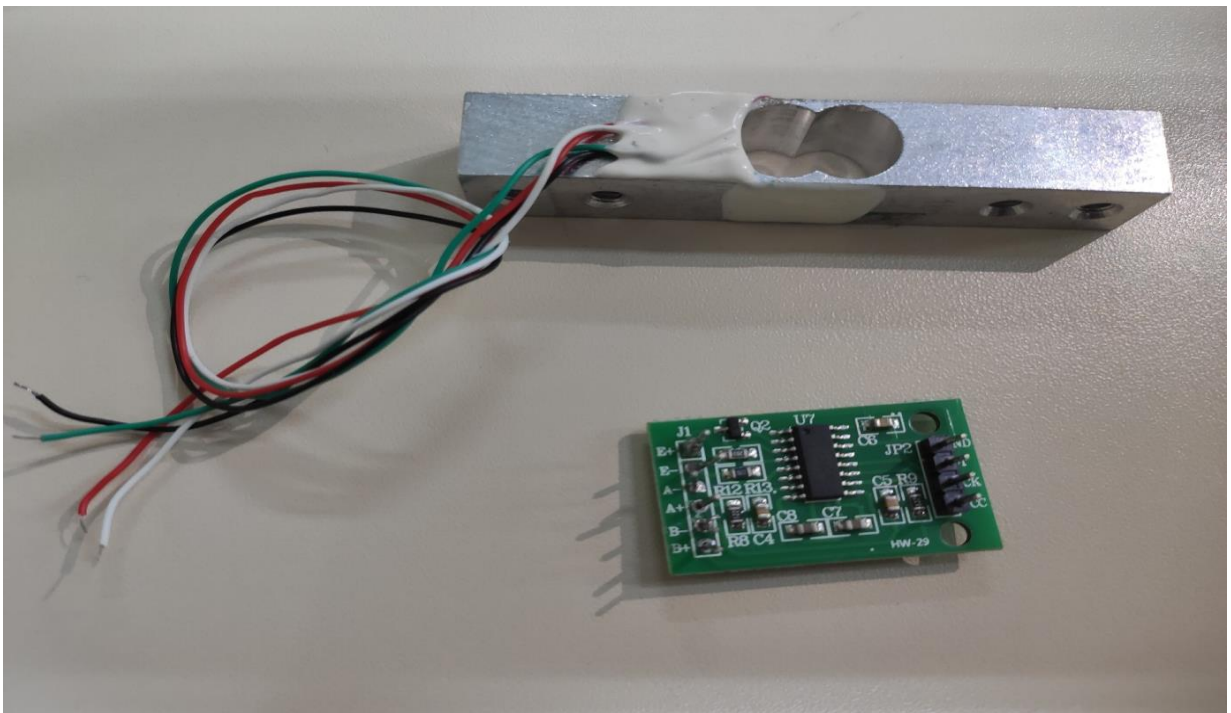


Figura 11: Célula de Carga  
FONTE: Próprio autor, 2025

**Função:** Mede o peso dos produtos na esteira e envia dados precisos ao microcontrolador

**Dados Técnicos:**

- Modelo do módulo: HX711
- Corrente de operação: ~1,5mA (alimentação do módulo)
- Tensão de alimentação do módulo: 2,6~5,5VCC
- Capacidade da célula de carga: 1kg

### 3.5 Motor de passo bipolar 4 fios

O motor de passo é um tipo de motor que tem a capacidade de converter um sinal de entrada em um ângulo de rotação, com extrema precisão de giro. Diferente de outros motores, o motor de passo possui um número fixo de polos magnéticos, que determinam os passos do motor sem a necessidade de escovas. A precisão do ângulo de rotação do motor de passo é determinada pelo seu número de passos. Cada pulso recebido por esse circuito de controle corresponde à um passo de 1,8 graus (na maioria dos motores de passo) dado pelo motor. Já a velocidade do motor é dada pela frequência de entrada dos pulsos.



Figura 12: Motor de passo  
FONTE: Próprio autor, 2025

**Função:** Recebe as informações e direciona os produtos na esteira

**Dados Técnicos:**

- Tamanho: NEMA 17
- Ângulo de passo: 1.8°
- Quantidade de passos por rotação: 200
- Tensão de operação: 4 VDC
- Corrente de operação: 500 mA
- Resistência das bobinas: ~ 8 ohms
- Torque de retenção: 2.5kgf.cm

### 3.6 Sensor de obstáculo reflexivo infravermelho

O sensor de obstáculo reflexivo infravermelho IR é utilizado para identificar objetos.

É um sensor digital composto por um emissor e um receptor de infravermelho. O emissor emite automaticamente sinais infravermelhos que retornam e são captados pelo receptor quando tem um objeto dentro do campo de emissão.

A saída do sensor fica em nível lógico alto enquanto não localiza nenhum objeto e a saída fica em nível lógico baixo quando identifica algum objeto.

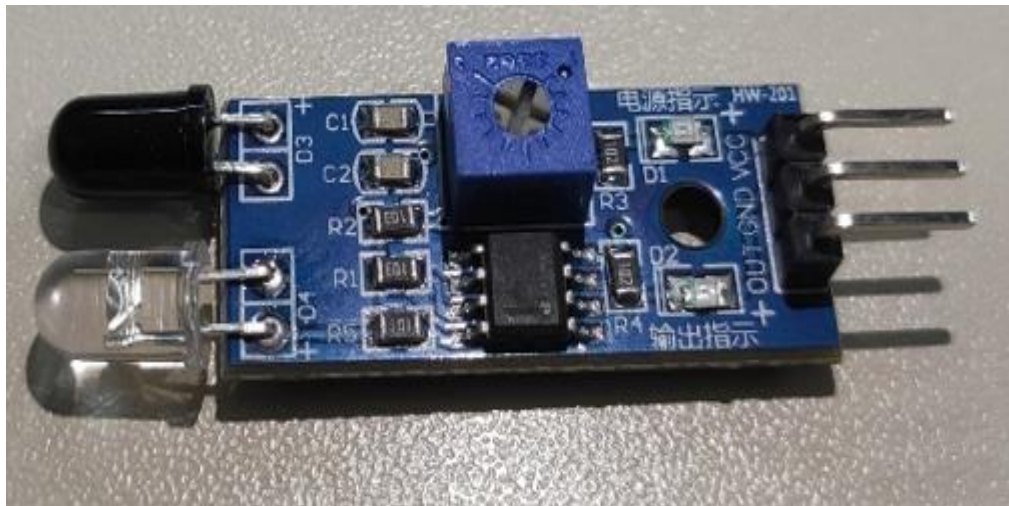


Figura 13: Sensor de obstáculo  
FONTE: Próprio autor, 2025

**Função:** Identifica a posição do produto na balança

**Dados Técnicos:**

- Tipo de saída: digital 1 ou 0
- Circuito integrado controlador: LM393
- Ângulo de detecção: 35°
- LEDs: Verde – sensor ativado, Vermelho – sensor alimentado
- Conexão: Conector macho header 2.54mm (VCC, GNS, Saída)

### 3.7 Driver motor de passo DRV8825

Um driver de motor de passo é um dispositivo eletrônico que controla o movimento de um motor de passo. Ele converte sinais de controle, geralmente fornecidos por um microcontrolador ou computador, em pulsos elétricos que determinam a posição, velocidade do motor.

