

PALETIZAÇÃO AUTOMÁTICA ATRAVÉS DE BRAÇO ROBÓTICO CONTROLADA POR MICROCONTROLADOR ARDUINO

AUTOMATIC PALLETIZING BY ROBOT ARM CONTROLLED BY ARDUINO MICROCONTROLLER

LUGÃO, Anderson Cezar de A.¹
BATISTA, João Ricardo²
FRANCO, Alex Ribeiro³

Resumo: Este artigo descreve um processo de simulação de um sistema de automatização de uma paletização industrial através de um braço robótico com seis graus de liberdade e uma garra paralela controlado automaticamente por um microcontrolador AVR⁴. Este trabalho foi realizado com base nos estudos e pesquisas sobre automação de processos e robótica industrial.

Palavras-chave: Paletização. Braço Robótico. Microcontrolador.

Abstract: This article describes a process of the simulation process of an industrial palletizing automation system through a six degree of freedom robotic arm and a parallel grip automatically controlled by an AVR microcontroller. This work was carried out based on studies and researches on process automation and industrial robotics.

Keywords: Palletizing. Robotic Arm. Microcontroller.

¹ Engenheiro Eletricista - Universidade santa Úrsula - lugao.anderson@gmail.com

² Engenheiro Eletricista - Universidade santa Úrsula - jj.rr.bb.2008@gmail.com

³ Mestre Engenharia de controle e automação - UFRJ - ccenalex@gmail.com

⁴ Tipo de microcontrolador RISC de chip único com uma arquitetura Harvard modificada de 8-bit, fabricado pela Atmel.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o objetivo que as indústrias vêm buscando é na redução da mão de obra humana. Segundo um estudo realizado pela Federação das Indústrias de Comércio do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), o custo unitário do trabalho entre os anos de 2010 e 2014 subiu cerca de 11,6%. (EBC, 2017)

Em decorrência destes custos, o processo de automação surgiu como uma alternativa para este tipo de processo na qual se busca um crescimento nas indústrias e o aumento do capital investido sem perder a qualidade de seus produtos.

Um robô é definido como um manipulador multipropósito controlado manualmente ou automaticamente, podendo o braço robótico ser programável em um ou mais eixos, realizando tarefas de movimentação de peças, materiais ou quaisquer dispositivos, isto é, realiza processos de trabalho em substituição a um operador, sujeito a sofrer lesões por esforços repetitivos. (PILTAN, 2012)

A utilização do braço robótico no processo industrial contribuiu e viabilizou alguns fatores, dentre os quais alguns são citados abaixo (SILVA, 2017):

- Fatores Econômicos: Gera aumento na produção, devido este tipo de processo não gera interrupções durante o seu processo de fabricação e reduz o tempo no preparo da produção;
- Fatores Técnicos: Escalabilidade na fabricação de produtos, precisão, rapidez e força.
- Fatores Sociológicos: Preservação dos operários, ocasionando na redução do número de acidentes.

Em decorrência da crescente demanda de produção, e a necessidade de aumentar a confiabilidade e a eficiência no escoamento dos produtos que saem da linha de fabricação, foi projetado um protótipo de paletização automática, que consiste no desenvolvimento de uma esteira em conjunto com um manipulador robótico controlado por uma plataforma de prototipagem Arduino.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é simular um processo de transporte de carga por meio de um protótipo de esteira e, posteriormente, seu deslocamento em repouso através do braço robótico até o palete.

1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Construir uma esteira para simular o transporte de carga;
- Adquirir e adaptar um braço manipulador robótico específico para o propósito do projeto;
- Utilizar um hardware livre com um microcontrolador para o controle do sistema.

- Desenvolver e implementar um sistema de controle de posicionamento do manipulador robótico e da esteira em Linguagem C/C++;

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Paletização

Não existem registros precisos quanto à origem dos paletes, porém os primeiros registros remontam a utilização de empilhadeiras, onde podem ser encontrados registros de 1925 nos Estados Unidos e também nesta época no norte da Europa.

Suas primeiras aplicações foram em transporte marítimo nas operações de estiva. Registros concretos no surgimento dos paletes foram durante a 2ª Guerra Mundial (1939-1945) na qual se utilizou seis mil empilhadeiras e seis milhões de paletes. (PORTO GENTE, 2017)

No Brasil a história dos paletes é de que foram trazidos pelas indústrias automobilísticas americanas e pelos supermercados de origem francesa, sendo introduzido na década final dos anos 60 e início da década de 70.

Em meados de 1987 a ABRAS (Associação Brasileira de Supermercadistas) criou o Grupo de Palete de distribuição que se consolidou em abril de 1988.

