

PROJETO MECÂNICO (SEM 0347)

Notas de Aulas v.2021

Aula 09 – Automação, Controle e Elétrica: Dando vida à máquina

Estagiário: Mateus Mota Morais

Supervisor: Carlos Alberto Fortulan

Motivação para a aula



Motivação para a aula



Objetivos

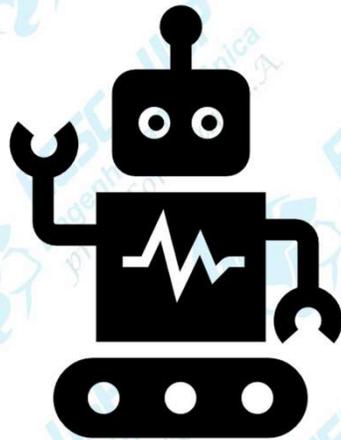
- ✓ Ser capaz de identificar os principais componentes de um sistema de controle de máquinas e conversar sobre o tema
- ✓ Perder o medo de se aventurar na eletrônica e controle de máquinas
- ✓ Fazer uma listagem preliminar de componentes para seu projeto de máquina
- ✓ Ter uma referência inicial sobre onde buscar mais informações sobre os componentes

É uma aula introdutória – há muito mais para aprender

INTRODUÇÃO

O QUE É AUTOMAÇÃO?

Grego *autómatos*: "mover-se por si" ou "que se move sozinho".



PRA QUE AUTOMAÇÃO?

INTRODUÇÃO

É necessário considerar, qual operação deve ser automatizada e qual o grau de automação deve ser implantado.

“Um trabalho de automatização de 80 a 90% pode reduzir bastante o custo. Caso se tentasse automatizar os 10 a 20% restantes do projeto, todo o sistema poderia se tornar economicamente inviável.”

“John Diebold, 1951, A fábrica automática”

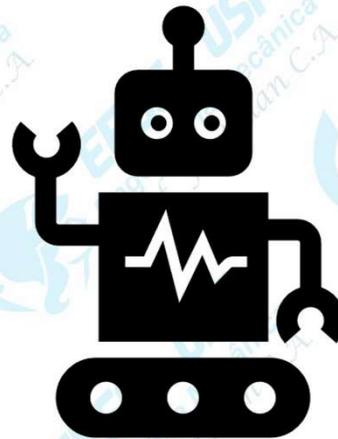
Flexibilidade é a capacidade de adequar todo o sistema de produção às alterações exigidas pela produção, seja no que se refere à auto-adaptação ou adaptação externa (intervenção manual) – por um custo acessível

Naturalmente:

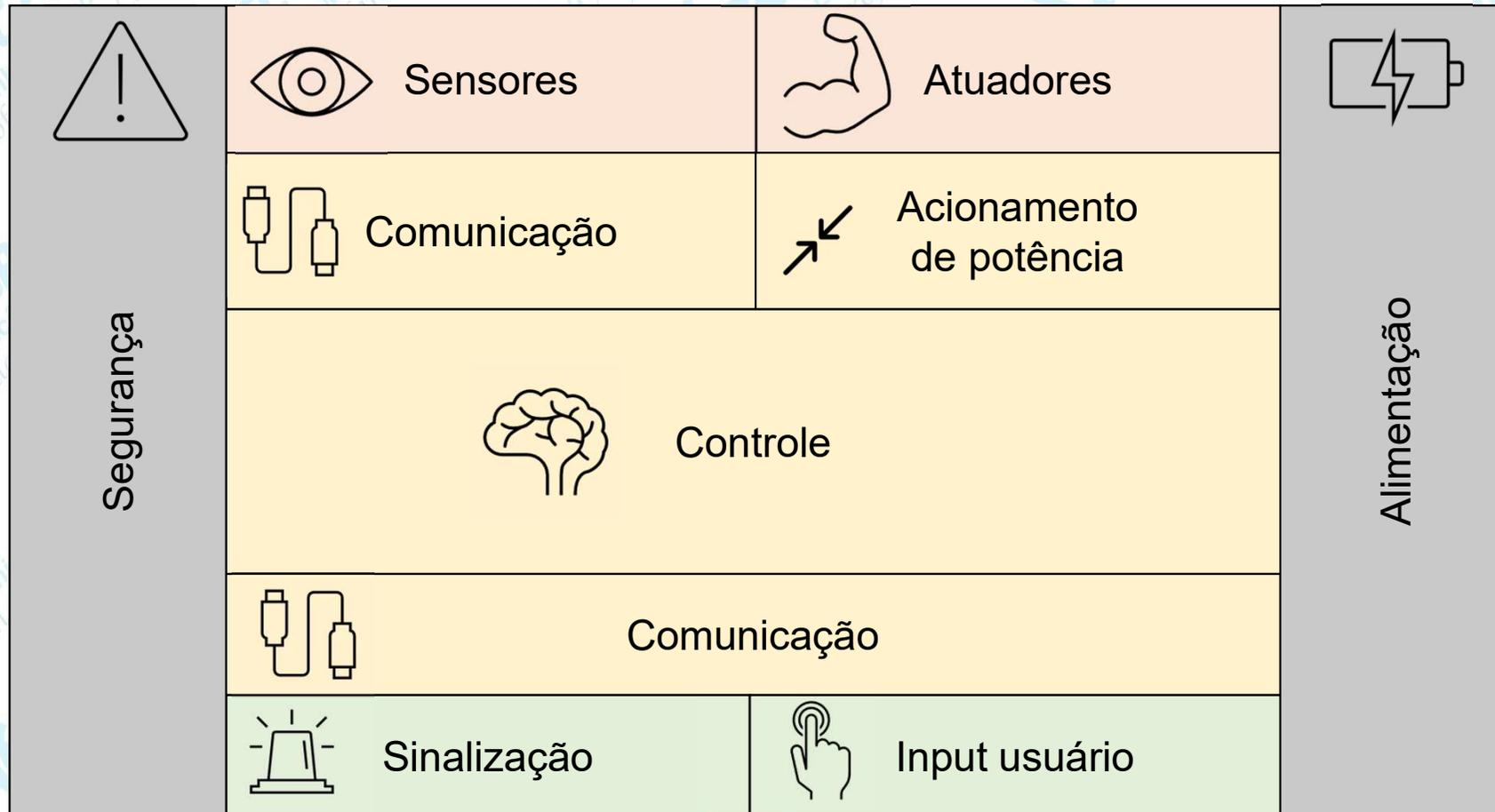
- Quanto mais variável a estrutura do produto;
- Quanto mais imprevisível o comportamento do cliente;
- Quanto mais complexa a gama de produtos e os ciclos de fornecimento,
→ maior o grau de flexibilidade necessário.

INTRODUÇÃO

QUE ELEMENTOS PRECISO PARA FAZER A AUTOMAÇÃO?



Visão Geral



Exercício

Listar os componentes necessários para a sua máquina e colocar no esquema gráfico.

Justificar escolha dos componentes

Desenhar um diagrama de como os componentes se interligam (Extra)

EXERCÍCIO



| | | | |
|---|---|---|---|
| Segurança  | Sensores  | Atuadores  | Alimentação  |
| | Comunicação  | Acionamento de potência  | |
| | Controle  | | |
| | Comunicação  | | |
| | Sinalização  | Input usuário  | |



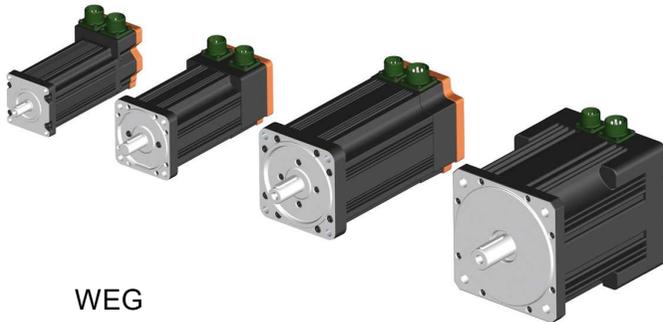


Atuadores

- Quais ações e funções são necessárias?
(Deslocar, girar, aquecer, posicionar...)
 - Movimento: rotativo x linear?
 - Movimento: contínuo x intermitente?
 - Discreto ou continuamente variável?
 - Qual força? Qual velocidade? Qual potência?
 - Qual precisão?
- Motores Elétricos;**
 - AC (monofásico ou trifásico)**
 - Síncrono**
 - DC contínuo**
 - Motor de Passo**
 - Servo**
 - Motor a combustão;**
 - Acionamento pneumático**
 - Acionamento hidráulico**
 - Acionamento piezoelétricos**
 - Resistências térmicas**



Atuadores



WEG

- Motores Elétricos;
 - AC (monofásico ou trifásico)
 - Síncrono
 - DC contínuo
 - Motor de Passo
 - Servo



Alguns fornecedores :

www.faulhaber.com/

<https://www.maxongroup.com/maxon/view/content/index>

www.bosch.com.br

www.kalatec.com.br

www.weg.net/institucional/BR/pt/

www.ampflow.com/ampflow_motors.htm

www.pololu.com/

<https://www.tekkno.com.br/>

<https://www.baudaeletronica.com.br/>

<https://www.eletrogate.com/>

<https://mectrol.com.br/produtos>



Atuadores

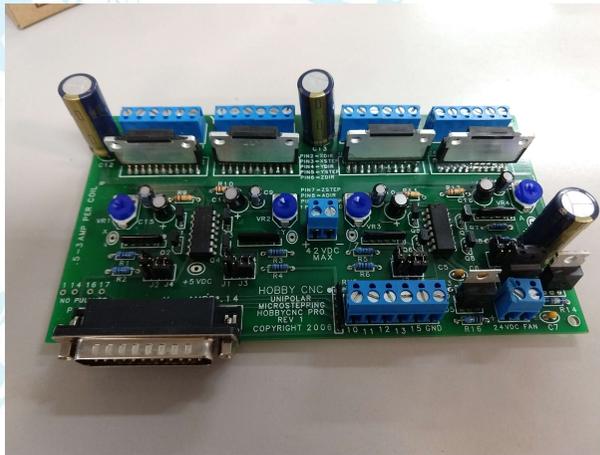
Acessórios para acionamento elétrico de motores

Inversor

Soft-starter

Drivers

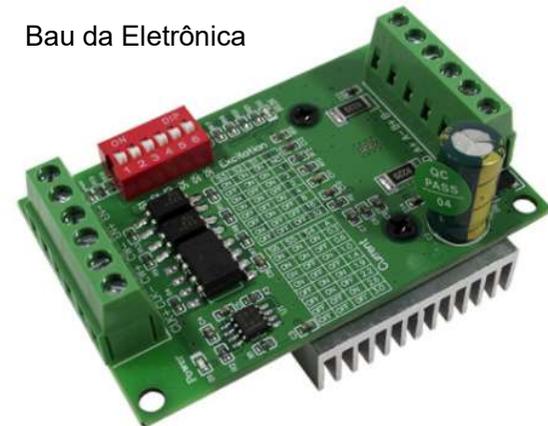
Drive CNC



WEG



Tekkno

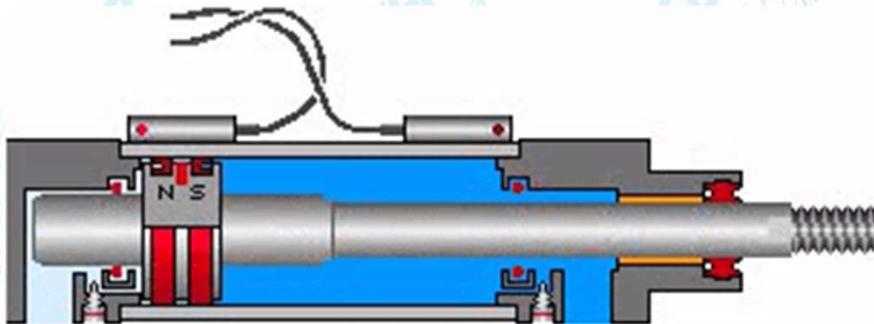


Bau da Eletrônica



Atuadores

Cilindro pneumático



<https://www.mtibrasil.com.br/guia-do-cilindro-pneumatico.php>

Norma ISO para cilindros pneumáticos



ISO 6432
Mini-ISO



ISO 15552
Cilindro ISO



ISO 21287
Cilindro ISO Compacto

www.mtibrasil.com.br



Alguns fornecedores importantes:

<https://smcbr.com.br/>

<https://www.festo.com/br/pt/>

<https://ph.parker.com/br/pt/products>

Imagens MTI brasil e Festo



Atuadores

Acessórios para atuadores pneumáticos

Geração de ar (filtro de admissão, compressor, refrigerador, condensador, armazenagem, secador)

Distribuição (tubulação, conexões, válvula reguladora, purgadores, acumuladores)

Preparação do ar (válvula, filtro, regulador de pressão, lubrificador)

Componentes (válvulas direcionais, controladoras de fluxo)



<https://www.mtibrasil.com.br/artigos/por-que-usar-pneumatica-na-automacao-industrial.php>

Imagens MTI brasil e Festo

Vídeos de automação pneumática e elétrica

- Demonstração SMC (legal e com etiquetas)
- Demonstração SMC com rolamentos
- Demonstração Festo com selecionador e posicionador
- Demonstração Festo com selecionador e posicionador (mais completo)
- <https://www.youtube.com/watch?v=1l9ETw5HDa0>
- <https://www.youtube.com/watch?v=z3j0No8wx5Y>
- <https://www.youtube.com/watch?v=6sct2K-l8Dk>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Y7T993UIM90>

↙
↗
Acionamento
de potência

Circuito de carga x Circuito de comando/controle

- Tenho voltagens diferentes? (ex: 5VDC x 220 VAC)
- Qual a corrente de potência? Meu controlador suporta?
- Tenho diferentes tipos de sinais (ex: elétrico x pneumático)

WEG



Dispositivos de manobra

- Contatora
- Relé
- Relé temporizador
- Relé de Estado Sólido (SSR)
- Opto-acoplador
- Válvulas pneumáticas



<https://www.ocaenergia.com/blog/comandos-eletricos/comandos-eletricos-para-que-servem-e-aplicacoes/>





Sensores

“Se você não pode medir, você não pode controlar”

- Quais grandezas serão medidas?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Dimensão e posição linear | <input type="checkbox"/> Tensão |
| <input type="checkbox"/> Dimensão e posição angular | <input type="checkbox"/> Deformação |
| <input type="checkbox"/> Velocidade e rotação | <input type="checkbox"/> Temperatura |
| <input type="checkbox"/> Aceleração | <input type="checkbox"/> Pressão |
| <input type="checkbox"/> Gravidade | <input type="checkbox"/> Vazão |
| <input type="checkbox"/> Contato | <input type="checkbox"/> Umidade |
| <input type="checkbox"/> Movimento | <input type="checkbox"/> Corrente e Tensão |
| <input type="checkbox"/> Forma | <input type="checkbox"/> Luminosidade |
| <input type="checkbox"/> Rugosidade e textura | <input type="checkbox"/> Cor |
| <input type="checkbox"/> Peso | <input type="checkbox"/> Som |
| <input type="checkbox"/> Força | <input type="checkbox"/> pH |
| <input type="checkbox"/> Torque | <input type="checkbox"/> Pressão de oxigênio |



Sensores

O QUE QUERO MEDIR?

