

DISPOSITIVO DE IDENTIFICAÇÃO PARA SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO

Hebert Denes Deggerone de Quevedo¹

Flávio Numata Junior²

RESUMO

A automação industrial está intimamente ligada e presente em uma sociedade que se depara com avanços tecnológicos e novos desafios diariamente. A automação se faz cada vez mais necessária, pois em algumas tarefas a serem realizadas, a presença humana se torna difícil e, ou quase impossível. Baseado neste aspecto, há a necessidade de realizar tarefas com maior precisão e eficiência, deste modo, abre-se espaço para implementação de sistemas de automação que passam a fazer parte do cotidiano para facilitar as diversas situações e tarefas. O presente artigo tem como objetivo desenvolver um protótipo para identificação e sequenciamento de linha de produção de forma automatizada. Este artigo foi elaborado sob a metodologia de pesquisa exploratória com fins aplicados e se compõe de uma revisão do referencial teórico, projeto e construção do protótipo para que possa simular o ambiente de uma indústria. Uma contribuição recorrente é o seu uso didático para os alunos dos cursos de engenharias. No que diz respeito ao resultado esperado, este dispositivo visa facilitar o aprendizado em desenvolvimento de projetos, execução e construção de protótipos e, também, como um projeto aberto ao estudo e a novas implementações e funcionalidades. Com este dispositivo será possível explorar de inúmeras formas diferentes os conteúdos teóricos aprendidos na sala de aula para serem aplicados na prática, simulando linhas de produção e de sequenciamento industrial.

Palavras-chave: Sequenciamento da Produção. Identificação por Sensores. Simulação de Produção.

¹ Aluno do 4º período do curso de Engenharia Mecânica da FAE Centro Universitário. Bolsista do Programa de Apoio à Iniciação Científica (PAIC 2016/2017). *E-mail*: hdenes@live.com

² Doutorando em Engenharia Mecânica e de Materiais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR na área de Fabricação e Manufatura e linha de pesquisa em Projeto Integrado para Manufatura. Coordenador dos cursos de Engenharia de Produção e Mecânica da FAE Centro Universitário. *E-mail*: flavio.numata@fae.edu

INTRODUÇÃO

Atualmente, em função da concorrência de mercado as empresas buscam sempre alternativas de inovação com melhorias dos processos produtivos como melhoria dos equipamentos industriais. De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002), o mercado visa produtos que atendam características como qualidade, preço e prazo de entrega.

Para atender estas características, a automação industrial, está presente nos processos produtivos industriais e ligada aos sistemas de controle e de qualidade. Pode-se citar sua importância em algo desenvolvido pelo homem para o seu próprio bem e evolução, visto que a automação industrial vem livrando o homem de ações repetitivas, ambientes perigosos, ambientes insalubres, prejudiciais à saúde e grandes esforços físicos, assim alocando as máquinas para tais responsabilidades.

O objetivo geral desta pesquisa científica é desenvolver um dispositivo automatizado para o sequenciamento da produção. O experimento foi projetado com a utilização de materiais e peças recicladas para reduzir os custos do protótipo, mas visando a qualidade e durabilidade.

Este projeto, poderá haver a integração entre a teoria e a prática, desde a revisão da literatura até a construção final do protótipo. Além disso, este projeto tem uso didático, podendo outros alunos aplicar os conhecimentos adquiridos dentro da sala de aula neste dispositivo. Há a possibilidade de os alunos programarem o dispositivo de inúmeras formas diferentes para simular o ambiente de uma indústria com itens utilizados na automação industrial atual, contudo em menor escala.

1 SENSORES

Dispositivos que são amplamente utilizados na automação industrial e que podem transformar variáveis físicas, como posição, velocidade, temperatura, nível, pH, dentre outras variáveis convenientes aplicadas a uma necessidade específica (MORAES E CASTRUCCI, 2010).

Os sensores são componentes mais utilizados no mundo da eletrônica. Estão presentes no dia a dia de variadas situações que precisam ser controladas, analisadas e identificadas. Além disso, constituem toda a base da automação industrial predial ou comercial.

Em automação industrial, o objetivo principal é comandar eventos de forma lógica, como por exemplo a chegada de um objeto a uma esteira em uma linha de

produção seriada. Há alguns sensores que em sua amplitude de sinal elétrico de saída reproduz a amplitude do sinal de entrada, chamados de sensores de medição ou ainda transdutores, cujo sua utilização é fundamental no controle dinâmico dos processos de alimentação ou realimentação de linhas de produção (MORAES, 2010).

Os sensores podem ser divididos em duas grandes classes: sensor de contato mecânico e sensores de proximidade, ou seja, o primeiro precisa que tenha contato entre o objeto a ser verificado, já o segundo não é necessário.

1.1 SENSORES DE CONTATO MECÂNICO

É preciso que se tenha força entre o objeto e o sensor para que se tenha a detecção do objeto desejado. A chave de contato é um exemplo de sensor de contato mecânico. Este dispositivo eletromecânico pode apresentar diversas formas, cada uma apropriada de acordo com a necessidade do objeto, assim, por exemplo, quando um objeto entra em contato físico com o atuador o dispositivo opera os contatos para abrir ou fechar uma conexão elétrica.

Estes dispositivos devem apresentar estrutura reforçada para que possam suportar esforços mecânicos repetitivos decorrente do contato com os objetos que devem ser monitorados (THOMAZINI, 2011).

1.1.1 Aplicações

Dentre muitas áreas, possui a maioria para indicar o fim de alguma etapa, ou ainda, mais conhecido por “fim de curso”. Este sensor não exige muitos cuidados, desde que siga as recomendações do fabricante garantindo a vida útil do mesmo.