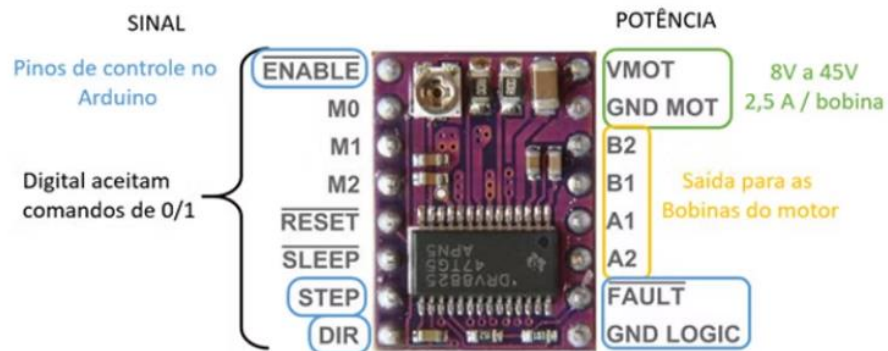


Figura 14: Driver Motor de Passo  
FONTE: Crescer Engenharia

**Função:** Transmite os sinais para o motor de passo

**Dados Técnicos:**

- Tensão de operação: 8.2 à 45V DC
- Tensão de nível de sinal: 3.3V e 5V
- Controle de motor por: PWM

### 3.8 Lista de materiais

Tabela 1: Lista de Materiais

QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	PREÇO
1	Arduino UNO	R\$ 39,90
1	Sensor HX71	R\$ 15,00
1	Célula de carga 1kg	R\$ 25,00
1	Módulo relé 8 canais	R\$ 33,00
1	Case arduino	R\$ 11,00
1	Motor de passo	R\$ 18,00
1	Base adaptadora DRV8825	R\$ 26,99
1	Driver DRV8825	R\$ 19,31
1	Sensor de obstáculo IR	R\$ 10,80
1	Jumper fêmea x fêmea	R\$ 12,80
1	Jumper macho x macho	R\$ 12,80
1	Protoboard	R\$ 17,01
1	Fonte 12V	R\$ 19,90
1	Fonte 5V	R\$ 9,90
1	Motor DC	R\$ 36,90
1	Resistor 1R SW	R\$ 2,00
1	Folha EVA	R\$ 3,50
1	Canaleta 20x12 2m	R\$ 18,00
	Parafusos Porcas e Arruelas Vergalhão	R\$30,00
TOTAL		R\$ 361,81

FONTE: Próprio autor, 2025

## 4 DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de uma esteira transportadora automatizada, equipada com sensor de carga, destinada à verificação do peso de produtos em linha de produção. A proposta visa contribuir para o controle de qualidade, reduzindo falhas humanas e assegurando que apenas itens com peso dentro dos parâmetros estabelecidos avancem no processo produtivo.

### 4.1 Montagem da Estrutura da Esteira

A montagem da estrutura da esteira começou cortando o tubo de PVC 100mm em seções de 12cm. Cada um desses pedaços foi cortado e aquecido em forno convencional por aproximadamente 3 minutos, até que os pedaços se tornassem maleáveis. Nesse ponto foi usado uma peça plana com pesos, colocada em cima do PVC ainda quente para deixar os pedaços em forma de placas planas.



Figura 14: Cano PVC  
FONTE: Próprio Autor, 2025



Figura 15: Ferramentas - Nível, Serra, Lima, Esquadro  
FONTE: Próprio Autor, 2025

Depois das peças esfriarem, foi feita a colagem de duas das placas com cola instantânea. Após a secagem da cola foram usadas lixadeira, lima e lixa para dar forma e acabamento. Foram montadas duas peças de 40cm de comprimento e 9cm de altura. Foi usado uma furadeira com broca 3/16" para furar as duas peças montadas e vergalhão de rosca 3/16" com porcas e arruelas para fazer a montagem.



Figura 16: Placas de PVC 40x9  
Fonte Próprio Autor, 2025

Os roletes foram montados usando cano de PVC 25mm, cortados com 8cm de comprimento. Nas pontas do cano foram coladas placas de PVC cortadas no diâmetro do cano PVC 25mm e furadas no centro. Foi passado um vergalhão de 3/16" e porcas para travar o cano no vergalhão. Foi utilizada a lima para retirar material do vergalhão até acabar a rosca e sobrar somente o centro liso. Duas peças foram montadas dessa forma. Uma das peças foi colocada diretamente na esteira, em contato com uma arruela de cada lado e presas com porcas para evitar movimento para os lados. Para a fixação da segunda peça, foram usadas duas peças de metal colocadas na estrutura da esteira no lado oposto ao outro rolete, fixado com parafuso de forma que permite regulagem do tensionamento da lona da esteira, a fixação do rolete nas peças de metal foi feita da mesma forma que o primeiro rolete. No primeiro rolete foram coladas fitas de EVA para melhorar a tração.

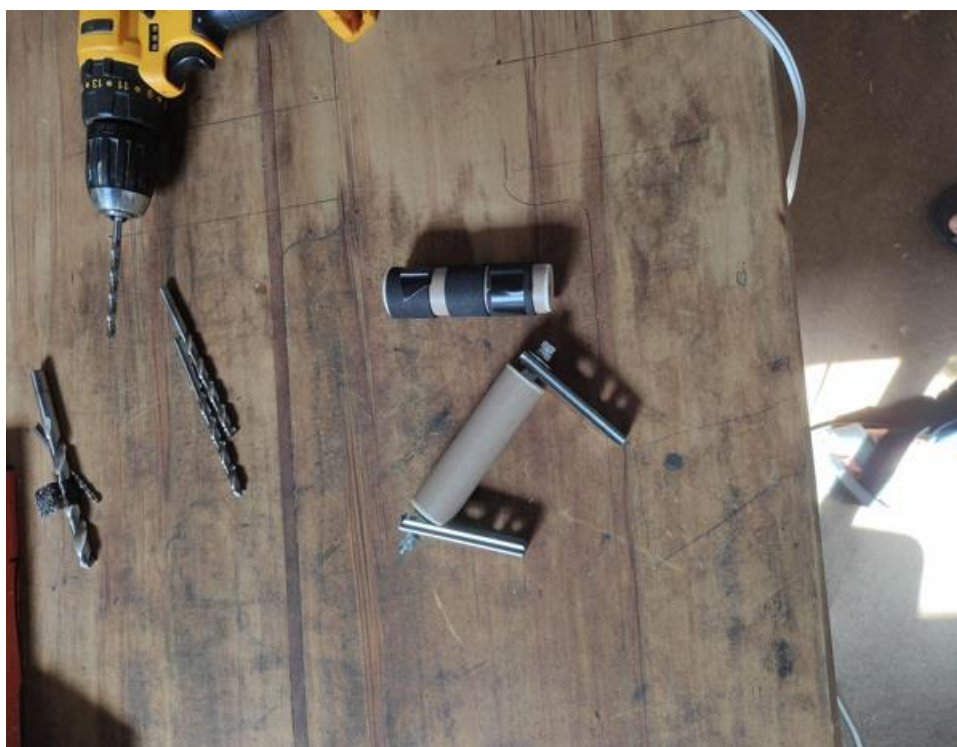


Figura17: Roletes da esteira  
FONTE: Próprio Autor, 2025

#### 4.1.2 Lona da Esteira

A lona da esteira foi feita usando EVA de 1,5mm, revestido com fita de acabamento de ar-condicionado. Foi adicionado uma placa de MDF embaixo da lona para dar suporte.