Podemos definir a paletização num processo de organização das embalagens dos produtos, formando pilhas, obtendo um volume paralelepipedal, cuja altura é determinada pelo peso e espaço disponível de forma compacta em cima de paletes. Para promover uma melhor organização no estoque e facilitar o deslocamento da carga tanto dentro como fora do estoque. (DINO, 2017)

2.2 Robótica

A história da robótica tem como consequência alguns eventos ocorridos ao longo dos anos. No início do século XX, o principal objetivo na criação de robôs era melhorar a produtividade industrial e a qualidade dos produtos. A partir da Revolução Industrial, no século XVIII, inicia-se a evolução de novas fontes de energia, novos mecanismos e instrumentos, tornando possível a evolução das máquinas para controlar ações sequenciadas. (BELO, 2017)

Podemos dizer que o marco que originou o avanço da automação nos processos industriais foi em 1959, Devol e Joseph F. Engelberger, membros da empresa Unimation Inc. desenvolveram o primeiro robô industrial. No ano de 1962, H.A. Ernst inicia o desenvolvimento de um computador cuja função era controlar uma mão mecânica utilizando sensores para o tato.

Posteriormente existiram outros tipos de manipuladores robóticos. Como por exemplo, os mais conhecidos incluem o Braço de Stanford com atuação elétrica desenvolvida pela Universidade de Stanford, o PUMA (*Programmable Universal Machine for Assembly*) desenvolvida pela

Unimation na qual seu projeto era composto por juntas, elos e punhos e a SCARA (*Selective Compliant Articulated Robot Arm*) desenvolvida pela Universidade de Yamanash e é composto por duas juntas de rotação e uma prismática.

Os robôs industriais são sem dúvida de suma importância econômica e tecnológica. Desde a introdução dos robôs em 1961, foram instalados em todo mundo cerca de 1,25 milhões de robôs até o final de 2007, sendo a maior parte de um percentual de 65% a 80% empregados na fabricação de metal em automobilística. (PROMOTION, 2017)

Segundo dados da IFR (*International Federation of Robots*) no ano de 2011 foram comercializados cerca de 170.000 robôs para aplicação industrial dentre as quais 1.440 somente no Brasil. (FERNANDES, 2013)

Atualmente, com a crescente competitividade do mercado, o empresário buscou na automação e robótica o auxílio para contribuir no aumento da produtividade e redução de custos para ampliar seus negócios.

Um estudo realizado pela multinacional *Boston Consulting Group* revela que a evolução dos robôs industriais permitirá até 2025 um aumento de 30% na produção industrial, além de reduzir os custos em 16%.

Ainda segundo a *Boston Consulting*, os países que mais investem em automação são a Alemanha, Coreia do Sul, China, Estados Unidos e Japão. A automação do ponto de vista técnico incorpora serviços digitais para fins de produção de forma que os produtos e os estoques possam ser regularizados através de compartilhamento de dados, isto é, os processos automatizados auxiliam nos processos de produção descentralizados, transformando a produção convencional, a partir dessas novas técnicas aumentando a eficiência e agilidade, maximizando a produção e o tempo gasto, visando uma produtividade, qualidade e segurança, características geradas por este tipo de processo, permitindo uma personalização e qualidade no processo final.

O destaque para os manipuladores robóticos é nas montadoras de automóveis que emprega em serviços que exijam agilidade e periculosidade, proporcionando uma diminuição de acidentes e doenças oriundas dos trabalhos realizados nas fábricas, principalmente por esforço físico repetitivo.

2.3 Arduino

O Arduino é um projeto que foi desenvolvido na cidade de Ivrea, Itália, em 2005, formado por um grupo de cinco pesquisadores: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. Na época o objetivo era desenvolver um dispositivo que fosse acessível tanto para estudantes quanto para projetistas amadores e ao mesmo um produto que estivesse dentro do orçamento, funcional e fácil programação. Além disso, foi adotado o conceito de hardware livre, o

que significa que qualquer um pode montar modificar, melhorar e personalizar o Arduino, partindo do mesmo hardware básico. (FILIPEFLOP, 2017)

Com a finalidade experimental, o presente projeto visa desenvolver um protótipo em microescala de uma planta de um processo de paletização industrial composta por esteira e um manipulador robótico. O protótipo é uma alternativa para se coletar dados para análise de resultados, podendo ser projetada em diferentes escalas.

METODOLOGIA

A produção deste trabalho é baseada num projeto de caráter experimental com base em pesquisas bibliográficas relacionadas ao assunto abordado, tornando possível a reunião de informações teóricas e comparação de resultados.

O projeto desenvolvido demonstra um processo de paletização em conjunto com o manipulador robótico com cinco graus de liberdade e atuação com características dos manipuladores modernos.