1.2 SENSORES DE PROXIMIDADE

Segundo Thomazini (2011), os sensores de proximidade têm objetivo detectar algum objeto desde que esteja próximo ao sensor. Os sensores de proximidade apresentam maior flexibilidade na solução de problemas de instalação quanto pelo menor desgaste em uso, o que gera uma maior confiabilidade comparado aos sensores de contato mecânico.

Os sensores de proximidade podem operar com vários princípios físicos e podem detectar a proximidade, a presença ou a passagem de corpos sólidos, líquidos ou gasosos. Geralmente são eletroeletrônicos e pouco sensíveis a vibrações mecânicas.

1.2.1 Aplicações de Sensores de Proximidade Magnéticos

Segundo Karvinen (2014), entre algumas aplicações pode ser citado a medida de velocidade de rotação de eixos, sistemas de contagem, sensores de portas, posição de peças, dentre várias outras variáveis.

Basicamente há cinco tipos de sensores sem contato, ou seja, discretos:

1.3 SENSORES INDUTIVOS

Próprios para objetos metálicos, pois, detecta alterações eletromagnéticas. Estes sensores utilizam corrente induzida por campo magnético com o objetivo de detectar objetos metálicos por perto. Nestes sensores há uma bobina (indutância) para gerar um campo magnético de alta frequência.

Estes sensores detectam vários tipos de metais e podem detectar o objeto a vários centímetros de distância, tudo isso por causa do seu gerador de campo magnético oposto ao campo magnético original do objeto (MORAES E CASTRUCCI, 2010).

1.4 SENSORES CAPACITIVOS

Karvinen, (2014) menciona que os sensores capacitivos são similares aos sensores indutivos. A diferença entre o sensor capacitivo e o indutivo é que o primeiro produz um campo eletrostático, já o segundo produz campo eletromagnético. Os sensores capacitivos podem detectar objetos metálicos e não metálicos. Estes sensores funcionam bem como materiais não metálicos, ou seja, isolantes, como por exemplo material que contenham plástico em sua composição.

1.4.1 Aplicações dos Sensores Capacitivos

Segundo Thomazini e Albuquerque (2011), estes tipos de sensores podem ser utilizados em controle de nível de silos, contagem de caixas em linha de produção e conferir presença de líquidos em fracos.

1.5 SENSORES ÓTICOS

Conforme mencionado por Karvinen (2014), estes sensores podem emitir um feixe de luz e detectam as alterações da intensidade de luz recebida em consequência do

movimento de objetos que não tenham brilho. Possuem emissor de impulsos rápidos de luz infravermelha e um receptor. Estes sensores conseguem detectar qualquer tipo de material, desde que escolhidos adequadamente e, ainda, detectam em distâncias grandes, cerca de dez metros.

Os principais sensores óticos são:

- a) Sensor ótico de reflexão difusa ou sensor difuso: reage ao sinal luminoso refletido pelo objeto a ser detectado;
- b) Sensor ótico de barreira: o objeto a ser detectado interrompe o feixe de luz enviado ao receptor (emissor e receptor são montados separadamente);
- c) Sensor de retro reflexão ou retro reflexivo: uma vez interrompida a reflexão pela presença de algum objeto a ser detectado pelo feixe de luz, um contato elétrico é aberto ou fechado.

1.6 SENSORES ULTRASSÔNICOS

Capelli, (2009) comenta que o princípio de funcionamento dos sensores ultrassônicos baseia-se na emissão e reflexão de ondas sonoras entre o objeto e o receptor. Há um tempo de deslocamento do som, e este tempo é detectado, medido e avaliado.

Este sensor pode detectar qualquer tipo de objeto ou material independentemente da sua forma, cor, brilho e constituição.

Existem dois tipos básicos de gerados ultrassônicos:

- Eletroestáticos: utilizam efeitos capacitivos para a geração do ultrassom, porém são mais sensíveis a umidade, por exemplo.
- Piezoelétricos: baseiam-se basicamente nas tensões mecânicas que os cristais e cerâmicas sofrem quando submetidos a campos elétricos. Apresentam grande resistência e baixo custo.

1.7 SENSORES HALL

É um dispositivo que pode transformar uma fonte de energia em outra, ou seja, ele pode variar a sua tensão de saída quando exposto a um campo magnético. Seu funcionamento depende de um feixe de partículas carregadas passa através de um campo magnético fazendo com que as forças atuem sobre as partículas e, assim, o feixe é defletido (KAVINEN, 2014).

São elementos de estado sólido que apresentam maior resistência à vibração mecânica e ao choque e, por isso, são utilizados em sistemas embarcados para detectar posicionamentos, corrente, velocidade, comutação e pontos de ignição por exemplo.

1.8 ENCODER

Segundo Capelli (2009), o Encoder pode ser considerado um sensor de posicionamento. Trata-se de um princípio diferenciado de funcionamento onde envolve o deslocamento angular mecânico, reflexão óptica e conversão em sinais elétricos. Quando é necessário controlar, com maior precisão, alguns sistemas de posicionamento de eixos ou velocidade de rotação de motores com alta precisão, então o uso do encoder é recomendado.

