

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS JOINVILLE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM
MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**JONAS GRESCHUK
JEFFERSON LUCAS PAULI**

**SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE OBJETOS POR COR
INTEGRADO A UMA MESA PNEUMÁTICA DE COORDENADAS
NO PLANO CARTESIANO (X,Y)**

**JONAS GRESCHUK
JEFFERSON LUCAS PAULI**

**SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE OBJETOS POR COR
INTEGRADO A UMA MESA PNEUMÁTICA DE COORDENADAS
NO PLANO CARTESIANO (X,Y)**

JOINVILLE, 2015

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS JOINVILLE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM
MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**JONAS GRESCHUK
JEFFERSON LUCAS PAULI**

**SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE OBJETOS POR COR
INTEGRADO A UMA MESA PNEUMÁTICA DE COORDENADAS
NO PLANO CARTESIANO (X,Y)**

**Submetido ao Instituto Federal
de Educação, Ciência e
Tecnologia de Santa Catarina
como parte dos requisitos de
obtenção do título de Tecnólogo
em Mecatrônica Industrial.**

**Orientador: Valter Vander de
Oliveira.**

JOINVILLE, 2015

Greschuk, Jonas; Pauli, Jefferson Lucas.

Sistema de reconhecimento de objetos por cor integrado a uma mesa pneumática de coordenadas no plano cartesiano (X,Y) - Joinville Instituto Federal de Santa Catarina, 2013. 54f.

Trabalho de Conclusão de Curso - Instituto Federal de Santa Catarina, 2015. Graduação. Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial. Modalidade: Presencial.

Orientador: Valter Vander de Oliveira.

1. Reconhecimento por cor, 2. CLP, 3. Arduino.

I. Sistema de reconhecimento de objetos por cor integrado a uma mesa pneumática de coordenadas no plano cartesiano (X,Y).

SISTEMA DE RECONHECIMENTO POR COR INTEGRADO A UMA MESA PNEUMÁTICA XY

**JONAS GRESCHUK
JEFFERSON LUCAS PAULI**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Mecatrônica Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Joinville, 23 de Junho de 2015.

Banca Examinadora:

**Prof. Orientador: Valter Vander de Oliveira.
Orientador**

**Prof.: Jeferson Luiz Curzel
Avaliador**

**Prof.: José Flávio Dums
Avaliador**

DEDICATÓRIA

A nossos familiares, amigos, professores e colegas.

AGRADECIMENTOS

Às nossas esposas e familiares por todo o apoio e paciência.

Ao Núcleo Pedagógico e aos outros setores do IFSC que através da sua estrutura proporcionaram as condições favoráveis à nossa capacitação.

Aos professores que nos ensinaram especialmente ao professor Jeferson Luiz Curzel por suas ideias e sugestões para as soluções dos problemas encontrados e seu incentivo.

Ao nosso orientador, professor Valter Vander de Oliveira que nos incentivou, nos apoiou e sempre se mostrou à disposição.

RESUMO

Este trabalho apresenta a implementação de um sistema de reconhecimento de objetos por cor, integrado a uma mesa pneumática de coordenadas no plano cartesiano (X,Y). O sistema é composto de uma mesa com deslocamento em duas direções, acionada por cilindros pneumáticos e controlados por dispositivos de controle. Estes são constituídos por um CLP acoplado a uma placa Arduino que é responsável pela leitura de dados. Convém ressaltar que este projeto é inteiramente didático, sem aplicação externa, podendo ser utilizado em unidades curriculares de programação em CLP/Arduino e pneumática ou em exposições externas. O sistema deve reconhecer a cor de um objetivo e gerar comandos que são interpretados por um CLP. Este realiza uma rotina pré-programada, correspondente à cor detectada, gerando sinais e ativando as válvulas responsáveis pelo acionamento dos cilindros pneumáticos, causando o deslocamento do “braço” da mesa até a posição de coleta do material detectado, capturando o objeto e o levando a um dos três pontos de descarga pré-determinados. Um sensor fotoelétrico foi posicionado no ponto de coleta para testes de reconhecimento, calibração dos sinais enviados ao CLP e compatibilidade do sensor com tons mais claros ou escuros das cores utilizadas para testes. Após realizada a implementação do sensor e estabelecida a comunicação CLP/Arduino, o sistema apresentou êxito na sua automação, levando as peças utilizadas nos testes para os lugares determinados corretamente, sem necessitar de intervenção manual.

Palavras-Chaves: Arduino, Sensor RGB.

ABSTRACT

This research presents the implementation of objects recognition system by colors, integrated with a pneumatic table of cartesian coordinate system XY. This system consists of a table with displacement in two directions, driven by pneumatic cylinders controlled by automation devices. These devices are consisted by a PLC coupled with an Arduino board, which is responsible for reading data. It is advisable to inform that this project is merely didactic, without external applications and can be used in, curricular programming units PLC/Arduino and pneumatic or external exhibitions. The system shall be able to identify the color of an object, and generate commands that can be reading by a PLC. The system held a preprogrammed routine corresponding to the detected color, generating signals and activating the valves responsible to drive the pneumatic cylinders, causing the displacement of the table "arm" until the position of the detected material, collecting them, and leading them to one of three predetermined points of discharge. A photoelectric sensor it was positioned in the collection point to recognition tests, calibration of the signals sent to the PLC and sensor compatibility with lighter shades or dark colors used for testing. After making the implementation of sensor and established communication PLC/Arduino, the system showed success in your automation, taking the parts used in the tests for the predetermined places correctly without requiring manual intervention.

Keywords: Arduino, RGB Sensor.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: PROPAGAÇÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS.....	27
FIGURA 2: ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO	28
FIGURA 3:FORMA ADITIVA (RGB)	29
FIGURA 4: FORMA SUBTRATIVA (CMY)	29
FIGURA 5: CUBO RGB	30
FIGURA 6: POLARIZAÇÃO DIRETA E REVERSA EM DIODOS	32
FIGURA 7: FOTODIODO POLARIZADO REVERSAMENTE	33
FIGURA 8: ESQUEMÁTICO DE UM CMOS.....	35
FIGURA 9: DIAGRAMA FUNCIONAL.....	37
FIGURA 10: MESA PNEUMÁTICA XY.....	39
FIGURA 11: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO ACOPLADOR.....	40
FIGURA 12: CLP S7 1200.....	41
FIGURA 13: VISÃO FRONTAL ARDUINO UNO.....	43
FIGURA 14: SENSOR TCS230.....	45
FIGURA 15: CORPOS DE PROVA (OBJETOS A SEREM MOVIMENTADOS)	47
FIGURA 16: ALIMENTAÇÃO	48
FIGURA 17: BAIAS DE DEPOSITO.....	49
FIGURA 18: ESTRUTURA MECÂNICA (MESA CARTESIANA)	50
FIGURA 19: LOCALIZAÇÃO DOS SENSORES DO CURSO X.....	51
FIGURA 20: LOCALIZAÇÃO DOS SENSORES DO CURSO Y	51
FIGURA 21: SENSORES DO CILINDRO DA VENTOSA.....	52
FIGURA 22: VÁLVULAS REGULADORAS DE FLUXO	53
FIGURA 23: SERIAL MONITOR	56
FIGURA 24: ESQUEMA DE MONITORAÇÃO.....	56
FIGURA 25: MONTAGEM FINAL	59
FIGURA 26: ACABAMENTO DA FIAÇÃO ELÉTRICA.....	60
FIGURA 27: LEITURA DO SERIAL MONITOR PARA A COR AZUL	62
FIGURA 28: LEITURA DO SERIAL MONITOR PARA A COR VERMELHA	63
FIGURA 29: LEITURA DO SERIAL MONITOR PARA A COR VERDE	64
FIGURA 30: LEITURA DO SERIAL MONITOR PARA TONALIDADE 1.....	67
FIGURA 31: LEITURA DO SERIAL MONITOR PARA TONALIDADE 2.....	68
FIGURA 32: LEITURA DO SERIAL MONITOR PARA TONALIDADE 3.....	68
FIGURA 33: LEITURA DO SERIAL MONITOR PARA TONALIDADE 4.....	69

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: ESPECIFICAÇÃO DAS ENTRADAS/SAÍDAS DO CLP	42
TABELA 2: ESPECIFICAÇÃO DAS PORTAS UTILIZADAS DO ARDUÍNO	44
TABELA 3: ESPECIFICAÇÕES DOS TERMINAIS DO SENSOR TCS230	45
TABELA 4: ESQUEMA DE ACIONAMENTO DOS FILTROS DE COR	46

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

<u>Sigla/Símbolo</u>	<u>Significado Original</u>	<u>Tradução</u>
2D	Duas Dimensões	---
3D	Três Dimensões	---
A	Ampere	A
CC	Corrente Contínua	---
CLP	Controlador Lógico Programável	---
DC	<i>DirectCurrent</i>	Corrente Contínua
O/I	<i>Output/Intput</i>	Saída/Entrada
E/S	Entrada/Saída	---
KB	<i>Kilobytes</i>	---
kg	<i>Kilogram</i>	Quilograma
kHz	<i>Kilohertz</i>	Quilohertz
mA	Miliampere	---
mm	Milímetro	---
PWM	<i>Pulse WidthModulation</i>	Modulação por Largura de Pulso
rpm	Rotação por minuto	---
<i>set points</i>	Pontos de ajuste	---
Sketch	Sketch	Nome dado a um programa para Arduino
V	Volts	---
Vca	Volts em corrente alternada	---
Vcc	Volts em corrente contínua	---
W	Watts	---

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	22
1.1. JUSTIFICATIVA.....	22
1.2. OBJETIVO GERAL.....	23
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	24
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1. RECONHECIMENTO DE IMAGEM E COR	25
2.2. ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO	26
2.3. SISTEMAS DE CORES	28
2.5. FOTODIODO	32
2.6. FOTOSENSORES.....	33
2.6.1. <i>Matriz de fotodiodos</i>	34
3. DESENVOLVIMENTO	36
3.1. CONCEITO DO PROJETO	36
3.2. REQUISITOS E ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	36
3.3. DIAGRAMA FUNCIONAL	37
3.4. RELAÇÃO DOS COMPONENTES UTILIZADOS.....	38
3.5. COMPONENTES DO PROJETO.....	39
3.5.1. <i>Mesa pneumática XY</i>	39
3.5.2. <i>Acoplador de sinal Arduino/CLP</i>	40
3.5.3. <i>Controlador lógico programável</i>	41
3.5.4. <i>Arduino</i>	43
3.5.5. <i>Sensor RGB</i>	45
3.5.6. <i>Corpo de prova</i>	47
3.6. PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO E FUNCIONAMENTO	48
3.7. ESTRUTURA MECÂNICA	50
3.7.1. <i>Ajustes dos cursos</i>	50
3.7.2. <i>Ajuste das válvulas reguladoras de fluxo</i>	53
3.8. ESTRUTURA ELÉTRICA	54
3.8.1. <i>Fase conceitual – Projeto</i>	54
3.8.2. <i>Acionamento das válvulas pneumáticas</i>	54
3.8.3. <i>Montagem elétrica do projeto</i>	54
3.9. SISTEMA DE CONTROLE E LEITURA	55
3.10. CALIBRAÇÃO DAS CORES	57

4.	RESULTADOS OBTIDOS.....	58
4.1.	PROCEDIMENTOS DE TESTES.....	58
4.2.	DESENVOLVIMENTO DOS PROCEDIMENTOS DE TESTE.....	58
4.3.	ESTRUTURA MECÂNICA.....	59
4.4.	ESTRUTURA ELÉTRICA.....	60
4.5.	PROGRAMAÇÃO E CONTROLE.....	61
4.6.	SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE COR.....	61
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
6.	OPORTUNIDADES DE MELHORIA.....	71

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento dos sistemas de automação, sistemas supervisórios e até mesmo redes neurais artificiais (RNA), a obtenção de dados através de sensores comuns que informam apenas a existência ou não de um acontecimento estão se tornando insuficientes para aplicações mais complexas.

Procuram-se novas maneiras de obtenção de dados para satisfazer as necessidades destas novas tecnologias. Existem diversos métodos já sendo utilizados, como por exemplo, o reconhecimento geométrico de imagem alvo ou o reconhecimento de cores por espectro. Estas técnicas permitem um campo maior de aplicação na indústria, apesar de ainda serem pouco utilizadas e possuírem considerável custo de implantação.

Estes dispositivos comerciais são geralmente específicos para aplicações dedicadas, não sendo possível adaptação em campo, restando apenas às opções de aquisição de um novo dispositivo que atenda às necessidades da aplicação ou adaptação do processo para que se encaixe com os equipamentos de leituras e sensoriamentos disponíveis.

1.1. Justificativa

As compreensões de uma técnica de reconhecimento de objetos pela sua cor auxiliarão no desenvolvimento de um protótipo com fins pedagógicos que poderá ser implementado futuramente com outras técnicas de reconhecimento, tais como o reconhecimento de forma geométrica.

Um fator a se considerar é a ausência de bibliografia científica referente à área de reconhecimento de cores por sensor. Sendo assim, este documento busca ser uma referência bibliográfica a respeito de um tipo de sensor de cor, demonstrando sua aplicação em sistemas de automação industrial e explorando outras possibilidades de implementação dos mesmos em diversos sistemas.

1.2. Objetivo Geral

O projeto tem como objetivo desenvolver um sistema de reconhecimento de objeto por cor que possa gerar comandos reconhecíveis por dispositivos de automação os quais farão a interação com os meios mecânicos.

Este permitirá o trabalho e estudo em diversas unidades curriculares, integrando as áreas de mecânica, eletroeletrônica e informática dos cursos técnicos e tecnológicos do IFSC, aproximando a teoria e a prática nas mais diversas áreas.

O desenvolvimento será feito com base em equipamentos existentes na indústria, porém em uma escala reduzida. Será utilizada uma estrutura mecânica pedagógica, controlador lógico programável, Arduino, sistemas elétricos e softwares de controle.

1.3. Objetivos específicos

Para desenvolver um sistema de reconhecimento de objetos por cores foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Determinar uma escala de cores possíveis de reconhecimento pelo sistema;
- Identificar e avaliar os efeitos dos ruídos, tais como plano de leitura e iluminação no sistema de identificação de cores;

O desenvolvimento das etapas experimentais seguiu os seguintes passos:

- 1) Montagem dos componentes mecânicos e elétricos na mesa pneumática de coordenadas;
- 2) Desenvolvimento da interface de comunicação entre Arduino e CLP;
- 3) Realização dos testes preliminares e finais;
- 4) Análise e discussão dos resultados obtidos.

1.4. Organização do trabalho

Neste capítulo foram descritos os objetivos e a justificativa do projeto. No capítulo dois será abordada a revisão bibliográfica empregada neste trabalho; o capítulo 3 tratará do desenvolvimento do projeto e no capítulo 4 os resultados obtidos. Por último no capítulo 5 serão abordadas a conclusão e algumas sugestões para futuros trabalhos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Reconhecimento de imagem e cor

Não há uma cronologia sobre o uso de dispositivos sensíveis a luz ou qual foram suas aplicações precursoras, porém conforme Manickavasagan, Al-mezeini, Shekaili (2014, p 87, tradução nossa) dispositivos de reconhecimento de imagens e cores vem sendo usadas nas indústrias nas últimas décadas para a avaliação e controle de qualidade de vários produtos. Neste artigo descrevem também a utilização de imagens para selecionar Tâmaras através da análise das tonalidades apresentadas na imagem capturada da fruta. Este processo de classificação que antes era possível apenas manualmente, pode agora ser automatizado com baixo custo e alta produtividade.

Estas aplicações hoje, saíram das áreas industriais e alcançaram o lucrativo mercado de entretenimento, como é o caso do KINECT. Segundo Cardoso (2013, p.3) este dispositivo foi criado primeiramente para substituir os controles manuais dos consoles nos jogos virtuais, porém já é possível utilizar os recursos contidos nesses dispositivos, como por exemplo os sensores RGB e infravermelho, para criar outras aplicações. Um exemplo disso é a aplicação realizada por Neto, Xavier, Lima, Costa J. (2014) que utilizaram a câmera RGB e o sensor de profundidade do Kinect acoplado a um dispositivo de controle Arduino para controlar um braço robótico através de movimentos com as mãos.

Na área de acessibilidade, o reconhecimento de imagens e movimentos foi utilizado por Almeida, Guimarães (2014) para criar uma interface homem-computador que reconhece os movimentos da Linguagem Brasileira de Sinais, podendo ser transformado em áudio ou texto.

Outra aplicação interessante é a realizada por Sampedro, Salgueiro (2015) que utilizam sensor RGB para medir a turbulência de meios aquáticos, possibilitando o monitoramento remoto de densidade de plânctons em oceanos.

Num aspecto mais complexo, estão surgindo softwares e modelos matemáticos para reconhecimento e processamento de imagens com profundidade para aplicações em sistemas com inteligência artificial, conforme desenvolveram Tao, Cheng, Lin, Yu

(2015) um sistema para reconhecer as estruturas geométricas de um ambiente, isso pode ser utilizado para aplicações de visão artificial ou aprimorar sistemas de leituras de imagens.

Diante deste cenário com aplicações complexas, com modelos de cálculos vetoriais específicos e implementações que utilizam sensores e controladores industriais, faz-se necessário conhecer os princípios básicos e funcionamento destes sistemas. Nos capítulos seguintes serão abordados os princípios fundamentais para compreensão desta tecnologia.

2.2. Espectro eletromagnético

O conceito de ondas eletromagnéticas, segundo Young e Freedman, (2009, p.377) surgiu com a integração dos fundamentos da eletricidade com o magnetismo em uma única teoria, cuja descrição é dada pelas equações de Maxwell, estabelecida em meados do século XIX. Estas mostram que um campo magnético variável é fonte de campo elétrico e que um campo elétrico variável é fonte de campo magnético, ou seja, a variação de uma altera a outra e estas variações contínuas são definidas como onda eletromagnética.

De forma mais específica, conforme descreve Ferraro e Toledo Soares (1998, p.488), quando uma carga elétrica é acelerada, gera campo elétrico e campo magnético, descritos geometricamente pelos vetores \vec{E} e \vec{B} respectivamente. Estes campos são variáveis e essa variação determina uma perturbação que se propaga através do espaço com velocidade máxima de 300.000 Km/s no vácuo e em meios materiais com velocidade inferior.

A figura 1 mostra ondas eletromagnéticas que surgem pela variação perpendicular dos vetores \vec{E} e \vec{B} .

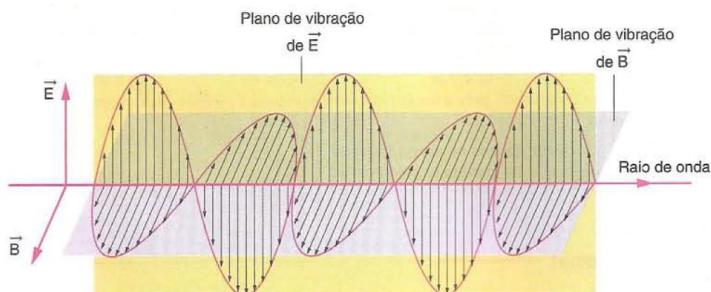


Figura 1: Propagação de ondas eletromagnéticas
 Fonte: FERRARO E TOLEDO SOARES,1998, p.488

Conforme explicam Halliday e Resnick (2009, p.2) vivemos imersos em ondas eletromagnéticas vindas principalmente do Espaço, oriundas de estrelas distantes, explosões cósmicas e grande parte vindas do Sol. Nosso planeta também possui fontes destas ondas, que são produzidas por materiais radioativos presentes no solo, pelo seu núcleo metálico aquecido e entre outros nossos sistemas de comunicação.

Estas ondas eletromagnéticas estão compreendidas entre frequências de 1 a 10^{24} Hz e são empregadas em diversas aplicações como transmissões de rádio e TV, Raios-X, infravermelho, sistemas de comunicações entre outras. Dentro desta faixa também estão as frequências sensíveis ao olho humano, os chamados espectros visíveis que estão compreendidos entre as frequências de 430 THz a 750 THz e são percebidas pelo sistema ocular como as cores (YOUNG; FREEDMAN, 2009, p.378).