Os princípios que levaram o desenvolvimento do projeto de paletização são:

- Um braço robótico articulado com garra, com acionamento através de comandos do tipo PWM por meio de servo-motores de alto torque e controladas por um microcontrolador AVR;
- Desenvolvimento de uma esteira por onde o produto é deslocado até sua retirada pelo braço robótico;
- Sistema automatizado de transporte de carga da esteira até uma miniatura de palete.

2.4 Características Técnicas

Inicialmente, o projeto passou pelas seguintes etapas: soluções de problemas, pesquisas, escolhas e execução. Através desse ciclo foi possível desenvolver a parte mecânica, elétrica, escolha do hardware adequado e o algoritmo de controle utilizando a programação em linguagem C/C++.

Este projeto de paletização é por ser dividido em três partes: braço robótico, protótipo de esteira miniaturizada e o algoritmo de controle, implementado através da IDE¹ do *Arduino*, um software de programação baseado em Java. A execução deste algoritmo foi possível através do hardware livre Arduino Uno, que utiliza o microcontrolador AVR ATmega 328P fazendo a leitura de dois sensores de obstáculo com a tecnologia de infravermelho que utiliza o CI LM 393 (circuito comparador) e o comando de micro servos-motores de alto torque, que possuem a função de

¹ Software conhecido como Ambiente de Desenvolvimento em Java para criação de programas baseados em linguagem C e C++.

movimenta a estrutura mecânica do braço robótico e da esteira, que foi construída 100% de materiais reciclados.

E todo o sistema é alimentado por uma fonte de alimentação de 5V/18A, reaproveitada de um computador de mesa.

A parte mecânica está dividida em três partes que são: a estrutura do Braço Robótico (que consiste no braço, antebraço e pulso), a base e a esteira.

2.5 Projeto Mecânico

Para a base do projeto foi utilizada uma peça de madeira com acabamento em verniz, que foi reaproveitada a partir de uma cômoda desmontada e foi idealizada para acomodar todos os componentes que integram o projeto e ter uma grande área de apoio relativa ao volume de atuação do braço, proporcionando assim equilíbrio e a fixação dos componentes na estrutura. Basicamente, foi construído um retângulo vazado de 58,5 cm de comprimento x 48 cm de largura x 1,6 cm de espessura.

Toda a estrutura do braço robótico, incluindo os eixos é construído em aço inoxidável com uma espessura de 1,3 mm. Este tipo de material suporta uma carga considerável, sem que haja uma distorção na sua estrutura. Pode-se ter um alcance de até 25 cm e seu peso total é de 1,3 kg.