- Quais grandezas serão medidas?
- Medida “On-Off” ou contínua?
- Qual é a amplitude e frequência do que será medido?
- Qual velocidade que preciso da resposta?
- Qual resolução e precisão necessárias?
- Qual máximo erro aceitável?
- Sinal analógico ou digital?



Sensores

COM O QUE ESTOU MEDINDO?

- Qual princípio de funcionamento?
 - Mecânico (ex boia, fim de curso)
 - Resistivo (ex strain gauge, potenciômetro)
 - Termoelétrico
 - Termistores (NTC, PTC)
 - Termopar
 - Capacitivos (posição, acelerômetros)
 - Indutivos (posição de condutores, LVDT)
 - Magnético (efeito hall)
 - Piezoelétrico (ultrassom, acelerômetros)
 - Fotoelétrico (opto eletrônico, fim de curso, encoders, tacômetro)
 - Câmera (visão computacional)



Leia as especificações do sensor.

Veja se está usando de acordo com o que ele foi projetado para usar



Sensores

COM O QUE ESTOU MEDINDO?

- Qual princípio de funcionamento?
- Sensor passivo ou ativo (energizado)?
- Qual a sensibilidade? Qual ruído?
- Qual a escala da saída do sensor? Resposta linear?
- Qual faixa de aplicação do sensor? Qual limiar de detecção?
- Analógico x digital?
 - Qual frequência de amostragem? (risco de aliasing).
 - Quantos níveis de quantização (8bits, 1024 bits...)
- Qual a resposta em frequência do sensor?
 - Qual tempo de resposta?
 - Ordem zero, primeira, segunda ordem?



Leia as especificações do sensor.

Veja se está usando de acordo com o que ele foi projetado para usar



WEG



WEG



FESTO



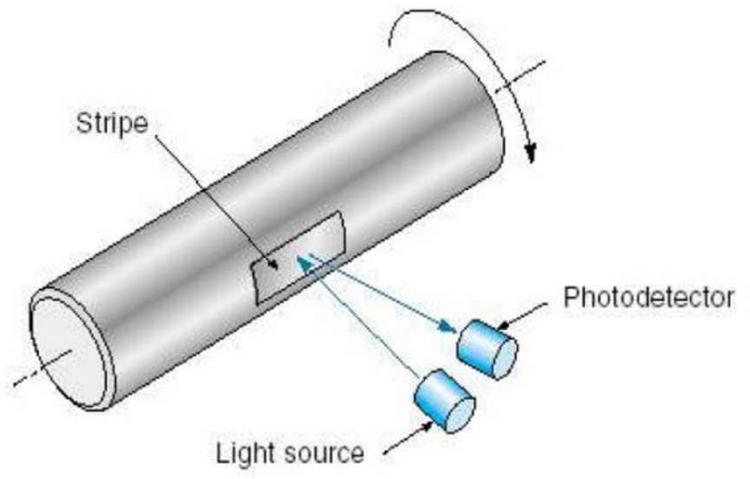
WEG



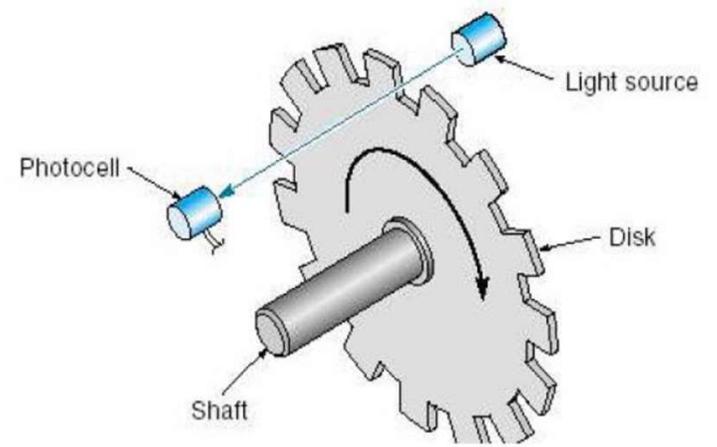
FESTO



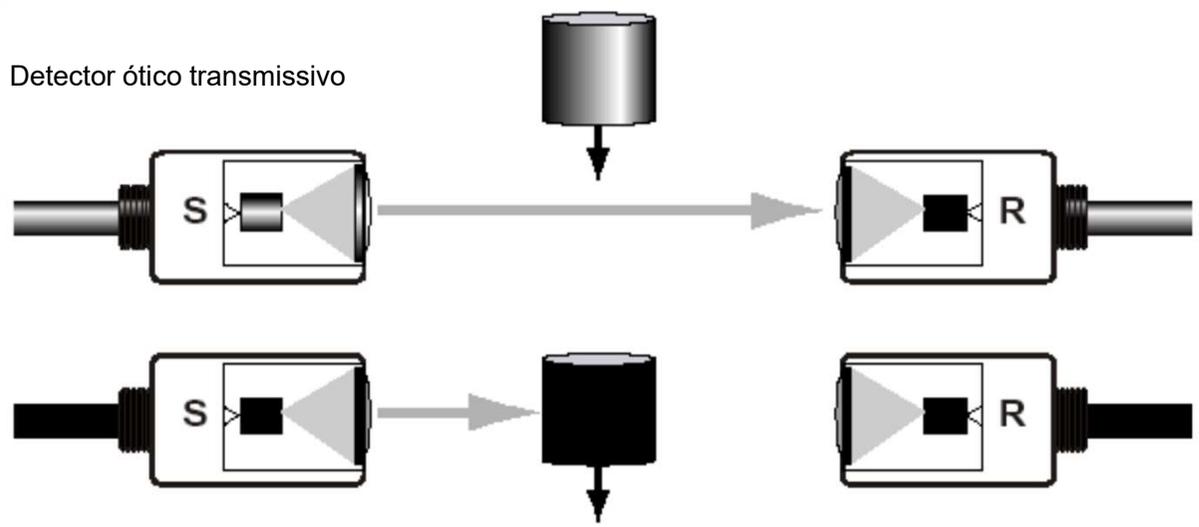
Tacômetros óticos



Encoders Óticos Rotativos



Detector ótico transmissivo



SENSORES INDUTIVOS E CAPACITIVOS



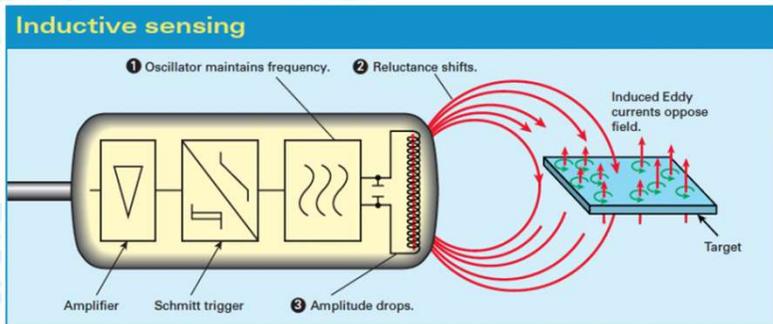
Sensores indutivos e capacitivos



Sensor indutivo
 Entrada: tensão AC
 Saída: tensão AC de mesma frequência que entrada e amplitude proporcional à distância
 Pode ser usado para frequências de até 100kHz
 Necessita de material condutor

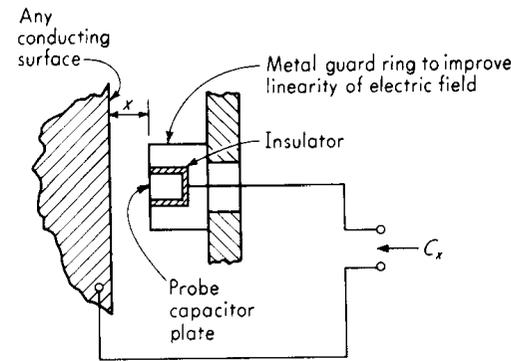


Sensor capacitivo
 Pode ter resolução de até 0,2 nm para cursos pequenos
 Pode ser usado para diferentes materiais



Ferrous targets change the reluctance of the magnetic circuit; system oscillation frequency, which gets left behind when the natural frequency shifts, then loses amplitude.

<https://www.citisystems.com.br/sensor-indutivo>



<https://www.citisystems.com.br/sensor-capacitivo/>

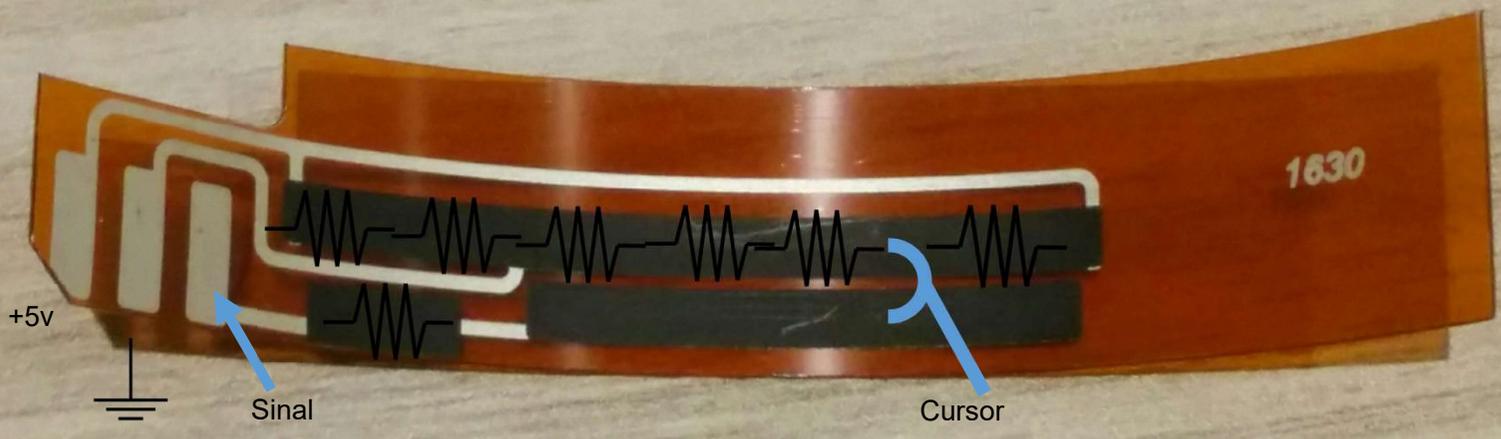
Sensores indutivos e capacitivos



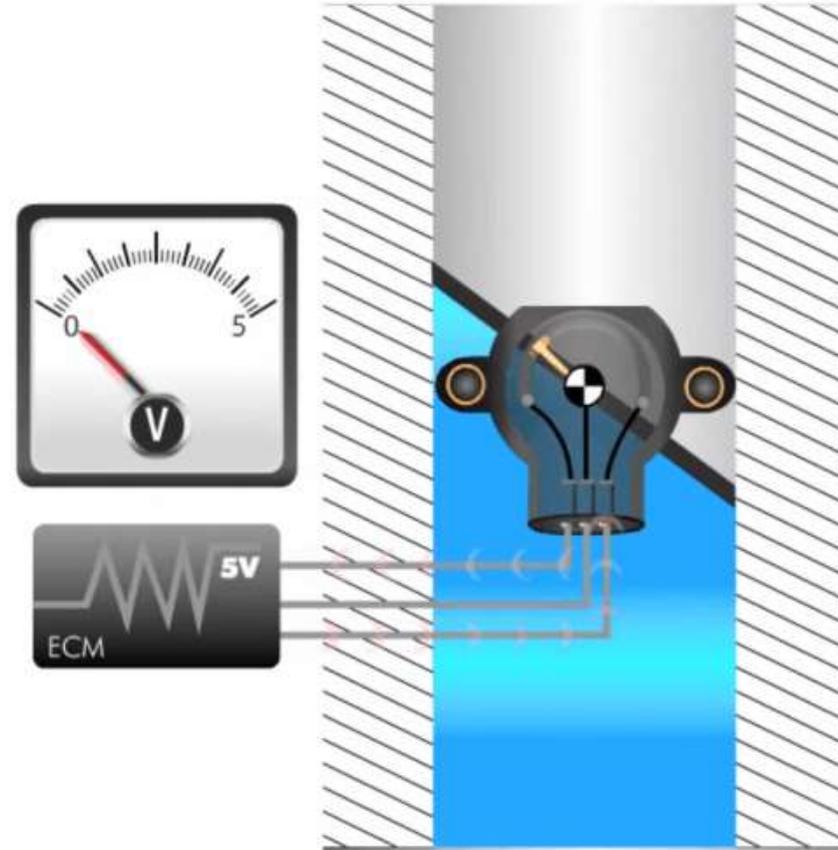
| Fatores | Sensor Capacitivo | Sensor indutivo |
|-------------------------------|-------------------|-----------------|
| Resolução | ● | ● |
| Variedade de materiais | ● | ● |
| Deteção de objetos pequenos | ● | ● |
| Facilidade de montagem | ● | ● |
| Alcance | ● | ● |
| Largura de banda | ● | ● |
| Custo | ● | ● |
| Ambientes sujos ou com poeira | ● | ● |