O encoder é um codificador digital angular que possui dois tipos:

- Incrementais: requerem um sistema de contagem de incrementos gerados por um disco (encoder rotativo), formado por janelas radiais transparentes e opacas de forma que fiquem alternadas. Sua precisão depende de fatores mecânicos, elétricos e ambientais.
- Absoluto: fornecem uma saída digital para qualquer posição angular do eixo. Este modelo de encoder possui um diferencial em relação ao encoder incremental: a sua posição é dada através da leitura de um código que é único para cada posição do seu curso. Já o encoder incremental é determinada a partir de pulsos a partir do ponto zero.

Ambos os dois tipos possuem princípios de funcionamento similares, ambos utilizam o princípio de janelas transparentes e opacas, com estas interrompendo um feixe de luz transformando assim pulsos luminosos em pulsos elétricos (CAPELLI, 2009).

1.9 TIPOS DE SENSORES MAIS UTILIZADOS ATUALMENTE

Quadro 1 – Principais tipos de sensores

continua

Classificação	Sensores	Vantagens	Desvantagens
Sensores de Contato	Chaves de Contato	Baixo Custo; Imunidade de interferência; Capacidade de corrente	Resposta Lenta; Movimento produz desgaste; Resposta Lenta

Classificação	Sensores	Vantagens	Desvantagens
Sensores de Proximidade	Indutivos	Vida longa e fácil instalação; Resiste a ambientes severos; Não depende da superfície do objeto a ser detectado	Limitação de Distância; Detecta principalmente materiais metálicos; Limitação de distâncias
	Capacitivos	Vida longa; Pode detectar materiais não metálicos; Detecção através de algumas embalagens	Distâncias curtas de detecção; Não seletivo ao alvo; Sensível às mudanças climáticas
	Óticos	Usado em qualquer material; Vida longa e resposta rápida	Objetos brilhantes podem interferir; Lentes sujeitas a contaminação
	Ultrassônicos	Pode medir distâncias longas; Detecta muitos materiais	Apresenta distâncias mínimas de trabalho; Resolução depende da frequência
	Hall	Baixo custo; Fácil instalação e vida longa	O alvo deve haver imã fixado; Não seletivo ao alvo; Sensível a interferências eletromagnéticas.

Fonte: (CAPELLI, 2009). Modificado pelo autor.

2 SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO

Para o sequenciamento da produção, alguns critérios críticos devem ser analisados como: atender as datas de entrega dos clientes; minimizar o tempo de fluxo da linha; minimizar o estoque em processo e minimizar o tempo ocioso dos recursos. Os tipos de arranjos também devem ser observados quanto ao sequenciamento da produção. Um estudo de caso minucioso deve ser feito a fim de identificar a necessidade da produção (PEDROSO, 1996).

Alguns fatores que classificam se o sequenciamento da produção é viável ou não. O arranjo inviável é aquele em que o mesmo recurso é utilizado por mais de uma tarefa simultânea, ao contrário disto, o arranjo viável observa uma sequência racional dos recursos distribuindo as tarefas de acordo com a sequência lógicas (RUSSOMANO, 1995).

Ainda de acordo com Russomano (1995), as variáveis que definem um problema de sequenciamento podem ser observadas pelo número de tarefas a serem programadas, número de máquinas e colaboradores envolvidos, tempo de liberação de cada tarefa e o critério de avaliação utilizado para as diversas alternativas de programação.

Por meio de estratégias de administração da produção, que projeta e planeja os seus processos, a empresa gera uma vantagem competitiva, garantindo o atendimento das necessidades dos clientes, para manter a lucratividade da empresa. A programação da produção, através do departamento de Planejamento e Controle da Produção (PCP), tem por objetivo realizar um plano segundo estimativas de vendas e recursos sendo que o fator que limita a produção é a capacidade instalada sendo a empresa de pequeno, médio ou grande porte (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004).

Tubino (1997) afirma que a programação da produção está dividida em três níveis, a programação de longo prazo, médio prazo e curto prazo que utiliza como base de programação a demanda real. A programação deve garantir o cumprimento da produção na quantidade certa e na data que o cliente espera.

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002), o JIT é uma filosofia que visa eliminar as perdas de processo, para reduzir os custos com estoque em processo e fornecer os produtos na quantidade correta, nos locais e momentos certos. O JIT depende de uma sincronização entre fornecedor e cliente, com alta qualidade, velocidade e flexibilidade.

Conforme pesquisas de Pedroso e Corrêa (1997), a programação da produção traz vantagens competitivas, na medida em que reduz custos e faz com que a empresa produza mais rápido e com menos defeitos, por meio da otimização dos recursos. Dentre os retornos que a programação da produção pode trazer, destacam-se: a busca de maiores índices de produção; menores ocorrências de falhas; menores custos de produção; direcionamento para busca de desafios e metas de produtividade e decisões com maior assertividade.

O sistema de planejamento de fabricação é uma atividade complexa devido ao número de variáveis, com ênfase para o sequenciamento da produção e, nas empresas, esta tarefa normalmente é exercida pelos próprios operadores e não exclusivamente pelo setor de PCP. O estabelecimento da sequência visa à otimização dos recursos e à maximização do atendimento aos clientes no prazo de entrega (RUSSOMANO, 1995).