Figura 18: Lona da Esteira  
FONTE: Próprio Autor, 2025



Figura 19: Lona da Esteira  
FONTE: Próprio Autor, 2025



Figura 20: Fixação da Lona da Esteira  
Fonte: Próprio Autor, 2025



Figura 21: Lona da Esteira Finalizada  
FONTE: Próprio Autor, 2025



Figura 22: Lona da Esteira Finalizada  
Fonte: Próprio Autor, 2025



Figura 23: Lona Instalada sobre uma placa de MDF  
Fonte: Próprio Autor, 2025

### 4.1.3 Balança

O suporte da balança foi feito usando cano PVC de 25mm, colando dois pedaços com corte de 45°, formando um ângulo de 90°, a célula de carga foi fixada usando parafusos. Foi fixado um pedaço de chapa de PVC de 7cm x 7cm sobre um espaçador de 0,5cm para distanciar do suporte.

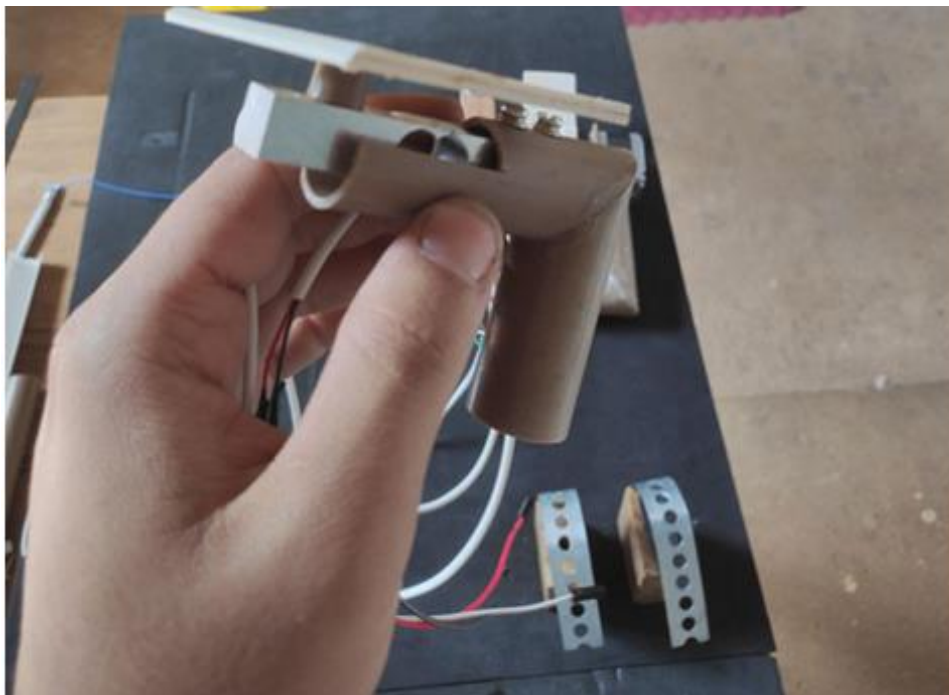


Figura 24: Balança no suporte de PVC  
FONTE: Próprio Autor, 2025

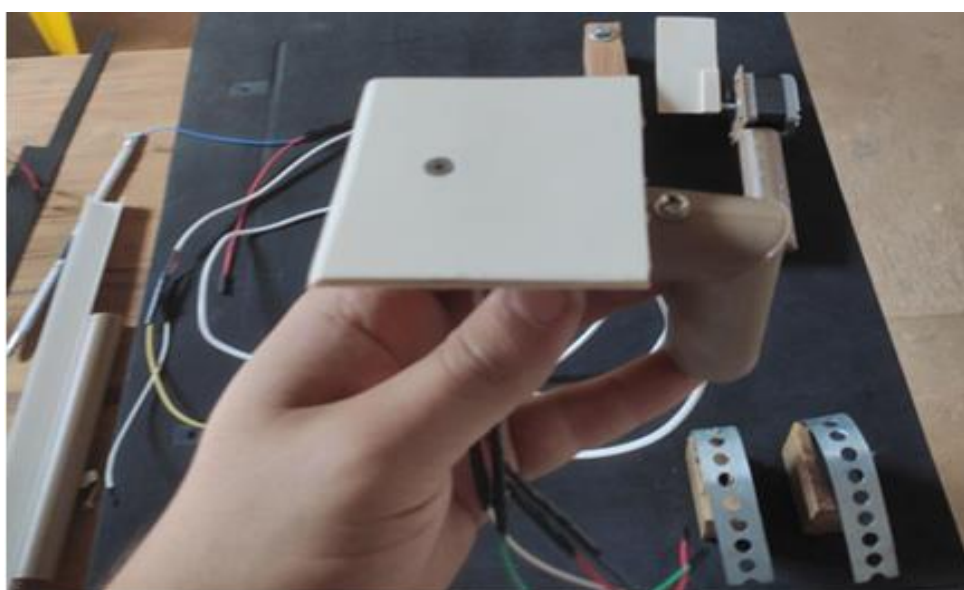


Figura 25: Balança com o prato  
Fonte: Próprio Autor, 2025

#### 4.1.4 Motor de Passo

O suporte do motor de passo foi feito usando cano PVC de 25mm, colando dois pedaços com corte de 45°, formando um ângulo de 90°, o motor de passo foi fixado usando parafusos. Foi montado um acoplamento para realizar o movimento usando a placa de PVC presa ao eixo por pressão.