A figura 2 apresenta o espectro eletromagnético e suas principais utilizações, entre elas a faixa visível.

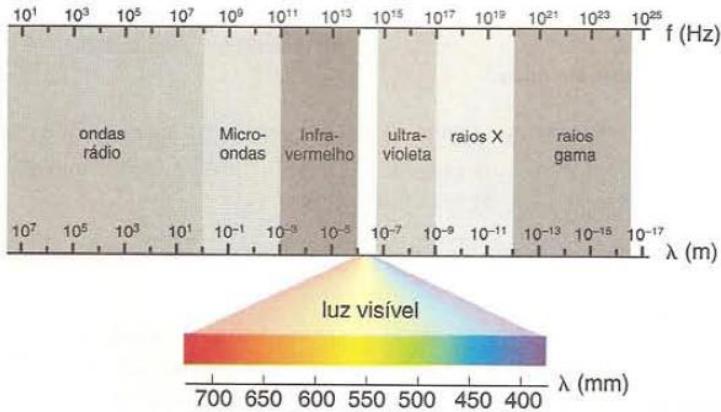


Figura 2: Espectro eletromagnético
 Fonte: FERRARO E TOLEDO SOARES, 1998, p.489

Conforme Lopes (2013, p.5) as cores nada mais são que a interpretação destes diferentes espectros pelo nosso sistema sensorial ocular, no qual o cérebro por sua vez os distingue gerando uma sensação visual.

2.3. Sistemas de cores

Existem diversas formas de classificação das cores, conforme descreve Marques Filho, Vieira Neto (1999, p. 121-124) e tem o objetivo de padronizar as aplicações. Os sistemas de classificação de cores mais importantes são:

- RGB (Red, Green, Blue) – Utilizado em sistemas que emitem ou recebem luzes e imagens.
- CMY (cyan, magenta, yellow) - Empregado pela maioria dos dispositivos que opera sob o princípio da deposição de pigmentos coloridos em papel.
- YIQ – Padrão de cores NTSC empregado em TV's em cores.
- HSI – Sistema de cores que permite a separação da matriz, empregados em softwares e imagens digitais.

Diante do contexto proposto, serão abordados apenas os dois principais modelos, o sistema RGB e o sistema CMY, que segundo Rambauske (2011, p.76) se encaixam nas duas formas básicas de misturas de cores que são a aditiva e a subtrativa. A forma aditiva é exclusivamente a mistura de luzes coloridas, onde a mistura das três cores primárias gera o branco e a ausência das três gera o preto (modelo RGB). A forma subtrativa é a mistura de pigmentos, onde a mistura destas três cores irá gerar o preto e a ausência das mesmas gerará o branco (modelo CMY).

As figuras 3 e 4 demonstram as formas aditivas e subtrativas das cores.

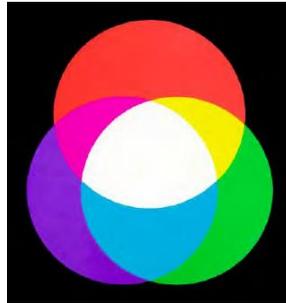


Figura 3: Forma aditiva (RGB)
Fonte: RAMBAUSKE, 2011, p.76

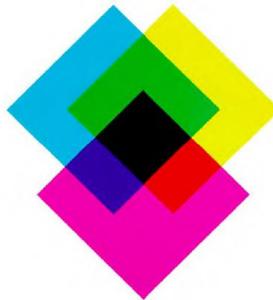


FIGURA 4: Forma subtrativa (CMY)
Fonte: RAMBAUSKE, 2011, p.76

Conforme explica Lopes (2013, p.16 a 18) o modelo CMY é baseado nas cores complementares (ciano, magenta e amarelo) e tem por característica a incidência de luz sobre superfícies que podem absorver, refletir ou refratar determinados comprimentos de ondas. Este modelo é utilizado para mistura de pigmentos na forma subtrativa.

O modelo RGB está associado a dispositivos emissores e receptores de luz e conforme descreve Marques Filho, Vieira Neto (1999, p. 121) este modelo é baseado em um sistema de coordenadas cartesianas que geram um cubo onde os três vértices são as três cores primárias.

A foto 5 mostra a representação tridimensional deste sistema.

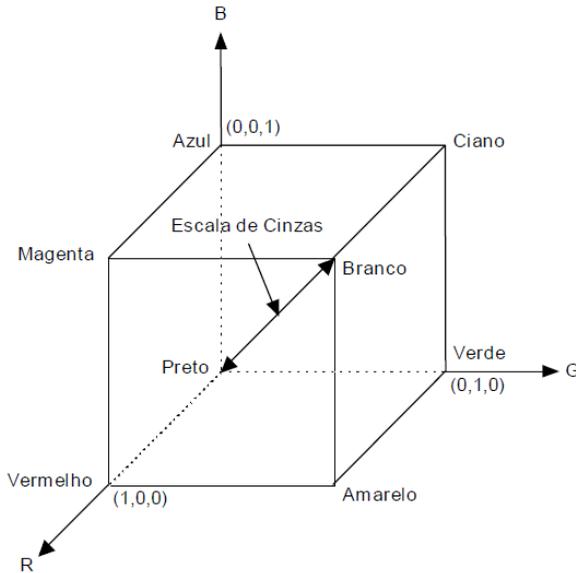


Figura 5: Cubo RGB

Fonte: MARQUES FILHO, VIEIRA NETO. 1999, p. 121

Segundo Lopes (2013, p.18) o modelo RGB teve sua origem com base nos dispositivos gráficos visuais, tais como monitores e televisores que funcionam com o princípio de variação da intensidade das três cores primárias. Originalmente este modelo foi criado possuindo uma escala de variação de 0 a 1, sendo 0 a menor intensidade que pode ser exibida e 1 o máximo de intensidade. Como esse sistema começou a ser utilizado em equipamentos eletrônicos, esta escala foi transformada em 256 partes e passou a ter valores de 0 a 255, devido ao fato de que o processamento gráfico dos antigos equipamentos era mais eficiente com valores inteiros do que com valores reais

2.4. Efeito fotoelétrico

Durante experimentos realizados por *Heinrich Hertz* em 1887, observou-se que a incidência da luz sobre eletrodos metálicos facilitava a passagem de corrente elétrica entre os mesmos, desta forma foi descoberto o efeito fotoelétrico (NUSSENZVEIG, 1998, p. 249).

Segundo Tripler, Llewellyn (1999, p. 87-90) Quando a luz incide sobre uma superfície metálica, elétrons são lançados desta superfície, este desprendimento de elétrons é proporcional a intensidade da luz emitida, desta forma, aplicando uma diferença de potencial entre a placa metálica e um eletrodo, haverá passagem de corrente entre o Cátodo e o Anodo na presença de luz. Esta corrente irá variar proporcionalmente à variação de tensão entre os eletrodos ou a variação da intensidade da luz incidente.

Mas conforme ressalta Halliday, Resnick (2009, p. 188) a variação da intensidade da luz incidente não altera a energia dos elétrons emitidos pela superfície alvo, porém, interfere na quantidade de elétrons emitidos pela mesma.

Nas células fotocondutivas compostas de material semicondutor, o efeito fotoelétrico acontece de forma diferente conforme explica Mello, Intrator (1980, p. 196) que enquanto nas células fotoelétricas a luz desprende elétrons da superfície de um metal, nas células fotocondutivas os elétrons migram para átomos de menor valência.

Este efeito que utiliza sinais luminosos para gerar corrente elétrica, segundo Nussenzveig (1998, p. 249) é o princípio básico de funcionamento dos dispositivos que hoje são conhecidos como fotocélulas e que estão presentes em todas as aplicações que se utilizam de sinais luminosos ou de outras radiações eletromagnéticas. São exemplos de aplicações as portas automáticas, controles remotos de eletrodomésticos, sensores de infravermelho, câmeras digitais, etc.

2.5. Fotodiodo

Os diodos, segundo Pinto, Albuquerque (2011, p. 39-41) são semicondutores obtidos pela adição de impurezas (dopagem) em cristais de silício ou germânio, estas impurezas os distinguem em tipo *n* e tipo *p*.

Segundo Malvino (1995, p. 39-44) os diodos são constituídos de uma junção de cristais do tipo “*pn*” e possuem características opostas dependendo de como são polarizados. Quando polarizados diretamente, ou seja, o polo negativo da fonte conectado ao material do tipo *n* e o polo positivo ao material do tipo *p*, a corrente circula livremente pelo circuito e quando o diodo é polarizado reversamente, com o polo positivo da fonte ligado ao material do tipo *n* e o polo negativo ao material do tipo *p*, surge uma resistência a passagem de corrente inversamente proporcional a tensão aplicada, podendo ser considerado como uma abertura no circuito, apesar de existir uma pequena corrente residual circulando na faixa de décimos de microampère.

A figura 6 mostra a polarização direta e reversa de um diodo.

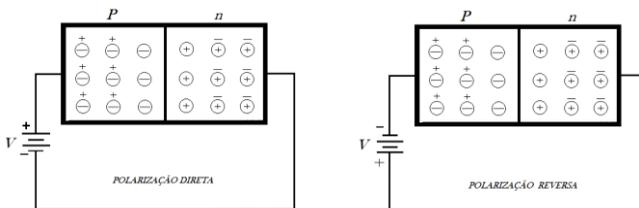


Figura 6: Polarização direta e reversa em diodos

Fonte: MALVINO, 1995, p.42

Dentre os vários tipos de diodos, existem os fotodiodos, que segundo Mello, Intrator (1980, p. 197) são diodos sensíveis a luz. Estes fotodiodos são compostos por uma junção *pn* que operam polarizados de modo reverso e quando a luz incide sobre a região de transição, os fótons presentes na luz quebram as ligações covalentes liberando os elétrons, que por sua vez irão dirigir-se as lacunas, gerando uma variação da corrente de saturação que atua no circuito associado ao fotodiodo, gerando corrente no circuito.

A figura 7 mostra a ligação reversa de um fotodiodo.

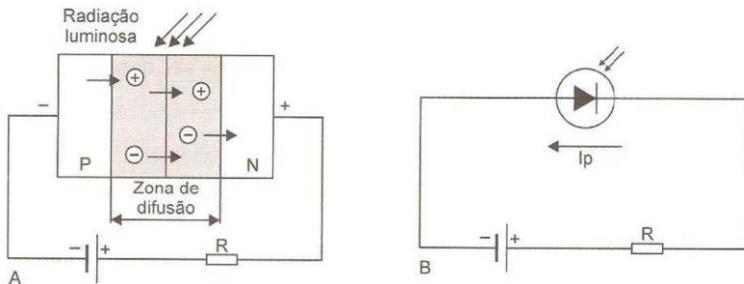


Figura 7: Fotodiodo polarizado reversamente
Fonte: THOMAZINI e ALBUQUERQUE, 2006, p. 66

Conforme ressalta Thomazini e Albuquerque (2006, p. 67) quando o fotodiodo está polarizado reversamente, ele se comporta como uma fonte de corrente dependente da intensidade luminosa, ou seja, a corrente que passa pelo circuito depende intrinsecamente da intensidade luminosa exposta.

2.6. Fotosensores

Conforme Mazzaropi (2007, p.13) um fotodiodo é um dispositivo que converte luz em corrente elétrica, ou seja, responde a uma variação da intensidade da luz recebida com uma variação na corrente respectivamente e este comportamento é utilizado para sensoriamento.

Segundo Thomazini e Albuquerque (2006, p. 69) existem uma enorme variedade e diferentes aplicações para os fotosensores e cita algumas delas:

- **Sensores de contraste:** Detectam do cinza ao preto e são utilizados em leituras contrastantes, por exemplo, leituras de códigos de barras.
- **Sensores de luminescência:** Reagem apenas a fontes ultravioletas e são empregados para leitura de superfícies reflexivas.
- **Sensores de distância:** Emitem um feixe de luz sobre um objeto e avaliam a luz refletida, grande parte destes sensores utilizam o Lazer como fonte de luz.
- **Sensores analisadores de cores:** São sensores que detectam a intensidade das três cores primárias refletidas de um objeto.

Como objeto de estudo, será detalhado entre os sensores analisadores de cores, os dispositivos de acoplamento de carga, que conforme explica Thomazini e Albuquerque (2006, p. 70) são matrizes constituídas de fotodiodos dispostos na superfície que é exposta à luz.

2.6.1. Matriz de fotodiodos

Existe uma grande quantidade de dispositivos de leitura de imagem e cores e segundo Marques Filho, Vieira Neto (1999, p 21,22) esses dispositivos utilizam matrizes formadas por fotodiodos que podem ser do tipo CID (dispositivos de injeção de carga) ou CCD (dispositivos de carga acoplada). As matrizes do tipo CID possuem leitura por exposição direta, enquanto que as do tipo CCD possuem características retentivas e devem ser apagadas após a exposição. Estas matrizes podem ser monocromáticas ou possuírem filtros de cores nos fotodiodos, já que são sensíveis a intensidade luminosa e não a frequência das ondas eletromagnéticas.

Conforme continua Marques Filho, Vieira Neto (1999, p 247) estas matrizes geralmente não são utilizadas sozinhas, pois

possuem apenas a capacidade de leitura e são necessários dispositivos de conversão destes sinais analógicos em sinais digitais, para que possam serem interpretados pelos dispositivos de controle. Como forma de facilitar a aplicação destes componentes e obter um menor custo, é comum encontra-los encapsulados e utilizando tecnologia CMOS, onde um único dispositivo poderá fazer a leitura, conversão analógica/digital, processamento e possuir memória.

A figura 8 mostra um esquemático de um dispositivo CMOS com matriz de fotodiodos integrada.

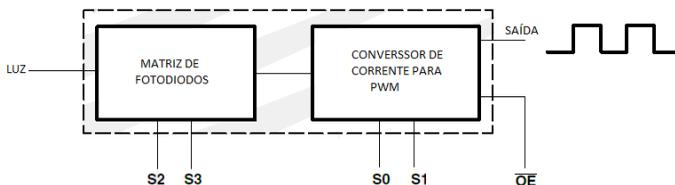


Figura 8: Esquemático de um CMOS

Fonte: TAOS LUMENOLOGY. Datasheet: TCS230.

3. DESENVOLVIMENTO

No presente capítulo serão descritas as etapas de desenvolvimento do sistema de reconhecimento por cor integrado a uma mesa cartesiana pneumática XY didática. Será abordado o conceito do projeto, a estrutura mecânica e elétrica, o sistema de controle, bem como os materiais e métodos aplicados no desenvolvimento do experimento.

3.1. Conceito do Projeto

O projeto foi idealizado para reconhecer objetos com cores predefinidas e organizá-los separadamente em locais específicos utilizando um manipulador pneumático.

Todo o projeto foi concebido utilizando uma mesa cartesiana XY como base e todos os dispositivos periféricos sendo acoplados à mesa.

O protótipo final tem caráter pedagógico, já que foram utilizados dispositivos de uso em laboratório, como as válvulas pneumáticas, o manipulador pneumático, as fontes elétricas, o CLP e o Arduino.

O projeto aplicará os conhecimentos adquiridos nas disciplinas cursadas para a realização do estudo e desenvolvimento deste projeto.

3.2. Requisitos e especificações do projeto

No projeto foram avaliados quais requisitos eram necessários para a mesa de reconhecimento de cor didática. Abaixo estão os requisitos sugeridos:

- 1) Desenvolvimento de um sistema que reconhecesse 3 cores;
- 2) Movimentação do sistema em 2 eixos, Longitudinal (X), Vertical (Y);
- 3) Controle do sistema pneumático;
- 4) Velocidade dentro das margens para uma estrutura didática;
- 5) Utilização de um dos Controladores Lógicos Programáveis - CLP disponíveis no IFSC Joinville;

- 6) Utilização da rede de energia elétrica disponível no IFSC Joinville;
- 7) Utilização da rede de ar comprimido disponível no IFSC Joinville;
- 8) Uso de componentes de fácil disponibilidade comercial.

3.3. Diagrama funcional

O diagrama funcional tem como objetivo mostrar como será o funcionamento do protótipo. Ele mostra o que será inserido no sistema, quais os passos intermediários (execução das atividades) e a saída (resultado para o qual o equipamento foi projetado).

A figura 9 mostra o diagrama funcional do projeto.



Figura 9: Diagrama funcional

Fonte: Autores

3.4. Relação dos componentes utilizados

Após as etapas de estudo das funcionalidades e de projeto, realizamos o levantamento dos componentes necessários e suas respectivas quantidades para montagem, a seguir listamos os componentes utilizados no protótipo:

- 01 CLP S7 1200 do fabricante Siemens;
- 01 Arduino Uno;
- 01 Sensor RGB;
- 01 Conector Sindal;
- 01 Acoplador de sinal 5Vcc/24Vcc;
- 02 Fontes 24 Vcc 2,5A;
- 05 Válvulas 3 vias 24Vcc;
- 01 Válvula geradora de vácuo;
- Cabos elétricos com conectores tipo “banana”;
- 01 Cabo multivias 10 vias.
- 20 Corpos de prova.
- 01 Mesa cartesiana.

3.5. Componentes do projeto

3.5.1. Mesa pneumática XY

O dispositivo utilizado para realizar a movimentação dos objetos alvos (corpos de prova), é uma mesa cartesiana (XY) de uso pedagógico. A figura 10 mostra o dispositivo utilizado.



Figura 10: Mesa pneumática XY
Fonte: Autores

Esta mesa possui estrutura tubular metálica, equipada com 4 pés niveladores e tampo horizontal com rasgos para fixação rápida dos componentes mecânicos e pneumáticos a serem utilizados nos ensaios com o manipulador.

Os eixos “X” e “Y” são equipados com dois e três sensores de proximidade magnéticos, respectivamente, para detecção de posição.

Todos os solenoides e sensores são devidamente identificados por meio de anilhas nos cabos elétricos e equipados com pinos do tipo “banana”, o que facilita a montagem e o

endereçamento de entradas e saídas, tanto para circuitos de comando a relê como para controladores programáveis.

3.5.2. Acoplador de sinal Arduino/CLP

Para interligar os comandos do Arduino com o CLP é necessário utilizar um acoplador, pois as tensões e correntes de ambos os dispositivos são incompatíveis.

O CLP utilizado neste projeto (S7 1200 Siemens) possui tensão de operação de suas O/I em 24 Vcc, enquanto que o Arduino possui suas O/I operando em 5 Vcc.

Para atender estes requisitos particulares entre os dois dispositivos foi desenvolvido um acoplador específico para esta aplicação.

O acoplador desenvolvido utiliza 3 opto-acopladores e foi montado em placa de circuito impresso com os devidos componentes auxiliares. A figura 11 mostra o diagrama esquemático do dispositivo.

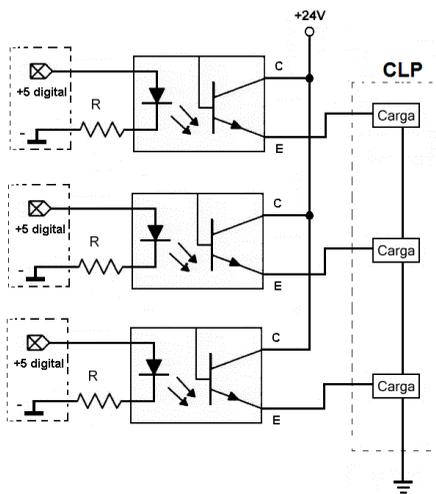


Figura 11: Diagrama esquemático do acoplador

Fonte: Autores

3.5.3. Controlador lógico programável

Para realizar o controle do manipulador pneumático (mesa cartesiana XY) foi utilizado um CLP modelo S7 1200 do fabricante Siemens que possui 14 entradas e 10 saídas transistorizadas com capacidade de 0.5 A e uma expansão de entradas modelo SM 1231 TC do mesmo fabricante que possui 8 entradas, porém esta não foi utilizada neste projeto.