Segundo Corrêa (2004) a manufatura sincronizada é uma maneira de movimentação dos materiais dentro de um processo produtivo, de forma rápida e ordenada nos recursos disponíveis, para atender às demandas de mercado. Para organizar este processo, há algumas formas de realizar o sequenciamento, através de meios lógicos para saber qual lote terá prioridade, são elas:

2.1 REGRAS PARA O SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO

Para Tubino (1997), o sequenciamento de produção pode-se observar sete categorias básicas para definir o sistema lógico que variam de empresa para empresa e a sua necessidade atual da linha de produção, são elas:

- 1) PEPS – Primeira que Entra Primeira que Sai: os lotes são processados de acordo com sua chegada ao recurso;
- 2) MTP – Menor Tempo de Processamento: os lotes serão processados de acordo com os menores tempos de processamento no recurso;
- 3) MDE – Menor Data de Entrega: os lotes serão processados de acordo com as menores datas de entrega;
- 4) IPI – Índice de Prioridade: os lotes serão processados de acordo com o valor da prioridade atribuída ao cliente ou ao produto;
- 5) ICR – Índice Crítico: os lotes serão processados de acordo com o menor valor do resultado da relação entre a folga de produção, data de entrega menos a data atual, pelo tempo de processamento:

$$\frac{(\text{data de entrega}) - (\text{data atual})}{(\text{tempo de processamento})}$$

- 6) IFO – Índice de Folga: os lotes serão processados de acordo com o menor valor do resultado da relação entre a data de entrega e o número de operações restantes de produção:

$$\frac{(\text{menor valor de data de entrega}) - (\text{somatório dos tempos de processamento})}{(\text{número de operações restantes})}$$

- 7) IFA – Índice de Falta: os lotes serão processados de acordo com o menor valor de resultado:

$$\frac{(\text{quantidade em estoque})}{(\text{taxa de demanda})}$$

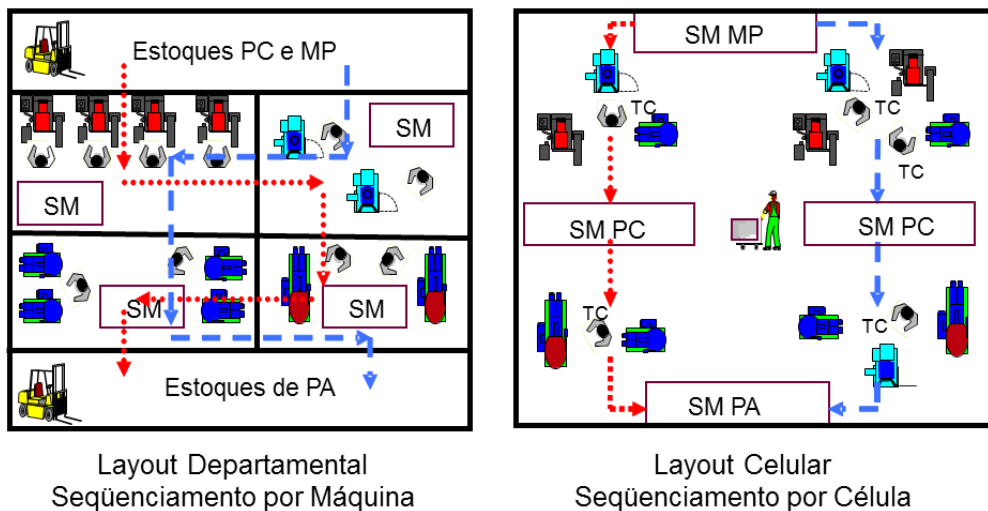
2.2 SISTEMAS JUST IN TIME (JIT) PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Para Ritzman (1983), o just in time (JIT) foi desenvolvido pela Toyota, após a Segunda Guerra Mundial, e trata-se de um sistema de produção. Este sistema de produção deu início à filosofia do Sistema Toyota de Produção. O Sistema da Toyota é um

método racional de fabricação pela eliminação de desperdícios do processo produtivo. Este processo, visa obter eliminações das perdas de processamento, superprodução, grande tempo de espera entre as operações. Assim, a empresa possa a trabalhar com um sistema produtivo mais enxuto.

Segundo Moura e Banzato (1994), o que se refere à escolha da ordem a ser processada, as regras são normalmente baseadas nas características do item do lote a ser produzido, operação padrão, cobertura de estoque e ou importância do cliente. A escolha do recurso a ser utilizado pode ser baseada no tempo de setup da máquina, ou capacidade da linha de produção.

Figura 1 – Exemplo de layout de sequenciamento de produção.



Fonte: (TUBINO, 1997).

Para Moura e Banzato (1994), dentre as regras, temos uma definição da sequência das atividades que apesar do método lógico, não garante exatidão no processo e garantia total de qualidade, porém são indispensáveis pela organização das tarefas que deverão ser executadas, são elas em ordem sequencial:

- Analisar as rotinas com maior número de operações;
- Analisar as rotinas com maior soma de tempos de operação;
- Verificar as rotinas com a primeira operação mais curta seguida pela operação mais longa;
- Programar em sequência todas as rotinas que seguem fluxo de produção semelhante;
- Programar por último as rotinas com uma só operação e
- Programar por último as rotinas com duas operações em que a última é mais curta que a primeira.

Algumas características podem ser observadas das regras de sequenciamento. A simplicidade é um fator positivo que deve ser considerado como também a transparência, pois, a lógica por trás das regras deve estar bem visível. A interatividade deverá ser a responsável por facilitar a comunicação entre os agentes do processo produtivo e ainda, facilitar o processo de avaliação onde estas duas devem promover a avaliação de desempenho de utilização dos recursos produtivos (PINEDO, 2002).