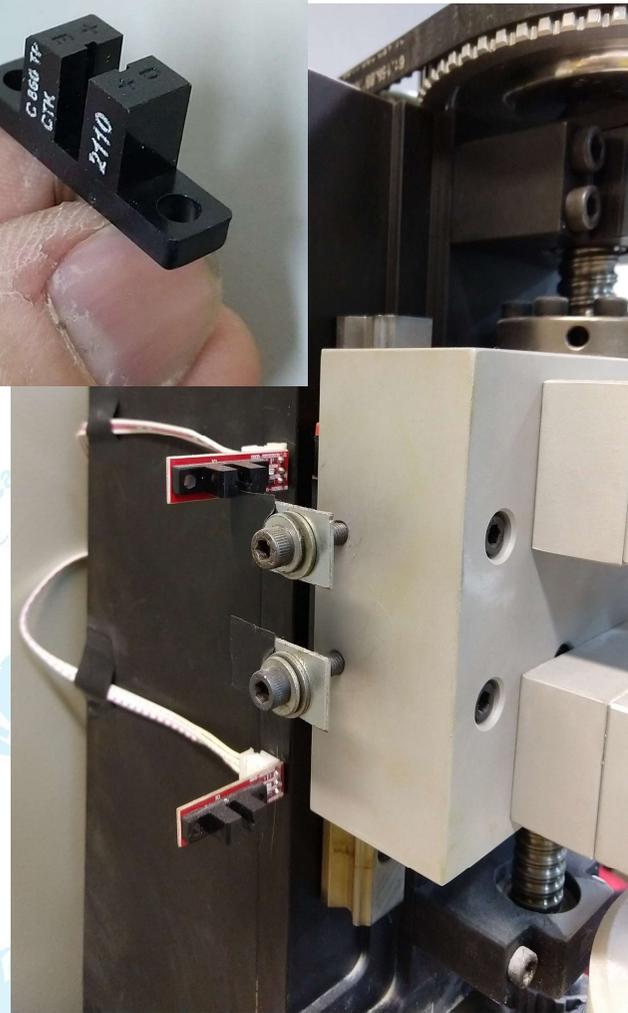
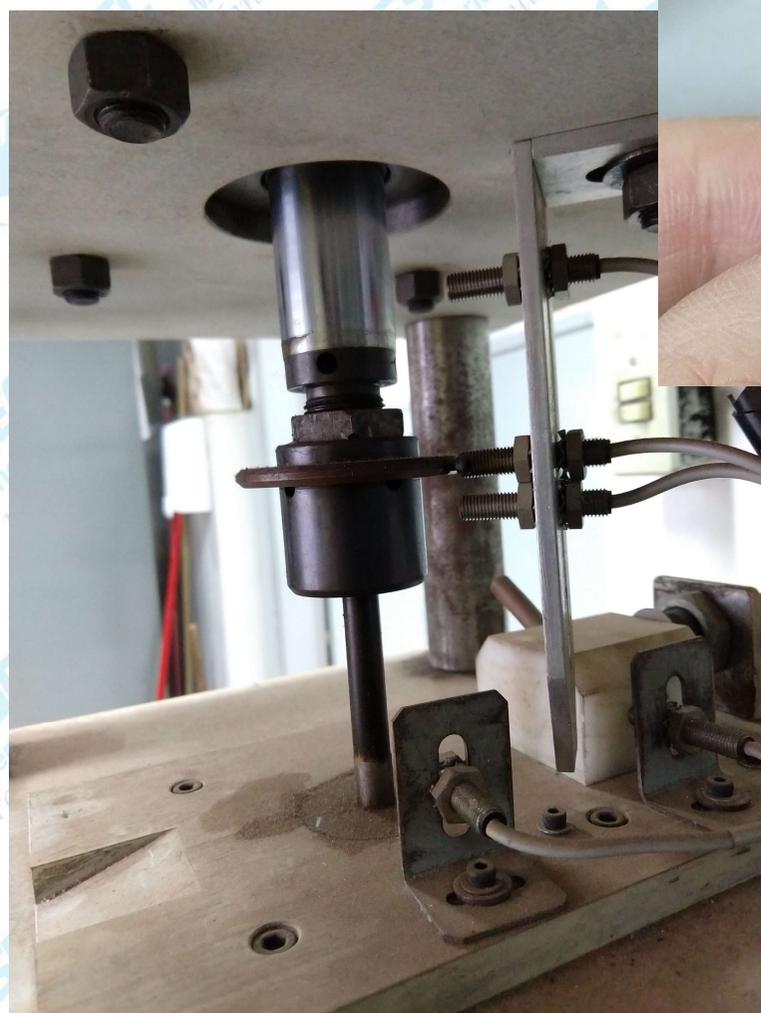
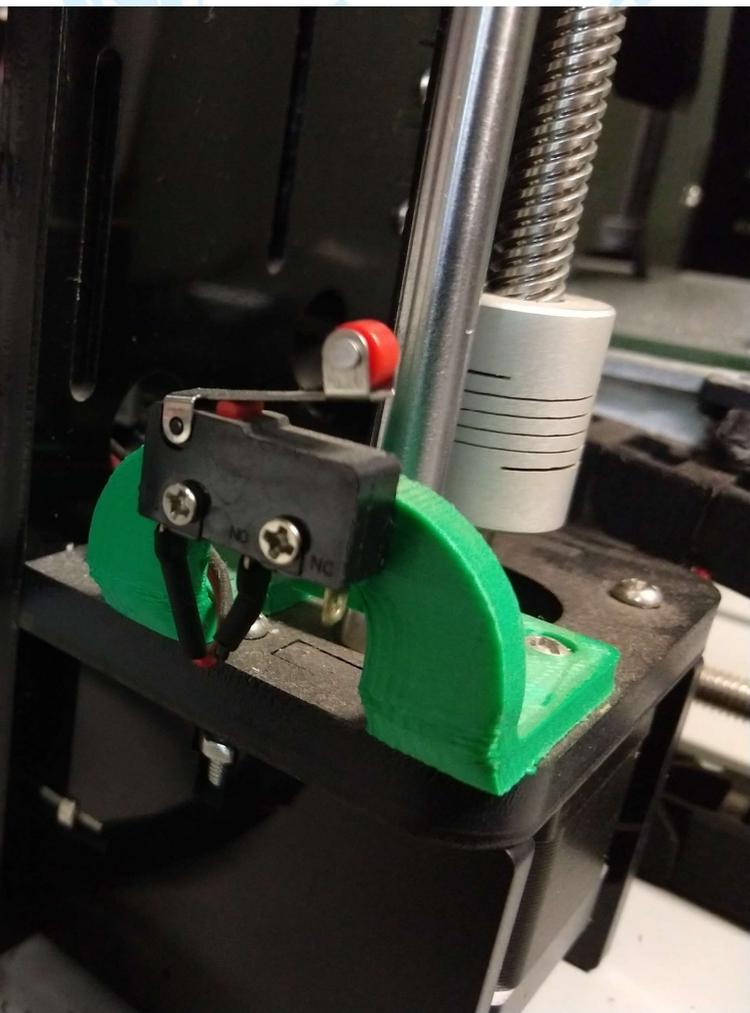
Legenda: ● Ótimo ● Aplicável ● Inadequado

O que é isso?



TPS - SENSOR DE POSIÇÃO DA BORBOLETA





Alguns fornecedores de sensores

<https://www.tekno.com.br/>

www.kalatec.com.br

<https://www.weg.net/institutional/BR/pt/>

<https://www.baudaeletronica.com.br/motores/driver>

<https://www.pololu.com/>

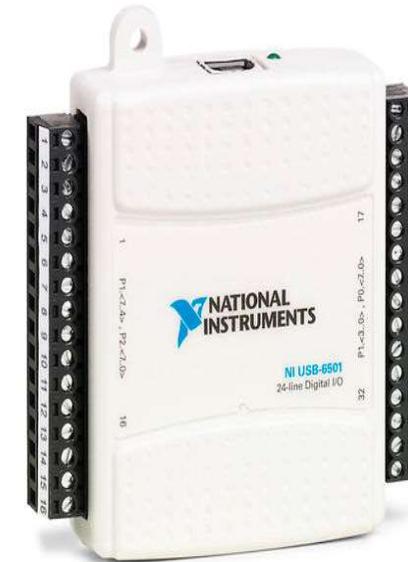
<https://www.eletrogate.com/>

<https://www.filipeflop.com/>

<https://contemp.com.br/> (TEMPERATURA)

Acessórios Sensores

- Calibração
- Amplificador
- Filtro de frequência
- Conversor analógico → digital
- Placa de aquisição de dados
- Multiplexador (junta tudo e manda em um pacote)
- Transformada de Fourier
- Lab View/Simulink/Matlab

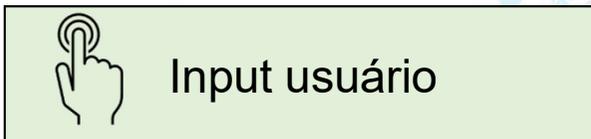


Interface usuário

Como o usuário interage com a máquina?
Quais entradas ele precisa fornecer?



<https://www.oceanenergia.com/blog/comandos-eletricos/comandos-eletricos-para-que-servem-e-aplicacoes/>



- Botões e botoeiras (NA, NF, bimanual, emergência)
- Chaves seletoras, interruptores
- Alavancas, câmbios
- Potenciômetros
- Joystick/mouse
- Teclado alfa-numérico
- Tela touch



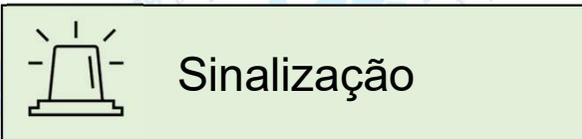
<https://www.zacobria.com/universal-robots-zacobria-3-dimension-robot-control-by-joystick-game-controller.html>



<https://www.romi.com/en/products/romi-c-series-4/>

Interface usuário

Quais informações ele deve visualizar?



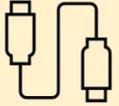
- Luzes (**emergência**, **energizado**, **em funcionamento**, **manutenção**)
- Avisos sonoros, sirenes (alertas, funcionamento)
- Vibração?
- Tela/Visores
 - com indicação de estados, variáveis
 - Analógico x digital
 - Mensagens de erro



<https://cablematic.com/en/products/industrial-signaling-tower-lamp-warning-traffic-light-with-red-orange-green-blau-led-lights-12-vdc-TD054/>



<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/automatizacao-e-robotica/maxima-automacao-industrial/producao/servicos/painel-de-ihm>

 Comunicação

Como será feita a comunicação e armazenamento dos dados?

Onde estão o usuário ou os sensores?

Com ou sem fio?

Atenção aos efeitos do ambiente na transmissão (temperatura, vibração, campo eletromagnético)

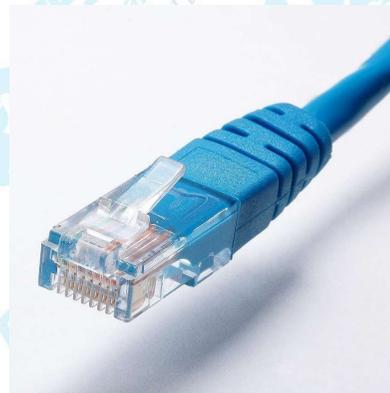
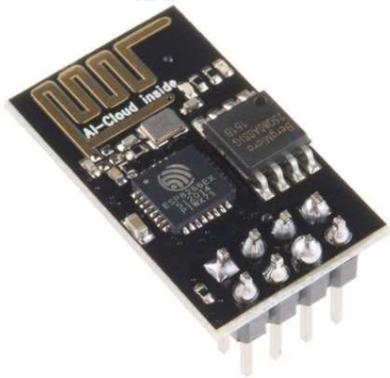
Cuidado para não introduzir ruído no sinal dos sensores

Elétrica

- (fios, USB, serial, ethernet cabo compensador de termopar...)