A figura 12 mostra o CLP que será utilizado.



Figura 12: CLP S7 1200

Fonte: Autores

O programa de controle será criado em linguagem LADDER (*Relay Ladder logic* - lógica de contatos de relé) e será utilizado software dedicado para este dispositivo, o TIA Portal V12 do fabricante Siemens.

Na tabela 1 estão especificadas as entradas e saídas do CLP utilizadas no projeto.

CLP			
ENTRADAS - DI		SAÍDAS - DO	
DI 0.0	Sensor X0	DO 0.0	Válvula X1
DI 0.1	Sensor X1	DO 0.1	Válvula X2
DI 0.2	Sensor X2	DO 0.2	Válvula Y1
DI 0.3	Sensor Y0	DO 0.3	Válvula Y2
DI 0.4	Sensor Y1	DO 0.4	Válvula Z1
DI 0.5	Sensor Y2	DO 0.5	Válvula Z2
DI 0.6	Sensor Z0	DO 0.6	Válvula Ventosa
DI 0.7	Sensor Z1	DO 0.7	Reserva
DI 1.0	Vermelho – VM	DO 1.0	Reserva
DI 1.1	Verde – VD	DO 1.1	Reserva
DI 1.2	Azul - AZ	DO 1.2	Reserva
DI 1.3	Emergência	DO 1.3	NC
DI 1.4	Reserva	DO 1.4	NC
DI 1.5	Reserva	DO 1.5	NC
DI 1.6	Reserva	DO 1.6	NC
DI 1.7	Reserva	DO 1.7	NC

Tabela 1: Especificação das Entradas/Saídas do CLP
Fonte: Autores

3.5.4. Arduino

Para o processamento dos sinais vindos do sensor RGB, será utilizado um Arduino modelo UNO.

Este dispositivo será programado em linguagem C através de um programa específico de gravação e leitura fornecido pelo fabricante.

A figura 13 mostra a placa do Arduino utilizado neste projeto.



Figura 13: Visão frontal Arduino Uno
Fonte: Datasheet ARDUINO UNO.

Este dispositivo opera em 5 Vcc (Tensão em corrente contínua) e pode ser alimentado via USB ou por uma fonte externa.

O arduino, neste projeto, será o controlador principal, recendo as variáveis de entrada do sistema e gerando sinais aos quais servirão de parâmetros ao CLP.

Segundo o site do fabricante ARDUINO, estas são as especificações do dispositivo de controle Arduino UNO:

- Microcontrolador: ATmega328;
- Tensão de funcionamento: 5Vcc;
- Tensão de entrada: 7-12Vcc (recomendado);
- Tensão de entrada (limites) 6-20V;
- Pinos de E/S digitais: 14 (dos quais 6 são saída PWM);

- Pinos de entrada analógica: 6 e 17;
- Corrente DC por pino de E/S: 40 mA;
- Corrente DC para pino 3.3V: 50 mA;
- Memória Flash 32 KB (ATmega328);
- Clock: 16MHz;

A tabela 2 mostra as entradas e saídas do Arduino UNO utilizado neste projeto.

Arduino UNO		
Portas	Funções	Conexões
RX 0	-	Não utilizado
TX 1	-	Não utilizado
2	Saída	I1 - Acoplador
PWM 3	Saída	I2 - Acoplador
4	Saída	I3 - Acoplador
PWM 5	-	Não utilizado
PWM 6	-	Não utilizado
7	-	Não utilizado
8	Entrada	S0 Sensor RGB
PWM 9	Entrada	S1 Sensor RGB
PWM-SS 10	Entrada	OUT Sensor RGB
PWM MOSI 11	Entrada	S3 Sensor RGB
MISO 12	Entrada	S2 Sensor RGB
13 SCK	-	Não utilizado
14	-	Não utilizado
A0	Analógica	Não utilizado
A1	Analógica	Não utilizado
A2	Analógica	Não utilizado
A3	Analógica	Não utilizado
A4	Analógica	Não utilizado
A5	Analógica	Não utilizado

Tabela 2: Especificação das portas utilizadas do Arduino
Fonte: Adaptado do datasheet ARDUINO UNO.

3.5.5. Sensor RGB

Para realizar a leitura das cores será utilizado um sensor RGB modelo TCS230 do fabricante TAOS.

Este sensor possui iluminação própria, através de quatro LED's embutidos em sua base, e um componente CMOS com uma matriz 8x8 de fotodiodos (64 fotodiodos) com filtro integrado.

A figura 14 mostra o sensor utilizado neste projeto.



Figura 14: Sensor TCS230
Fonte: Site SEJALIVRE

A tabela 3 mostra as funções dos terminais do sensor RGB utilizado.

Terminal	I/O	Destinação	Função
S0	Entrada	Pino 8 do Arduino	Escala de frequência
S1	Entrada	Pino 9 do Arduino	
S2	Entrada	Pino 12 do Arduino	Seleção dos filtros dos fotodiodos
S3	Entrada	Pino 11 do Arduino	
OUT	Saída	Pino 10 do Arduino	Frequência de leitura
OE	Entrada	VDD	Habilita OUT
VDD	-	Saída de alimentação do Arduino	Alimentação
GND	-		

Tabela 3: Especificações dos terminais do sensor TCS230
Fonte: Adaptado do Datasheet TCS230

Este sensor será acoplado no Arduino que será responsável pelo processamento dos dados obtidos nas leituras.

A leitura para este tipo de sensor ocorre em três etapas, deve-se ativar os fotodiodos para cada um dos filtros separadamente, pois as respostas são enviadas em um trem de pulso PWM pelo mesmo canal OUT. Este comando de ativação dos filtros deve vir do controlador, no caso o arduino, que chaveará os canais S2 e S3 do sensor.

A tabela 4 mostra as combinações de chaveamento para ativação dos filtros.

S2	S3	Filtro selecionado
Ligado	Ligado	Vermelho
Ligado	Desligado	Azul
Desligado	Ligado	Sem filtro
Desligado	Desligado	Verde

Tabela 4: Esquema de acionamento dos filtros de cor
Fonte: Adaptado do Datasheet TCS230

Não será utilizada neste projeto a leitura sem filtro e o terminal OE será habilitado, para que possa ser ativada a frequência de leitura no terminal OUT.

3.5.6. Corpo de prova

O corpo de prova teve que atender a alguns requisitos para que os resultados fossem regulares. Os corpos de prova deveriam ser planos e as cores uniformes para que sempre houvesse a mesma leitura para cada corpo.

Os corpos de prova são constituídos de material acrílico, os quais foram obtidos através de uma placa de acrílico furada com serra copo de diâmetro 40 mm.

No final do processo de furação obteve-se discos com diâmetro de 40 milímetros e espessura de 3 milímetros.

Os discos foram cobertos com adesivos de face branca, onde foram aplicadas as tintas com as cores primárias e amarelo.

A figura 15 mostra os corpos de prova dispostos em suas baias.

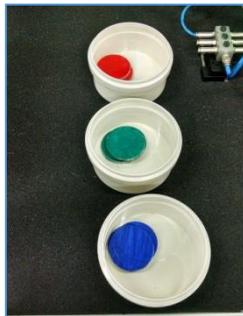


Figura 15: Corpos de Prova (objetos a serem movimentados)

Fonte: Autores

3.6. Procedimentos de operação e funcionamento

O processo inicia com a alimentação manual do corpo de prova sobre a base do sensor.

Na figura 16 o corpo de prova está indicado pela seta verde e a base do sensor está sendo indicada pela seta amarela.

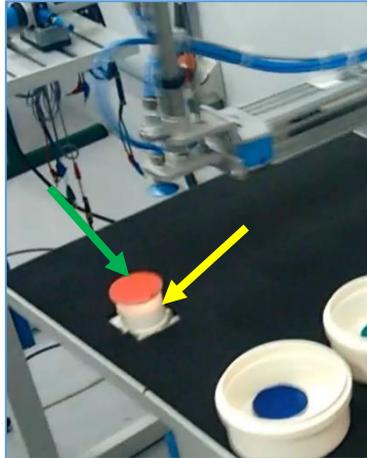


Figura 16: Alimentação
Fonte: Autores

Quando acomodado o corpo de prova sobre a base do sensor, ele fará a leitura da cor que foi exposta.

O arduino por sua vez, fará o processamento dos dados obtidos do sensor de cor e enviará ao CLP o comando pertinente a cor detectada.

Após receber os comandos do Arduino, o CLP iniciará os movimentos para a coleta do objeto até o local determinado.

As setas amarelas na figura 17 mostram as baias onde o manipulador depositará os objetos separados por cor.

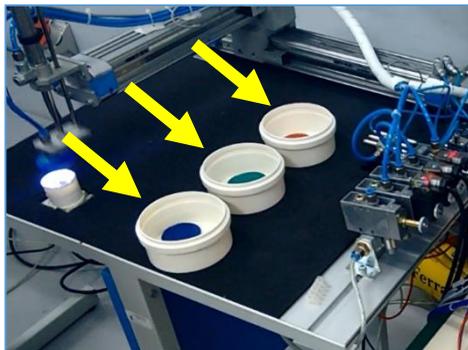


Figura 17: Baias de depósito
Fonte: Autores

Após o depósito o manipulador retornará ao seu P0 (ponto inicial). Caso outro objeto tenha sido alimentado antes do final do ciclo, o manipulador após o depósito iniciará imediatamente as novas rotinas pertinentes ao novo objeto selecionado.

Caso a cor do objeto alimentado não corresponder com as cores calibradas, o sistema não tomará nenhuma ação, sendo necessário a retirada manual do objeto rejeitado.

3.7. Estrutura Mecânica

Toda a estrutura mecânica utilizada já se encontrava montada e foram necessárias apenas ajustes nos cursos desejados nos cilindros e nas válvulas de retenção de ar.

A figura 18 mostra a mesa utilizada.

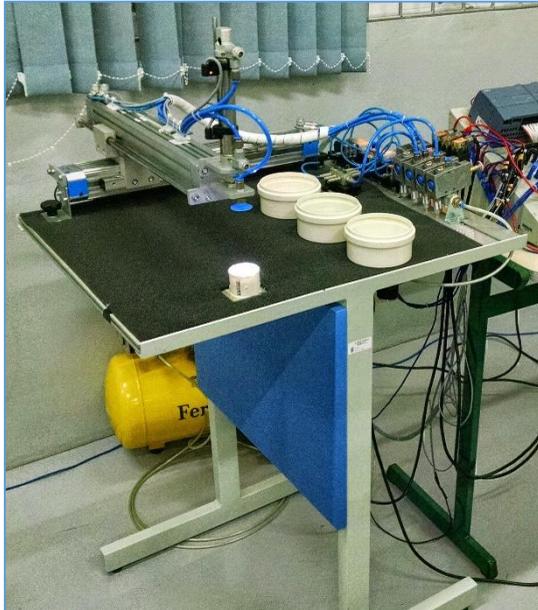


Figura 18: Estrutura mecânica (mesa cartesiana)
Fonte: Autores

3.7.1. Ajustes dos cursos

O posicionamento foi realizado alterando as posições originais dos sensores indutivos dos cilindros para corrigir os fins de cursos dos mesmos, também foram adicionados dois sensores com as mesmas características dos demais para indicar o posicionamento entre os fins de cursos.

Desta forma é possível parar o sistema pneumático através de comandos realizados pelo CLP nas posições necessárias.

Nas figuras 19, 20 e 21, são mostradas as localizações dos sensores de posicionamento instalados nos cilindros pneumáticos. As setas apontam a posição destes sensores.

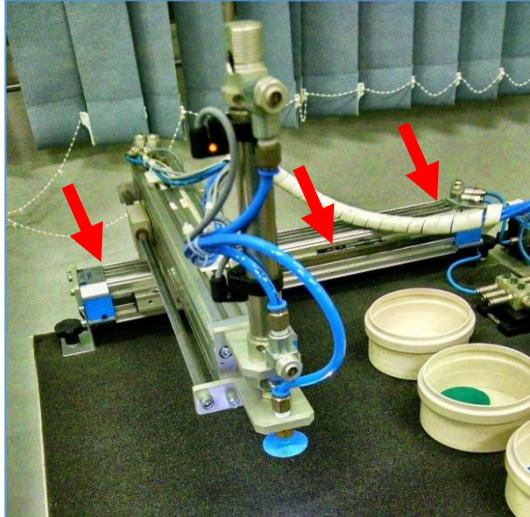


Figura 19: Localização dos sensores do curso X
Fonte: Autores

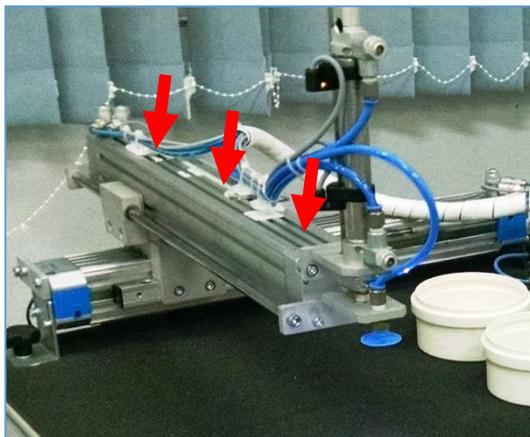


Figura 20: Localização dos sensores do curso Y
Fonte: Autores

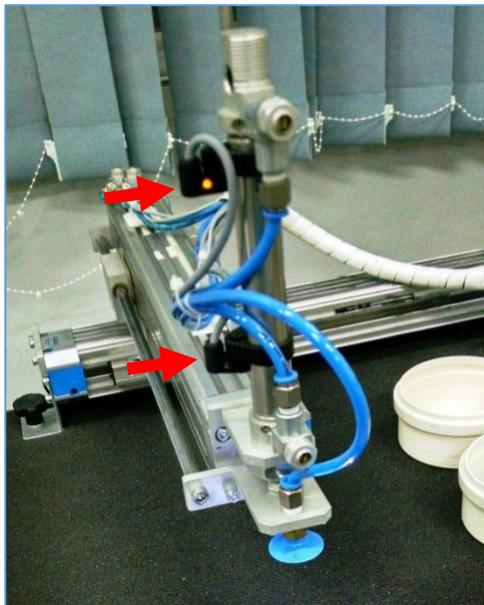


Figura 21: Sensores do cilindro da ventosa
Fonte: Autores

3.7.2. Ajuste das válvulas reguladoras de fluxo

Por questões de segurança foi realizado o ajuste das válvulas reguladoras de fluxo para que os cilindros realizassem movimentos suaves, precisos e em baixa velocidade.

A regulagem foi feita de forma empírica, pois estas válvulas não possuem calibração.

Foram necessários realizar os ajustes nas seis válvulas (duas em cada cilindro) para obter o comportamento e a segurança necessários.

Na figura 22 são identificadas as válvulas em questão.

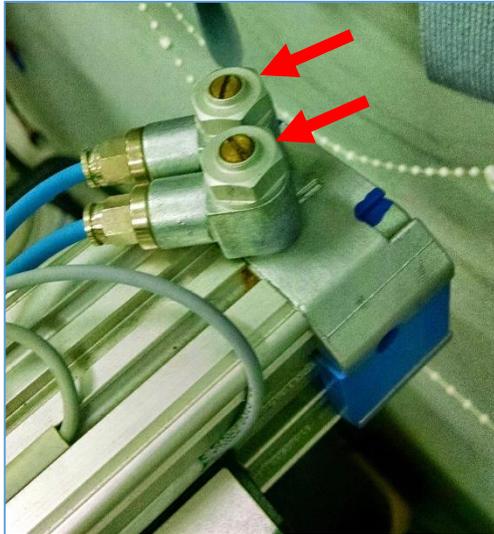


Figura 22: Válvulas reguladoras de fluxo

Fonte: Autores

3.8. Estrutura elétrica

3.8.1. Fase conceitual – Projeto

A instalação elétrica no protótipo foi realizada em partes, conforme foram sendo agregados os componentes.

Não foi necessário um projeto elétrico inicial, por se tratar de dispositivos pedagógicos utilizados em laboratório, as ligações elétricas destes componentes são realizadas com pinos “banana” e os cabos das válvulas e sensores já possuíam identificação. O projeto elétrico foi criado após o término da montagem elétrica e encontra-se em anexo.

3.8.2. Acionamento das válvulas pneumáticas

A potência dos solenoides das válvulas utilizadas, de 300 mA, são compatíveis com a potência de saída do controlador, que suporta 500 mA. Devido a esse fato, as válvulas pneumáticas foram ligadas diretamente no controlador CLP sem interfaces nem acopladores.

3.8.3. Montagem elétrica do projeto

Inicialmente, após a montagem e ajustes mecânicos na mesa manipuladora, foram instaladas as válvulas pneumáticas e conectadas ao CLP.

Foram identificados os sensores de posição já instalados na mesa cartesiana e foram adicionados os sensores restantes necessários para o posicionamento desejado. Os sensores foram conectados no CLP, assim como foi criada uma lista de I/O para auxiliar na criação do programa de controle do CLP.

Quanto à alimentação, primeiramente foi instalada apenas uma fonte de alimentação de 2,5A que segundo cálculos preliminares teria potência suficiente para alimentar todo o projeto, porém, em função da quantidade de cabos e por questões de organização e estética foi instalada outra fonte com características similares a primeira fonte já instalada.

Após a criação e carregamento do programa para o protótipo foi realizado o *Startup* (inicialização) do sistema de movimentação e reposicionamento dos sensores de posição. Como o sistema de leitura de cor ainda não tinha sido instalado, as entradas do CLP foram acionadas manualmente durante a realização dos testes.

A segunda fase de montagem se deu após a aquisição do sensor RGB pela equipe.

O sensor RGB foi conectado ao Arduino e iniciou-se a confecção do programa de leitura de cor no Arduino. Este processo foi realizado em bancada e foram utilizados LED's para a simulação.

3.9. Sistema de Controle e Leitura

Para o controle e movimentação da mesa de manipulação foi utilizado o CLP modelo Siemens S7-1200 e a programação foi desenvolvida no software STEP 7-versão 12.0 com a linguagem *ladder*.

Para o sistema de leitura de cor foi utilizado o Arduino Uno conectado ao Sensor RGB e a programação foi desenvolvida no software Arduino IDE v1.6.0 com linguagem *Wiring*, específica para este dispositivo.

A monitoração do CLP foi realizada através de um computador utilizando o próprio compilador STEP 7 e para a monitoração do Arduino foi utilizado o mesmo computador fazendo uso da ferramenta *Monitor Serial* (Serial Monitor) fornecida pelo software Arduino IDE v1.6.0.

No *Monitor Serial* serão retornadas as cores lidas pelo sensor RGB. Estes dados serão mostrados na forma RGB decomposta, ou seja serão exibidos os valores do vermelho, verde e azul separadamente na escala padrão. A escala padrão RGB possui valores que variam de 0 a 255 para cada uma das três cores primárias

A programação do CLP e do Arduino estão em anexo.

A figura 23 mostra a tela de monitoramento do serial monitor.