2.3 SEQUENCIAMENTO DE SISTEMAS POR CAPACIDADE FINITA (FCS)

Para Zattar (2004), o FCS é um processo para agendar a execução de uma série de operações em recursos, levando em conta que estes possuem capacidade limitada. De acordo com Pedroso e Correa (1996), os sistemas baseados em capacidade finita são aqueles em que o usuário:

- a) modela o sistema produtivo – máquinas, mão-de-obra, ferramentas;
- b) informa a demanda proveniente do Plano Mestre de Produção PMP;
- c) informa as condições reais do sistema produtivo: manutenção, quebra de máquinas;
- d) modela alguns parâmetros para a tomada de decisões (regras de liberação e restrições), que impeça um maior desempenho no resultado da organização. Também deve observar as condições do piso de fábrica para poder maximizar os múltiplos e conflitantes objetivos de desempenho do sistema de planejamento, programação e controle da produção – PPCP.

Segundo Corrêa e Pedroso (2004), pode-se citar vários métodos utilizados em sequenciamento de sistemas de capacidade finita (FCS), dentre os métodos, podemos citar três métodos básicos de implemento industrial, são eles:

2.3.1 Sequenciamento Baseado em Trabalho (Job-Based)

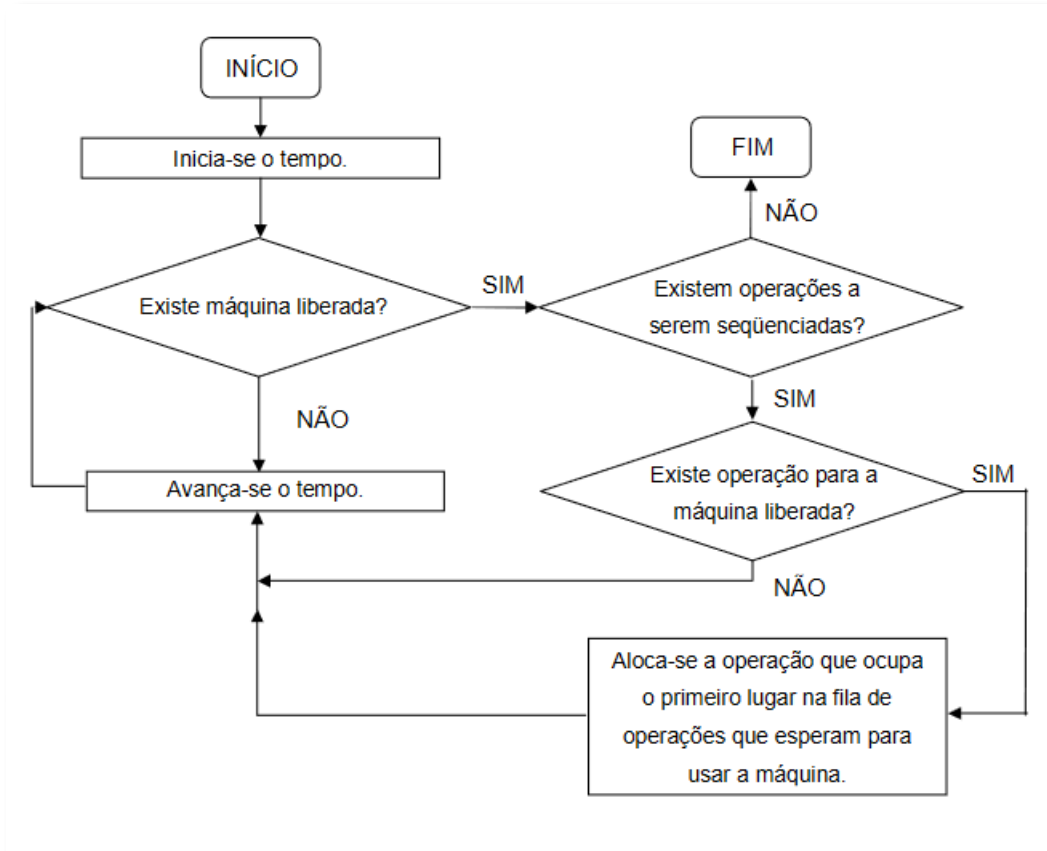
É um método simples que programa as operações de trabalho conforme as regras de sequenciamento. Nele há um algoritmo que escolhe o trabalho (job) com a maior prioridade e sequencia todas as operações nos recursos, ao finalizar este processo o algoritmo seleciona qual será a próxima tarefa a ser executada e repete o ciclo até que todos estejam sequenciados.

Os programas que utilizam este tipo de método oferecem vários critérios para estabelecer prioridades, como data de entrega, data de chegada e tempo de processamento total do trabalho.

2.3.2 Sequenciamento Baseado em Eventos (Event-Based)

Estes programas utilizam métodos de simulação, que permitem um grande nível de detalhamento sem exigir um longo tempo de processamento. A ideia principal é simular a produção, alocando as operações de cada pedido de acordo com que as máquinas são liberadas de outras operações. Abaixo pode-se observar um fluxograma exemplo de sequenciamento baseado em eventos:

FIGURA 2 – Fluxograma ilustrando um exemplo para sequenciamento de produção baseado em evento.



Fonte: (CORRÊA E PEDROSO, 1996).

2.3.3 Sequenciamento Baseado em Otimização

Esta programação utiliza algoritmos de otimização para buscar pela alternativa ótima de sequenciamento das operações. Embora seja uma programação que visa a qualidade do sequenciamento, não é indicada para casos mais complexos de sequenciamento devido ao seu elevado tempo de processamento.

3 DISPOSITIVOS E LÓGICA PROGRAMÁVEL

3.1 ARDUINO

Segundo Simon Monk (2014), as placas de interface Arduino propiciam uma tecnologia de baixo custo e de grande utilidade para o desenvolvimento de projetos eletrônicos. Esta placa de micro controlador que contém um conector USB que permite a conexão entre a placa Arduino e o computador, assim pode ser programado em linguagem C. Além desta conexão, o Arduino possui diversas outras como diversos pinos permitindo a conexão com circuitos eletrônicos externos, como diodos, laser, alto-falantes, motores, servo motores, relés, sensores de diversos tipos, dentre outros.