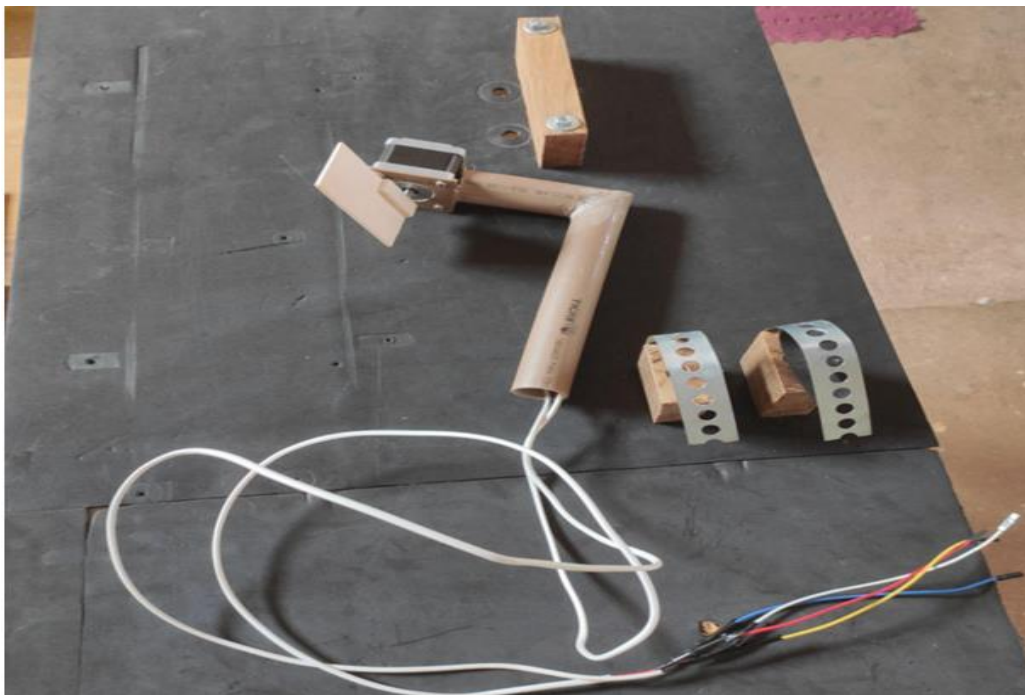


Figura 26: Suporte do Motor de Passo  
FONTE: Próprio Autor, 2025



Figura 27: Suporte do motor de passo  
FONTE: Próprio Autor, 2025

#### 4.1.5 Base da Esteira

A base foi feita usando uma placa de compensado revestida com EVA 3mm. A esteira foi fixada à base usando cantoneiras e parafusos. O suporte da balança e motor de passo foi fixado a um pedaço de madeira usando abraçadeiras tipo “U” de 3/4”, e esse conjunto foi fixado à base usando parafusos e porcas, foram feitos furos na base junto a canaletas para fazer a passagem dos cabos de forma protegida.



Figura 28: Base da esteira  
FONTE: Próprio Autor, 2025

#### 4.1.6 Motor da Esteira

O motor da esteira usa uma redução de engrenagens e uma ponteira de parafusadeira 3/16” para se conectar ao eixo do rolete através de uma porca fixada na ponta. A fixação foi feita usando dois pedaços de madeira com parafusos o motor e a redução foram fixados a esses pedaços de madeira usando pedaços de cinta de aço perfurada e parafusos sobre um pedaço de EVA.



Figura 29: Motor e Redução do motor  
FONTE: Próprio Autor, 2025

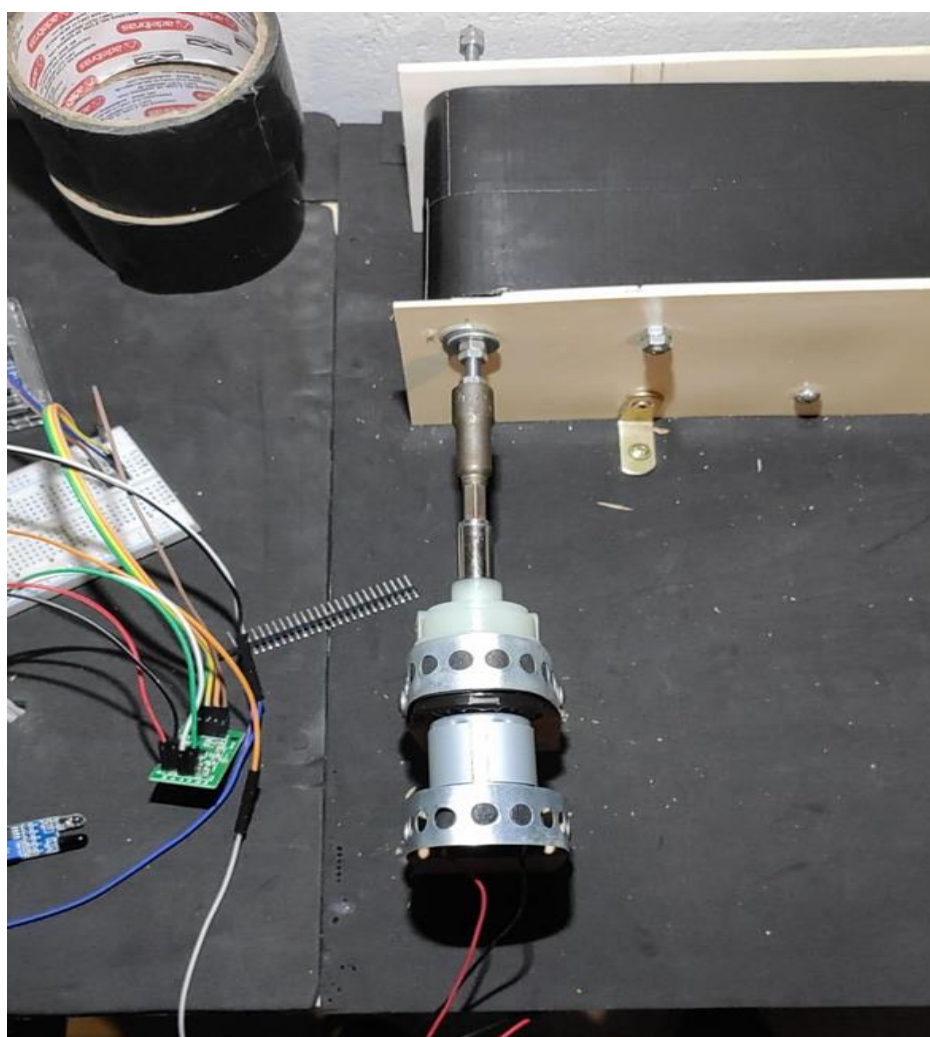


Figura 30: Fixação do Motor na Base  
Fonte: Próprio Autor, 2025

## 4.2 Desenvolvimento do sistema

O desenvolvimento do projeto começou com diversos testes de programação, a fim de dominar as funções do Arduino necessárias ao funcionamento ideal do projeto. no início foram usadas as funções digitalWrite (sinais de saída), digitalRead (sinais de entrada), condições if else e estruturação do código em geral. nesses testes foram usados leds, jumpers, protoboard, resistores e potenciômetro.