Figura 1 - Estrutura e movimentos realizados pelo braço robótico adquirido

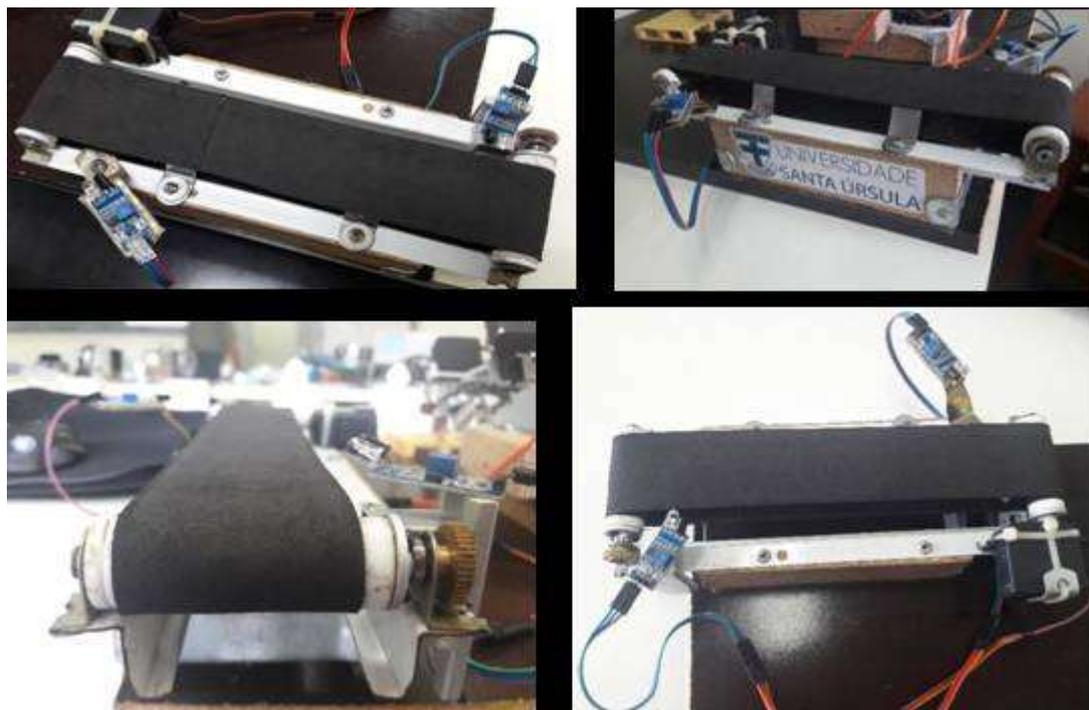


Fonte: GARCIA, 2013

Uma esteira transportadora consiste em duas ou mais polias, que movimentam uma superfície onde determinados materiais ou objetos são transportados. Ela é muito usada principalmente nas indústrias. (AISHACK, 2017)

A esteira (Figura 2) que está sendo apresentada neste projeto é um produto piloto desenvolvido por nós para trabalhar em conjunto com o microcontrolador Arduino. Este produto foi confeccionado em madeira reciclada, carretéis de linha que funcionam com eixo, esteira em papel EVA, trilhos de gaveta reciclado para suporte da esteira, e apoio das peças por meio de um pedaço de antena e peças de alumínio retiradas de um *pendrive*. Suas dimensões são: 25 cm de comprimento, 9 cm de largura e 6,5 de altura.

Figura 2 - Visão em vários ângulos da esteira já montada



Fonte: Autor

3 ACIONAMENTO

O servo-motor é uma máquina eletromecânica ou mecânica que apresenta movimento proporcional a um comando, como dispositivos de malha fechada, isto é, recebem um sinal de controle; que verifica a posição atual para controlar o seu movimento indo para a posição desejada com velocidade monitorada. (AISHACK, 2017)

Em contraste com os motores contínuos que giram indefinidamente, o eixo do servo-motor possui a liberdade de aproximadamente 180°, mas são precisos quanto à sua posição. Para isso possuem três componentes básicos:

- **Sistema atuador** - o sistema atuador é constituído por um motor elétrico, embora também possa encontrar servos com motores de corrente alternada, a maioria utiliza motores de corrente contínua. Também está presente um conjunto de engrenagens que forma uma caixa de redução com uma relação bem longa o que ajuda a amplificar o torque. O tamanho, torque e velocidade do motor,

material das engrenagens, liberdade de giro do eixo e consumo de energia são características-chave para especificação de servo-motores.

- **Sensor** - o sensor normalmente é um potenciômetro solidário ao eixo do servo. O valor de sua resistência elétrica indica a posição angular em que se encontra o eixo. A qualidade desses vai interferir na precisão, estabilidade e vida útil do servo-motor.

- **Circuito de controle** - o circuito de controle é formado por componentes eletrônicos discretos ou circuitos integrados e geralmente é composto por um oscilador e um controlador PID (controle proporcional integrativo e derivativo) que recebe um sinal do sensor (posição do eixo) e o sinal de controle aciona o motor no sentido necessário para posicionar o eixo na posição desejada.

Os servo-motores possuem três fios de interface: dois para alimentação e um para o sinal de controle. O sinal de controle utiliza o protocolo PWM (do inglês, modulação por largura de pulso) que possui três características básicas: largura mínima, largura máxima e taxa de repetição (frequência).

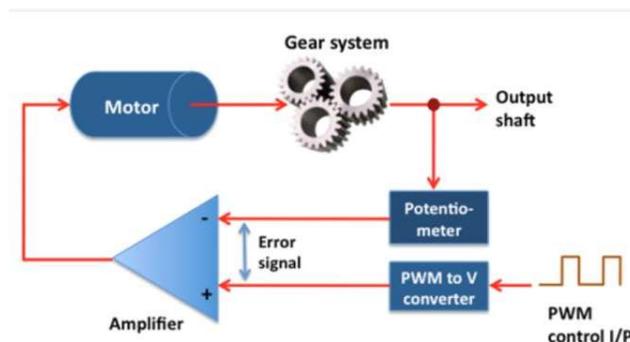
Na figura 3 podemos visualizar partes dos componentes principais de um servo-motor e na figura 4, um exemplo básico de como é realizado o seu controle.

Figura 3 - Atuador, Sistema de sensor e Circuito de Controle de um servo-motor



Fonte: Autor

Figura 4 - Ilustração do sistema de controle de um servo motor e o sinal PWM



Fonte: embedded-lab (2017)

O braço robótico utilizado neste projeto possui dois servo-motores modelos KS-3518 (figura 5) e três servo-motores modelo Tower Pro Modelo MG995G (figura 6) e seu tipo de atuação é direta, isto é, o servo-motor está acoplado nas juntas do braço, não sendo necessário o uso de mecanismos de transmissão.