Fibra ótica

- Radiofrequência
- Infravermelho
- Bluetooth
- Internet, Wi-Fi
- Ultrassom



Comunicação

Qual a potência do sinal?

Qual a frequência e amplitude do sinal?

Qual a taxa e volume de dados? #bits/s

Qual a latência?

Qual Impedância (resistância e capacitância do cabo)?



Controle

É necessário um sistema de controle?

Qual a necessidade de processamento?

E memória?

Quantas entradas e saídas?

Sinal eletrônico ou pneumático?

Entradas e saídas digitais ou analógicas?

Qual a latência (velocidade)?

Serial ou paralelo?

Malha aberta ou fechada?

PID? Como fazer o ajuste dos parâmetros?

Que tipo de controlador é necessário?

Reles, contadoras e válvulas

CLP

Arduíno

Raspberry Pi

Sistema embarcado/placa dedicada

Celular

Computador

Controlador de Temperatura

Alguns fornecedores

www.kalatec.com.br

<https://contemp.com.br/> (TEMPERATURA)

<https://www.weg.net/institutional/BR/pt/>

<https://www.tekkno.com.br/categoria/450/clp---plc---ihm/controlador-logico-programavel>

<https://www.baudaeletronica.com.br/motores/driver>

<https://www.pololu.com/>

<https://www.eletrogate.com/>

<https://www.filipeflop.com/>



Arduino

- Plataforma de desenvolvimento de projetos eletrônicos e prototipagem
- Microcontrolador: microprocessador + entradas e saídas programáveis - “Mini computador”
- Open source (hardware + software)
- Baixo custo (~ R\$ 70)
- Fácil de programar (C/C++) e muita coisa já pronta
- Existe uma comunidade enorme trocando e disponibilizando informações
- Aplicado em: robótica, automação, internet das coisas,



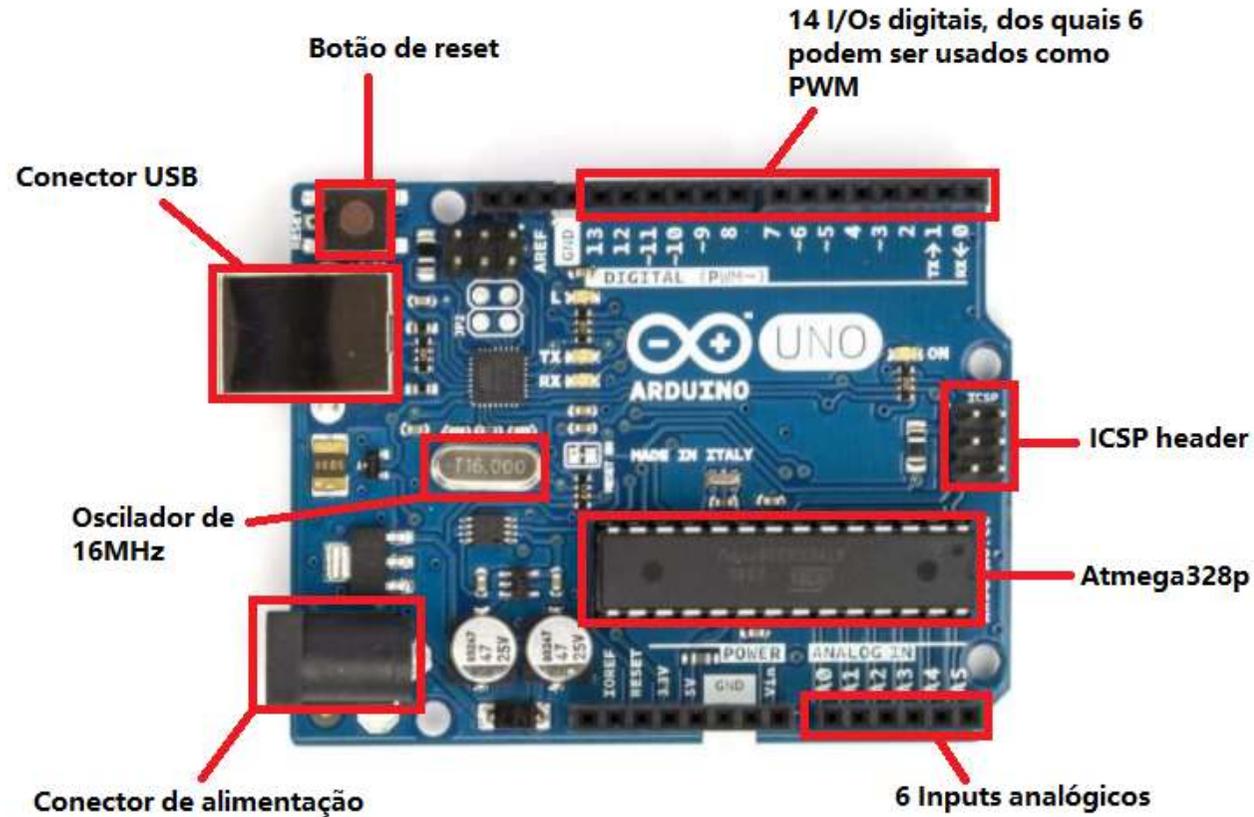
<https://blog.eletrogate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/>

<https://www.arduino.cc/>

<https://www.youtube.com/watch?v=sv9dDtYnE1g> (O que é Arduino)

<https://www.filipeflop.com/blog/tipos-de-arduino-qual-comprar/>

Arduino



Placa Arduino – Descrição

<https://blog.eletrogate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/>

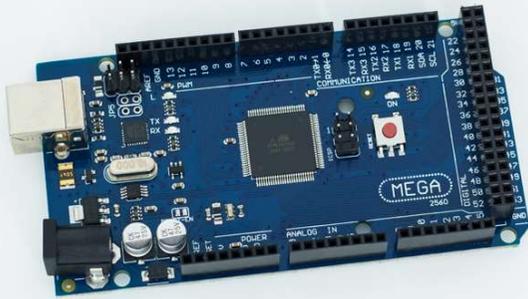
Arduino

- Uno (básica)
- Mega (mais entradas e saídas)
- Nano (compacta – encaixa na protoboard)
- Leonardo (identificável no PC como teclado ou mouse)
- Due (maior processamento, 3.3V)

- Pode ser “upado” usando um módulo (shield)

<https://blog.eletrogate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/>
<https://www.filipeflop.com/blog/tipos-de-arduino-qual-comprar/>

Arduino



| | UNO | MEGA 2560 | LEONARDO | DUE | ADK | NANO | PRO MINI | ESPLORA |
|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|--|--------------------------------|
| Microcontrolador | ATmega328 | ATmega2560 | ATmega32u4 | AT91SAM3X8E | ATmega2560 | ATmega168 (versão 2.x) ou ATmega328 (versão3.x) | ATmega168 | ATmega32u4 |
| Portas digitais | 14 | 54 | 20 | 54 | 54 | 14 | 14 | - |
| Portas PWM | 6 | 15 | 7 | 12 | 15 | 6 | 6 | - |
| Portas analógicas | 6 | 16 | 12 | 12 | 16 | 8 | 8 | - |
| Memória | 32K (0,5K usado pelo bootloader) | 256K (8K usado pelo bootloader) | 32K (4K usado pelo bootloader) | 512K disponível para aplicações | 256K (8K usado pelo bootloader) | 16K (ATmega168) ou 32K (ATmega328) (bootloader: 2K) | 16K (2K usado pelo bootloader) | 32K (4K usado pelo bootloader) |
| Clock | 16Mhz | 16Mhz | 16Mhz | 84Mhz | 16Mhz | 16Mhz | 8Mhz (modelo 3.3v) ou 16Mhz (modelo 5v) | 16Mhz |
| Conexão | USB | USB | Micro USB | Micro USB | USB | USB Mini-B | Serial/Módulo USB externo | Micro USB |
| Conector para alimentação externa | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Não |
| Tensão de operação | 5V | 5V | 5V | 3.3V | 5V | 5V | 3.3 ou 5V, dependendo do modelo | 5V |
| Corrente máxima portas E/S | 40mA | 40mA | 40mA | 130mA | 40mA | 40mA | 40mA | - |
| Alimentação | 7-12Vdc | 7-12Vdc | 7-12Vdc | 7-12Vdc | 7-12Vdc | 7-12Vdc | 3.3-12V (modelo 3.3v) ou 5-12V (modelo 5v) | 5V |

<https://www.filipeflop.com/blog/tipos-de-arduino-qual-comprar/>



Kit Arduino Sensores 37 em 1

| | | | | | |
|---------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Módulo Joystick | Sensor de Chama | Módulo Led RGB 5mm | Sensor de Pulso IR | Light Cup 2 Peças | Sensor de Efeito Hall |
| Módulo Relé | Sensor de Efeito Hall | Módulo Led RGB SMD | LED Pisca 7 Cores | Sensor Tilt | Sensor de Temperatura DS18B20 |
| Sensor de Som | Sensor de Toque | Led Duas Cores 5mm | Diodo Laser | Sensor de Inclinação | Sensor Analógico Temperatura |
| Sensor de Som | Sensor de Temperatura NTC | Led Duas Cores 3mm | Push Button | Sensor de Luminosidade | Emissor IR |
| Sensor Reflexivo | Buzzer Ativo | Sensor Magnético | Sensor de Vibração | Sensor de Umidade e Temperatura | Receptor IR |
| Sensor de Obstáculo | Buzzer Passivo | Sensor Magnético Mini | Módulo Encoder | Sensor Hall Analógico | Sensor de Vibração |
| | | | | | Sensor de Contagem |

* Imagens Ilustrativas.

<https://www.usinainfo.com.br/kit-arduino/kit-arduino-sensores-37-em-1-caixa-organizadora-5516.html>



Alimentação

Como será energizado o sistema?
Qual a potência requerida?
Qual a voltagem requerida?

- Tensão AC da rede
- Transformador AC
- Alternador/Gerador
- Fonte chaveada DC
- Bateria/Pilha
- Piezoelétrico
- Painel solar
- Combustível ou outra energia térmica
- Acionamento manual



TEKKNO



WEG



Segurança

Quais as normas de segurança?

Quais os regulamentos da empresa?

Quais possíveis riscos para as pessoas?

Quais os possíveis riscos para a máquina?

Quais os possíveis riscos para a produção?

Como evitar os riscos?



<https://www.youtube.com/watch?v=0Y2793E-O2c> (Forte)



<https://www.asmaquinaspesadas.com/2012/01/fotos-de-acidentes-de-trabalho-com.html>



Segurança

- Disjuntor termomagnético (sobrecarga e curto circuito, reutilizável)
- Fusível (curto circuito, uso único)
- Fusível mecânico
- Relé térmico (sobrecarga)
- Diferencial Residual (DR)
- Dispositivo Proteção de Surtos (DPS)
- Aterramento
- Nobreak
- Estabilizador/Retificador