### 4.2.1 Código de programação

```
//inclusão da biblioteca responsavel pela interpretação do sinal da
//balança
#include <HX711.h>

//definição dos pinos do arduino

#define pinsensor 2

#define stepPin 3

#define dirPin 4

#define pinDT 5

#define pinSCK 6

#define luzligadoesperando 7

#define luzok 8

#define luzfora 9

#define luzerrotempo 10

#define luzerroquantidade 11

#define motoresteira 12

#define botaoreset 13

int estadosistema = 1;

long ultimoacionamento;
```

```
HX711 scale;

float medida = 0;

// criação do bloco de instrucoes correspondente
// ao movimento da pa do repouso a balança

void mov1(void) {

    digitalWrite(dirPin, LOW);

    for (int i = 0; i < 400; i++) {

        digitalWrite(stepPin, HIGH);

        delayMicroseconds(1000);

        digitalWrite(stepPin, LOW);

        delayMicroseconds(1000);

    }

    delay(500);

}

// criação do bloco de instrucoes correspondente
// ao movimento da pa da balança a esteira

void mov2(void) {

    digitalWrite(dirPin, HIGH);

    for (int i = 0; i < 1000; i++) {

        digitalWrite(stepPin, LOW);

        delayMicroseconds(1000);

        digitalWrite(stepPin, HIGH);

        delayMicroseconds(1000);

    }

}
```

```
    delay(500);
}

// criação do bloco de instrucoes correspondente
// ao movimento da pa da esteira ao repouso
void mov3(void) {

    digitalWrite(dirPin, HIGH);

    for (int i = 0; i < 200; i++) {

        digitalWrite(stepPin, LOW);

        delayMicroseconds(1000);

        digitalWrite(stepPin, HIGH);

        delayMicroseconds(1000);

    }

    delay(500);

}

// criação do bloco de instrucoes correspondente
// ao movimento da pa da balança ao cesto e do cesto ao repouso
void mov4(void) {

    digitalWrite(dirPin, LOW);

    for (int i = 0; i < 200; i++) {

        digitalWrite(stepPin, HIGH);

        delayMicroseconds(1000);

        digitalWrite(stepPin, LOW);

        delayMicroseconds(1000);

    }

}
```

```
    delay(500);
}

void leitura_decisao(void) {
    //execução das instruções configuradas como mov1
    mov1();
    delay(500);
    //leitura da balança
    medida = scale.get_units(5);
    //comando para exibição do valor da leitura no monitor serial
    Serial.print(medida, 3);
    Serial.print(", ");
    delay(500);

    //comando responsavel pela decisao da ação baseado no resultado da
    leitura

    //se o valor estiver dentro do intervalo ideal
    if (medida >= 0.020 && medida <= 0.028) {

        Serial.println("ok");
        digitalWrite(luzok, LOW);
        mov2();
        delay(500);
        mov3();
        digitalWrite(luzok, HIGH);

        //comando responsavel pela decisao da ação baseado no resultado
        da leitura

        //se o valor estiver fora do intervalo ideal
```

```
} else {  
  
    Serial.println("fora");  
  
    digitalWrite(luzfora, LOW);  
  
    mov4();  
  
    delay(500);  
  
    mov4();  
  
    digitalWrite(luzfora, HIGH);  
  
    estadosistema++;  
  
}  
  
  
    scale.power_down();  
  
    delay(1000);  
  
    scale.power_up();  
  
}  
  
void setup() {  
  
    //configuração da balança  
  
    Serial.begin(57600);  
  
  
    scale.begin(pinDT, pinSCK);  
  
    scale.set_scale(-730299);  
  
  
    delay(2000);  
  
    scale.tare();  
  
  
    Serial.println("Balança Zerada");  
  

```

```
//definição dos pinos do arduino como receptores ou emissores de
sinal, exceto
```

```
//os pinos da balança que são incluídos na biblioteca
```

```
pinMode(stepPin, OUTPUT);
```

```
pinMode(dirPin, OUTPUT);
```

```
pinMode(pinsensor, INPUT_PULLUP);
```

```
pinMode(luzfora, OUTPUT);
```

```
pinMode(luzok, OUTPUT);
```

```
pinMode(luzligadoesperando, OUTPUT);
```

```
pinMode(luzerrotempo, OUTPUT);
```

```
pinMode(luzerroquantidade, OUTPUT);
```

```
pinMode(motoreseteira, OUTPUT);
```

```
pinMode(botaoreset, INPUT_PULLUP);
```

```
digitalWrite(luzligadoesperando, HIGH);
```

```
digitalWrite(luzok, HIGH);
```

```
digitalWrite(luzfora, HIGH);
```

```
digitalWrite(luzerrotempo, HIGH);
```

```
digitalWrite(luzerroquantidade, HIGH);
```

```
digitalWrite(motoreseteira, HIGH);
```

```
}
```

```
void leitura_sensor(void) {
```

```
int sensor;
```

```
sensor = digitalWrite(pinsensor);
```

```
if (sensor == LOW) {  
  
    digitalWrite(luzligadoesperando, HIGH);  
  
    leitura_decisao();  
  
    digitalWrite(luzligadoesperando, LOW);  
  
    ultimoacionamento = millis();  
  
}  
  
}  
  
void loop() {  
  
    int estadobotao;  
  
    estadobotao = digitalRead(botaoreset);  
  
    if (estadobotao == LOW) {  
  
        estadosistema = 1;  
  
        digitalWrite(luzerrotempo, HIGH);  
  
        digitalWrite(luzerroquantidade, HIGH);  
  
        digitalWrite(motoresiteira, LOW);  
  
        ultimoacionamento = millis();  
  
        digitalWrite(luzligadoesperando, LOW);  
  
    }  
  
    if (estadosistema >= 1 && estadosistema <= 5) {  
  
        leitura_sensor();  
  
    }  
  
}
```

```
if (estadosistema == 6) {  
  
    digitalWrite(luzligadoesperando, HIGH);  
  
    digitalWrite(luzok, HIGH);  
  
    digitalWrite(luzfora, HIGH);  
  
    digitalWrite(luzerrotempo, HIGH);  
  
    digitalWrite(luzerroquantidade, LOW);  
  
    digitalWrite(motoresteira, HIGH);  
  
}  
  
if ((millis() - ultimoacionamento) >= 20000) {  
  
    estadosistema = 10;  
  
}  
  
if (estadosistema == 10) {  
  
    digitalWrite(luzligadoesperando, HIGH);  
  
    digitalWrite(luzok, HIGH);  
  
    digitalWrite(luzfora, HIGH);  
  
    digitalWrite(luzerrotempo, LOW);  
  
    digitalWrite(luzerroquantidade, HIGH);  
  
    digitalWrite(motoresteira, HIGH);  
  
}  
  
}
```

### 4.2.2 Esquema elétrico

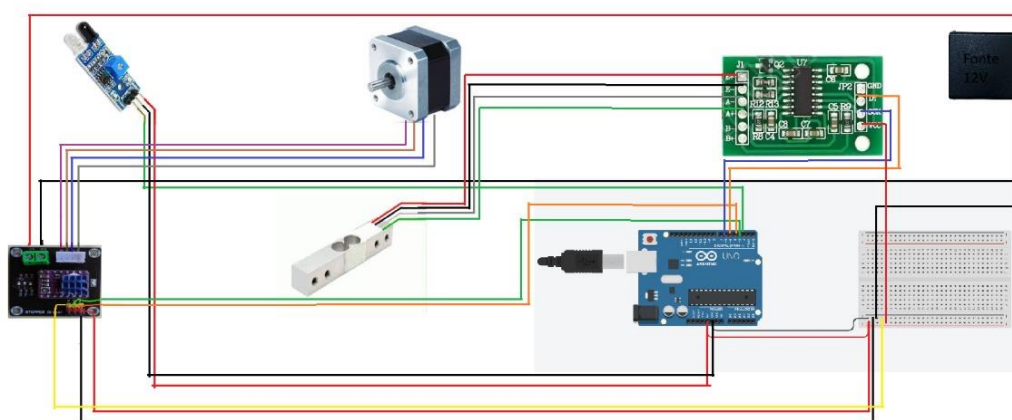


Figura 31: Esquema Elétrico  
FONTE: Próprio Autor, 2025

### 4.2.3 Montagem

Seguindo o esquema elétrico, realizou-se a montagem do sistema, buscando validar se sua operação prática atende às expectativas estabelecidas durante o projeto.