Figura 5 - Servo Modelo KS-3518



Fonte: ROBU (2017)

Figura 6 - Servo Modelo MG 995G



Fonte: ROBU (2017)

4 CONTROLE

Um sistema mecatrônico tem como elemento básico para seu funcionamento o controlador. Em ambientes industriais é comum a utilização de CLPs (Controladores Lógicos Programáveis), equipamentos mais robustos capazes de suportar situações mais extremas como altas temperaturas, exposição à poeira e ambientes eletromagnéticos. (SILVA, 2007)

Um microcontrolador é um circuito integrado composto internamente por um microprocessador, que é programado para executar funções específicas, parecido com a de um computador. Apresentam na sua estrutura interna além do processador já descrito acima, circuitos com capacidade de armazenamento e memória e portas para periféricos de entrada e saída entre outros.

O controle geralmente é realizado por meios de um sistema composto por software e hardware. Este tipo de sistema processa os sinais e converte em uma ação ao qual foi programado. O software é desenvolvido em um computador pessoal e enviado ao microcontrolador.

4.1 Microcontrolador Atmega 328P

O Arduino é uma placa Microcontroladora baseado no Atmega 328. Este microcontrolador é de 8-bits da família AVR produzido pela Atmel, possui 28 pinos e portas com conversor analógico-digital de 10 bits, sendo este o principal componente do Arduino, considerado o coração da placa. (ROBOLIV.RE, 2017)

O Arduino é uma plataforma Open Source (“Hardware livre”) isto é, uma plataforma aberta de computação composta por uma placa eletrônica com entradas e saídas, havendo a possibilidade de

se conectar com sensores e servos-motores externos, facilitando na elaboração de protótipos e ambiente de desenvolvimento próprio em linguagem C e C++.

A placa microcontroladora utilizada neste projeto foi o Arduino UNO e a mesma é capaz de receber sinais de sensores e converter essas informações para controlar o acionamento de motores, LEDs, servos ou qualquer outro atuador. Apresenta 14 pinos de entrada/saída digitais (dos quais seis podem ser usados como saídas PWM), seis entradas analógicas, um cristal oscilador de 16 MHz, uma conexão USB, uma entrada de alimentação uma conexão ICSP e um botão de reset. (BANZI, 2011)

Figura 7 - Pinagem Atmega328

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT8/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

Fonte: Arduino (2017)

Figura 8 - Placa Arduino



Fonte: Arduino (2017)

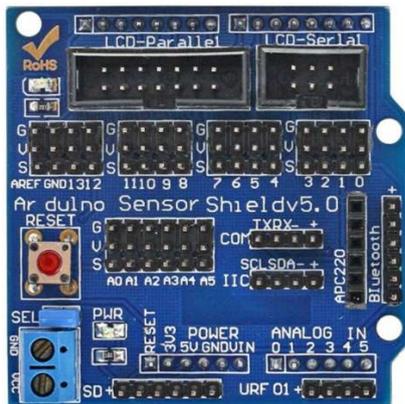
4.2 Arduino Sensor Shield

O Arduino Sensor *Shield* foi desenvolvido para ser um extensor de entradas e saídas com diversos conectores do Arduino. Pode ser utilizado como fonte para servo motor, já que o *driver* é capaz de controlar a alimentação dos servos motores sem que haja redução da sua capacidade e conseguindo suprir a corrente necessária para todos os equipamentos. Tal corrente é suprida por uma fonte estabilizada de 18A, corrente suficiente para alimentar toda a carga consumida pelo sistema. (ROBU, 2017)

O modelo utilizado em nosso projeto foi o Arduino sensor *shield* versão 5.0.

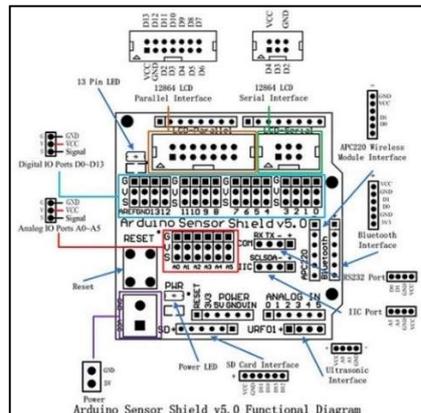
Para tornar mais fácil e padronizada suas ligações juntamente ao Arduino, o Sensor Shield V.5 apresenta tanto entradas e saídas digitais como entradas analógicas e estão dispostas em barramento tipo alimentação-sinal de 3 pinos. Como podemos observar na figura 8, as letras G, S e V referem-se a: **G** (Gnd=0 V), **S** (sinal digital de acionamento vindo do Arduino) e o **V** (Tensão de +5 V da alimentação).