Atenção com resfriamento do sistema e dos componentes



Faça o dimensionamento correto da corrente nos disjuntores e fusíveis



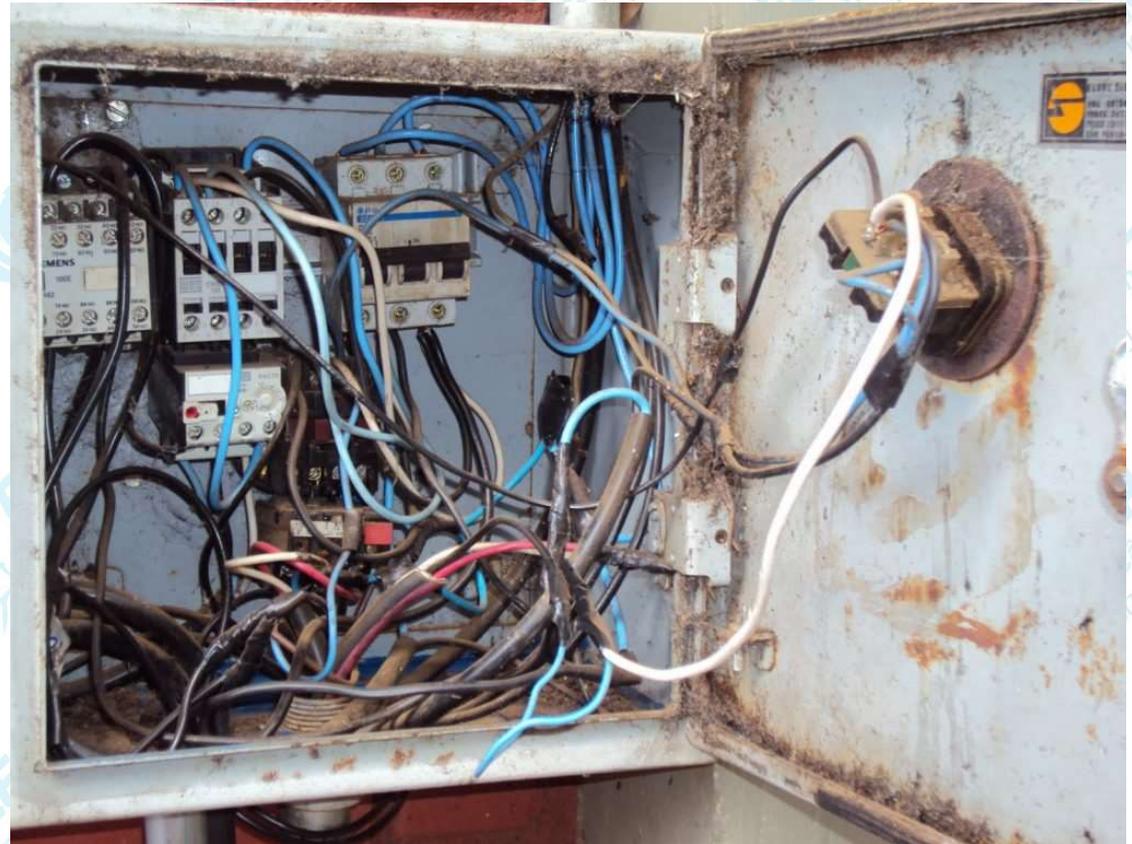
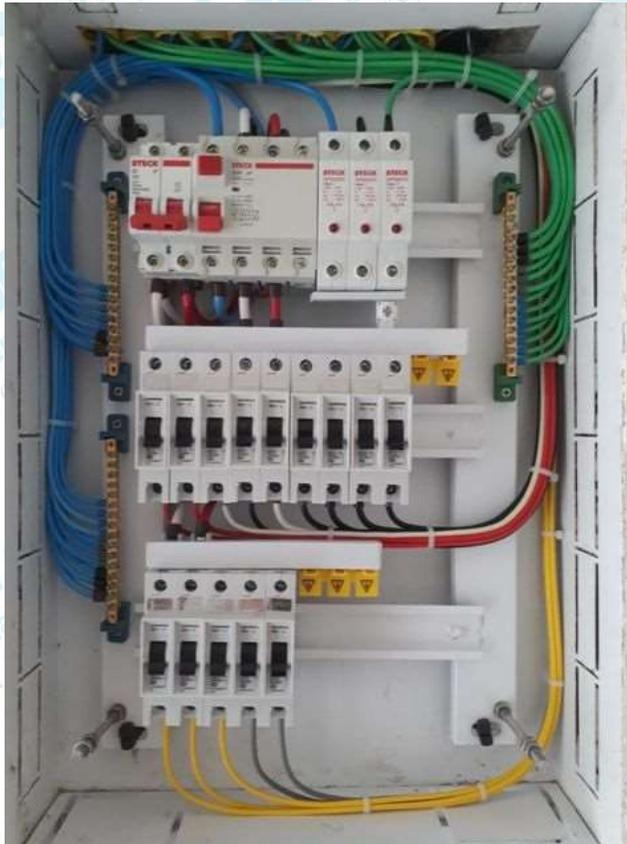
Segurança

- Botão de Emergência
- Bimanual
- Intertravamento
- “Homem morto”
- Sensor nas portas (óptico, magnético)
- Cortina de luz
- Sensor de sobrecarga



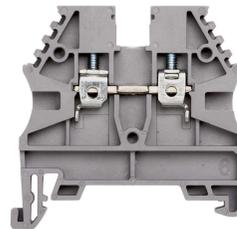
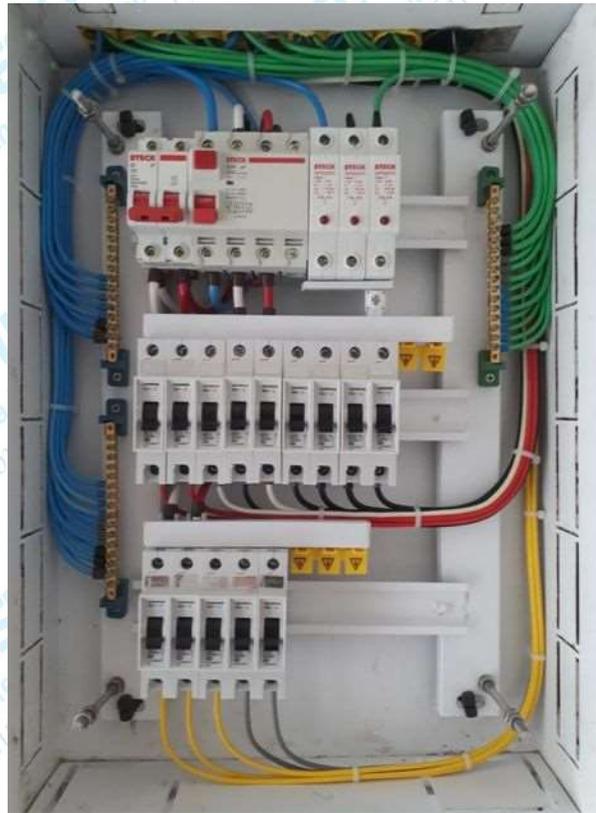
Organização

Como deixar organizado, fácil de usar e mais seguro?



Organização

- Caixa de comando
- Cores de fios e etiquetas
(cuidado com bitola dos fios)
- Bornes
- Trilhos e canaletas para fios
- Fios com terminais?
- Diagramas



<http://instalamaiz.blogspot.com/2014/12/conectores-e-terminais-para-fios-e.html>

Outros componentes eletrônicos importantes

- Resistor e Potenciômetro
- Capacitor (cuidado com polaridade)
- Diodo/LED (cuidado com polaridade e resistor)
- Transistor
- Ferro de solda
- Multímetro
- Protoboard
- Osciloscópio

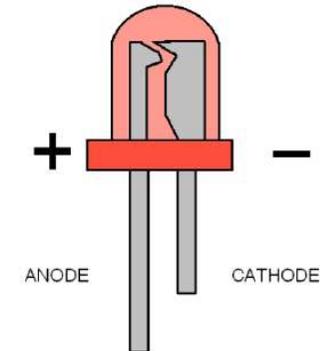
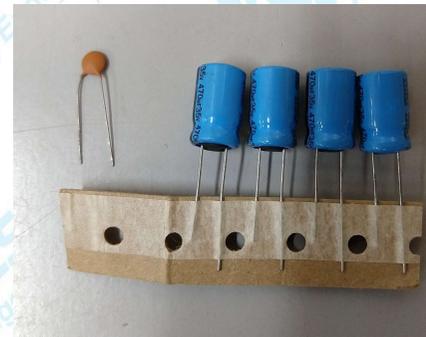
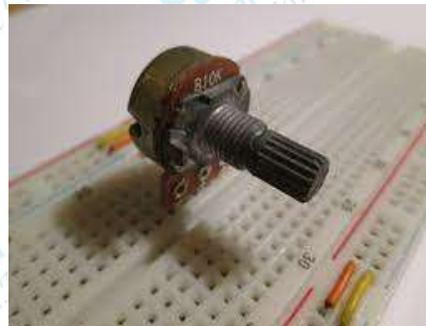
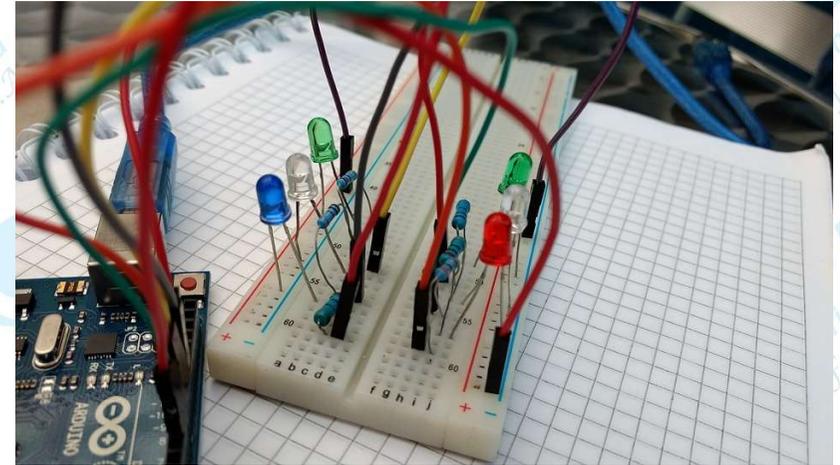
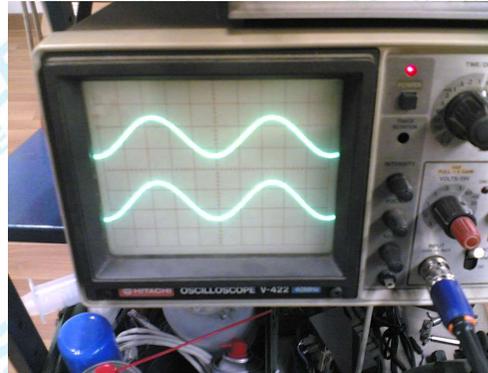
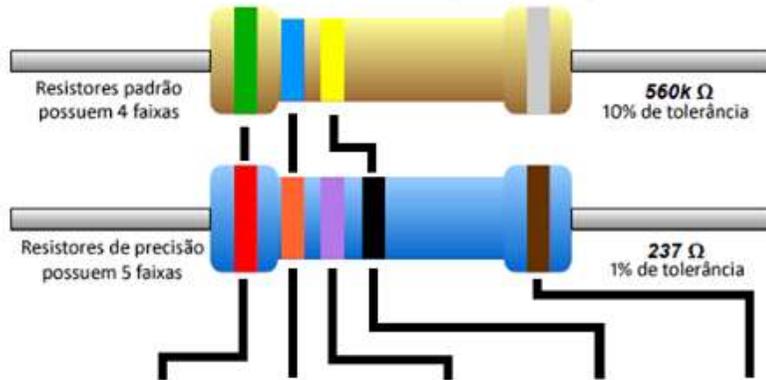


Figura 5: Terminais de um Led.