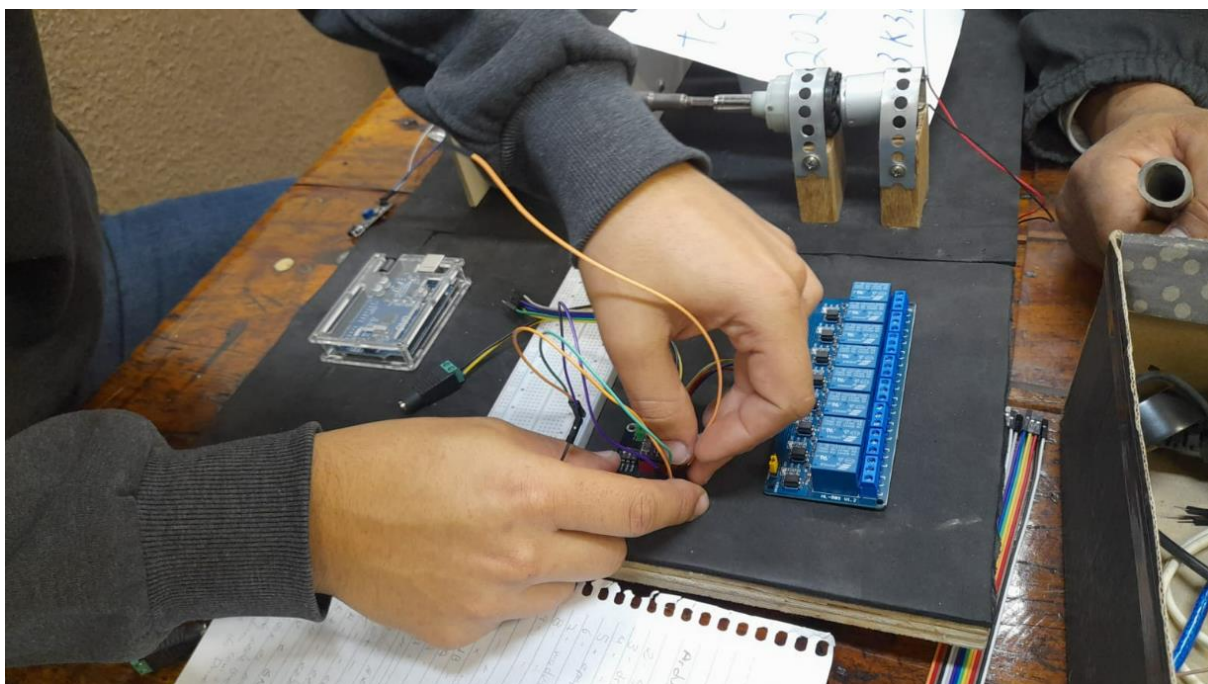


Figura 32: Montagem Esquema Elétrico  
FONTE: Próprio Autor, 2025

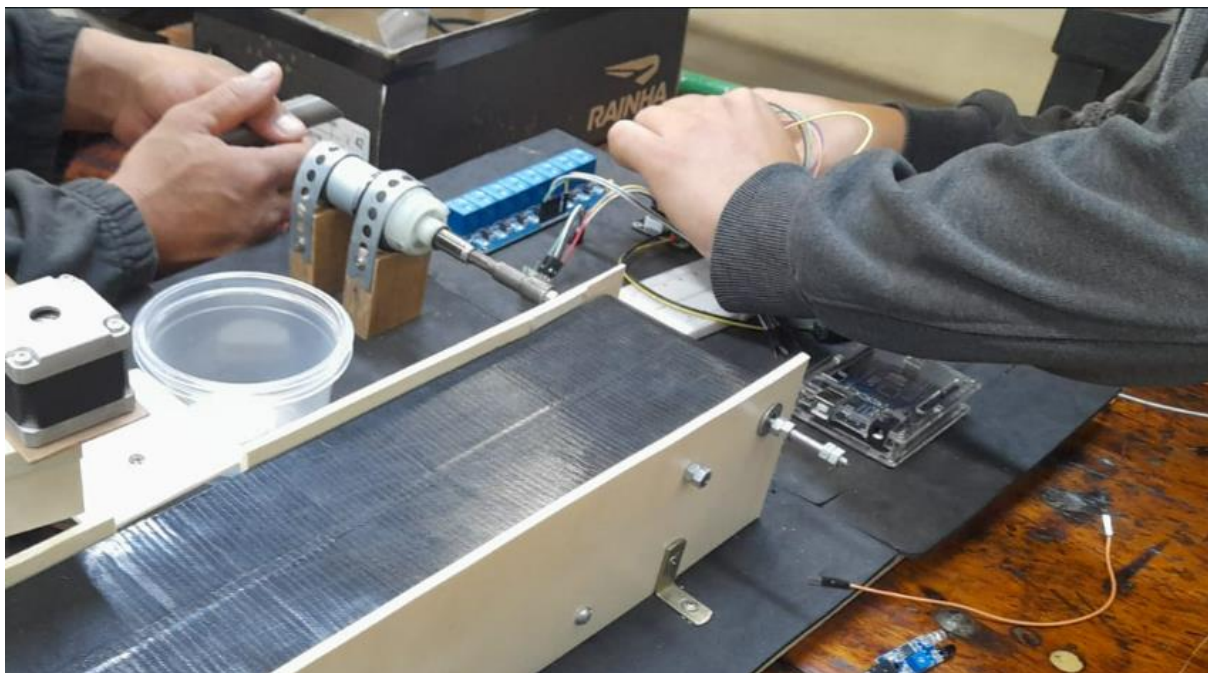


Figura 32: Montagem Circuito Elétrico  
FONTE: Próprio Autor, 2025

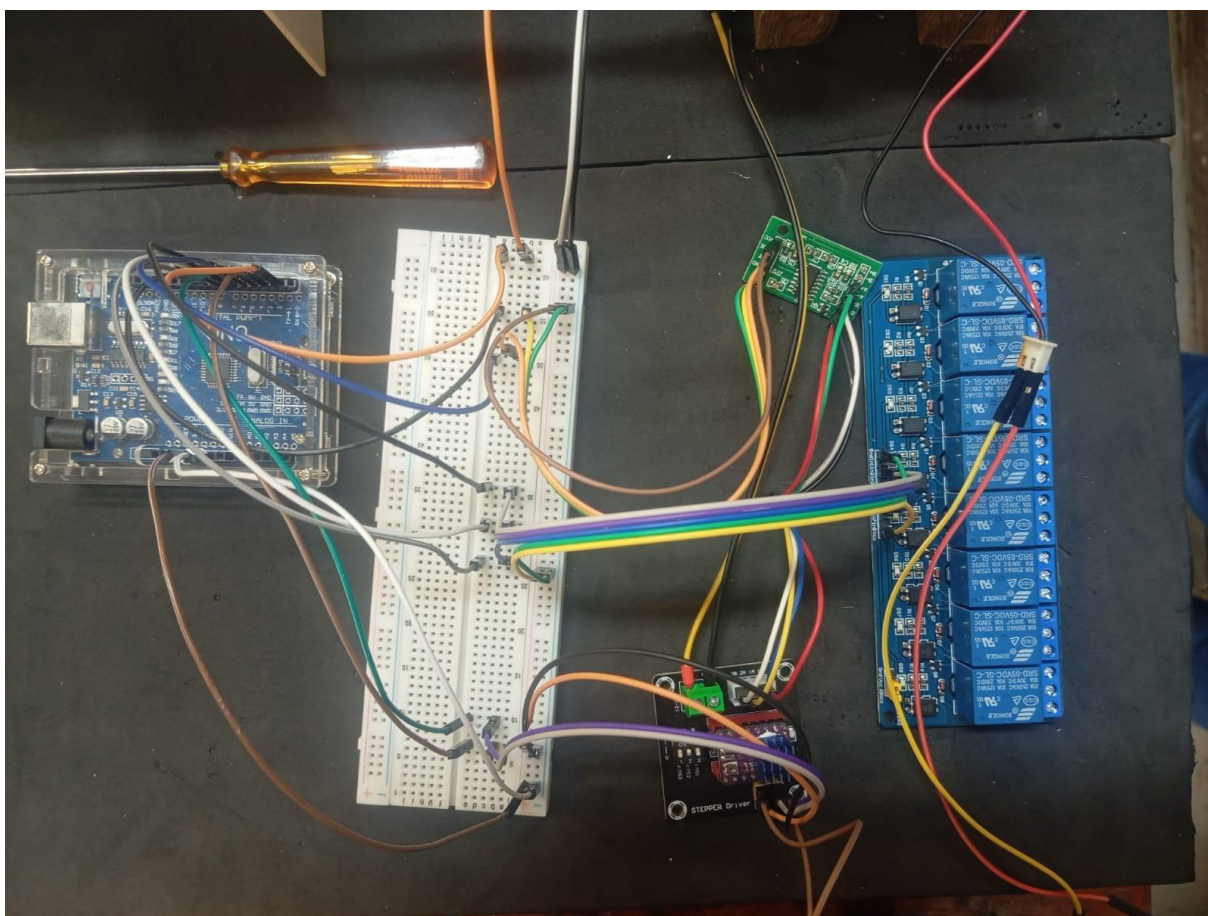


Figura 33: Sistema Elétrico Montado  
FONTE: Próprio Autor, 2025

Após confirmar que o sistema operava corretamente, os componentes foram posicionados em