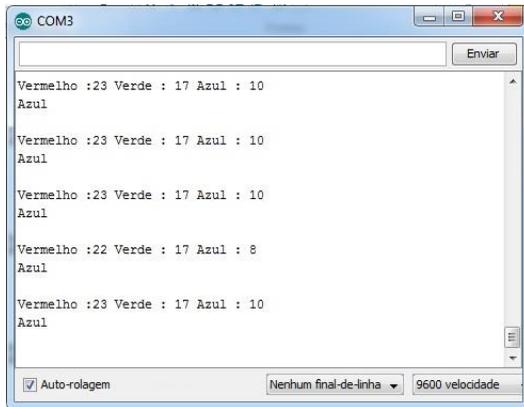


Figura 23: Serial Monitor
Fonte: Autores

A figura 24 mostra o esquema de monitoração dos dispositivos de controle:

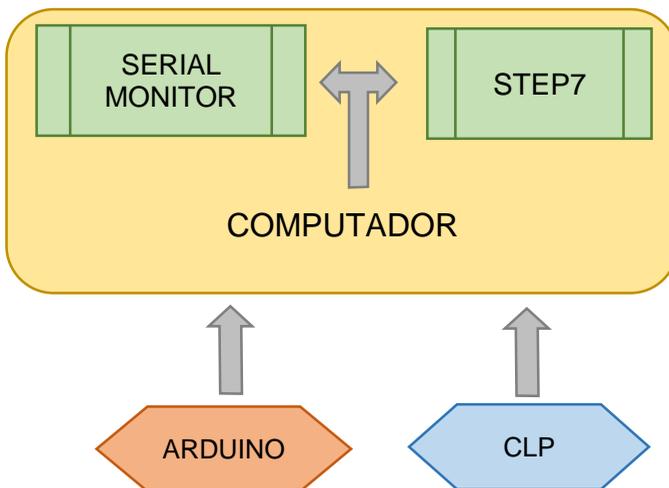


Figura 24: Esquema de monitoração
Fonte: Autores

3.10. Calibração das cores

O código de programação que foi criado tem capacidade de operar com três cores, foram escolhidas as três cores primárias para os testes iniciais.

As calibrações destas cores foram realizadas de maneira empírica, ou seja, foram expostas no sensor, as cores dos corpos de provas e os resultados obtidos no *serial monitor* foram adicionados nos filtros criados no programa.

Abaixo está sendo mostrado um trecho do código onde são feitos os ajustes no filtro.

```
//Verifica se a cor vermelha foi detectada
if (red < blue && red < green)
{
  Serial.println("Vermelho");
  digitalWrite(pinoledverm, HIGH); //Aciona a saída 2
  digitalWrite(pinoledverd, LOW);
  digitalWrite(pinoledazul, LOW);
}
```

Ajuste da cor vermelha

```
//Verifica se a cor azul foi detectada
else if (blue < red && blue < 12 && green > 15)
{
  Serial.println("Azul");
  digitalWrite(pinoledverm, LOW);
  digitalWrite(pinoledverd, LOW);
  digitalWrite(pinoledazul, HIGH); //Aciona a saída 4
}
```

Ajuste da cor Azul

```
//Verifica se a cor verde foi detectada
else if (green < red && green < 16 && blue < 12)
{
  Serial.println("Verde");
  digitalWrite(pinoledverm, LOW);
  digitalWrite(pinoledverd, HIGH); //Aciona a saída 3
  digitalWrite(pinoledazul, LOW);
}
```

Ajuste da cor Verde

Após o ajuste dos filtros no programa, o sistema de cor passará a ligar uma das três saídas (pinos 2, 3 e 4) por 2 segundos, correspondentes a cor exposta no sensor.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Neste tópico serão descritos os resultados obtidos, bem como os testes executados após a montagem do protótipo.

4.1. Procedimentos de testes

Para o registro dos dados obtidos foi necessário criar um procedimento de teste e padronizar os corpos de prova para que se obtivesse os resultados sem variáveis oriundas dos procedimentos de execução.

4.2. Desenvolvimento dos procedimentos de teste

Através de análise do projeto e suas funções necessárias mostrou-se relevante que os componentes mecânicos e de automação tivessem um comportamento regular. Para tanto os ajustes e calibrações realizadas tiveram também o objetivo de dar ao protótipo essas características de funcionamento.

Com o sistema estável foram desenvolvidos os procedimentos para realizar os testes empíricos de repetitividade e precisão de leitura do sistema de leitura de cor.

Os testes de repetitividade foram realizados com os seguintes procedimentos:

- Colocar o objeto alvo sobre o suporte do sensor e aguardar ser retirado pelo manipulador;
- Realimentar o sistema com o mesmo corpo de prova da etapa anterior;
- Realimentar o sistema com um novo objeto.

Os testes para definir a precisão de leitura do sistema de cor foram realizados de forma independente do manipulador pneumático pois tinham o objetivo de analisar apenas o comportamento de leitura.

Os testes de repetitividade foram realizados com os seguintes procedimentos:

- Expor o objeto alvo sobre o suporte do sensor e gravar a leitura através do serial monitor (função específica de leitura de entradas e saídas do arduino);
- Repetir o procedimento com uma nova cor.

4.3. Estrutura Mecânica

Os resultados obtidos na estrutura mecânica foram satisfatórios e atenderam as necessidades do projeto, realizando as movimentações dos objetos alvo, atingindo a precisão necessária e possuindo repetitividade.

Os ajustes de curso e os ajustes das válvulas de controle de fluxo não necessitaram retrabalho, pois funcionaram conforme regulagem inicial.

A figura 25 mostra a montagem final do protótipo.



Figura 25: Montagem final
Fonte: Autores

4.4. Estrutura Elétrica

A estrutura elétrica, ligações e conexões tiveram um bom desempenho, o projeto criado não apresentou falhas e não foi necessária nenhuma alteração desde a concepção inicial.

Devido o comprimento dos cabos não serem suficientes, foram utilizadas duas fontes chaveadas de alimentação 24 Vcc e uma fonte chaveada de 5 Vcc para alimentação do Arduino referenciadas entre si pelo 0 Vcc. O ruído causado pelas fontes interferiu no funcionamento do sensor de cor, sendo necessário isolar a fonte de alimentação do Arduino retirando a referência 0 Vcc desta fonte.

A maioria das ligações elétricas tiveram que ser feitas utilizando cabos com conexões tipo banana, devido ao fato dos componentes utilizados se tratarem de dispositivos didáticos e não poderiam ser alterados.

A utilização destes cabos não permitiu um bom acabamento e esteticamente o protótipo não ficou com boa aparência. A figura 26 mostra as principais ligações elétricas do protótipo.

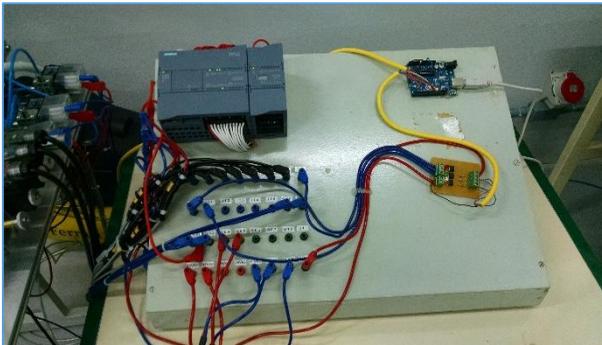


Figura 26: Acabamento da fiação elétrica
Fonte: Autores

4.5. Programação e controle

A programação do CLP obteve bons resultados e funcionamento esperado, foram necessárias apenas algumas correções na programação durante a fase de teste, pois foram encontradas inconsistências de lógica (BUGS) como, por exemplo, se durante a operação de movimentação de uma peça houvesse a inserção de uma segunda peça no sensor, o sistema soltava a primeira peça na metade do curso e voltava para retirar a segunda, antes do final do ciclo.

Outra inconsistência encontrada se dava quando a peça era inserida no sensor e retirada antes da chegada do manipulador ao ponto de coleta, neste caso o sistema descontinuava o processo atual e era necessário reiniciar o CLP.

A programação do Arduino foi a mais complicada, a qual demandou mais empenho e atenção sendo que o programa utilizado para realizar o processamento de leitura das cores foi retirado do site do fabricante do componente de leitura (sensor RGB), porém não funcionou, foram necessárias várias alterações no programa original assim como realizar uma calibração do sistema de leitura no local de instalação.

4.6. Sistema de reconhecimento de cor

O sistema de reconhecimento de cor é constituído pelo sensor de cor RGB e o Arduino, que juntos geram saídas digitais que podem ser utilizadas em um sistema de automação.

Inicialmente o sistema foi projetado para reconhecer três peças coloridas (vermelho, azul e verde), previamente calibradas no sistema de leitura de cor, e separá-las por cor em locais distintos, posteriormente foram testadas variações destas cores com tonalidades diferentes e também outra cor.

Estes procedimentos foram realizados por diversas vezes e o sistema obteve boa repetitividade durante os testes, executando as rotinas programadas e separando os objetos de acordo com as cores.

A seguir nas figuras 27 a 29 serão mostradas as leituras obtidas para cada cor.

Exposição do corpo de prova Azul

Corpo de prova
Calibrado



Resposta de leitura obtida durante a exposição

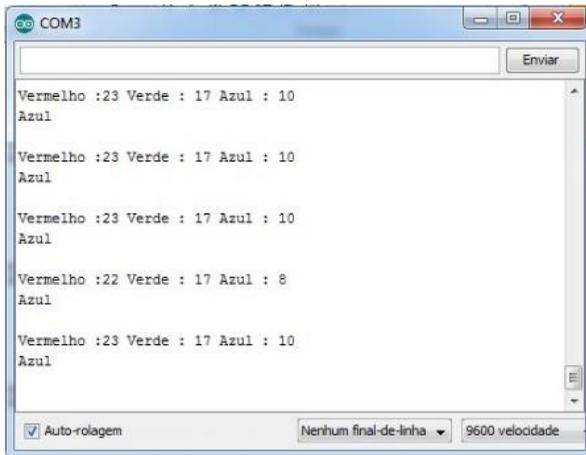


Figura 27: Leitura do serial monitor para a cor Azul
Fonte: Autores

Cor correspondente a leitura

Leitura
RGB (23,17,10)



Exposição do corpo de prova Vermelho

Corpo de prova
Calibrado



Resposta de leitura obtida durante a exposição

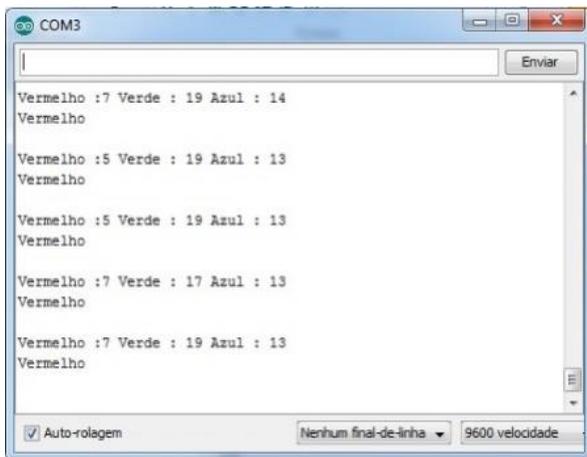


Figura 28: Leitura do serial monitor para a cor vermelha
Fonte: Autores

Cor correspondente a leitura

Leitura
RGB (7,19,13)



Exposição do corpo de prova Verde

Corpo de prova
Calibrado



Resposta de leitura obtida durante a exposição

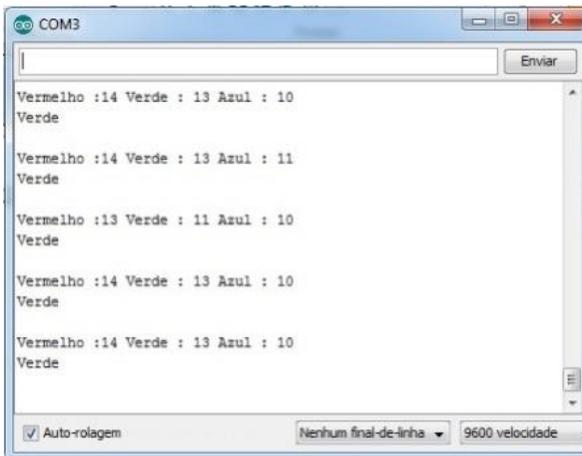


Figura 29: Leitura do serial monitor para a cor verde
Fonte: Autores

Leitura
RGB (14,13,10)



Foram realizadas cinco leituras de amostragem para cada cor, o sistema apresentou estabilidade havendo apenas pequenas alterações de valores de frequências, os quais não representam significância para esta utilização.

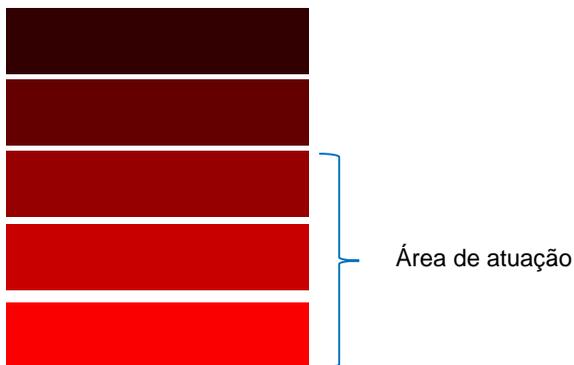
O manipulador pneumático executou a separação das cores em todos os testes apresentados acima, atingindo o objetivo proposto.

Através da leitura obtida pelo serial monitor, os resultados das leituras foram comparados com as cores expostas ao sensor e foi constatado que as cores obtidas não correspondiam as expostas pelos corpos de prova.

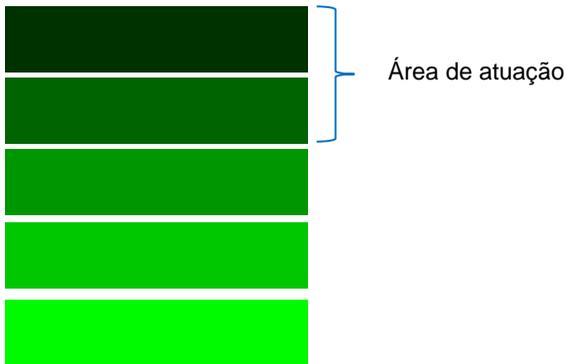
Este resultado já era esperado pois o sensor de leitura de cor utilizado é composto por uma matriz de fotodiodos de exposição direta, diferente de uma matriz retentiva utilizada para capturar uma imagem, como por exemplo as utilizadas em uma câmera digital.

Em sequência foram realizados testes com a variação da tonalidade de cor, para apurar a faixa de atuação do sistema para cada cor. Este teste utilizou as mesmas cores de calibração utilizadas nos testes anteriores.

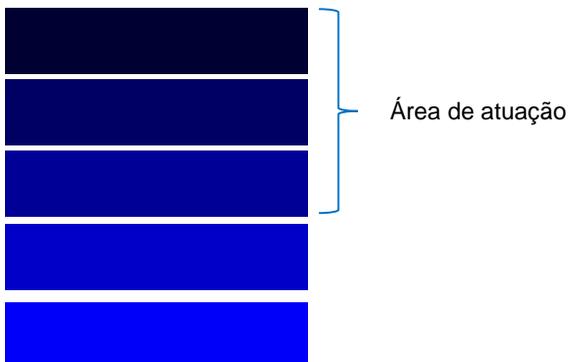
Gradiente com vermelho (R,G,B)



Gradiente com verde (R,G,B)



Gradiente com azul (R,G,B)



O programa utilizado, bem como os ajustes feitos (calibração), não responderam com precisão quanto a variação das tonalidades das cores, permitindo a atuação do sistema com grandes diferenças de tonalidades.

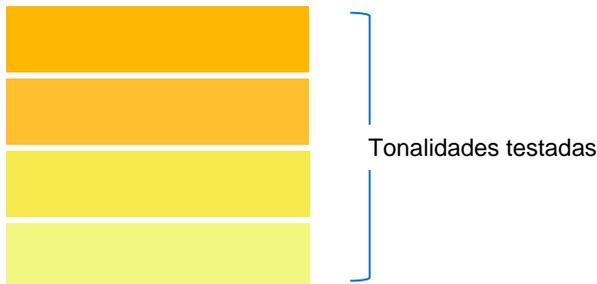
Devido a este fato surgiu a necessidade de testar a precisão e fidelidade do sistema de leitura de cor.

Para tal verificação foi descarregado outro programa no Arduino. Este software de testes e calibração fornecido pelo próprio fabricante, retorna apenas a leitura do *serial monitor* do

sensor de cor, diferentemente do programa anterior utilizado que também fazia o controle do CLP.

Os testes a seguir foram utilizados somente com o Arduino e o sensor de cor já que o objetivo proposto almeja apenas as respostas empíricas destes dispositivos.

Gradiente com amarelo (R,G,B)



Amarelo 1 - Resposta do sistema

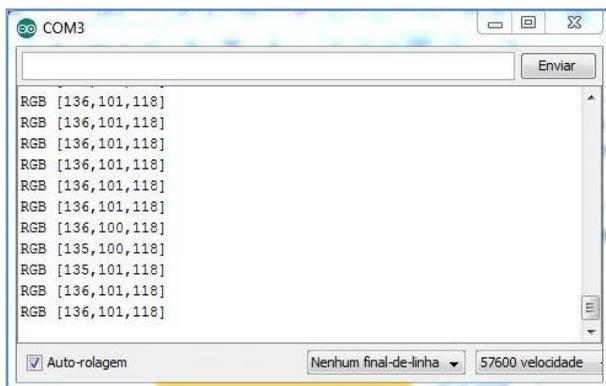


Figura 30: Leitura do serial monitor para tonalidade 1

Fonte: Autores

Amarelo 2 - Resposta do sistema

Tonalidade testada

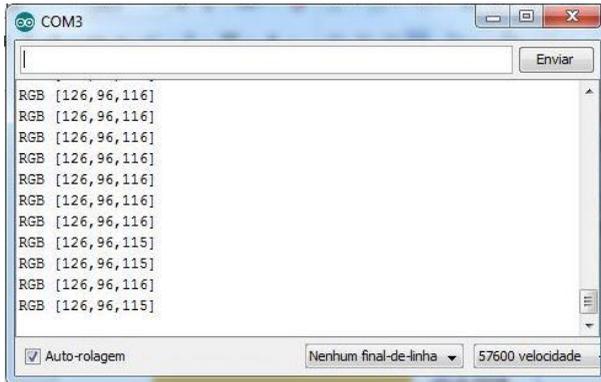


Figura 31: Leitura do serial monitor para tonalidade 2
Fonte: Autores

Amarelo 3 - Resposta do sistema

Tonalidade testada

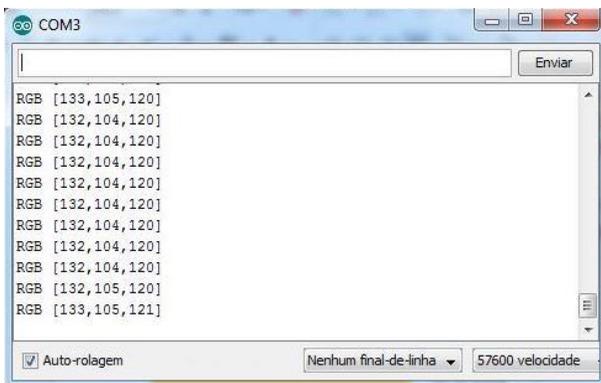


Figura 32: Leitura do serial monitor para tonalidade 3
Fonte: Autores

Amarelo 4 - Resposta do sistema



Tonalidade testada

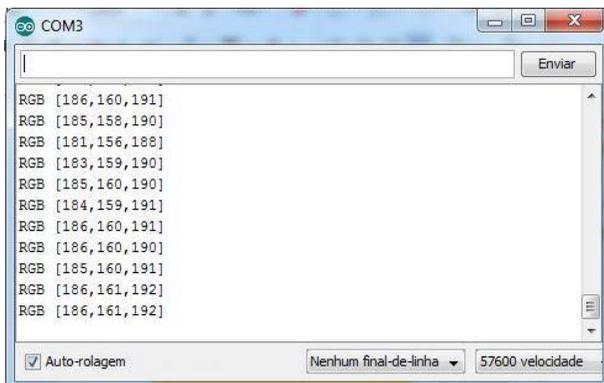


Figura 33: Leitura do serial monitor para tonalidade 4

Fonte: Autores

Observando os resultados obtidos no serial monitor mostrados nas figuras 30 a 33, constatamos que o sistema de reconhecimento de cor apresentou variações significativas entre as tonalidades de amarelo testadas.

Assim concluímos que o sistema de cor possui alta sensibilidade de detecção de cores na faixa RGB.

Para cada tonalidade foram realizadas onze leituras consecutivas que estão sendo apresentados nas figuras acima.

Estas leituras apresentaram resultados semelhantes para cada tonalidade testada possuindo apenas variações não significativas.

