

**MARINHA DO BRASIL  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL E MÁQUINAS - APMA**

**MARCOS ANTONIO ALVES DE BARROS**

**A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO EM NAVIOS  
MERCANTES**

**RIO DE JANEIRO  
2018**

**MARCOS ANTONIO ALVES DE BARROS**

**A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO EM NAVIOS  
MERCANTES**

Monografia apresentada ao centro de Instrução  
Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos para  
a conclusão do curso de Aperfeiçoamento para Oficial de  
Máquinas (APMA).

Orientador: MSc Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

**RIO DE JANEIRO  
2018**

**MARCOS ANTONIO ALVES DE BARROS**

**A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO EM NAVIOS  
MERCANTE**

Monografia apresentada ao centro de Instrução  
Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos  
para a conclusão do curso de Aperfeiçoamento para  
Oficial de Máquinas (APMA).

Orientador: MSc Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

Data de Aprovação \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Orientador: MSc Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

---

Assinatura do Orientador

---

Assinatura do Aluno

Dedico aos meus amigos e família, por acreditarem nas minhas conquistas e derrotas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço Primeiramente a Deus pela oportunidade de poder realizar este curso e pelo sucesso alcançado.

Agradeço aos meus amigos, de trabalho e turma APMA-2018, pelas experiências compartilhadas a bordo e fundamentais na criação desta monografia.

## RESUMO

Ao longo dos anos, a marinha mercante vem tentando diminuir o seu esforço nas operações de máquinas a bordo e execução de tarefas.

Com o desenvolvimento tecnológico, criaram-se mecanismos de controle de produção, apresentando ao mundo o conceito de automação.

Devido o passar do tempo e com a melhoria crescente dessa tecnologia, muitos trabalhos exaustivos são feitos rapidamente e de forma simples. Hoje os navios mais modernos são tão automatizados que alguns não necessitam de parte da tripulação que era usual em navios mercantes mais antigos.

Podemos entender a grande importância da automação no meio das embarcações mercantes ao observar que quanto mais desenvolvido é o sistema de automação de um navio, maiores são as possibilidades de se reduzir a tripulação deste, reduzindo custos e riscos.

O desenvolvimento relativo ao aumento da velocidade de transmissão de dados foi o ponto-chave no funcionamento desse sistema, trazendo maior credibilidade e correção imediata de falhas, indicando um promissor crescimento da automação.

Palavras-chave: Automação. Marinha Mercante. Praça de Máquinas.

## **ABSTRACT**

Over the years, the Merchant Marine has been trying to reduce their effort in machine operations on board and carrying out tasks.

With the technological development, mechanisms of production control were created, presenting to the world the concept of automation.

Due to the passage of time and with the increasing improvement of this technology, many exhaustive labors are done quickly and simply. Today's modern ships are so automated that some do not require the majority of the crew that was customary on older merchant ships. We can understand the great importance of automation in the midst of merchant vessels by observing that the more developed a ship's automation system is, the larger the possibilities of reducing its crew. The development relative to the increase of the speed of data transmission was the key point in the functioning of this system, bringing greater credibility and immediate correction to the promising growth in automation.

Key-word: Automation. Merchant Marine. Engine Room.

## LISTA DE FIGURA

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Diagrama de blocos com os elementos da automação                  | 16 |
| Figura 2 - Tabela de Atuadores   | 31 |
| Figura 3 - Fluxograma de instrumentação do sistema de precipitação           | 31 |
| Figura 4 - Fluxograma de Engenharia Chillers                                 | 32 |
| Figura 5 - A Usina de Açúcar e sua Automação - Fluxogramas de Instrumentação | 33 |
| Figura 6 - Navio Emma Maersk   | 37 |
| Figura 7 - Tela MarineTraffic  | 40 |

## SUMÁRIO

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
|              | <b>INTRODUÇÃO</b>                                | <b>9</b>  |
| <b>1</b>     | <b>A AUTOMAÇÃO NA MARINHA MERCANTE</b>           | <b>10</b> |
| <b>1.1</b>   | <b>Entendimento da automação</b>                 | <b>10</b> |
| <b>1.2</b>   | <b>Aplicabilidade e Categorias</b>               | <b>12</b> |
| <b>1.3</b>   | <b>Motivos para o Crescimento</b>                | <b>13</b> |
| <b>1.4</b>   | <b>Diferença entre Automação e Automatização</b> | <b>15</b> |
| <b>2</b>     | <b>DESTRINCHANDO A AUTOMAÇÃO</b>                 | <b>16</b> |
| <b>2.1</b>   | <b>Elementos da Automação</b>                    | <b>16</b> |
| <b>2.1.1</b> | <b>Sensores</b>                                  | <b>16</b> |
| <b>2.1.2</b> | <b>PLC-Programmable Logic Controller</b>         | <b>26</b> |
| <b>2.1.3</b> | <b>Atuadores</b>                                 | <b>29</b> |
| <b>2.1.4</b> | <b>Diagrama de Controles</b>                     | <b>31</b> |
| <b>3</b>     | <b>NAVIOS INDEPENDENTES</b>                      | <b>34</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>A Automação reduzindo tripulações</b>         | <b>34</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>Resultado</b>                                 | <b>37</b> |
|              | <b>CONCLUSÃO</b>                                 | <b>41</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS</b>                               |           |

## INTRODUÇÃO

A automação é a aplicação de um conjunto de técnicas que contribui para a criação de dispositivos eletrônicos, elétricos, hidráulicos e pneumáticos, que objetiva transferir para as máquinas a nossa capacidade dos sentidos e ação, ou seja, técnicas essas que substituem o esforço físico do homem pela máquina na tomada de dados, análise e ação que passam a ser executadas pelas máquinas dispensando a presença do homem.