Outros componentes eletrônicos importantes - resistores

Código de Cores

A extremidade com mais faixas deve apontar para a esquerda

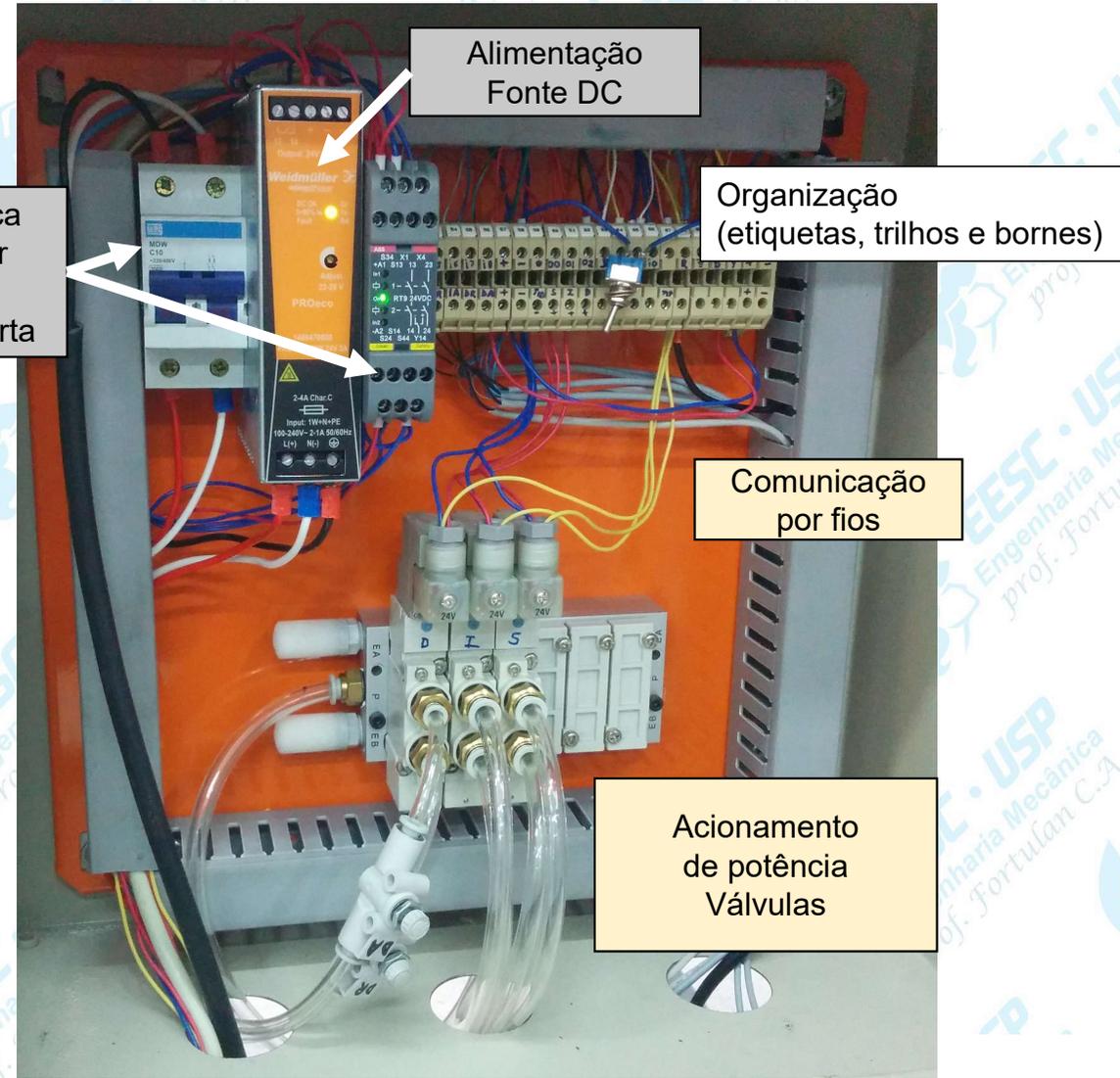
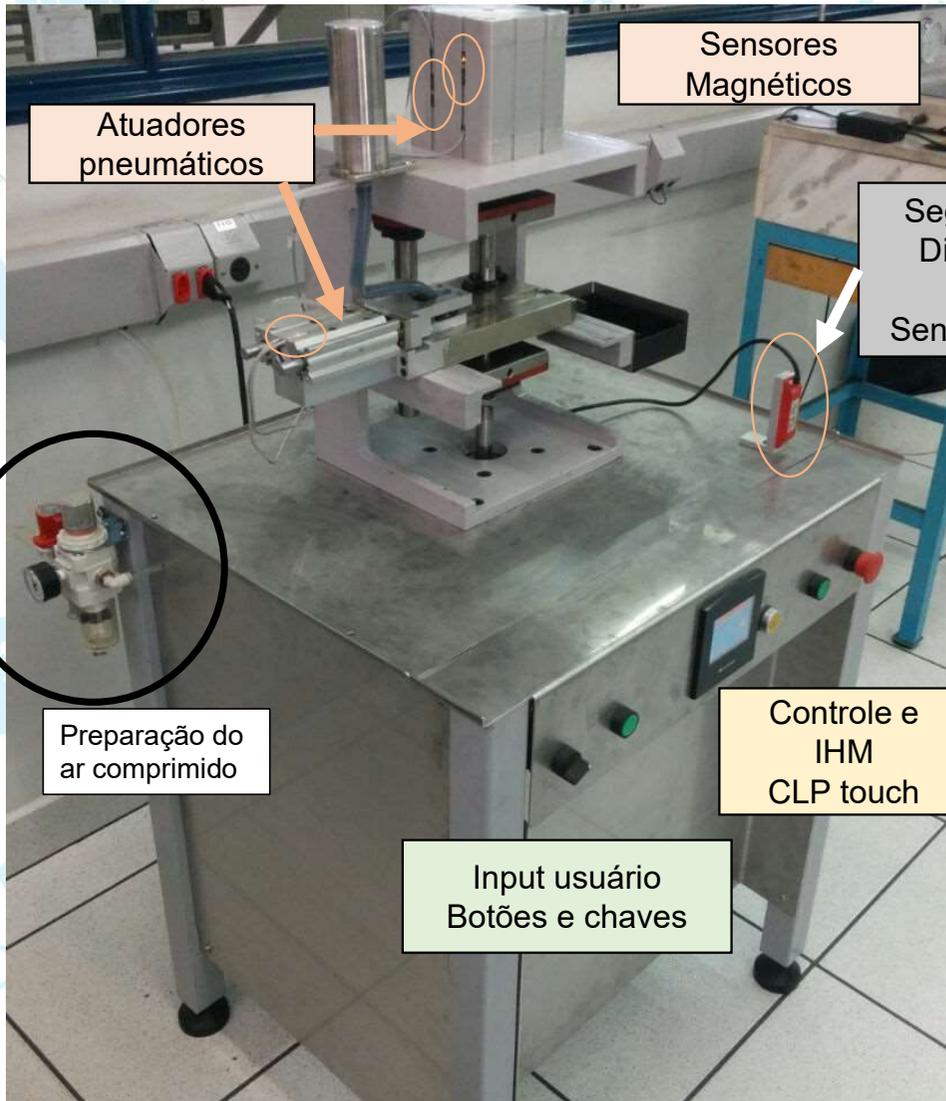


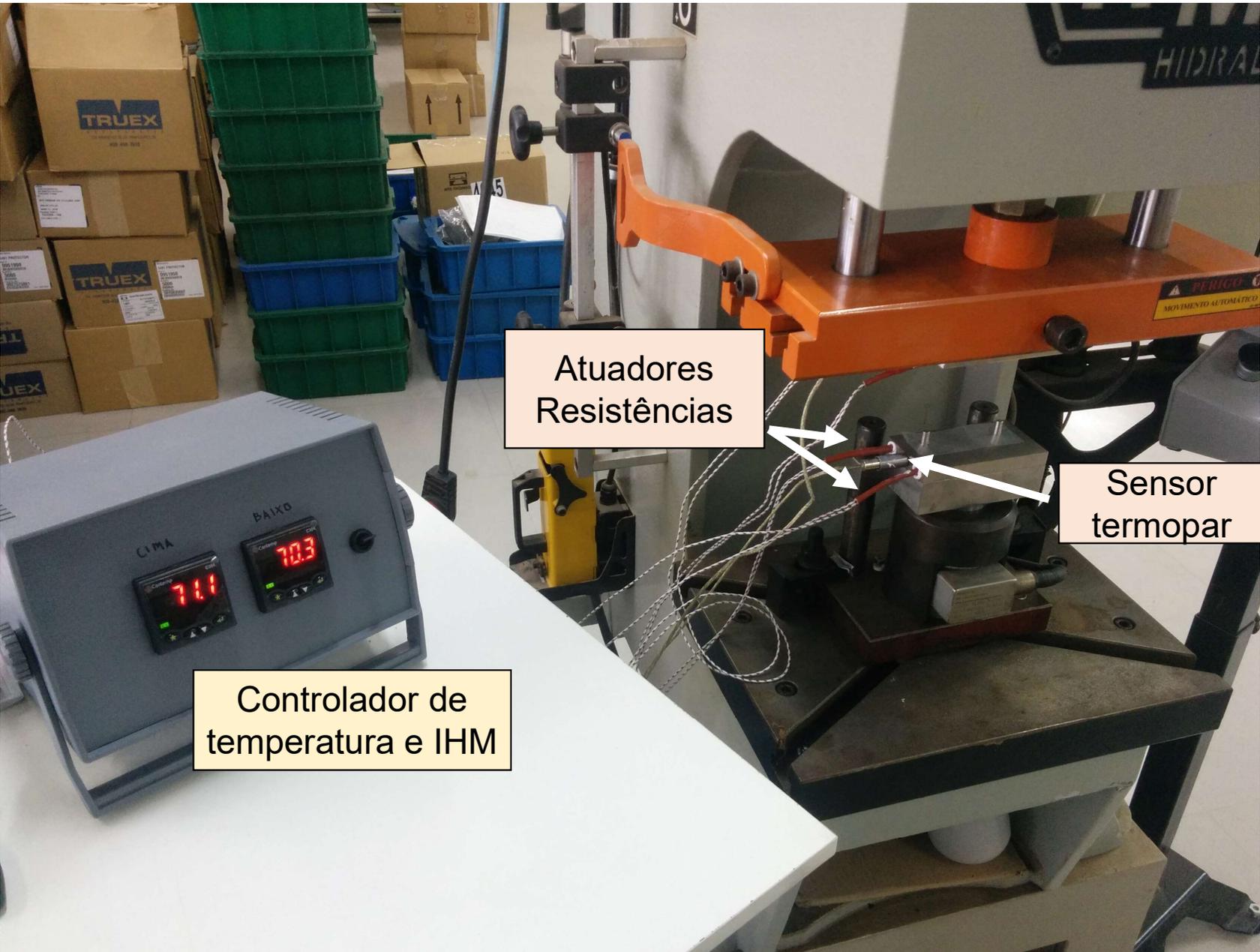
| Cor | 1ª Faixa | 2ª Faixa | 3ª Faixa | Multiplicador | Tolerância |
|----------|----------|----------|----------|---------------|------------|
| Preto | 0 | 0 | 0 | x 1 Ω | |
| Marron | 1 | 1 | 1 | x 10 Ω | +/- 1% |
| Vermelho | 2 | 2 | 2 | x 100 Ω | +/- 2% |
| Laranja | 3 | 3 | 3 | x 1K Ω | |
| Amarelo | 4 | 4 | 4 | x 10K Ω | |
| Verde | 5 | 5 | 5 | x 100K Ω | +/- 5% |
| Azul | 6 | 6 | 6 | x 1M Ω | +/- 25% |
| Violeta | 7 | 7 | 7 | x 10M Ω | +/- 1% |
| Cinza | 8 | 8 | 8 | | +/- 05% |
| Branco | 9 | 9 | 9 | | |
| Dourado | | | | x .1 Ω | +/- 5% |
| Prateado | | | | x .01 Ω | +/- 10% |



<http://eletronsdadepressao.blogspot.com/2015/01/codigo-de-cores-de-resistores.html>