Desta forma podemos concluir que o sistema de leitura de cor apresenta grande estabilidade de leitura pois apresenta sempre os mesmos resultados para cada um dos corpos de prova e possui sensibilidade na detecção de cores e tonalidades, pois reconheceu pequenas diferenças de tonalidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho de conclusão de curso foi desenvolvido um Sistema de Reconhecimento por Cor Integrado a uma Mesa Pneumática cartesiana XY didática, mostrando tanto as fases para desenvolvimento do equipamento, como a concepção do projeto, montagem e testes.

O objetivo proposto foi alcançado com êxito e todos os tópicos mencionados no objetivo específico foram alcançados.

O protótipo desenvolvido alcançou o desempenho esperado e após vários ajustes foram alcançados repetitividade e precisão necessária, chegando ao final dos testes com um sistema estável e confiável para a execução das tarefas pré-programadas.

O sistema de leitura RGB foi submetido a testes mais rigorosos a fim de explorar a capacidade de respostas do sistema que de forma empírica apresentou ótimos resultado possuindo precisão e confiabilidade de leitura.

Neste projeto foi possível utilizar os conhecimentos adquiridos no curso Superior de Mecatrônica indústria bem como a integração das unidades curriculares das áreas de mecânica, eletroeletrônica e programação.

Os maiores desafios que tiveram que ser superados pela equipe foram a integração dos sistemas que compõe o protótipo e o desenvolvimento da programação do Arduino, que apesar de possuir linguagem familiar possui suas particularidades às quais até então não havíamos tido contato.

Os motivos que levaram a equipe a desenvolver este projeto eram o desejo de conhecer os sistemas que utilizavam o reconhecimento de cor e no final deste estudo a equipe ficou satisfeita com o conhecimento adquirido bem como com os resultados obtidos.

6. OPORTUNIDADES DE MELHORIA

Este projeto faz uso apenas das cores dos objetos para reconhecimento e manipulação. Uma melhoria aconselhada pela equipe é a implementação de um sistema de reconhecimento por imagem que identifique não só as cores dos objetos, mas também a sua forma geométrica.

Outra possibilidade de melhoria seria a implementação de uma comunicação entre o CLP e o Arduino via rede, o que abriria diversas aplicações no projeto e desenvolveria nos estudantes um conhecimento importante no ramo da automação.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Sílvia Grasiella Moreira. GUIMARÃES Gadelha Frederico. RAMÍREZ Jaime Arturo. Reconhecimento de estrutura fonológica da Língua Brasileira de Sinais usando um sensors RGB-D. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. Expert Systems with Applications, v. 41, p. 7259–7271, mai. 2014.

ARDUINO. Datasheet. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>. Acesso em: 02 fev. 2015.

CARDOSO, Gabriel Schade. **Microsoft Kinect: Criando aplicações interativas com o Microsoft Kinect**. São Paulo: Casa do Código, 2013.

FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO SOARES, Paulo Antônio de. Física básica: volume único. São Paulo: Atual, 1998.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Óptica e Física Moderna - Fundamentos da Física**. 8 ed. V. 4. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

LOPES, João Manuel Brisson. **Cor e Luz**. 2013. 47 páginas. Texto elaborado para a disciplina de Computação Gráfica no curso de Licenciatura em Engenharia Informática e de Computadores. Instituto Superior Técnico. Universidade de Lisboa. Disponível em: <http://disciplinas.ist.utl.pt/leic-cg/textos/livro/Cor.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2015.

MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica**. Volume 1. 4 ed. São Paulo: Makron Books, 1995.

MANICKAVASAGAN, A. AL-MEZEINI, N.K. SHEKAILI. **Tecnica de cor RGB para classificação de tâmaras**. Scientia Horticulturae, v.175, p 87–94, jan./jun. 2014.

MARQUES FILHO, Ogê; VIEIRA NETO, Hugo. **Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.

MAZZAROPI, Marcelo. **Sensores de movimento e presença**. 2007. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Departamento de engenharia elétrica, Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MELLO, Hilton Andrade. INTRATOR, Edmond. **Dispositivos Semicondutores**. Ed. 4. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1980.

NETO, José Diniz. XAVIER, Felipe Porge. LIMA, Claudio G. de Oliveira. COSTA J. Ademar Gonçalves da. Incentivo ao desenvolvimento e pesquisa em robótica educacional utilizando o Kinect sensor. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Paraíba, 2014.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica 4 - Ótica, Relatividade e Física Quântica**. 1.ed. v.13. São Paulo: Blucher, 1998.

PINTO, Luiz Fernando Teixeira; ALBUQUERQUE, Rômulo Oliveira. **Eletrônica: eletrônica analógica**. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011.

RAMBAUSKE, Ana Maria. **Decoração e Design de Interiores - Teoria da Cor**. 2011. 139 páginas. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Cor/teoria-da-cor.pdf>. Acesso em 13/07/2015.

SAMPEDRO, Óscar. SALGUEIRO, José Ramón. Turbidímetro e sensor RGB para monitoramento remoto em meios aquáticos. Departamento de Física Aplicada, Universidade de Vigo, Espanha. Measurement, v. 68, p. 128–134, dez. 2014/fev. 2015.

SEJALIVRE - Sensor RGB TSC230. 2014. Disponível em: <http://sejali-vre.org/biblioteca-arduino-para-o-sensor-de-cor-tcs320-e-tcs3200/>. Acesso em: 21 jul. 2015.

TAO, Dapeng. CHENG, Jun. LIN, Xu. YU, Jiang. Estruturação de ambiente preservando projeções discriminativas para sensor RGB-D, Information Sciences, v. 320, p. 383–394, jun. 2014/mar. 2015.

TAOS LUMENOLOGY. Datasheet: TCS230 PROGRAMMABLE COLOR LIGHTTOFREQUENCY CONVERTER. 2003.

THOMAZINI, Daniel e ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Brega. Sensores Industriais - Fundamentos e Aplicações. 4ª Edição, Ed. Érica, 2006.

TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna**. 3.ed. LTC, 1999.

YOUNG, Hugh D; FREEDMAN, Roger A. **Física III - Eletromagnetismo**. São Paulo: Pearson, 2009.

ANEXO A - Arduino Sketchs

Programa detector de cores usando modulo TCS230

```
//Pinos de conexão do modulo TCS230
constint s0 = 8;
constint s1 = 9;
constint s2 = 12;
constint s3 = 11;
constint out = 10;

//Pinos das saídas
intpinoledverm = 2;
intpinoledverd = 3;
intpinoledazul = 4;

//Variaveis que armazenam o valor das cores
int red = 0;
int green = 0;
int blue = 0;

// Define as saídas e encere valores
void setup()
{
  pinMode(s0, OUTPUT);
  pinMode(s1, OUTPUT);
  pinMode(s2, OUTPUT);
  pinMode(s3, OUTPUT);
  pinMode(out, INPUT);
  pinMode(pinoledverm, OUTPUT);
  pinMode(pinoledverd, OUTPUT);
  pinMode(pinoledazul, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  digitalWrite(s0, HIGH);
  digitalWrite(s1, HIGH);
}

void loop()
{

//Chama a rotina que le as cores
color();

//Mostra no serial monitor os valores detectados
Serial.print("Vermelho :");
Serial.print(red, DEC);
Serial.print(" Verde : ");
Serial.print(green, DEC);
Serial.print(" Azul : ");
Serial.print(blue, DEC);
Serial.println();

//Verifica se a cor vermelha foi detectada
if (red < blue && red < green)
{
  Serial.println("Vermelho");
  digitalWrite(pinoledverm, HIGH); //Aciona a saída 2
  digitalWrite(pinoledverd, LOW);
  digitalWrite(pinoledazul, LOW);
}

//Verifica se a cor azul foi detectada
else if (blue < red && blue < 12 && green > 15)
```

```

{
Serial.println("Azul");
digitalWrite(pinoledverm, LOW);
digitalWrite(pinoledverd, LOW);
digitalWrite(pinoledazul, HIGH); //Aciona a saída 4
}

//Verifica se a cor verde foi detectada
else if (green < red && green < 16 && blue < 12)
{
Serial.println("Verde");
digitalWrite(pinoledverm, LOW);
digitalWrite(pinoledverd, HIGH); //Aciona a saída 3
digitalWrite(pinoledazul, LOW);
}

Serial.println();

//Aguarda 2 segundos, desliga as saídas e reinicia o processo
delay(1000);
digitalWrite(pinoledverm, LOW);
digitalWrite(pinoledverd, LOW);
digitalWrite(pinoledazul, LOW);
delay(1000);
}

void color()
{
//Rotina que lê o valor das cores
digitalWrite(s2, LOW);
digitalWrite(s3, LOW);
//count OUT, pRed, RED
red = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
digitalWrite(s3, HIGH);
//count OUT, pBLUE, BLUE
blue = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
digitalWrite(s2, HIGH);
//count OUT, pGreen, GREEN
green = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
}

```

Programa de teste para o sensor modulo TCS230

```
// Inclui a biblioteca TimerOne referente ao Sensor de Cor.
#include <TimerOne.h>

//Define as saídas para configurar com o sensor de cor
#define S0 8
#define S1 9
#define S2 12
#define S3 11
#define OUT 10

intg_count=0;
intg_flag = 0;
intg_array[3] = {0};
floatg_SF[3] = {0.0};
intentradaOUT;

// Inicializa o TSC230 e seta os valores da frequência
voidTSC_Init().
{
pinMode(S0, OUTPUT); // Define o pino S0 como pino de saída.
pinMode(S1, OUTPUT); // Define o pino S1 como pino de saída.
pinMode(S2, OUTPUT); // Define o pino S2 como pino de saída.
pinMode(S3, OUTPUT); // Define o pino S3 como pino de saída.
pinMode(OUT, INPUT); // Define o pino OUT como pino de entrada.

digitalWrite(S0, HIGH); // Escreve um sinal alto no pino S0.
digitalWrite(S1, LOW); // Escreve um sinal baixo no pino S1.

// Essas escritas fazem que a frequência seja de 20%.
Serial.begin(9600);
}

// Seleciona as cores dos filtros.
voidTSC_FilterColor(int Level01, int Level02)
{
if(Level01 != 0)
Level01 = HIGH;
if(Level02 != 0)
Level02 = HIGH;

digitalWrite(S2, Level01);
digitalWrite(S3, Level02);
}
voidTSC_Count()
{
g_count ++;
}

voidTSC_Callback()
{
switch(g_flag)
{

case 0:
Serial.println("->WB Start");// Escreve na porta serial a mensagem "->WB Start".
TSC_WB(LOW, LOW); // Condição para o filtro sem o vermelho.
break; // Finaliza a ação.

case 1:
Serial.print("->Frequency R="); // Escreve na porta serial a mensagem "->Frequency R=".
```

```

Serial.println(g_count);
g_array[0] = g_count;
TSC_WB(HIGH, HIGH);    // Condição para o filtro sem o verde.
break; // Finaliza a ação.

case 2:
Serial.print("->Frequency G="); // Escreve na porta serial a mensagem "->Frequency G="
Serial.println(g_count);
g_array[1] = g_count;
TSC_WB(LOW, HIGH);    // Condição para o filtro sem o azul.
break; // Finaliza a ação.

case 3:
Serial.print("->Frequency B="); // Escreve na porta serial a mensagem "->Frequency B="
Serial.println(g_count);
Serial.println("->WB End"); // Escreve na porta serial a mensagem "->WB End".
g_array[2] = g_count;
TSC_WB(HIGH, LOW);    // Condição sem o filtro.
break; // Finaliza a ação.

default:
g_count = 0;
break;
}}

void TSC_WB(int Level0, int Level1) // Balanço de branco.
{
g_count = 0;
g_flag ++;
TSC_FilterColor(Level0, Level1);
Timer1.setPeriod(1000000); // set 1s period
}

void setup()
{
TSC_Init();
Serial.begin(9600);
Timer1.initialize(); // default is 1s
Timer1.attachInterrupt(TSC_Callback);
attachInterrupt(0, TSC_Count, RISING);
delay(4000);

for(int i=0; i<3; i++)
Serial.println(g_array[i]);

g_SF[0] = 255.0/ g_array[0]; // Fator de escala para o vermelho.
g_SF[1] = 255.0/ g_array[1]; // Fator de escala para o verde.
g_SF[2] = 255.0/ g_array[2]; // Fator de escala para o azul.

Serial.println(g_SF[0]);
Serial.println(g_SF[1]);
Serial.println(g_SF[2]);
}

void loop()
{
g_flag = 0;
for(int i=0; i<3; i++)
Serial.println(int(g_array[i] * g_SF[i]));
delay(4000); // Aguarda 4 segundos
int sinalOUT = 10;
Serial.println(sinalOUT, DEC);
}

```

Anexo B – Programa CLP

1

2

3

4

A

mesa pneumo R01 [V11] / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

Main [OB1]

Main Properties

General

Name	Main	Number	1
Type	OB.ProgramCycle	Language	LAD

Information

Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author	
Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID	

B

Name	Data type	Offset	Comment
Temp			

Network 1:

Eixo X

C

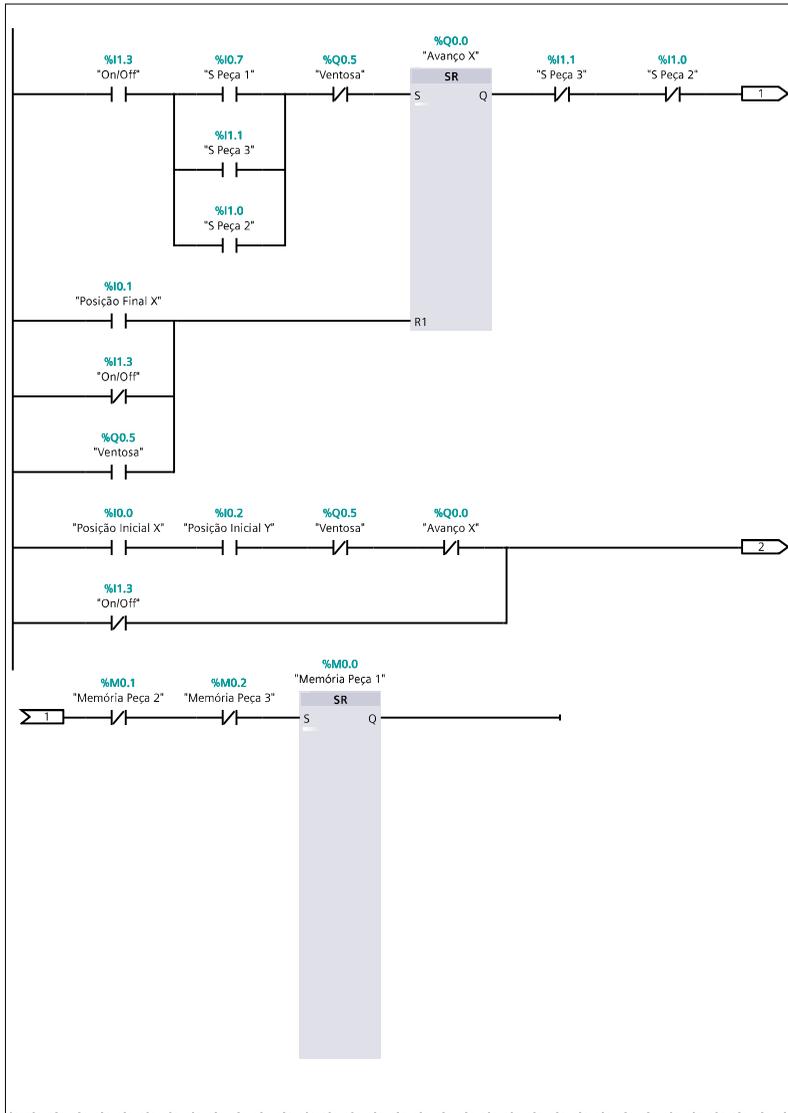
D

E

F

Owner	Project name	mesa pneumo R01	Date	07/27/2015 10:17:26 PM
Operator	Project Path	C:\Users\TECNICO\Desktop\mesa pneumo R01\mesa pneumo R01		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st	Language	en-US	
Approved By	Description 2nd	Version	1st View	Sheet 1 - 1

Network 1: (1.1 / 2.1)



2.1 (Page1 - 3)

Owner	Project name mesa pneumo R01		Date 07/27/2015 10:17:26 AM
	Project Path C:\Users\TECNICO\Desktop\mesa pneumo R01\mesa pneumo R01		
Operator	Location		
	Description 1st		
Designed By	Description 2nd		Language en-US
Checked By	1st View	Version	Sheet 1 - 2

1

2

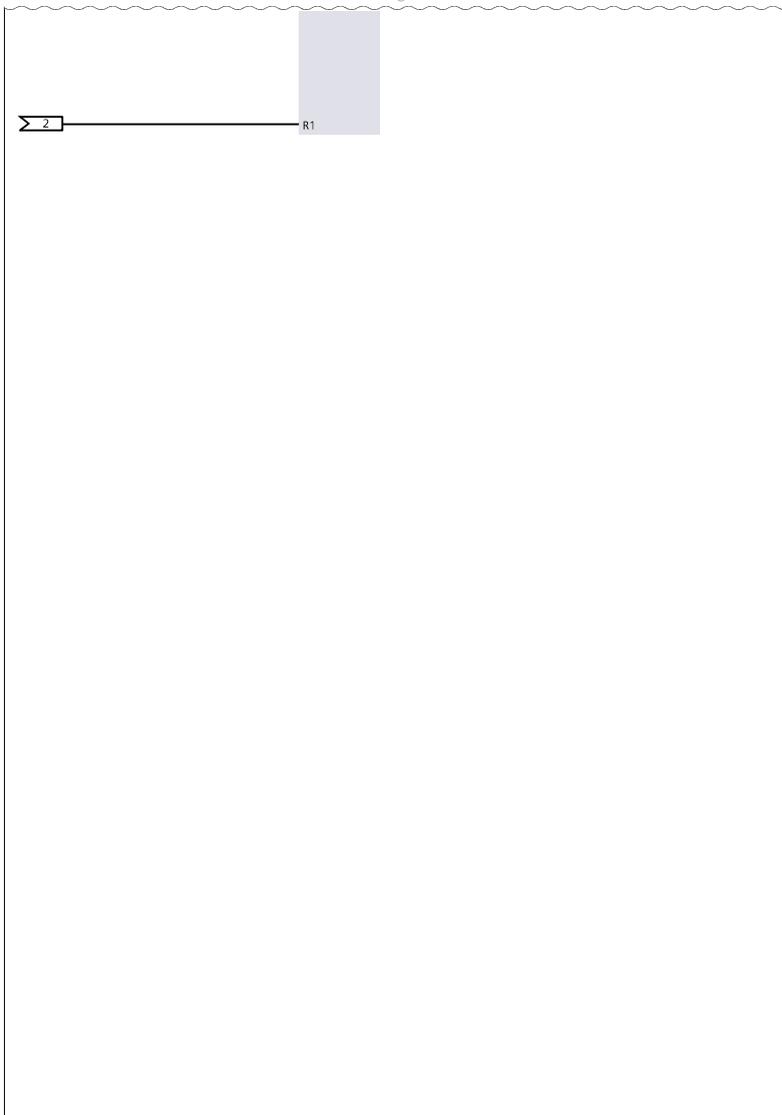
3

4

A

Network 1: (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 2)