seus locais definitivos para fixação. Furos adicionais foram feitos na estrutura de base, com o intuito de esconder o cabeamento e manter a organização do conjunto.

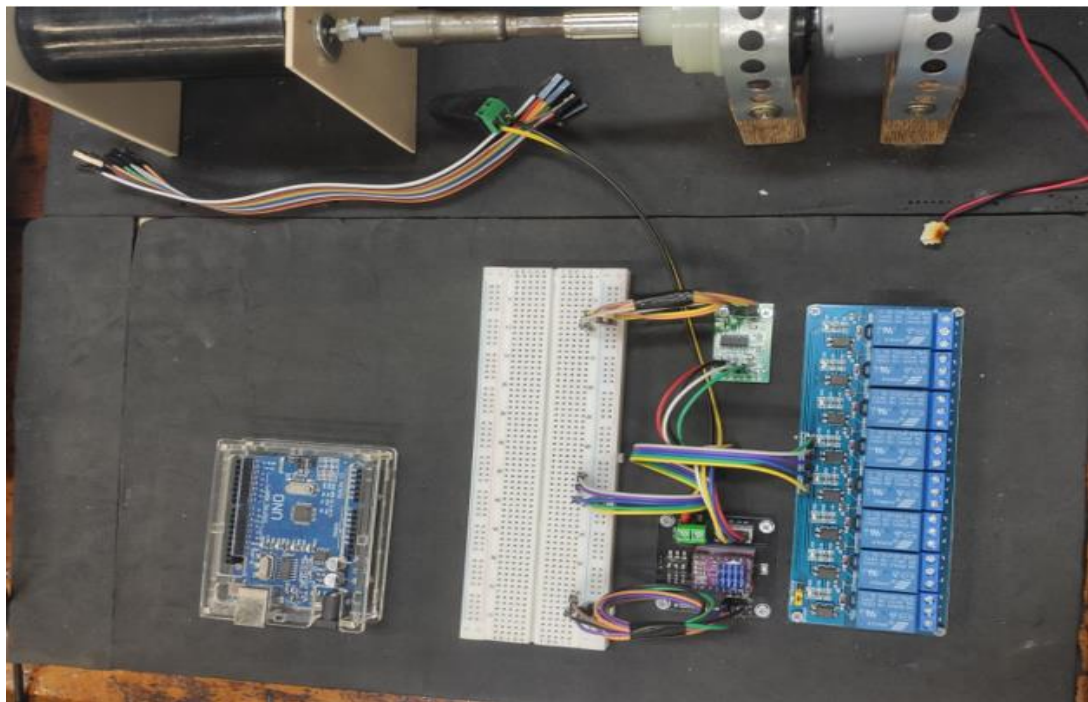


Figura 34: Posicionamento dos Componentes  
FONTE: Próprio Autor, 2025

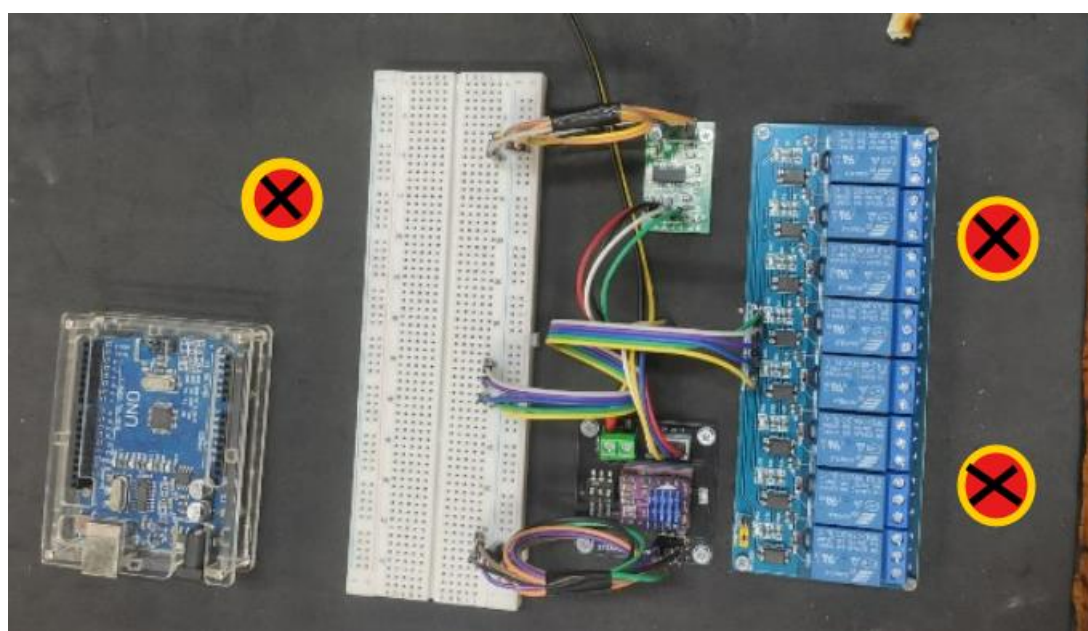


Figura 35: Posicionamento dos Componentes e Marcação pra Furação  
FONTE: Próprio Autor, 2025