Segundo Mcroberts (2015), o Arduino pode ser controlado diretamente pelo computador e ou programado pelo computador e, a seguir, sua programação é gravada no micro controlador para poderem trabalhar de forma autônoma, considerado um projeto de hardware aberto (open-source) mas de grande poder para automação industrial, predial ou residencial.

O Arduino pode ser considerado similar a uma placa mãe de um computador pessoal, pois, nele pode ser acoplado as denominadas placas “Shields”, que podem ser encaixadas em cima da placa principal do Arduino. Deste modo, é possível ampliar os níveis de processamento e controle do Arduino com as shields com os mais diferentes propósitos, tais como controlar motores, sinal de *wifi*, rastreador de GPS, conexão com redes de *Ethernet*, display LCD e telas de toque, Áudio, sensores de diversas variáveis, dentre várias outras opções (SIMON MONK, 2014).

3.2 SERVO MOTOR

Para Martinewski (2016), os servos motores são motores elétricos que possuem alta precisão nos movimentos realizados através da transformação da energia elétrica em energia mecânica. Os servos motores são utilizados principalmente em aplicação da área da robótica que exigem de uma precisão alta em movimentos lineares ou rotativos.

Segundo Carvalho (2011), o um servo motor de corrente contínua - CC, é o conjunto de quatro componentes principais, sendo eles: motor de corrente contínua; dispositivo de detecção de posição; conjunto de engrenagens que possam gerar maior torque para o sistema e um circuito eletroeletrônico de controle. Geralmente, este sistema pode ser controlado por um gerador de largura de pulso – PWM (Pulse Width Modulation) que se refere ao conceito de pulsar rapidamente um sinal digital em um condutor.

O sistema dos servos motores controlados por PWM, tem o objetivo de controlar a tensão de referência da corrente contínua para o valor correspondente à saída desejada. Neste projeto será utilizado um controlador de largura de pulso para o acionamento controlado do dispositivo de alimentação da esteira e também do atuador linear que definirá qual e quais peças deverão seguir ou não na sequência da produção (MARTINEWSKI, 2016).

3.3 LINGUAGEM C – PROGRAMAÇÃO LÓGICA

Para Forbellone (2005), deve-se, inicialmente, saber o real significado de lógica, que pode ser expressa como uma ordem de razão, pensamento ou ainda a ciência das formas ordenadas de utilizar de maneira objetiva e clara.

A lógica de programação foi concebida pelo homem, podendo aprimorar e treinar seus conhecimentos para que este utilize de uma programação lógica, ou ainda um pensamento ordenado lógico, utilizando o uso de raciocínio e simbolização formal da programação de computadores para o desenvolvimento de técnicas a fim de ajudar a criar novas soluções de problemas que se deseja programar e ou executar (SCHILDT, 2006).

Conforme mencionado por Forbellone (2005) a linguagem em C é uma categoria de software que é utilizada para construir novos softwares ou produtos de softwares que serão conjuntos de instruções (interpretadores) que deverão ser executadas, de forma lógica e sequencial. Esta forma de estruturar uma programação, deve-se pelo uso de blocos de códigos, que são grupos de comandos de programa conectados logicamente e tratados como uma unidade.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

4.1 PRINCÍPIOS

No desenvolvimento industrial e no avanço tecnológico diário, o meio ambiente continua sofrendo com a grande deterioração e exploração de forma insensata dos recursos naturais. O homem necessita estar em harmonia com o meio em que vive, porém o mesmo encontra-se cada vez mais dependente dos meios de automação, seja esta da forma mais simples até mesmo a mais complexa do seu cotidiano.

Para o desenvolvimento deste projeto, a reutilização e a reciclagem de alguns itens elétricos e mecânicos, demonstram ser soluções viáveis à questão, beneficiando o

meio ambiente e até mesmo otimizando os custos do projeto, fazendo com que sejam reduzidos significativamente.

Utilizando de alguns conceitos da física, pode-se dizer que nada se perde e tudo se transforma, é inevitável que novos projetos tenham a conscientização no aproveitamento e reciclagem de peças e materiais que já foram utilizados antes. Deste modo, foram utilizadas algumas peças que possivelmente iriam ter outro tipo de utilização.

Peças como alguns cortes de madeira utilizada para a confecção de móveis MDF (Medium Density Fiberboard), que significa Fibra de Média Densidade - foram recortadas a fim de serem dispostas e unidas para compor a base deste projeto. Os pés que regulam a altura e o nível desta base de MDF também são peças sobressalentes de um projeto anterior. Para os itens mecânicos, pode-se citar alguns recortes de tarugos de nylon, os quais foram usinados para fornecer o suporte para esteira, ou seja, são os rolos de movimentação.

Peças eletromecânicas também foram reaproveitadas. É o caso de um sistema de driver de CD-ROM de um computador antigo que seu reparo era inviável pelo desuso atual de drivers de CD-ROM. Seu sistema de motor e correias foram aproveitados. Além disso, um sistema de posicionamento de cartuchos de impressão foi utilizado para realizar a tração da esteira pelo rolo tracionador. Este sistema, ficou responsável por fornecer um tencionador de correia e uma engrenagem de redução de velocidade, mantendo o torque e reduzindo a velocidade do motor.