B

C

D

E

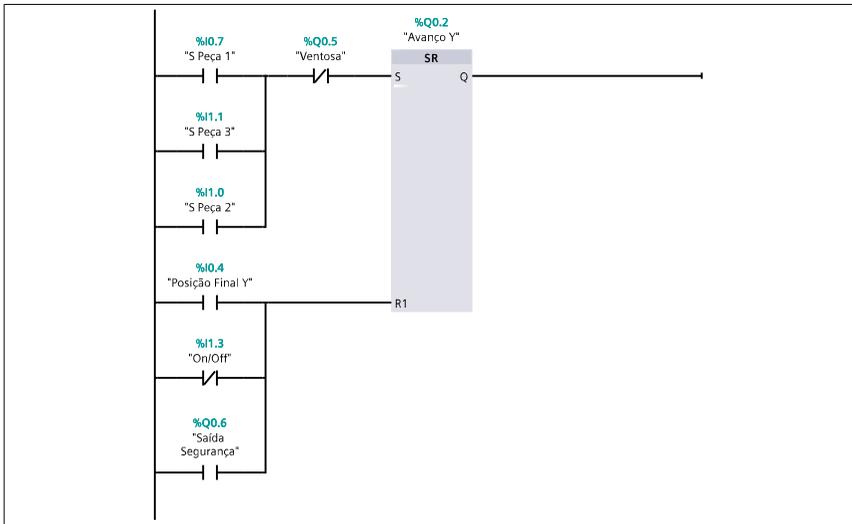
F

Owner	Project name mesa pneumo R01	Date 01/22/2015 10:17:26 PM
Operator	Project Path C:\Users\TECNICO\Desktop\mesa pneumo R01\mesa pneumo R01	
Designed By	Location	
Checked By	Description 1st	Language en-US
Approved By	1st View	Version Sheet 1 - 3

Symbol	Address	Type	Comment
"Avanço X"	%Q0.0	Bool	
"S Peça 1"	%I0.7	Bool	
"Posição Final X"	%I0.1	Bool	
"Ventosa"	%Q0.5	Bool	
"Posição Inicial Y"	%I0.2	Bool	
"Posição Inicial X"	%I0.0	Bool	
"Memória Peça 1"	%M0.0	Bool	
"S Peça 2"	%I1.0	Bool	
"S Peça 3"	%I1.1	Bool	
"Memória Peça 2"	%M0.1	Bool	
"Memória Peça 3"	%M0.2	Bool	
"On/Off"	%I1.3	Bool	

Network 2:

Eixo Y

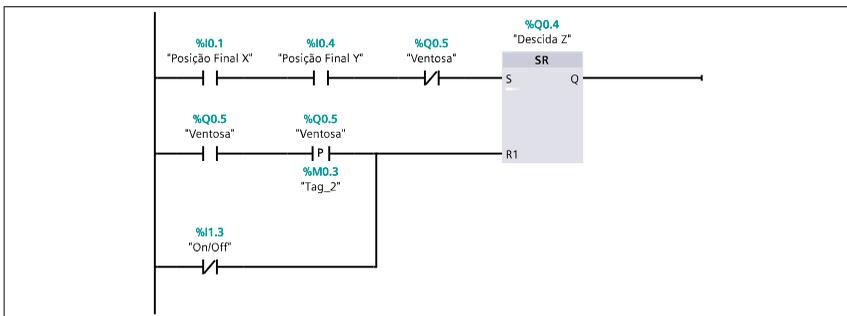


Symbol	Address	Type	Comment
"S Peça 1"	%I0.7	Bool	
"Avanço Y"	%Q0.2	Bool	
"Posição Final Y"	%I0.4	Bool	
"Ventosa"	%Q0.5	Bool	
"S Peça 2"	%I1.0	Bool	
"S Peça 3"	%I1.1	Bool	
"On/Off"	%I1.3	Bool	
"Saída Segurança"	%Q0.6	Bool	

Owner	Project name	mesa pneumo R01	Date	01/22/2015 10:17:26 PM
	Operator	Project Path C:\Users\TECNICO\Desktop\mesa pneumo R01\mesa pneumo R01		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st		Language en-US	
Approved By	Description 2nd		Version	Sheet 1 - 4

Network 3:

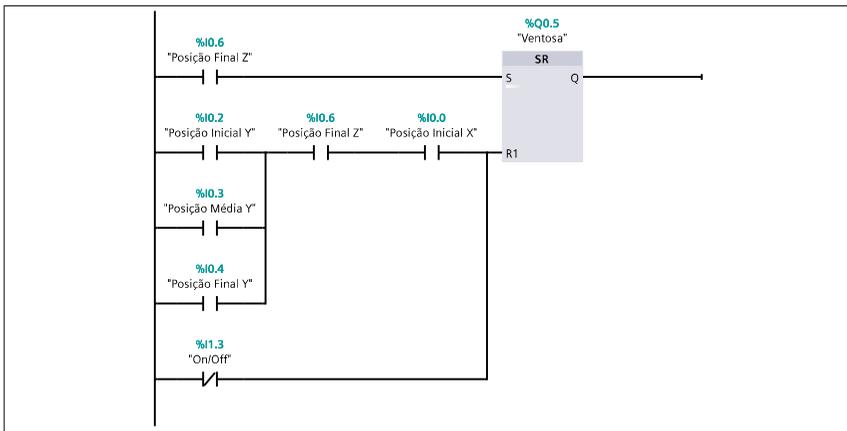
Eixo Z



Symbol	Address	Type	Comment
"Posição Final X"	%I0.1	Bool	
"Posição Final Y"	%I0.4	Bool	
"Descida Z"	%Q0.4	Bool	
"Ventosa"	%Q0.5	Bool	
"On/Off"	%I1.3	Bool	
"Tag_2"	%M0.3	Bool	

Network 4:

P0_Z



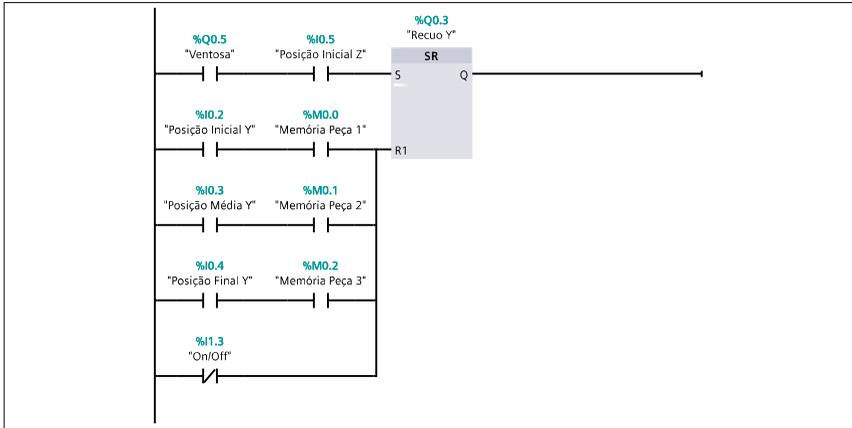
Symbol	Address	Type	Comment
"Posição Final Y"	%I0.4	Bool	
"Ventosa"	%Q0.5	Bool	

Owner	Project name	mesa pneumo R01	Date	01/22/2015 10:17:26 PM
	Operator	Project Path C:\Users\TECNICO\Desktop\mesa pneumo R01\mesa pneumo R01		
Designed By	Location			
	Description 1st			
Checked By	Description 2nd		Language en-US	
Approved By	1st View	Version	Sheet 1 - 5	

Symbol	Address	Type	Comment
"Posição Final Z"	%I0.6	Bool	
"Posição Inicial Y"	%I0.2	Bool	
"Posição Média Y"	%I0.3	Bool	
"Posição Inicial X"	%I0.0	Bool	
"On/Off"	%I1.3	Bool	

Network 5:

Recuo eixo Y

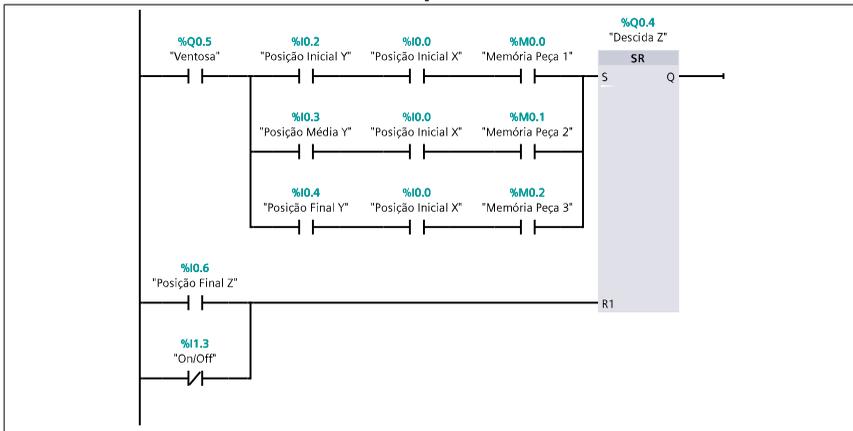


Symbol	Address	Type	Comment
"Posição Final Y"	%I0.4	Bool	
"Ventosa"	%Q0.5	Bool	
"Posição Inicial Y"	%I0.2	Bool	
"Posição Média Y"	%I0.3	Bool	
"Memória Peça 1"	%M0.0	Bool	
"Recuo Y"	%Q0.3	Bool	
"Posição Inicial Z"	%I0.5	Bool	
"Memória Peça 2"	%M0.1	Bool	
"Memória Peça 3"	%M0.2	Bool	
"On/Off"	%I1.3	Bool	

Network 6:

Descida eixo Z

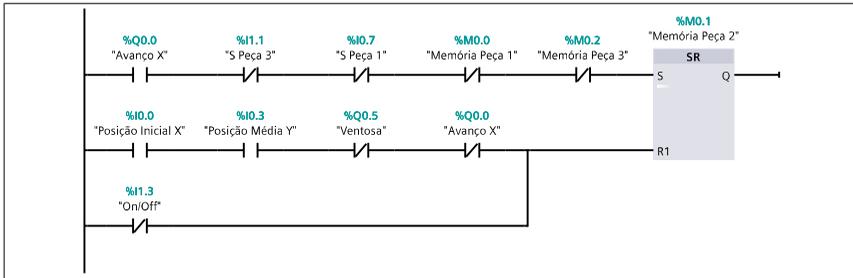
Owner	Project name	mesa pneumo R01	Date	01/22/2015 10:17:26 PM	
	Operator	Project Path C:\Users\TECNICO\Desktop\mesa pneumo R01\mesa pneumo R01			
Designed By	Location				
Checked By	Description 1st			Language	en-US
Approved By	Description 2nd		Version	Sheet	1 - 6



Symbol	Address	Type	Comment
"Posição Final Y"	%I0.4	Bool	
"Descida Z"	%Q0.4	Bool	
"Ventosa"	%Q0.5	Bool	
"Posição Final Z"	%I0.6	Bool	
"Posição Inicial Y"	%I0.2	Bool	
"Posição Média Y"	%I0.3	Bool	
"Posição Inicial X"	%I0.0	Bool	
"Memória Peça 1"	%M0.0	Bool	
"Memória Peça 2"	%M0.1	Bool	
"Memória Peça 3"	%M0.2	Bool	
"On/Off"	%I1.3	Bool	

Network 7:

Peça 2



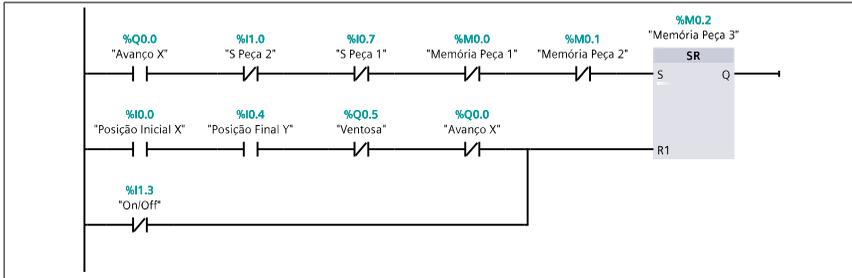
Symbol	Address	Type	Comment
"Avanço X"	%Q0.0	Bool	
"S Peça 1"	%I0.7	Bool	

Owner	Project name	mesa pneumo R01	Date	07/22/2015 10:17:26 PM
	Operator	Project Path C:\Users\TECNICO\Desktop\mesa pneumo R01\mesa pneumo R01		
Designed By	Location			
	Description 1st			
Checked By	Description 2nd		Language en-US	
Approved By	1st View	Version	Sheet 1 - 7	

Symbol	Address	Type	Comment
"Ventosa"	%Q0.5	Bool	
"Posição Média Y"	%I0.3	Bool	
"Posição Inicial X"	%I0.0	Bool	
"Memória Peça 1"	%M0.0	Bool	
"S Peça 3"	%I1.1	Bool	
"Memória Peça 2"	%M0.1	Bool	
"Memória Peça 3"	%M0.2	Bool	
"On/Off"	%I1.3	Bool	

Network 8:

Peça 3

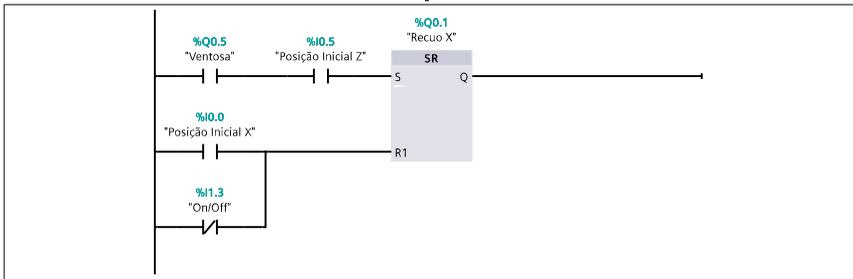


Symbol	Address	Type	Comment
"Avanço X"	%Q0.0	Bool	
"S Peça 1"	%I0.7	Bool	
"Posição Final Y"	%I0.4	Bool	
"Ventosa"	%Q0.5	Bool	
"Posição Inicial X"	%I0.0	Bool	
"Memória Peça 1"	%M0.0	Bool	
"S Peça 2"	%I1.0	Bool	
"Memória Peça 2"	%M0.1	Bool	
"Memória Peça 3"	%M0.2	Bool	
"On/Off"	%I1.3	Bool	

Network 9:

Recuo X

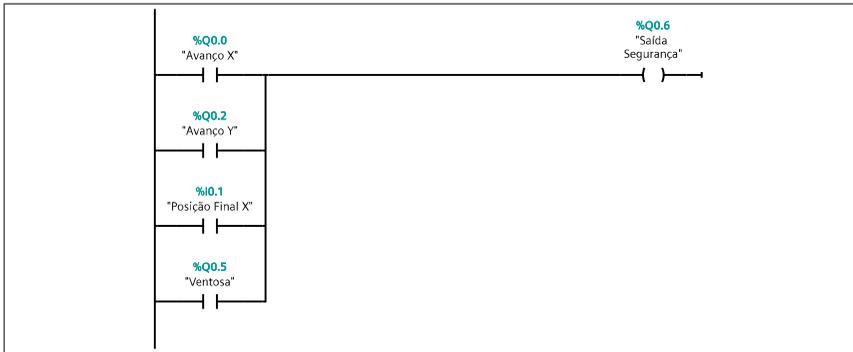
Owner	Project name	mesa pneumo R01	Date	07/27/2015 10:17:26 PM
	Operator	Project Path C:\Users\TECNICO\Desktop\mesa pneumo R01\mesa pneumo R01		
Designed By	Location			
	Description 1st			
Checked By	Description 2nd		Language en-US	
Approved By	1st View	Version	Sheet 1 - 8	



Symbol	Address	Type	Comment
"Ventosa"	%Q0.5	Bool	
"Posição Inicial X"	%I0.0	Bool	
"Posição Inicial Z"	%I0.5	Bool	
"On/Off"	%I1.3	Bool	
"Recuo X"	%Q0.1	Bool	

Network 10:

Bloqueio de segurança



Symbol	Address	Type	Comment
"Avanço X"	%Q0.0	Bool	
"Avanço Y"	%Q0.2	Bool	
"Posição Final X"	%I0.1	Bool	
"Ventosa"	%Q0.5	Bool	
"Saída Segurança"	%Q0.6	Bool	

Owner	Project name	mesa pneumo R01	Date	07/27/2015 10:17:26 PM	
	Operator	Project Path C:\Users\TECNICO\Desktop\mesa pneumo R01\mesa pneumo R01			
Designed By	Location				
Checked By	Description 1st			Language	en-US
Approved By	Description 2nd		Version	Sheet	1 - 9

ANEXO C – Esquema elétrico

- Todos os direitos estão reservados e protegidos por lei. Nenhuma parte deste desenho deve ser apropriada, copiada, reproduzida por qualquer meio ou repassada a terceiros sem prévia autorização por escrito da SAFETYMACH

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

PROJETO	PROJETO ELÉTRICO
ALIMENTAÇÃO GERAL	220VCA
FREQUÊNCIA	60 Hz
TENSÃO DE COMANDO	24Vcc

A

B

C

D

E

F



Nome do Projeto: **Esquema elétrico**

Data: **04/08/2014**

Última Revisão: **22/07/2015**

Projetista: **EQUIPE**

Folha: **1**

Nome do Cliente: **IFSC**

Fabricante:

Descrição da Página: **CAPA**

Total Folhas: **10**

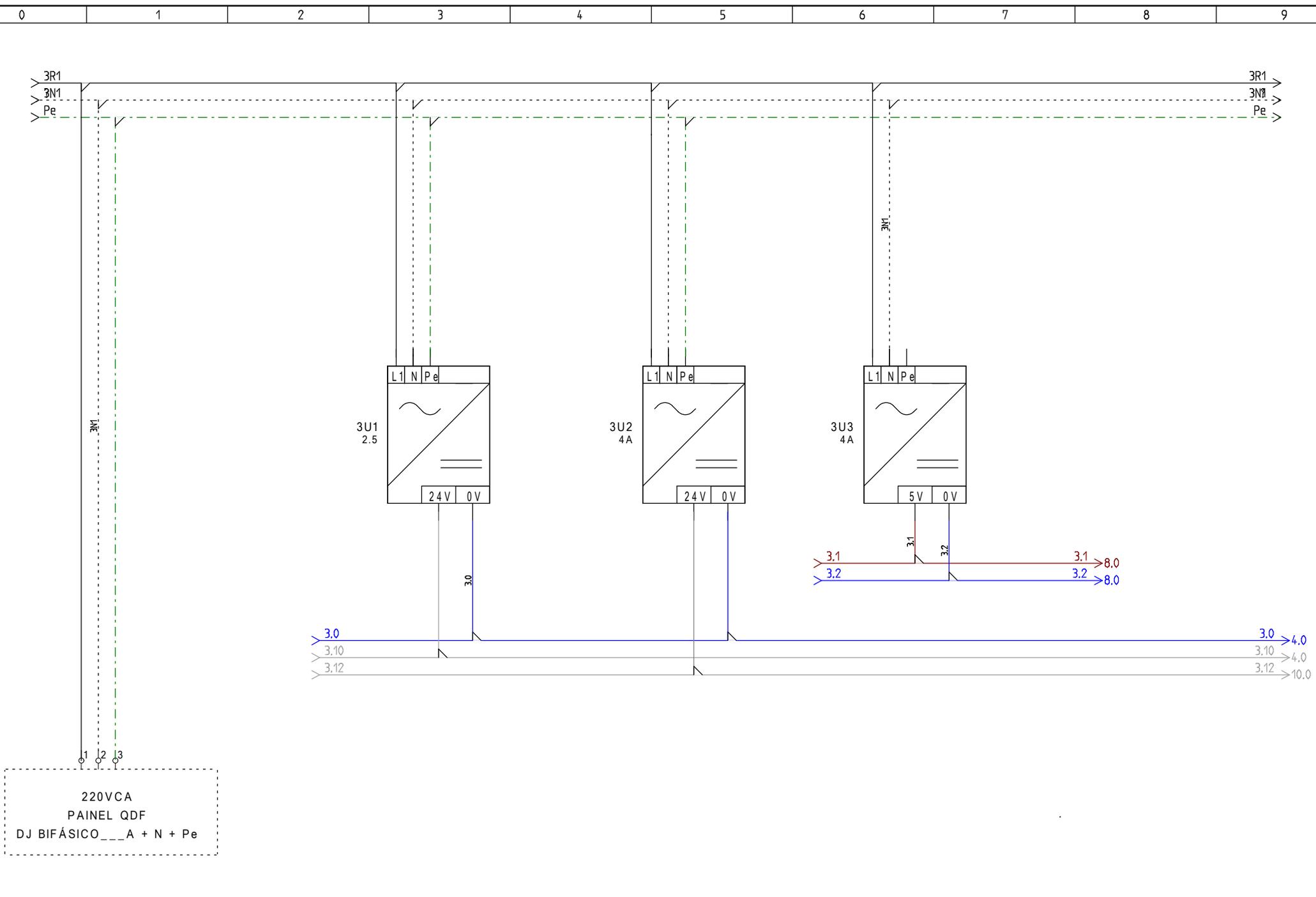
Próx. Folha: **2**

- Todos os direitos reservados e protegidos por lei. Nenhuma parte deste desenho deve ser apropriada, copiada, reproduzida por qualquer meio ou repassada a terceiros sem prévia autorização por escrito da SAFETYMACH