Figura 9 - Sensor Shield



Fonte: ROBU (2017)

Figura 10 - Sensor Shield



Fonte: ROBU (2017)

4.3 Sensor de Obstáculo

Um sensor é um dispositivo que responde a um estímulo físico/químico de maneira específica e que pode ser transformado em outra grandeza física para fins de medição e/ou monitoramento.

Este sensor de obstáculo é baseado no sistema de reflexão de luz infravermelha. Ele possui um LED emissor de infravermelho e um fotodiodo apontando para o mesmo lado, quando algum obstáculo/objeto passa no ângulo de reflexão dentro da distância ajustada, o sensor indica tal situação colocando a saída em nível lógico BAIXO.

O circuito de filtro/controla é baseado no circuito integrado amplificador operacional LM393.

Ao detectar um obstáculo, um LED verde na placa acende e saída vai para nível lógico BAIXO (Quando a saída está em nível lógico baixo, quer dizer que o sensor detectou um obstáculo).

O sensor possui um trimpot para ajuste da distância de detecção que pode ficar entre 2cm ~ 30cm. Esta distância, mesmo após ser ajustada pelo trimpot poderá ser diferente dependendo do tamanho e cor do obstáculo

É compatível com 3.3V e 5V, podendo ser conectado diretamente à porta do microcontrolador (Arduino, PIC e outros).

Para nosso projeto foi utilizado dois sensores de obstáculo na esteira, com a função de chaveamento para corrente do servo motor utilizada para movimentar a superfície da esteira (figura 9).

Figura 11 - Sensor de Obstáculo Infravermelho IR LM393



Fonte: Instituto Digital (2017)

4.4 Programação

O algoritmo foi desenvolvido em linguagem C/C++ utilizando a biblioteca de *Servo* já inclusa na IDE do Arduino e demais funções de variáveis criadas pelos próprios autores.

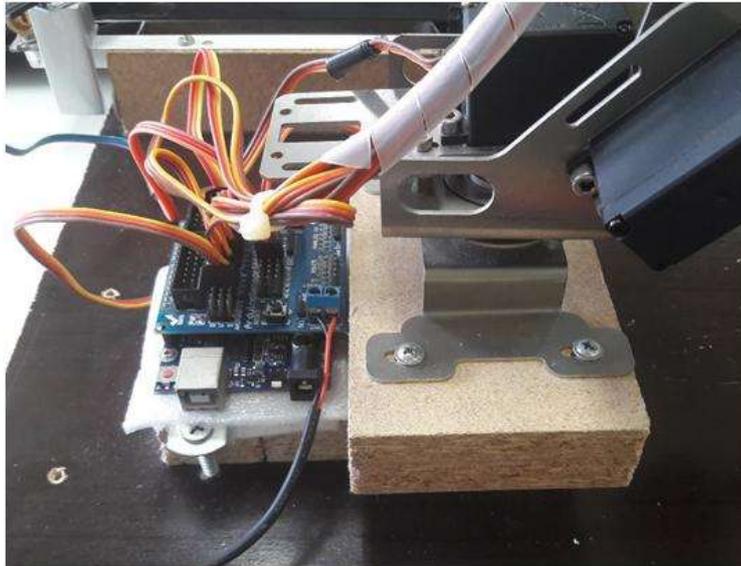
O algoritmo desenvolvido pode ser dividido em 5 partes:

- **Declaração das variáveis** – atribuição de variáveis aos sensores e servo motores e mapeamento dos seus respectivos pinos de entrada e saída do Arduino. Essas variáveis serão utilizadas ao longo do programa.
- **Posição inicial do braço e da esteira** – por meio da função *void setup*, foi configurado a posição inicial do braço e da esteira. Essa é a posição no momento em que o sistema é ligado.
- **Funções de movimento suave** - Define um valor de início e fim incrementando ou decrementando 1° grau dependendo da posição em definida na função *void loop*. E a cada incremento ou decremento de posição é realizado após um tempo de espera entre 10 à 30 ms (milissegundos), fazendo com que o movimento do braço robótico seja suave.
- **Funções de manipulação** - responsável por dar as posições de origem e destino do braço. Nesse projeto, foi implementado posição inicial, intermediária e final. As funções são declaradas antes da compilação do código e serão utilizadas para determinar as posições do braço robótico.
- **Posicionamento do braço** – e por fim, a função *void loop*. É a parte mais importante do código pois é ela que possibilita a escolha das posições em que o braço fará para coletar a peça e transportá-la até o palete. Nesse projeto foi implementado três posições: origem, destino e centro.