### 4.3 Estrutura do sistema

A automação foi baseada na plataforma Arduino Uno, que atua como unidade central de controle. Os principais componentes empregados foram:

- Arduíno UNO
- Sensor de carga (célula de pesagem) com amplificador HX711;
- Motor de passo NEMA 17, acionado via driver DRV8825;
- Motor de parafusadeira 4,8V adaptado à movimentação da esteira;
- Sensor de obstáculo LM393;
- Relé 5V para controle da alimentação elétrica;
- Estrutura física da esteira construída em PVC

A programação foi desenvolvida utilizando a IDE do Arduino, contemplando a leitura dos sensores, controle dos atuadores e lógica de decisão com base nos dados de pesagem

O sistema foi projetado para operar de forma sequencial, dividido em três etapas principais:

**Movimentação do produto até o ponto de medição:** A esteira transportadora é movimentada por um motor de parafusadeira, controlado por meio de um relé e acionado pelo microcontrolador Arduino Uno. O produto é conduzido até a balança, posicionada estrategicamente na lateral da esteira. Quando o sensor de obstáculo LM393 detecta a presença do produto no local indicado, um sinal é enviado ao Arduino, que aciona o motor de passo para deslocar o produto sobre o ponto de medição, onde será realizada a pesagem.

**Verificação do peso:** O sensor de carga realiza a leitura do peso do item colocado sobre a célula de pesagem. A informação é transmitida ao Arduino por meio do módulo HX711. O valor lido é comparado, em tempo real, com um intervalo de peso considerado ideal, levando em consideração uma margem de tolerância previamente definida no código do sistema.

**Tomada de decisão e seleção:** A partir da análise dos dados obtidos pelo sensor de carga, o Arduino verifica se o peso está dentro dos padrões de qualidade. Caso esteja fora do intervalo definido, o sistema aciona um mecanismo de rejeição, posicionado acima da balança, composto por um motor de passo, que remove o item da linha, direcionando-o para uma área de descarte ou retrabalho. Produtos

aprovados são devolvidos à esteira, prosseguindo para as etapas seguintes da linha de produção.

A lógica de verificação de peso e tomada de decisão foi implementada utilizando estruturas condicionais na programação do Arduino. A Tabela 2 apresenta a tabela verdade que representa o funcionamento do sistema com base na leitura do peso:

Tabela 2 – Tabela verdade do sistema de verificação de peso

Situação do Peso	Condição Lógica	Status do Produto	Ação Executada
Abaixo do peso mínimo	$\text{peso} < \text{peso\_min}$	Reprovado	Aciona mecanismo de rejeição
Dentro da faixa aceitável	$\text{peso\_min} \leq \text{peso} \leq \text{peso\_max}$	Aprovado	Produto segue na esteira
Acima do peso máximo	$\text{peso} > \text{peso\_max}$	Reprovado	Aciona mecanismo de rejeição

FONTE: Próprio Autor, 2025

A faixa de tolerância do peso deve ser ajustada conforme as especificações técnicas do produto manipulado pela linha de produção. A abordagem empregada permite maior confiabilidade e repetibilidade nos processos de inspeção automatizada

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste projeto, foi possível construir uma esteira transportadora funcional equipada com sensor de peso e controle automatizado. A lógica embarcada via Arduino, aliada à experiência prática com motores, sensores e programação, permitiu desenvolver um sistema simples, mas eficaz, para verificar se os produtos estão dentro da faixa de peso aceitável. O objetivo central de garantir maior confiabilidade no controle de qualidade durante o processo produtivo foi plenamente alcançado por meio da integração entre hardware e software, resultando em um protótipo funcional capaz de identificar produtos fora do padrão e realizar sua separação automática.

A utilização da plataforma Arduino Uno como unidade de controle se mostrou adequada, tanto pela facilidade de programação quanto pela compatibilidade com os demais componentes eletrônicos, como o sensor de carga (célula de pesagem), o amplificador HX711, o sensor de obstáculo LM393, motores de passo NEMA 17 e os respectivos drivers. A escolha desses componentes contribuiu para a obtenção de um sistema com bom desempenho, baixo custo e facilidade de replicação.

O sistema foi estruturado em três etapas principais: movimentação do produto, verificação do peso e tomada de decisão. A implementação da lógica de controle por meio de uma tabela verdade possibilitou decisões objetivas e automáticas quanto à aprovação ou rejeição de produtos, conforme os parâmetros de peso previamente definidos. A automação desse processo reduziu significativamente a necessidade de intervenção humana, o que, em um ambiente industrial real, contribui para a redução de erros, aumento da produtividade e padronização da qualidade.

Durante os testes práticos realizados, o sistema demonstrou boa precisão na leitura dos dados de peso e agilidade nas respostas do mecanismo de rejeição. Apesar disso, observou-se que ajustes finos no código e nos parâmetros físicos da estrutura podem melhorar ainda mais a robustez e confiabilidade da solução, especialmente em cenários com produtos de pesos muito semelhantes ou formatos irregulares.

Em termos de aplicabilidade, o projeto apresenta grande potencial para ser expandido e adaptado a diferentes segmentos da indústria, desde pequenas linhas de produção até sistemas mais complexos. A modularidade do sistema facilita upgrades,

como a inclusão de sensores adicionais, comunicação com bancos de dados, ou mesmo integração com sistemas supervisórios (SCADA) via IoT.

Conclui-se, portanto, que o projeto cumpriu satisfatoriamente os objetivos propostos, além de demonstrar a viabilidade e os benefícios da automação no controle de qualidade industrial. Este trabalho também reforça a importância da união entre conhecimento técnico, eletrônica embarcada e soluções práticas para problemas recorrentes na produção industrial contemporânea. Como proposta para trabalhos futuros, recomenda-se a implementação de sistemas de visão computacional, integração com rede industrial e o uso de inteligência artificial para classificação de produtos além do critério de peso.

## REFERÊNCIAS

CROSBY, Philip B. *Quality is Free: The Art of Making Quality Certain*. New York: McGraw-Hill, 1979.

FOGLIATTO, Flávio Silveira; RIBEIRO, Jorge Luiz Duarte. *Sistemas produtivos: conceitos, técnicas e estudos de caso*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

INMETRO. Portaria nº 233/1994. Regulamento Técnico Metrológico aplicável a instrumentos de pesagem.

NBR ISO 9001:2015 – Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2006. (Para embasar o avanço tecnológico como mudança de paradigma.)

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

PINTO, Tiago Arriel; NUNES, Elton Fernandes; VIERO, Oscar Valente. A influência da automação industrial na competitividade das empresas. *Revista Científica Semana Acadêmica*, v. 2, p. 23–34, 2015.

RANGEL, Luiz Antonio Dell' Olio et al. *Engenharia de produção: fundamentos e aplicações*. São Paulo: LTC, 2012.

REIS, Marcelo dos; OLIVEIRA, Jonas de. *Transporte de materiais: princípios e aplicações*. São Paulo: Érica, 2017.

RIBEIRO, Carlos Eduardo. *Elementos de máquinas e sistemas de transporte contínuo*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

ROSSI, D. C.; PINTO, R. D. *Automação industrial com Arduino*. São Paulo: Érica, 2020.

SILVA, João Carlos da. Automação industrial: conceitos, tecnologias e aplicações.  
São Paulo: Érica, 2020