SIMBOLOGIA

SÍMBOLO (TAG)	SÍMBOLO (GRÁFICO)	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO (TAG)	SÍMBOLO (GRÁFICO)	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO (TAG)	SÍMBOLO (GRÁFICO)	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO (TAG)	SÍMBOLO (GRÁFICO)	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO (TAG)	SÍMBOLO (GRÁFICO)	DESCRIÇÃO
K		CONTATOS CONTADOR NA e NF A(COMANDO)	KT		RELÉ DE IMPULSO	TFT		TRANSFORMADOR DE FORÇA ESTRELA/TRIÂNGULO	U		CONVERSOR CC/CC	H		LÂMPADA DE SINALIZAÇÃO COM INDICAÇÃO DE TIPO E COR
S		BOTÃO DE IMPULSO NA e NF	V		VALVULA SOLENOIDE	Q		DISJUNTOR TERMOMAGNETICO AJUSTAVEL	G		RETIFICADOR CA/CC	H		ALÂMPADA FLUORESCENTE COM INDICAÇÃO DO TIPO
SI		AINERRUPTOR NA e NF	F		RELÉ TÉRMICO	Q		DISJUNTOR TERMOMAGNETICO MAGNÉTICO AJUSTAVEL	G		RETIFICAÇÃO EM CONEXÃO DE ONDA PLENA (PONTE)	F		PARA-RAIO
KT		CONTATO COM RETARDO NA ENERGIZAÇÃO NA e NF	H		INDICADOR ACÚSTICO (BUZINA)	Q		DISJUNTOR TERMOMAGNETICO FIXO	G		BATERIA	R		CALEFATOR/RESISTOR
KT		CONTATO COM RETARDO NA ADESENERGIZAÇÃO NA e NF	P		INSTRUMENTO INDICADOR	F		FUSIVEL	C		CAPACITOR	E		LUMINÁRIA FLUORESCENTE COMPACTA
S		BOTÃO DE EMERGÊNCIA NA e NF	P		INSTRUMENTO REGISTRADOR	Q		SECCIONADORA FUSIVEL	X		ATERMINAL CONECTOR	U		FONTE CHAVEADA
F		CONTATO RELÉ TÉRMICO NA e NF			INSTRUMENTO INTEGRADOR	Q		INTERRUPTOR - SECCIONADORA	T		TRANSDUTOR DE CORRENTE			
B		CONTATO TERMOSTATO NA e NF	TC		TRANSFORMADOR DE CORRENTE (DESTINADO AO UNIFILAR)	Q		SECCIONADORA	X		CONTATO DE EXTRAÇÃO TOMADA PINO E SAQUE			
S		SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO NA e NF	TC		TRANSFORMADOR DE CORRENTE (DESTINADO AO UNIFILAR)	K		CONTATOR - CONTATO FORÇA	-		ACOPLAMENTO DIRETO			
KT		RELÉ DE IMPULSO	TA		AUTOTRANSFORMADOR	K		CONTATOR COM ABERTURA AUTOMÁTICA	B		SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO (NA) 3 FIOS			
K		BOBINA DE CONTATOR E ACOPLADOR A RELÉ	TA		AUTOTRANSFORMADOR (DESTINADO AO UNIFILAR)	U		INVERSOR DE FREQUÊNCIA	B		SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO (NF) 3 FIOS	B		SENSOR TIPO PT100
KT		ORGÃO DE CONTROLE DE RELÉ COM RETENÇÃO MECÂNICA	TFM		TRANSFORMADOR MONOFÁSICO	U		ARRANCADOR ELETRÔNICO (SOFT-STARTER)	B		SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO (NA) 2 FIOS	B		TERMOPAR
KT		TEMPORIZADOR RETARDADO NA DESENERGIZAÇÃO	TFM		TRANSFORMADOR MONOFÁSICO (DESTINADO AO UNIFILAR)	M		MOTOR TRIFÁSICO	B		SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO (NF) 2 FIOS			
KT		TEMPORIZADOR RETARDADO NA ENERGIZAÇÃO	TFM		TRANSFORMADOR MONOFÁSICO COM DERIVAÇÃO	M		MOTOR MONOFÁSICO	E		VENTILADOR/EXAUSTOR			

- Todos os direitos estão reservados e protegidos por lei. Nenhuma parte deste desenho deve ser apropriada, copiada, reproduzida por qualquer meio ou repassada a terceiros sem prévia autorização por escrito da SAFETYMACH



Nome do Projeto: **Esquema elétrico**
 Nome do Cliente: **IFSC**
 Fabricante:
 Descrição da Página: **ALIMENTAÇÃO**

Data: **04/08/2014**

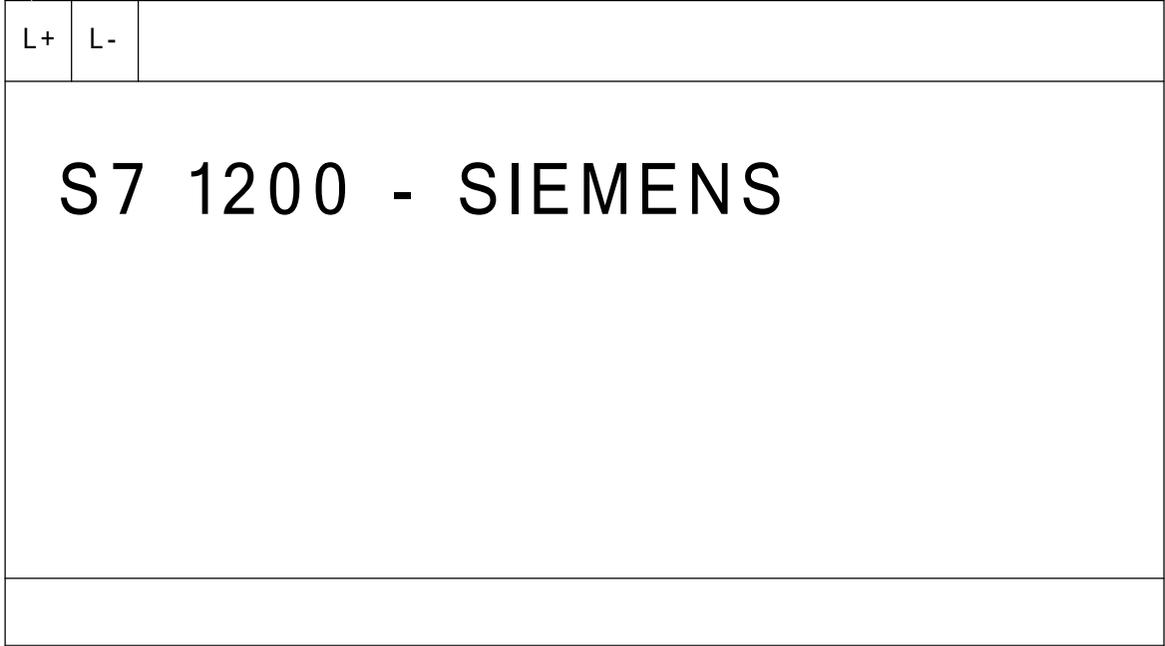
Última Revisão: **22/07/2015**

Projetista: **EQUIPE**

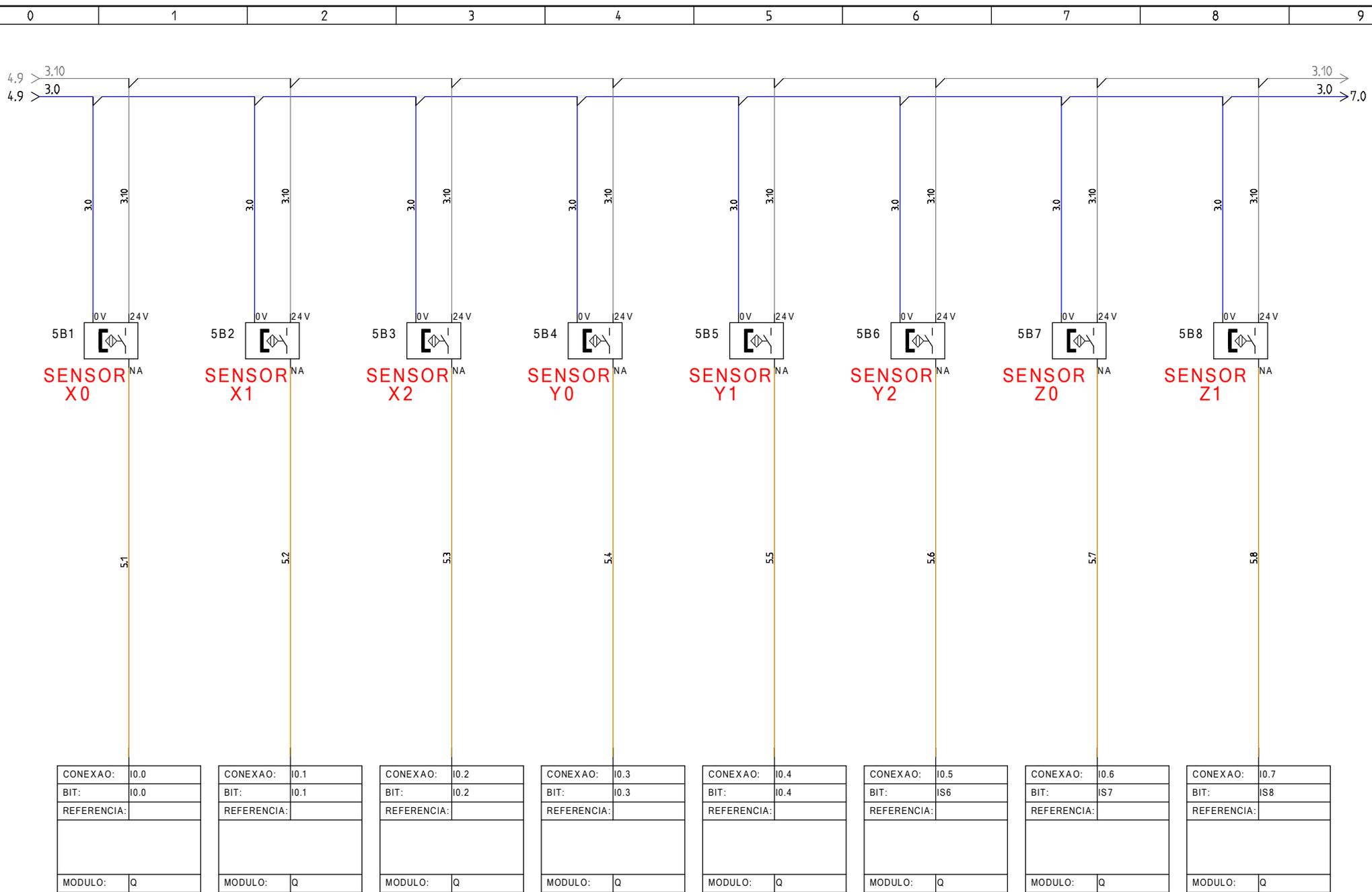
Total Folhas: **10**

Folha: **3**
 Próx. Folha: **4**

- Todos os direitos estão reservados e protegidos por lei. Nenhuma parte deste desenho deve ser apropriada, copiada, reproduzida por qualquer meio ou repassada a terceiros sem prévia autorização por escrito da SAFETYMACH



- Todos os direitos estão reservados e protegidos por lei. Nenhuma parte deste desenho deve ser apropriada, copiada, reproduzida por qualquer meio ou repassada a terceiros sem prévia autorização por escrito da SAFETYMACH

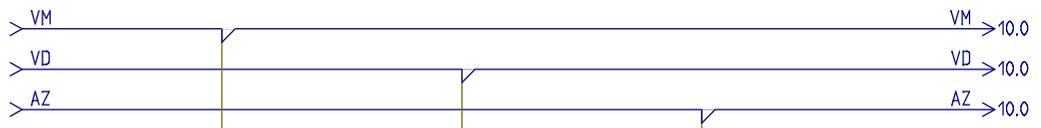


Nome do Projeto: **Esquema elétrico**
 Nome do Cliente: **IFSC**
 Fabricante:
 Descrição da Página: **ENTRADAS I0**

Data: **04/08/2014**
 Última Revisão: **22/07/2015**
 Projetista: **EQUIPE**
 Total Folhas: **10**
 Próx. Folha: **6**

Folha: **5**

- Todos os direitos estão reservados e protegidos por lei. Nenhuma parte deste desenho deve ser apropriada, copiada, reproduzida por qualquer meio ou repassada a terceiros sem prévia autorização por escrito da SAFETYMACH



CONEXAO:	I1.0
BIT:	IS1
REFERENCIA:	
VERMELHO	
MODULO:	Q

CONEXAO:	I1.1
BIT:	IS2
REFERENCIA:	
VERDE	
MODULO:	Q

CONEXAO:	I1.2
BIT:	IS3
REFERENCIA:	
AZUL	
MODULO:	Q

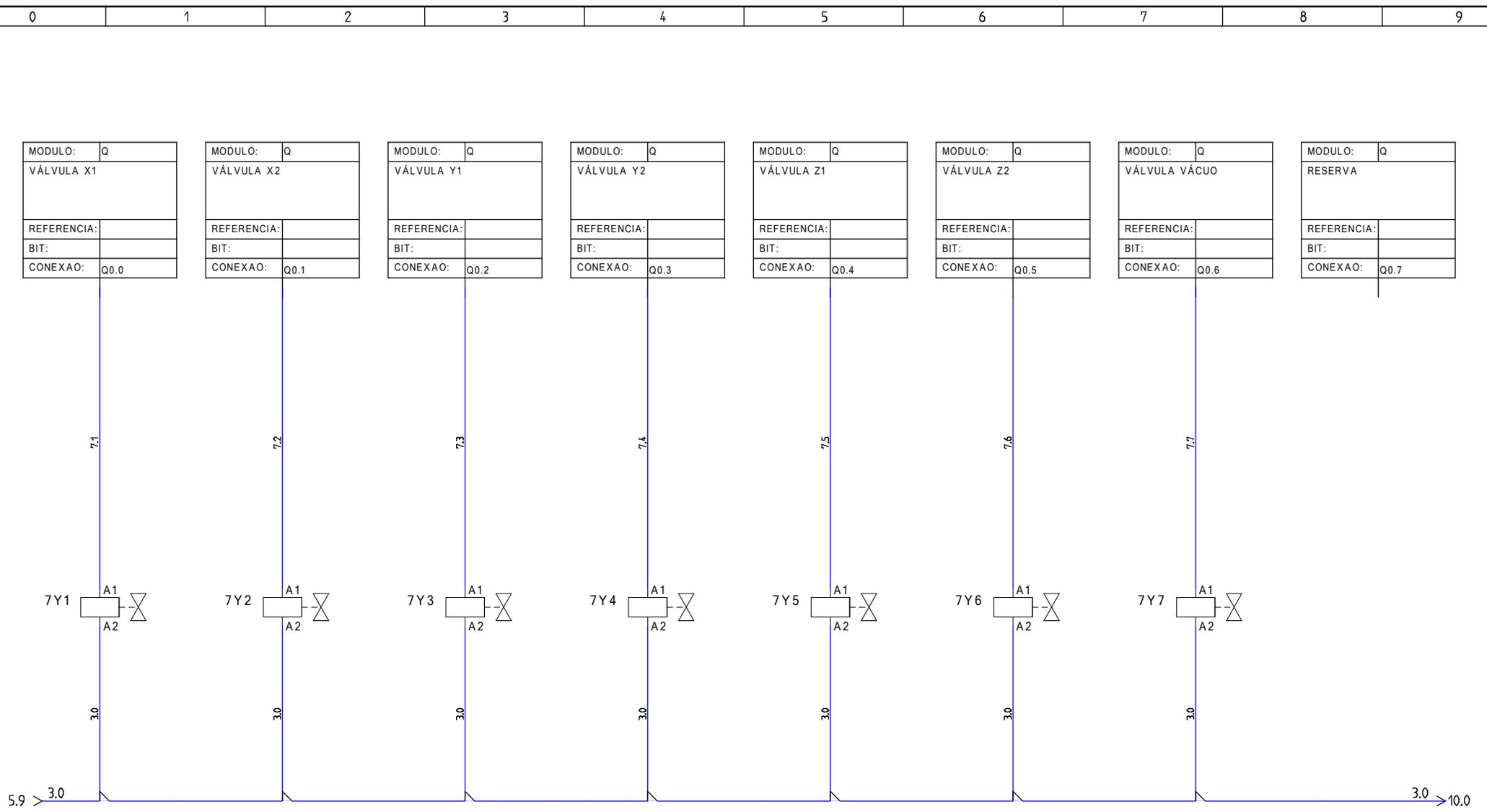
CONEXAO:	I1.3
BIT:	IS4
REFERENCIA:	
RESERVA	
MODULO:	Q

CONEXAO:	I1.4
BIT:	IS5
REFERENCIA:	
RESERVA	
MODULO:	Q

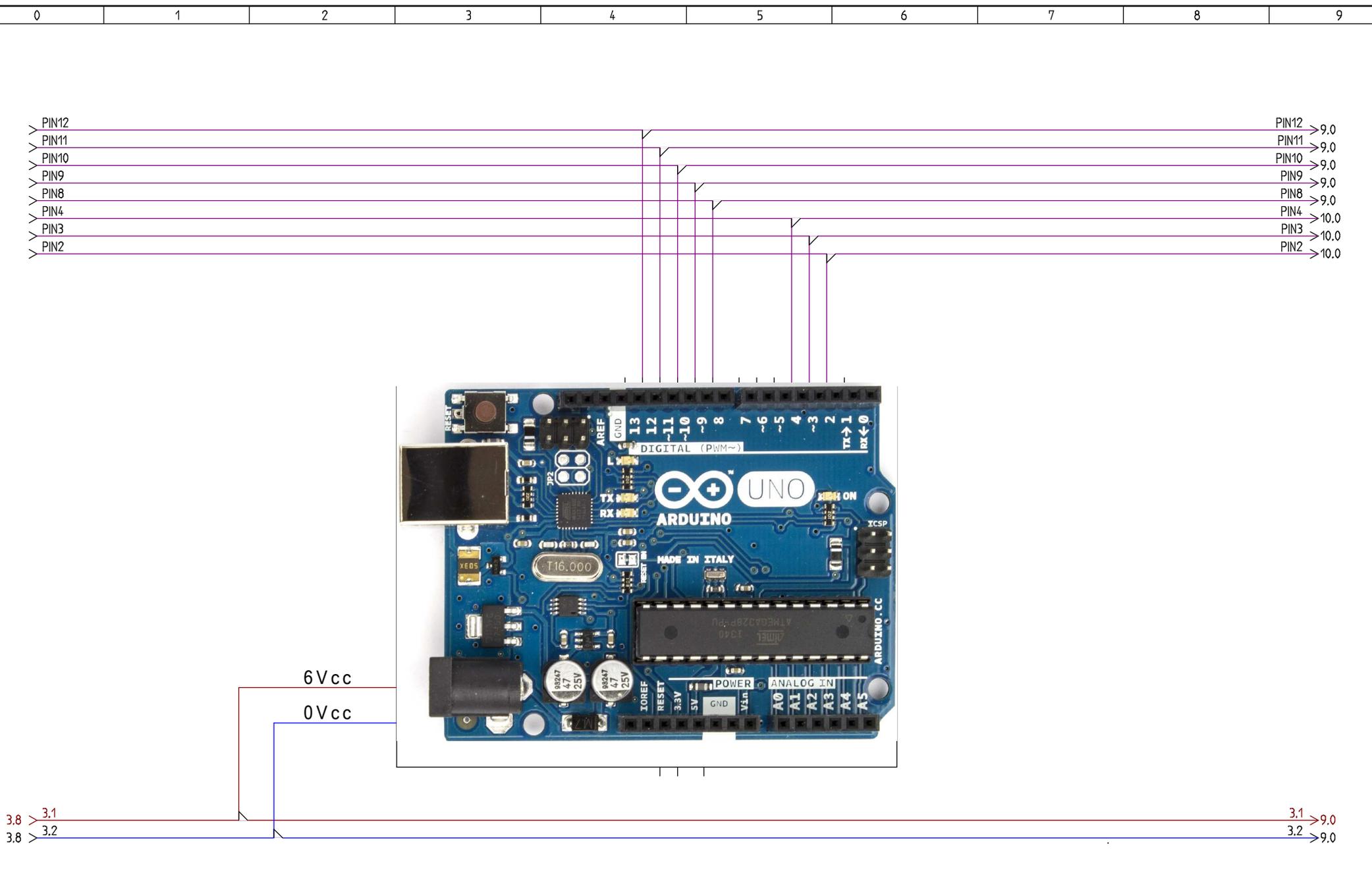
CONEXAO:	I1.5
BIT:	IS6
REFERENCIA:	
RESERVA	
MODULO:	Q