EXEMPLOS





Controlador de temperatura e IHM

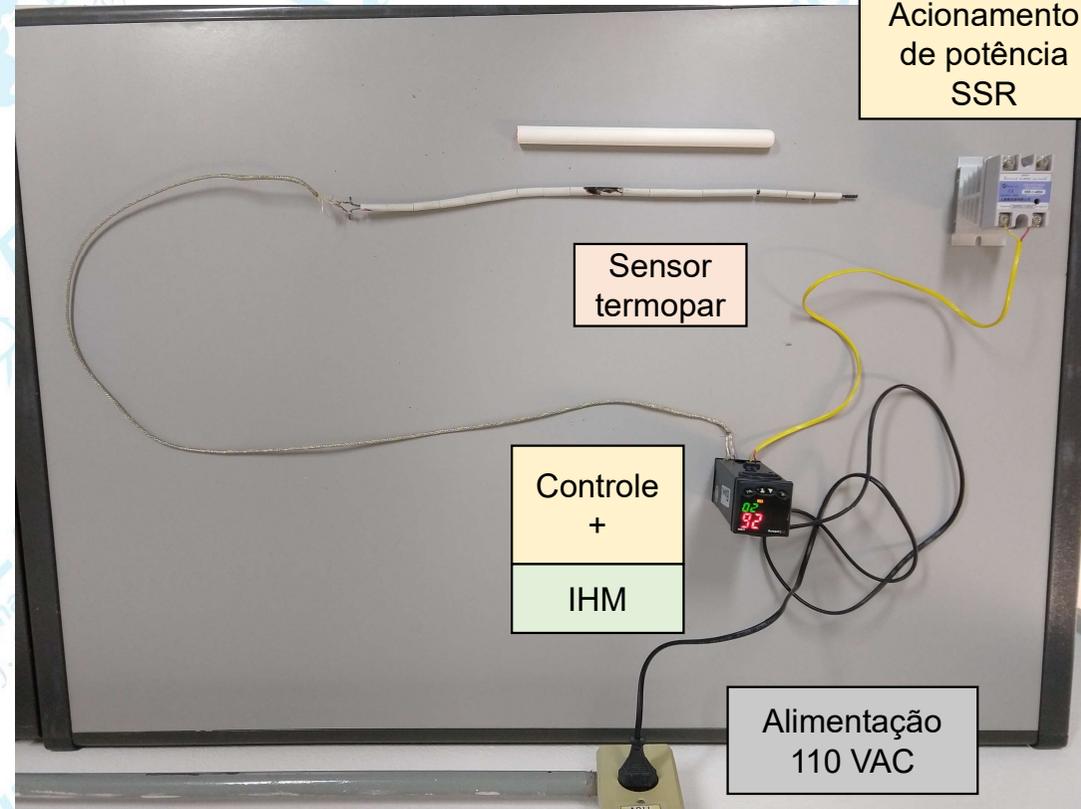
Atuadores Resistências

Sensor termopar

Atuadores resistências elétrica



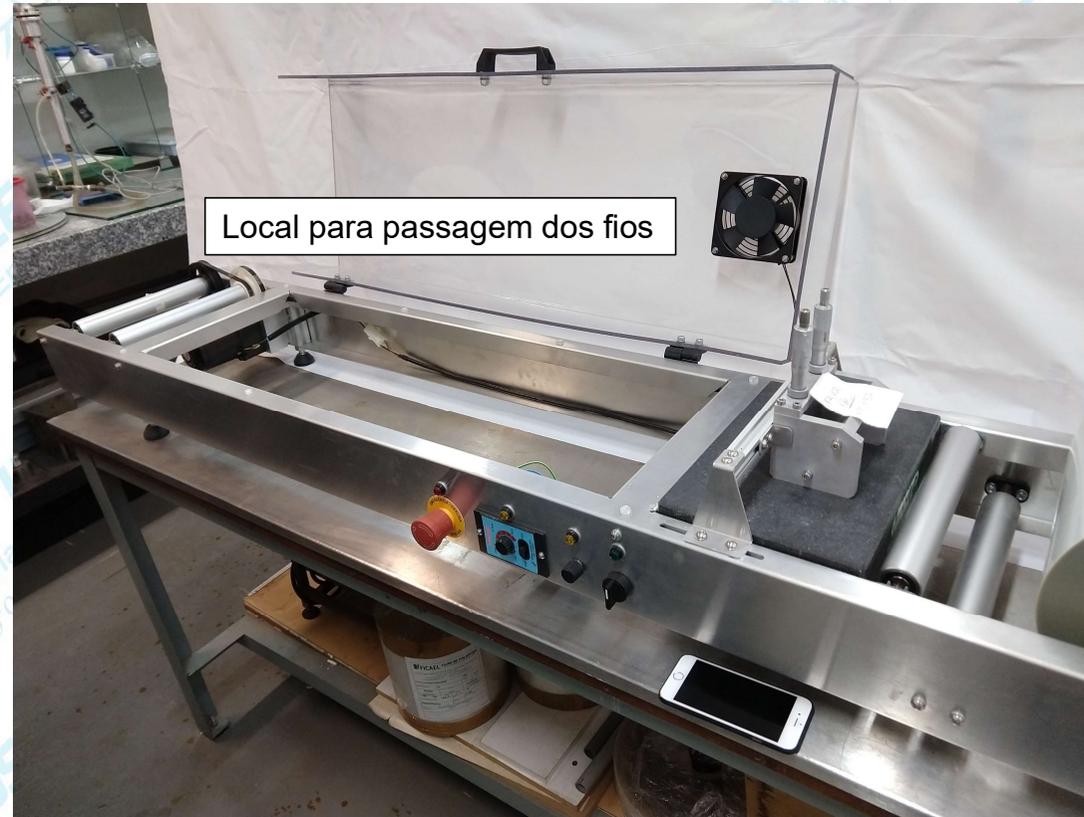
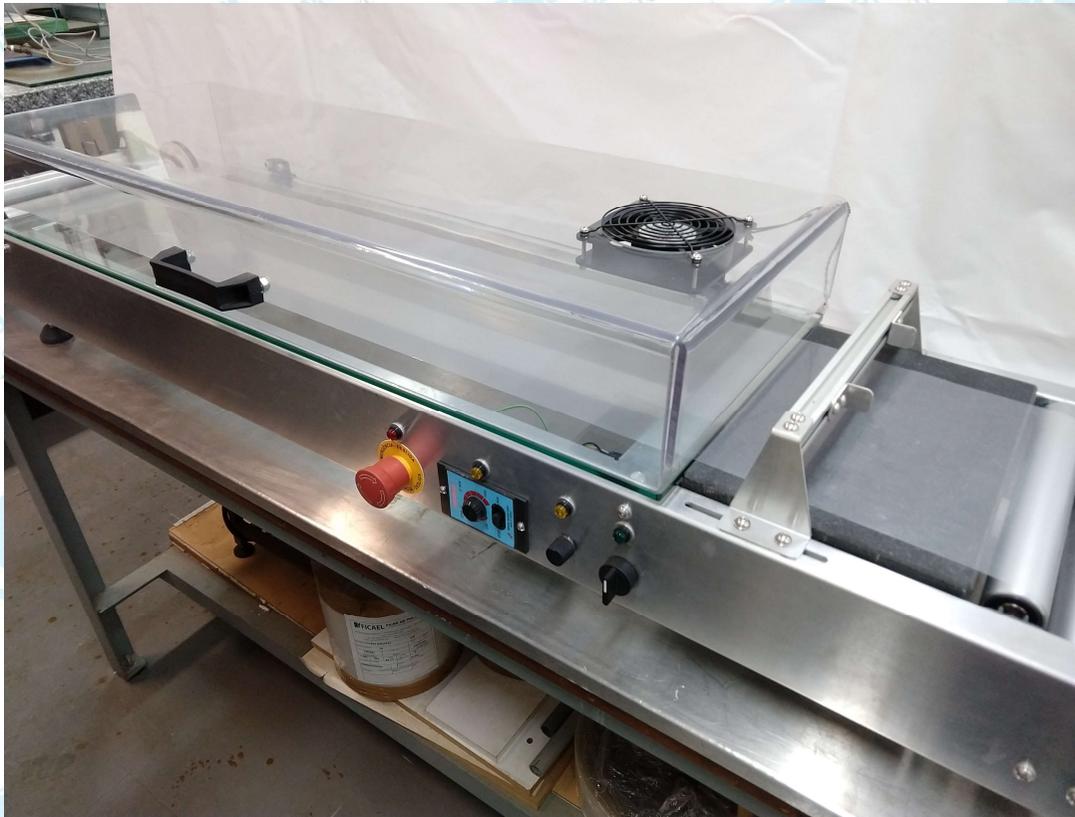
Acionamento de potência SSR

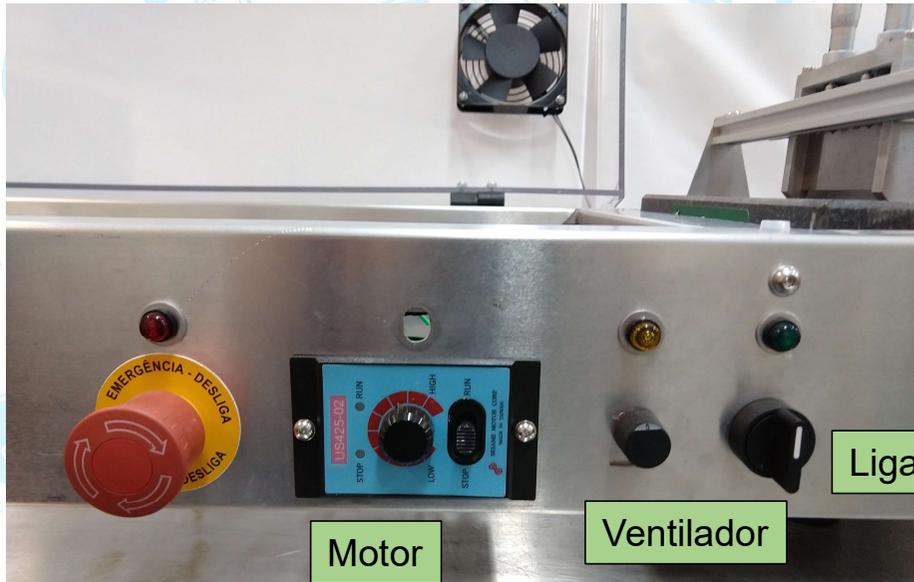


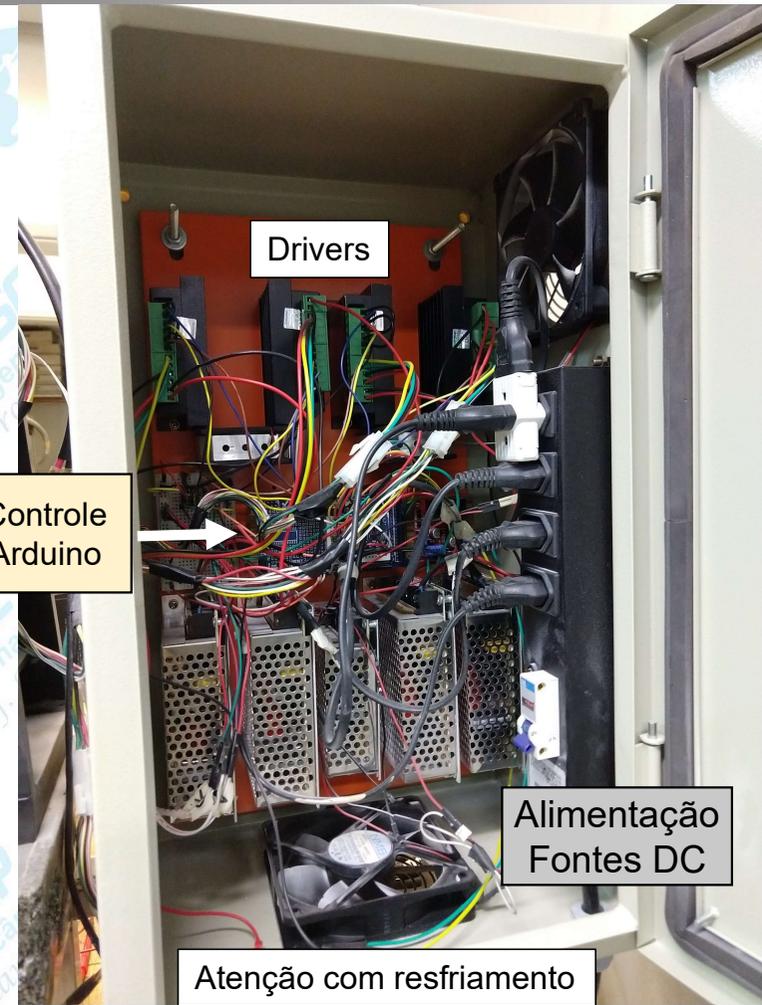
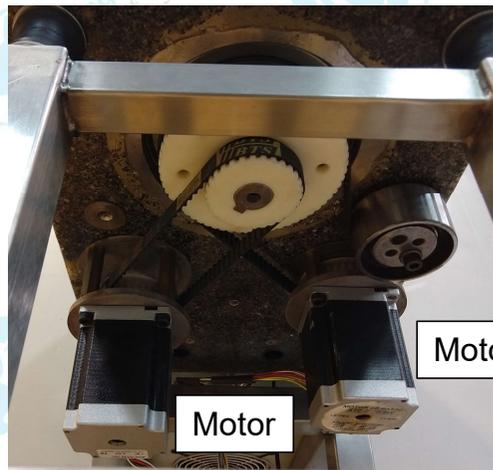
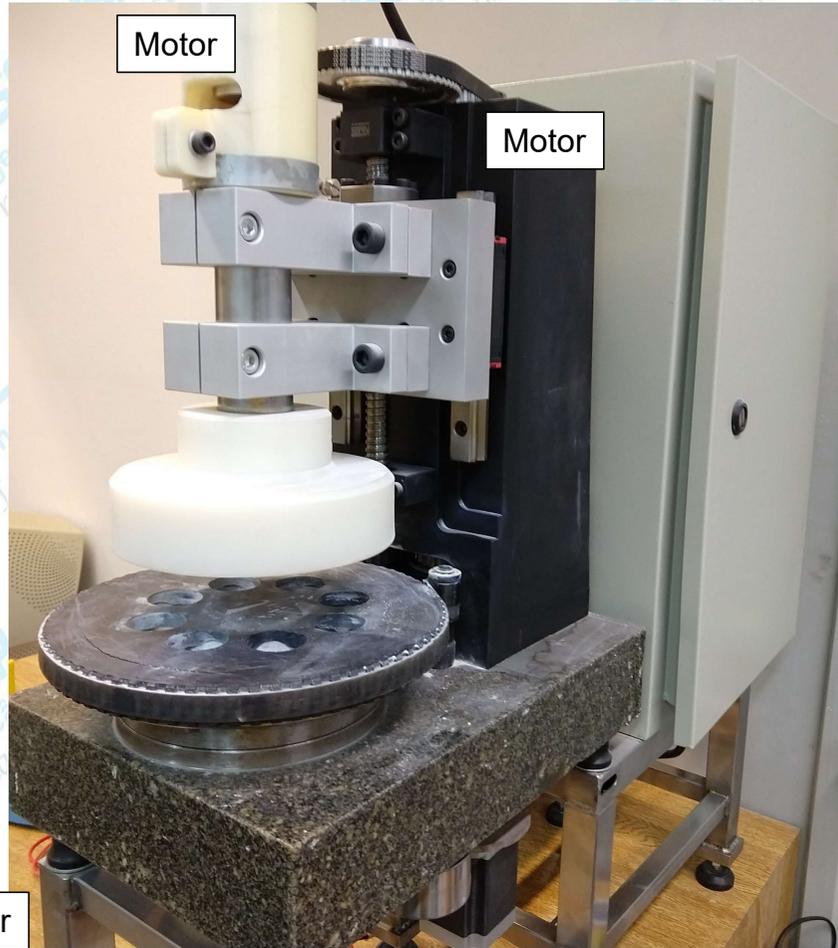
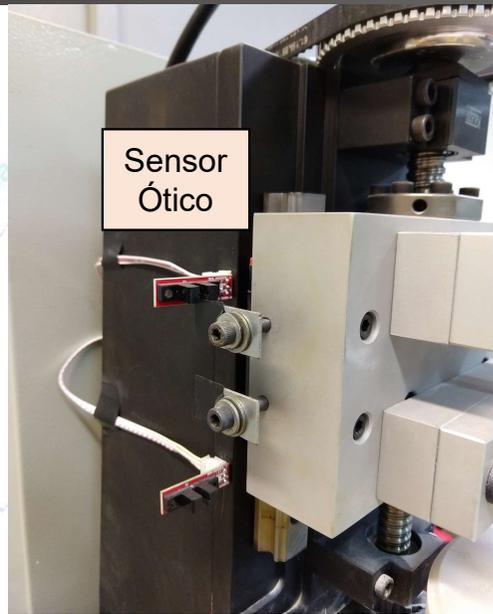
Sensor termopar