5 MONTAGEM E FUNCIONAMENTO

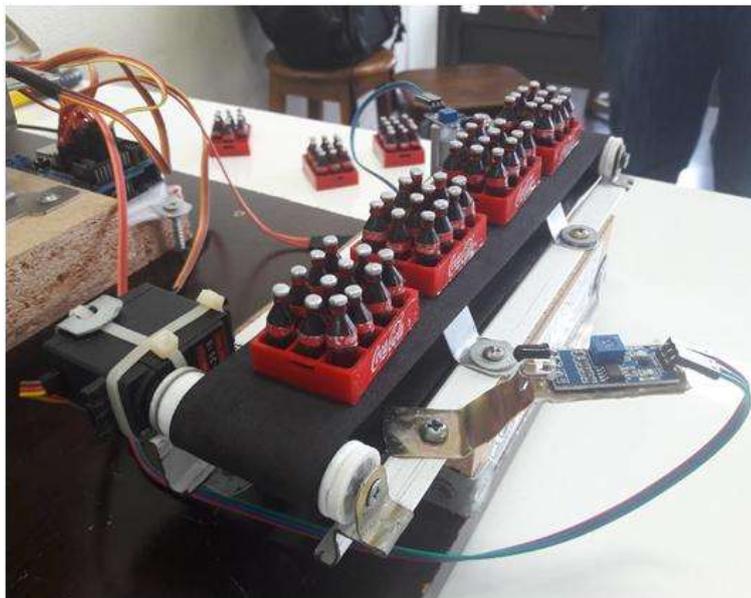
Os primeiros testes de funcionamento foram realizados no braço robótico para certificar se não estava apresentando problemas nas suas articulações e/ou nos servo-motores. Após os testes iniciou-se a montagem física do manipulador robótico e da esteira na base. Em seguida foi realizada a interligação dos servos-motores e sensores no Sensor Shield, que já estava acoplado no Arduino Uno. Por fim foi realizada a alimentação elétrica do circuito eletrônico e dos servo-motores do braço e da esteira separadamente. Isso garante que a potência gerada por estes dispositivos não cause “ruído” no sinal lógico que controla os componentes. Somente após a montagem é que foi possível os testes e a implementação do algoritmo de controle especificado no item 5.

Figura 12 - Fixação do Braço e do hardware



Fonte: Autor

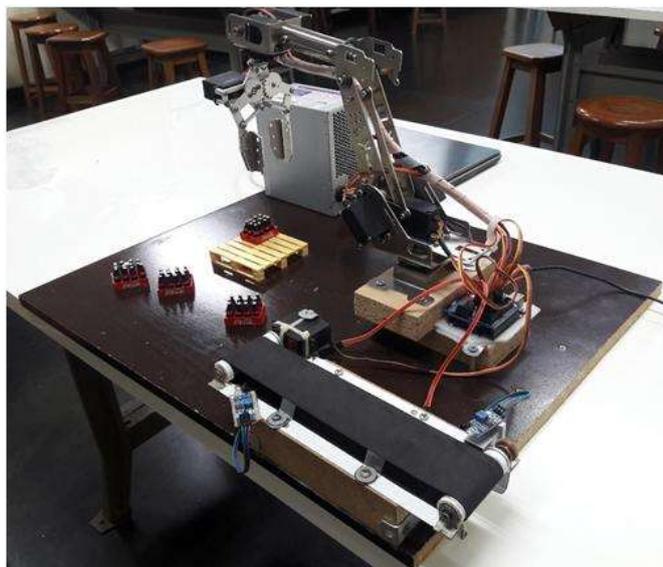
Figura 13 - Posição da Esteira



Fonte: Autor

O processo de paletização automática foi montado sobre uma base com todos periféricos citados acima.

Figura 14 - Montagem final do Projeto



Fonte: Autor

A simulação consistiu em pegar o engradado que se encontrava na esteira e movimentá-lo até o palete, e voltar para posição central (repouso).

Este projeto pode simular um processo industrial de paletização, sendo capaz de realizar programações e adaptações em todo o sistema antes de ser aplicado. Profissionais que trabalham com desenvolvimento de sistemas de automação reconhecem a importância de realizar testes com protótipos, mesmo que em escala reduzida, antes de realizar a um projeto em grande escala.

6 RESULTADOS

O protótipo do processo de paletização automática através do braço robótico que foi desenvolvido atendeu aos objetivos iniciais do projeto, apresentando uma estrutura similar àqueles que são utilizados na indústria. Esse protótipo demonstrou-se aplicável como base para futuros estudos no desenvolvimento de projetos de prototipagem com a finalidade de desenvolver estratégias para melhor os processos em escala industrial. Não há dúvida que o projeto abriu oportunidades para fins didáticos à temas relacionados à robótica e automação de processos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sobre o braço robótico, podemos dizer que sua parte estrutural atendeu bem a proposta elaborada desde o começo do projeto e o seu sistema de controle o mesmo.