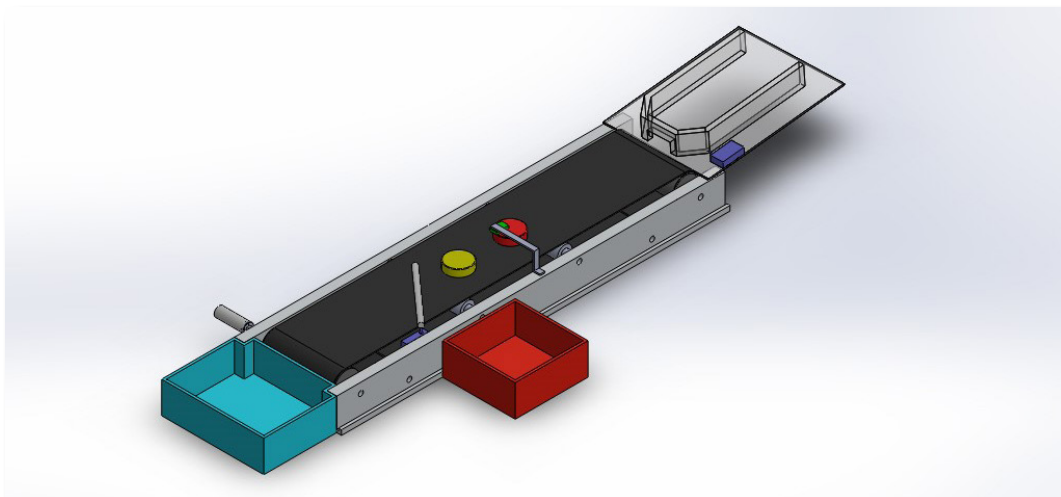
Para a composição da lateral do protótipo e base para os rolos e a esteira, foram utilizados duas peças de esquadrias de alumínio, sobressalentes de janela residencial. A esteira, também é reciclada, sendo aproveitada de um recorte de toldo.

Na composição dos compartimentos para peças (magazine de produtos), foram utilizadas duas pranchetas de anotação de folhas A4, e também, duas caixas pequenas para armazenagem de itens diversos do cotidiano.

4.2 PROJETO

No projeto deste protótipo, foram utilizados basicamente dois softwares para seu desenvolvimento: solidworks 2016 - responsável pela parte de desenho e simulação 3D e o Arduino IDE – utilizado para a programação lógica do protótipo, monitor de dados capturados pelo sensor RGB e também pela gravação da programação na placa eletrônica.

Figura 3 – Visão isométrica do projeto em 3D



Fonte: Os autores.

4.3 LÓGICA DE FUNCIONAMENTO

Para a parte lógica deste sistema automatizado, foi utilizado o componente eletrônico Arduino para ser o controlador lógico do dispositivo. Seguindo este ambiente lógico e programável, este protótipo segue a configuração de programação lógica em C que, em conjunto com os componentes mecânicos e eletrônicos desempenhará função vital no funcionamento da sequência de produção e simulação de acordo com os projetos. A programação utilizada neste projeto segue ordem lógica de programação em blocos e tarefas sequenciadas de acordo com o tempo exato de cada ação.

A lógica inicial do protótipo dar-se-á primeiramente em um armazenamento de peças - magazine de produtos, as quais terão a sua saída controlada por um acionamento via servo motor e uma guilhotina. Assim, as peças caíram em uma esteira e as mesmas serão alinhadas em fila indiana e espaçadas de acordo com o tempo de abertura da guilhotina para que possam passar na frente do sensor de reconhecimento de cores RGB (sensor de luminosidade).

O sensor deverá gerar um pulso elétrico e informar ao sistema lógico de programação quando o braço ou haste, acionado por um servo motor, deverá atuar a fim de deslocar a peça da esteira principal para um compartimento de armazenagem secundário, simulando as peças que estão fora dos padrões de qualidade. Um terceiro compartimento é responsável por armazenar as peças que seguirem sem serem retiradas da linha, ou seja, estas peças são aprovadas pelo sensor RGB conforme as especificações de qualidade pré-definidas no setup de programação.

4.4 TESTES, DIFICULDADES E SOLUÇÕES

Ao se aproximar perto do que seria a versão final do protótipo, foram necessárias mais de duzentas horas sob o projeto para que o mesmo realmente funcionasse independentemente. Várias dificuldades de construção mecânica foram encontradas, tais como:

- a) Eixos sem concentricidade: a esteira estava saindo da “linha” de contato com os rolos. Solução: compensar a falta de concentricidade realizando ajuste físico na esteira;
- b) Magazine de produtos: peças travadas na saída do magazine – guilhotina. Solução possível: novo modelo de magazine de produtos e sistema organizador de produtos através de vibração mecânica;
- c) Acerto de posição do sensor: diversas vezes a mudança nos tempos de resposta e atraso na programação não foram suficientes. Solução: reposicionar servos motores e sensor.

Apesar de algumas dificuldades encontradas, os testes finais estão apresentando eficiência de 92% em ciclo contínuo de verificação das peças. Esta margem tende a aumentar, visto que é necessário apenas alguns ajustes mecânicos e ou na programação.

5 RESULTADOS

O protótipo obteve resultados satisfatórios conforme o projeto inicial. Porém, a partir do primeiro projeto, vários ajustes e mudanças foram realizadas a fim de garantir o funcionamento do protótipo. Conceitos teóricos e práticos foram extremamente necessários para o desenvolvimento e obtenção dos resultados esperados.