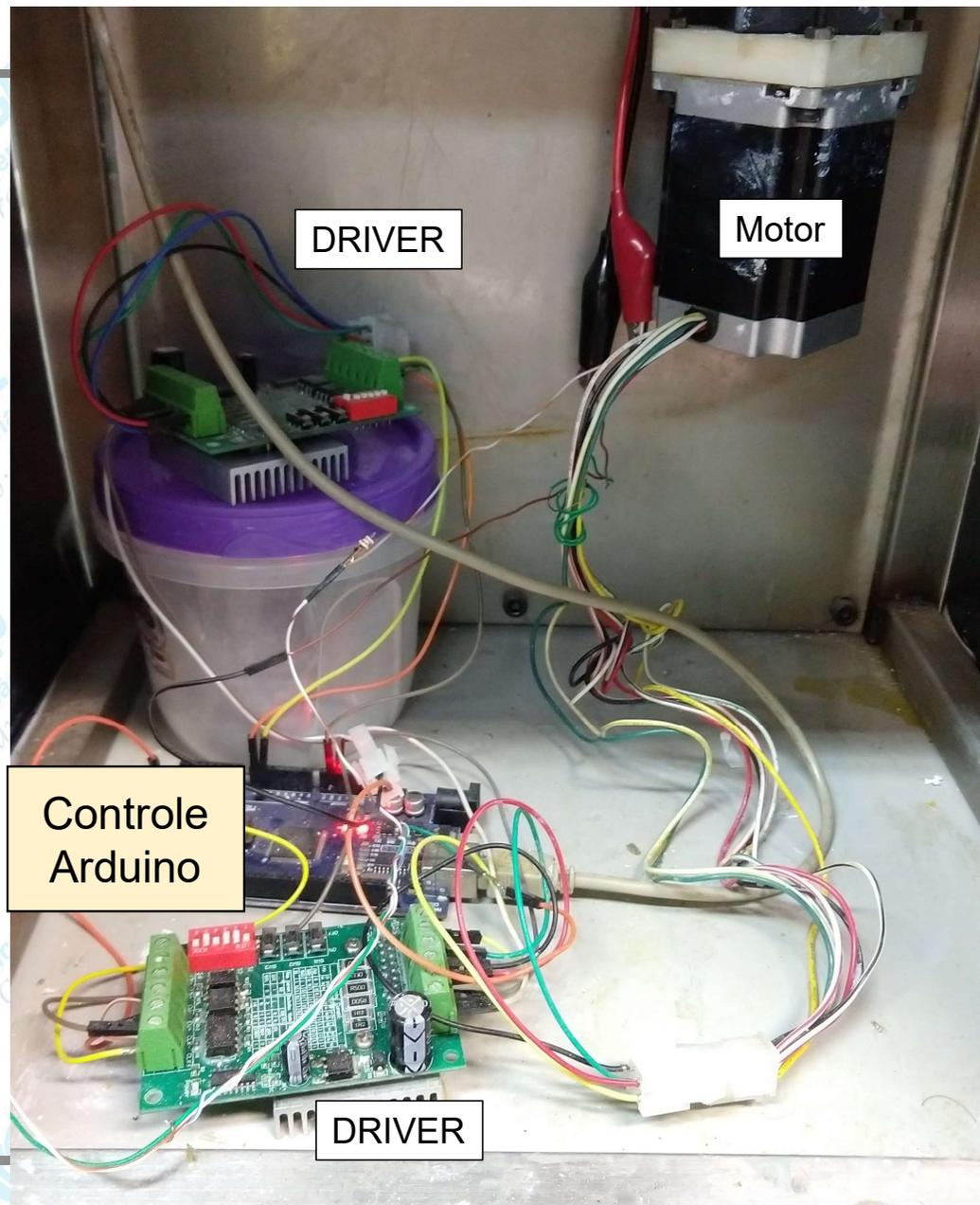
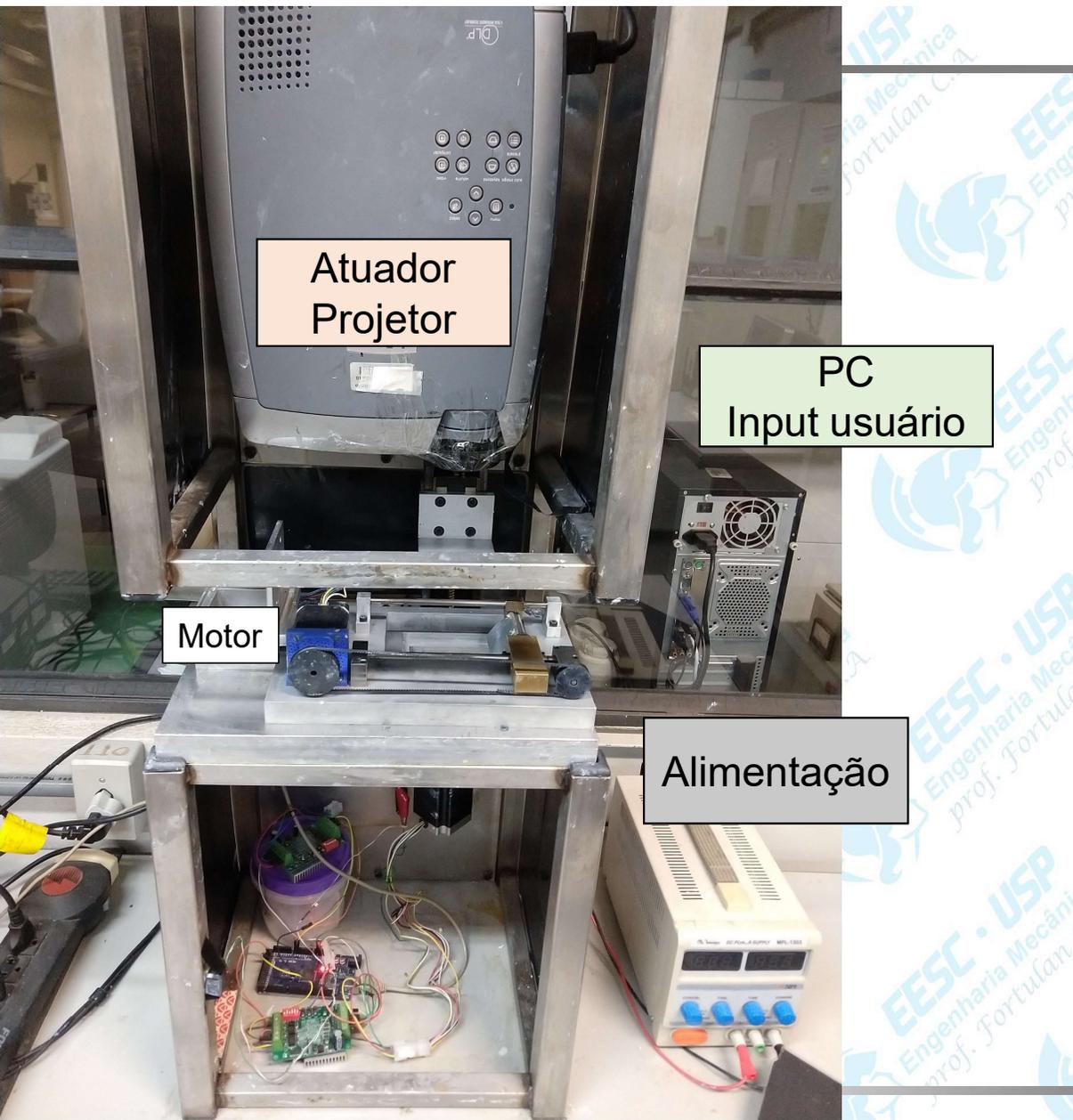
Controle +
IHM

Alimentação 110 VAC









Exemplos vídeos automação

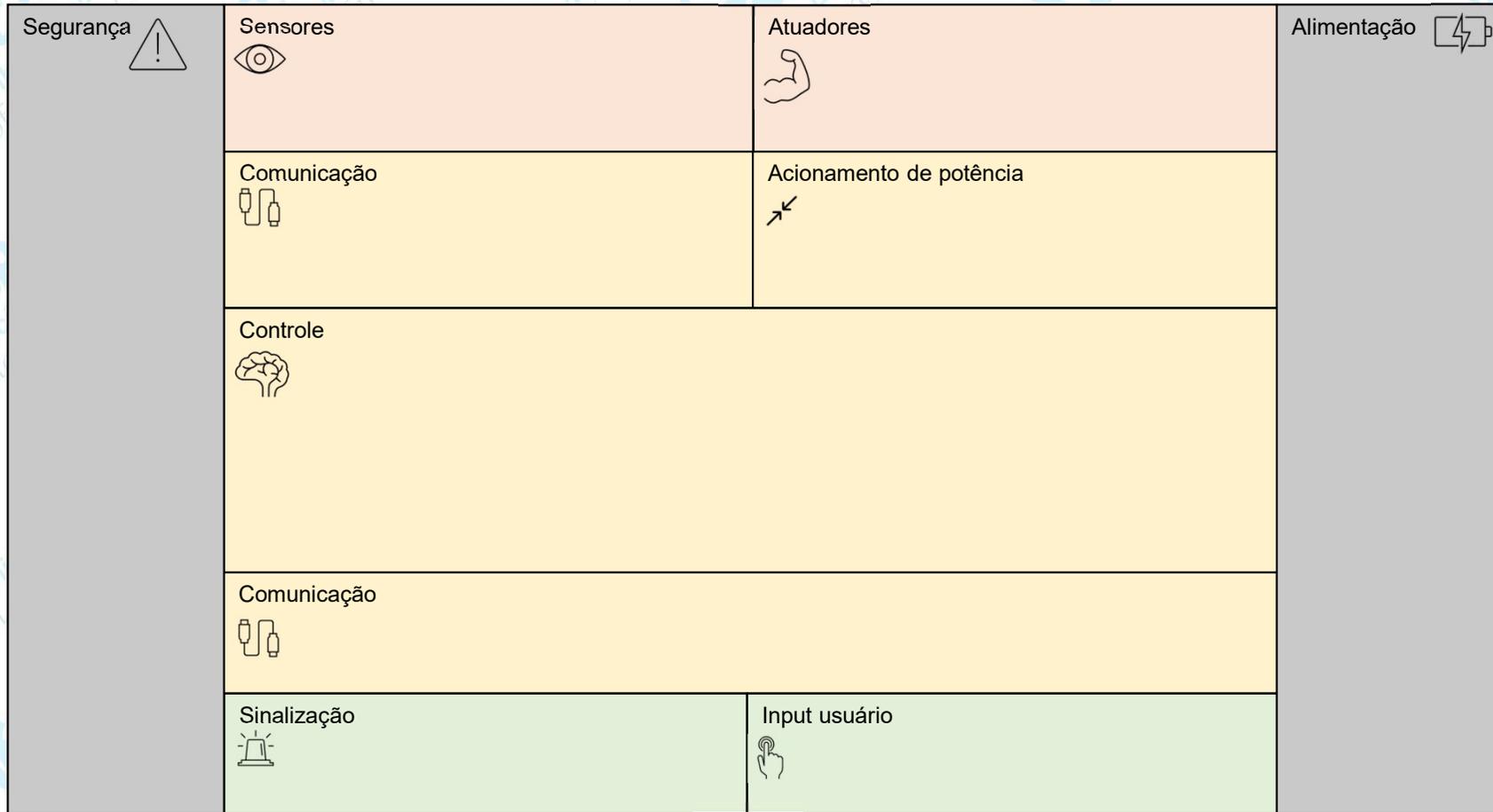
Exercício

Listar os componentes necessários para a sua máquina e colocar no esquema gráfico.

Justificar escolha

Desenhar um diagrama de como os componentes se interligam (Extra)

EXERCÍCIO



Referências

- ✓ <https://www.weg.net/institutional/BR/pt/> - SITE WEG
- ✓ Hakan Gurocak. Industrial Motion Control: Motor Selection, Drives, Controller Tuning, Applications.
- ✓ <https://www.tinkercad.com/> (Simulador Arduino)
- ✓ **Doebelin, E. O. System Dynamics, Modeling, Analysis, Simulation, Design**
- ✓ **Marcel Dekker, 2ª Edição, 1998**
- ✓ **DOEBELIN, E.O. Measurement Systems, Application and Design 4 Ed. McGraw-Hill, 1990.**
- ✓ **Balbinot, A.; Brusamarello, V. J. Instrumentação e Fundamentos de Medidas. 2ª Edição. LTC, 2010.**
- ✓ **Balbinot, A. Instrumentação e fundamentos de medidas. Volume 2. Rio de Janeiro. LTC, 2007**
- ✓ **Aguirre, L. A. Fundamentos de Instrumentação. Pearson, 2013**
- ✓ **Manual Maker do Manual do mundo (bem básico, mas tem tutoriais interessantes para começar)**
https://www.youtube.com/playlist?list=PLYjrJH3e_wDNLUTN32WittrpBxeleEqNp
- ✓ NR 10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE
- ✓ NR 12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

Referências

Normas de segurança

- - NBRISO12100 - Segurança de máquinas — Princípios gerais de projeto — Avaliação e redução de riscos
- - NBRISO4414 - Transmissão pneumática de potência — Regras gerais e requisitos de segurança para sistemas e seus componentes
- - NBRIEC60204-1 - Segurança de máquinas — Equipamentos elétricos de máquinas - Parte 1: Requisitos gerais
- - NBRISO13849-1 - Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Parte 1: Princípios gerais de projeto
- - NBRISO13849-2 - Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Parte 2: Validação
- - NBRISO13850 - Segurança de máquinas - Função de parada de emergência - Princípios para projeto
- - NBRISO13857 - Segurança de Máquinas - Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores e inferiores
- - NBRISO14119 - Segurança de máquinas - Dispositivos de intertravamento associados às proteções - Princípios de projeto e seleção
- - NBR16746 - Segurança de máquinas - Manual de instruções - Princípios gerais de elaboração
- - NBRIEC60947-5-5 - Dispositivos de manobra e controle de baixa tensão - Parte 5-5: Dispositivos e elementos de comutação para circuitos de comando - Dispositivos de parada de emergência elétrico com travamento mecânico
- - ABNT ISO/TR14121-2 - Segurança de máquinas — Avaliação de riscos - Parte 2: Guia prático e exemplos de métodos
- - NBRISO14159 - Segurança das máquinas — Requisitos de higiene para o projeto das máquinas