Durante este projeto foram localizadas algumas dificuldades, principalmente por na confecção e montagem da esteira, devido à dificuldade em se adaptar matérias reciclados para funcionar em

conjunto com o servo-motor e nivelamento da esteira, visto que o objeto deveria estar sempre centralizado para que fosse possível se coletado pela garra do braço robótico.

Após a finalização deste projeto, é possível sugerir outros tipos de protótipos a partir deste, como a inclusão de um sensor de cores RGB para identificação de um objeto com defeito ou com peças faltantes e um junto com um sistema de descarte, onde o objeto identificado sairia da linha de coleta para outra esteira onde seria corrigido o defeito. Esse é só um exemplo das várias possibilidades na criação de projetos de automatização.

REFERÊNCIAS

AISHACK. Disponível em: <<http://aishack.in/tutorials/servo-motors/>> Acesso 08 nov.2017.

ARDUINO. Disponível em: <http://www.atmel.com/images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328p_datasheet_complete.pdf> Acesso 15 mai 2017.

BANZI, Massimo. **Primeiros passos com o Arduino**. São Paulo: Novatec, 2011.

BELO, Marcus Vinicius. **Projetos. Braço Robótico. 2016**. Disponível em: <<http://www.mecatronizando.com.br/2016/08/projetos-braco-robotico.html...> introdução > Acesso em : 29 out.2017.

EBC. **Custo do Trabalho na indústria brasileira sobe 11,6% entre 2010 e 2014**. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2014-12/custo-do-trabalho-sobe-116-na-industria-brasileira-entre-2010-e-2014>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

DINO. **O que é paletização de cargas?**. 2016. Disponível em:<<http://www.dino.com.br/releases/o-que-e-paletizacao-de-cargas-dino890112579131>> Acesso em: 01 nov.2017.

Embedded-lab. **Funcionamento servo motor e o sinal PWM**. Disponível em <<http://embedded-lab.com/>> Acesso em: 29 nov. 2017

FILIPEFLOP. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>> Acesso em: 02 nov.2017.

FERNANDES, Guilherme. **Exploração de ambientes não estruturados através de manipulador robótico implementando controlador de impedância com parâmetros variáveis**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

GARCIA, Rafael V. **Projeto de robô manipulador com cinco graus de liberdade, Controlador via interface gráfica e comunicação serial**. 2013. 80f. Dissertação de Bacharelado- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

INSTITUTO DIGITAL. **Sensor de Obstáculo Reflexivo Infravermelho - Lm393**. Disponível em <<http://www.institutodigital.com.br/pd-21d0eb-sensor-de-obstaculo-reflexivo-infravermelho-lm393.html?ct=&p=1&s=1>> Acesso em: 29 nov. 2017

PILTAN, Farzin et al. PUMA-560 robot manipulator position sliding mode control methods using MATLAB/SIMULINK and their integration into graduate/undergraduate nonlinear control, robotics and MATLAB courses. **International Journal of Robotics and Automation**, v. 3, n. 3, p. 106-150, 2012.

Porto Gente. **Palete (Conceito Histórico)**. Disponível em: <<https://portogente.com.br/portopedia/72925-palete-conceito-historico>> Acesso em: 27 nov. 2017.

PROMOTION. **Robôs que batem metas: veja a relação da automação e da produtividade.** Disponível em: <<http://www.group-promotion.com/robos-que-batem-metas-veja-a-relacao-da-automacao-e-produtividade/>> Acesso em: 27 nov. 2017.

Roboliv.re. **Microcontroladores.** Disponível em: <<http://www.roboliv.re/conteudo/microcontroladores>> Acesso em 29 nov. 2017.

ROBU. **Sensor Shield V5.** Disponível em: < <https://robu.in/product/sensor-shield-v5-expansion-board-arduino/> Acesso em: 02 nov. 2017.

ROBU. **TowerPro MG995 Servo.** Disponível em:< <https://robu.in/product/towerpro-mg995-metal-gear-servo-motor/> > Acesso em: 03 nov. 2017.

SILVA, Jobson Francisco da. **Construção e controle inteligente de um manipulador robótico com dois graus de liberdade** – Natal, RN, 2012, p. 24. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/handle/123456789/15419>>. Acesso em: 29 nov. 2017

SILVA, Renato A. **Programando Microcontroladores PIC: Programação em Linguagem C.** São Paulo. Editora: Ensino Profissional, 2007.