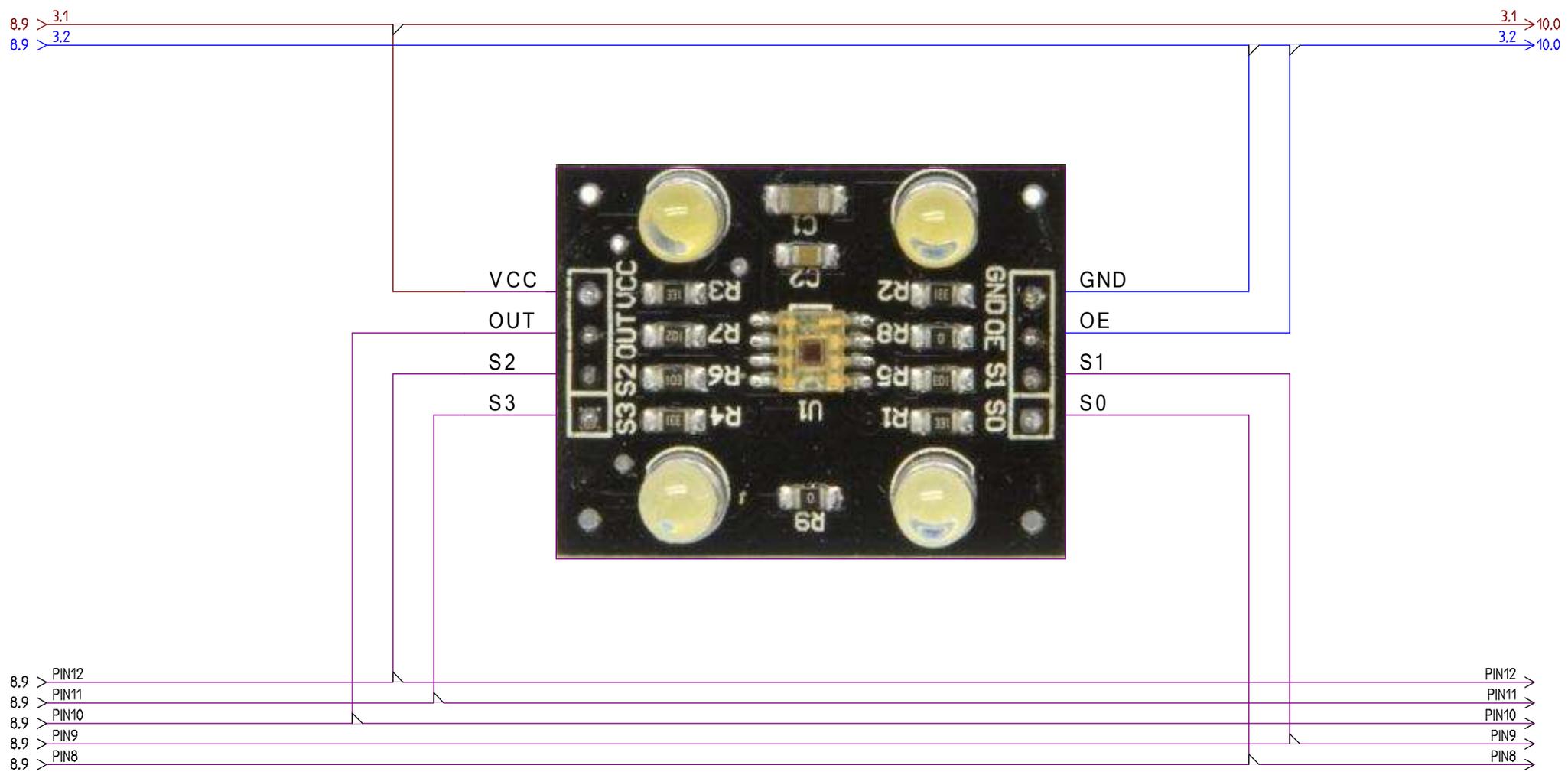
- Todos os direitos estão reservados e protegidos por lei. Nenhuma parte deste desenho deve ser apropriada, copiada, reproduzida por qualquer meio ou repassada a terceiros sem prévia autorização por escrito da SAFETYMACH



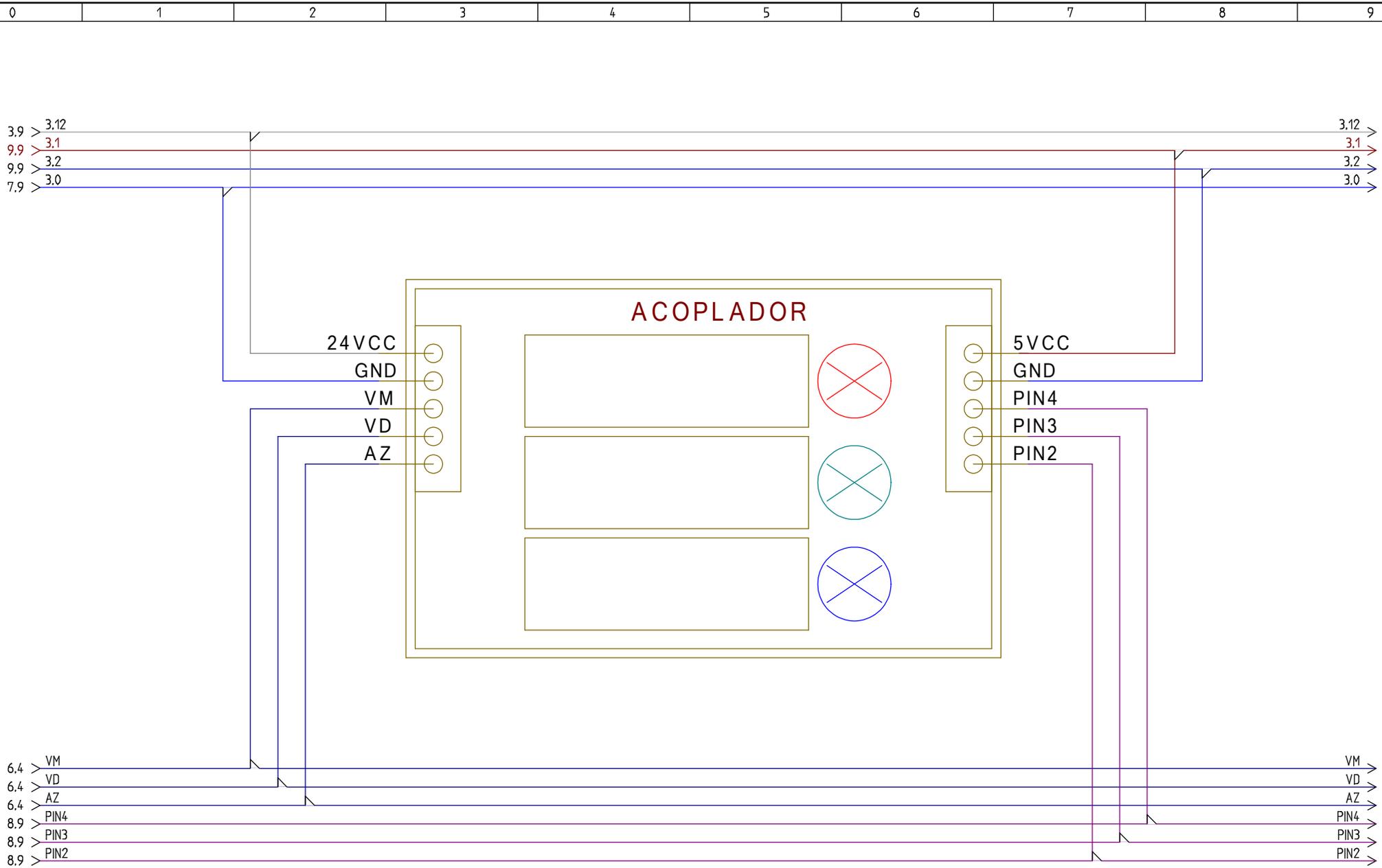
- Todos os direitos estão reservados e protegidos por lei. Nenhuma parte deste desenho deve ser apropriada, copiada, reproduzida por qualquer meio ou repassada a terceiros sem prévia autorização por escrito da SAFETYMACH



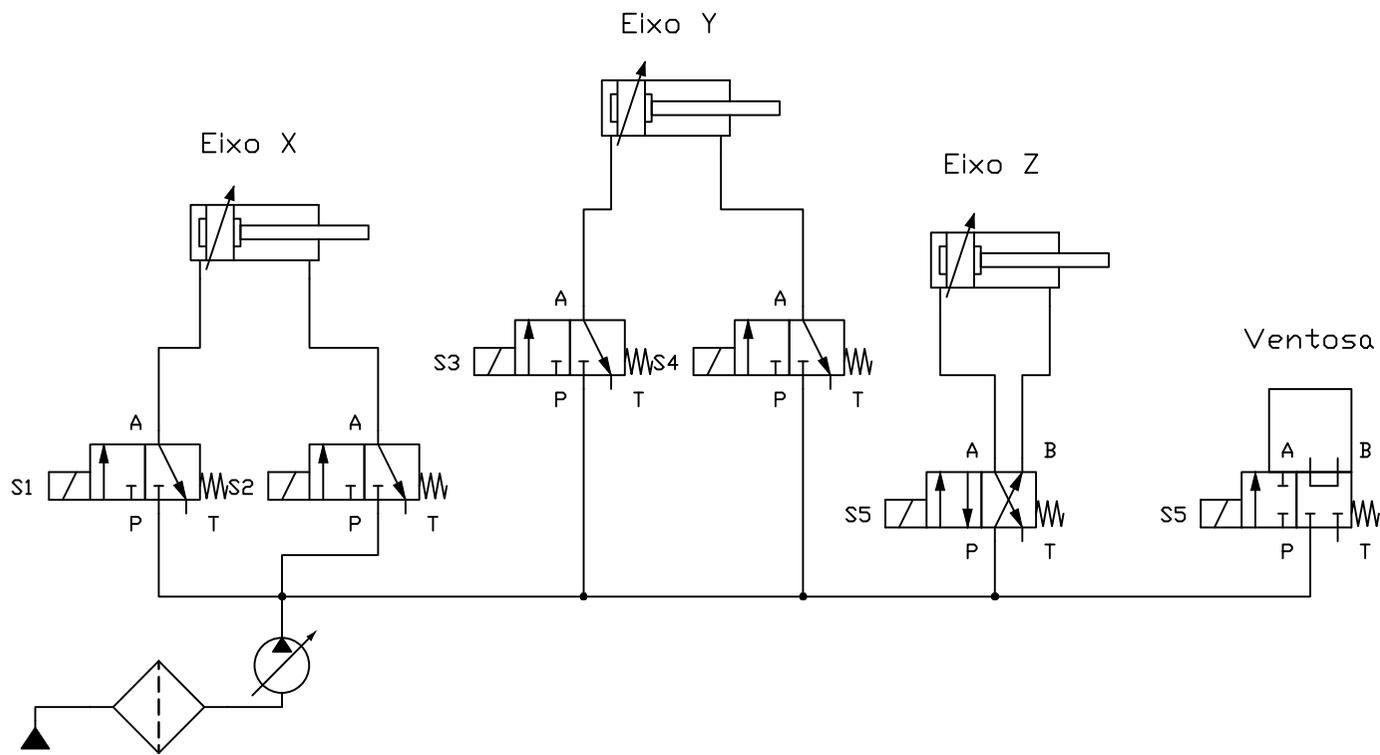
- Todos os direitos estão reservados e protegidos por lei. Nenhuma parte deste desenho deve ser apropriada, copiada, reproduzida por qualquer meio ou repassada a terceiros sem prévia autorização por escrito da SAFETYMACH



- Todos os direitos estão reservados e protegidos por lei. Nenhuma parte deste desenho deve ser apropriada, copiada, reproduzida por qualquer meio ou repassada a terceiros sem prévia autorização por escrito da SAFETYMACH



ANEXO D – Esquema Pneumático



FABRICANTE FESTO		ACABAMENTO	
DIMENSÃO / CÓDIGO	QUANTIDADE 001	DIAGRAMA PNEUMÁTICO MESA CARTESIANA XY	
PROJETO JONAS GRESCHUK	DATA 21/07/2015		
CEDENTE		PROJETO 001	Nº 001
IFSC - INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA			

F

E

D

C

B

A

8

7

6

5

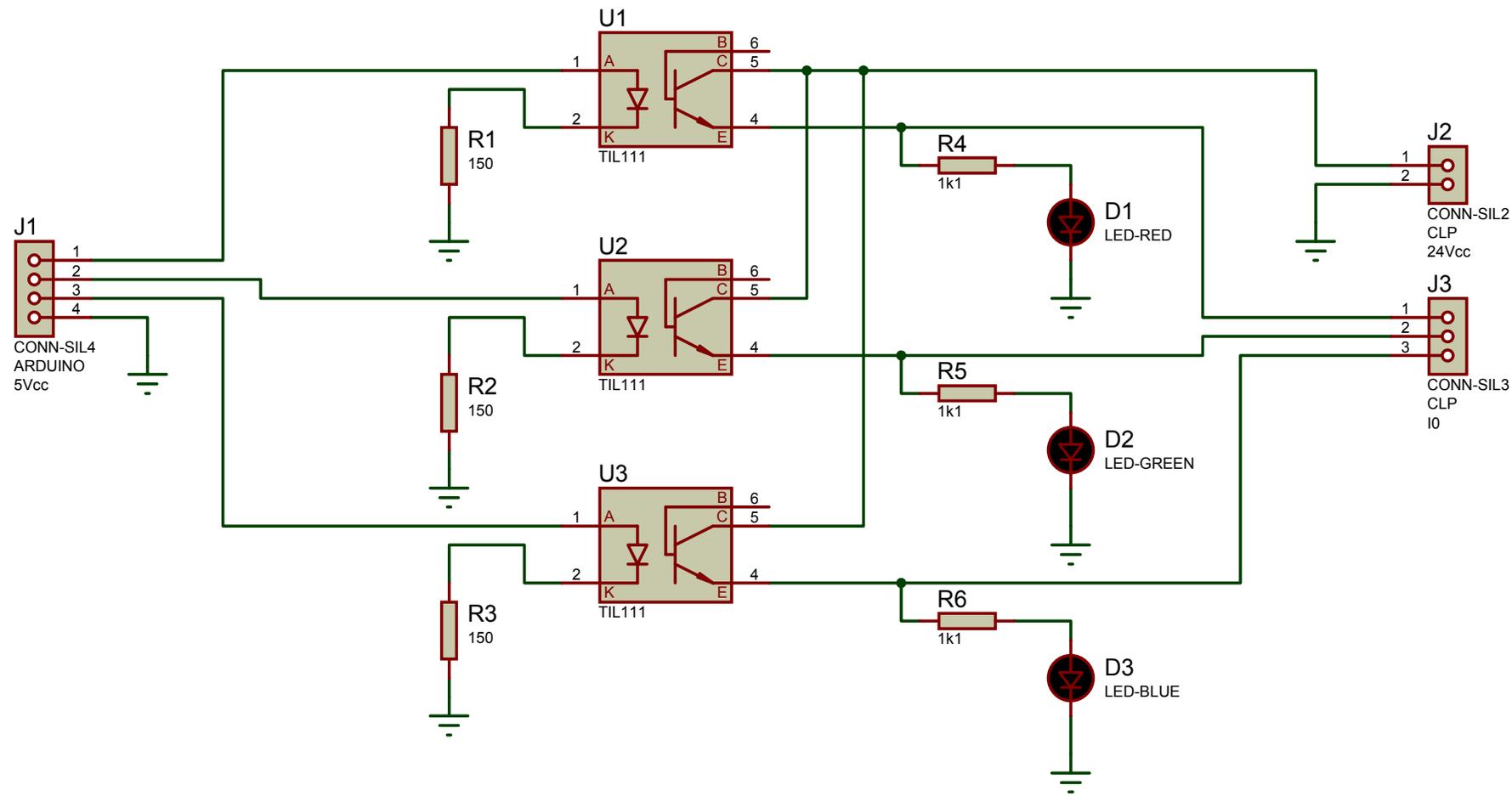
4

3

2

1

ANEXO E – Projeto eletrônico do acoplador



FILE NAME:	Acoplador Arduino/CLP	DATE:	10/08/2013
DESIGN TITLE:		PAGE:	1 of 1
PATH:		TIME:	13:37:12
BY: JONAS		REV:	

ANEXO F – Fotos do projeto realizado



Foto 1: Visão geral do protótipo
Fonte: Autores

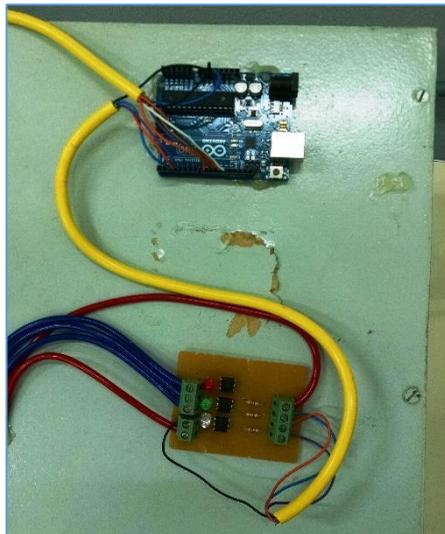


Foto 2: Arduino e acoplador
Fonte: Autores

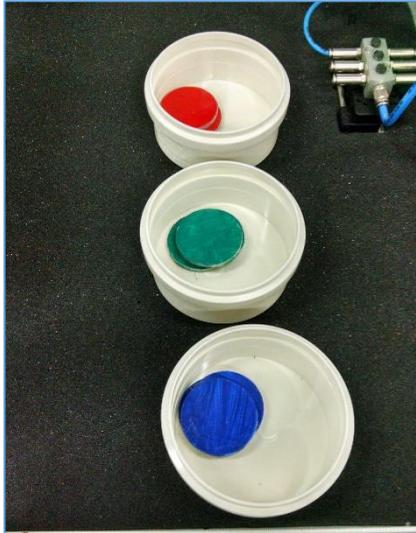


Foto 3: Baias e corpos de prova
Fonte: Autores



Foto 4: Bloco de válvulas
Fonte: Autores



Foto 5: Manipulador pneumático
Fonte: Autores



Foto 6: Cilindro com ventosa e base do sensor de cor
Fonte: Autores