No momento, a esteira comporta cerca de mais de trinta peças para seleção em seu magazine atual sem a necessidade de abastecimento; a velocidade da esteira em operação de seleção de itens é de aproximadamente 60RPM; a comunicação entre o sensor e o servo motor 2 é praticamente instantânea, ou seja, assim que a peça indesejada passa pelo sensor, imediatamente o Arduino informa à haste que deve atuar e retirar a peça com defeito da linha de produção; Os magazines de peças reprovadas e peças aprovadas tem capacidade para mais de cinquenta peças em cada compartimento.

Para demonstrar o que está acontecendo no momento em que o protótipo está em execução, foi desenvolvido um sistema que através da conexão USB com o computador e, com o software programador de Arduino - IDE aberto e conectado com o Arduino,

pode-se observar alguns dados na tela de monitor serial, tais como: quais cores foram identificadas pelo sensor RGB e o momento de atuação da haste separadora de peças não acabadas.

Imagem 1 – Protótipo de sequenciamento de produção.



Fonte: Os autores.

Imagem 2 – Visão geral dos mecanismos de funcionamento.



Fonte: Os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em todo e qualquer novo projeto deve-se levar em conta o impacto ambiental que este poderá gerar para o meio ambiente e para todo o meio de modo geral. Atualmente, novos projetos das áreas de engenharia, devem estar associados à reutilização de itens e peças sobressalentes, favorecendo a reciclagem e a redução de custos para um mercado cada vez mais competitivo.

Com base nisso, este projeto foi concebido, com a fundamentação teórica, a fim de reduzir custos e impactos ambientais como comprar peças novas sem a real necessidade, pois a qualidade e durabilidade pode ser mantida com o aproveitamento de peças.

Além disso, este protótipo simula o que é comumente encontrado dentro de uma indústria, o sequenciamento de uma linha de produção. O uso deste protótipo dentro da universidade pode proporcionar uma aproximação antecipada aos alunos do dia a dia da automação de equipamentos utilizados na indústria. Seu uso didático pode propiciar novas experiências em dispositivos automatizados que são controlados e programados seguindo uma sequência lógica baseada em estudos avançados dos processos de sequenciamento da produção.

O alinhamento e permanência da esteira nos rolos tracionadores e auxiliares foi ajustada com a concentricidade e alinhamento dos eixos dos rolos tracionadores do sistema mecânico. A sua tolerância foi identificada, nos testes práticos, que deve apresentar medidas máximas de 0,2mm de tolerância de concentricidade dos eixos.

De modo geral, para a construção do protótipo, é necessário um prévio conhecimento técnico de vários itens de composição elétrica e mecânica industrial. Também, é indispensável lembrar que a programação em linguagem C é de extrema importância para dar funcionalidade a todo o sistema mecânico montado.

Os resultados encontrados foram satisfatórios, cumprindo com o esperado: um sistema automatizado de identificação e separação dos itens através do sequenciamento lógico simulando uma linha de produção industrial. Composto de uma placa Arduino mais robusta e base com grandes espaços laterais, este protótipo pode ser melhorado de diversas formas, como por exemplo: contadores de peças aprovadas e não aprovadas, demonstrando a quantidade das mesmas em um visor LCD no próprio painel; melhoria no sistema de magazine; melhorias referentes à velocidade do sequenciamento da produção; ampliação dos setups das peças verificadas e, dentre outras funções que caberão aos novos participantes decidir.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, G. **Máquinas elétricas**: teoria e ensaios. 4. ed. São Paulo: Érica, 2011.
- CAPELLI, A. **Automação industrial**: controle do movimento e processos contínuos. 2. ed. São Paulo: Érica, 2008.
- CORREA, H.; CORRÊA, Carlos. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. São Paulo: Atlas, 2004.
- FORBELLONE, A. L. V.; EBERSPACHER, H. F. **Lógica de programação**: a construção de algoritmos e estruturas de dados. 3. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- KARVINEN, K.; KARVINEN, T. **Primeiros passos com sensores**. São Paulo: Novatec, 2014.
- MARTINEWSKI, A. **Máquinas elétricas**: geradores, motores e partidas. São Paulo: Érica, 2016.
- MCROBERTS, M. **Arduino básico**. São Paulo: Novatec, 2011. v. 1.
- MORAES, C. C. de; CASTRUCCI, P. de L. **Engenharia de automação industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- MOURA, R. A.; BANZATO, J. M. **Jeito inteligente de trabalhar**: just-in-time a reengenharia dos processos de fabricação. São Paulo: IMAM, 1994.
- NATALE, F. **Automação industrial**. 10. ed. São Paulo: Érica, 2008.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PEDROSO, M. C.; CORRÊA, H. L. Sistemas de programação da produção com capacidade finita: uma decisão estratégica. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 60-73, out./dez. 1996.
- PINEDO, M. **Scheduling**: theory, algorithms, and systems. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002.
- RUSSOMANO, V. H. **Planejamento e controle da produção**. São Paulo: Pioneira, 1995.
- RITZMAN, L.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Prentice Hall. 2004.
- SCHILDT, H. **C completo e total**. 3. ed. São Paulo: Pearson; Makron Books, 2006.
- SIMON, M. **30 Projetos com arduino**. Tradução: Antólio Laschuk. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- SLACK, N., CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Tradução: Maria Teresa Corrêa de Oliveira e Fábio Alher. Revisão técnica: Henrique Luiz Corrêa. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas 1997.
- ZATTAR, I. C. **Análise da aplicação dos sistemas baseados no conceito de capacidade finita nos diversos níveis da administração da manufatura através de estudos de caso**. 136 f. 2004. Tese de (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.