A automação revolucionou os setores industriais como um todo, otimizando os processos , alavancando o aumento da produtividade e a qualidade dos produtos manufaturados.

Este trabalho visa mostrar especificamente a necessidade da automação nos navios mercantes, lidando com sensores, transmissores e controladores que otimizam as informações e respostas dos sistemas para gerenciamento de dados; garantindo a confiabilidade dos processos executados.

O trabalho também aborda vantagens e desvantagens do emprego da automação na área mercante; uma vez que a tecnologia auxilia muito na diminuição de falhas e na redução do custo de mão de obra do empregador, se torna um duro desafio para aqueles que encaram a difícil realidade do desemprego e necessitam de criatividade e empenho para se readaptarem no mercado de trabalho.

# 1. A AUTOMAÇÃO NA MARINHA MERCANTE

## 1.1. Entendimento da automação

A definição de automação foi implementada nos Estados Unidos na década de 1940, em fábricas automotivas e, atualmente, a expressão se refere a qualquer sistema que use a computação junto à elementos produtivos, garantindo a segurança dos funcionários, além de obter maior controle, planejamento e independência da produção.

O desenvolvimento tecnológico e sua contribuição a humanidade rumam em apenas uma direção, a automação. A sociedade moderna depende mais e mais da automação, seja na execução das mais simples tarefas, como por exemplo, quando alguém é acordado por seu despertador pela manhã – relógio que automaticamente dispara seu alarme num horário pré-programado, quanto em tarefas perigosas, como a operação de alívio de plataformas de petróleo, num navio mercante possuidor de um Sistema de Posicionamento Dinâmico (DPS) é responsável por determinar a atual posição da embarcação, usando informações recebidas do Sistema de Referência de Posição e de Sensores Auxiliares; comparando dados que receberam com a posição que se deseja pré-estabelecer; estimando o erro ou discrepância entre essas medidas para, por fim, emitir ordens ao Sistema de Propulsão, ordenando a correção necessária à estabelecer o posicionamento que se deseja.

Tudo isso existe devido a um eficiente componente desenvolvido na utilização da automação e conhecido como Controlador Lógico Programável (CLP), que será apresentado posteriormente num capítulo específico para o mesmo. Levando esse fato em consideração, fica claro que a automação já faz parte do cotidiano social, desde suas mais simples ocorrências até as mais complexas.

Tendo como base o conceito de automação, “um conjunto de equipamentos, baseado em máquinas ou aparelhos programáveis, com capacidade de operar independentemente do controle humano, destinados não só a ampliar nossas capacidades físicas como também nosso sistema sensorial, de pensamento e de ação. Enfim, a automação só foi viável graças a nova ciência chamada Cibernética, assim como, relevantes avanços da Eletrônica, especialmente na informática”.

O sistema de automação é caracterizado por cinco elementos fundamentais

- **Acionador:** provê o sistema de energia para atingir uma determinada meta. É o exemplo dos motores elétricos, pistão hidráulico, etc.;
- **Sensor:** mede o desempenho do sistema de automação ou a propriedade particular de certos componentes. É o caso dos sensores termopares para a medição de temperatura e encoders para medição de velocidade;
- **Controle:** utiliza a informação dos sensores para controlar o acionamento. É o caso do Controlador de fluxo, que é usado para manter o nível de água entre uma faixa de valores mínima e máxima constantes, responsável pela abertura e fechamento da válvula caso necessário;
- **Comparador ou elemento de decisão:** compara valores preestabelecidos e valores medidos determinando quando atuar no sistema. É o caso de termostatos e programas de computador;
- **Programas ou Softwares:** possuem informações de processamento e controlam as interações entre os diversos componentes.

Nos dias atuais na automação, o que se têm de mais avançado são os sensores e dispositivos capazes de detectar sinais ou de receber estímulos físicos de um determinado ambiente (tais como:

calor, fumo, pressão, vibração, velocidade, etc.), usados em sistemas de controle, de alarme, de sondagem, entre outros.

Podemos classificar tais sensores em:

- **Analógicos:** fornece um sinal contínuo de saída, que é proporcional à variável que está sendo acompanhada. Podendo este ser uma corrente elétrica ou tensão elétrica, que fornece valores de pressão e temperatura, etc.;
- **Digitais:** são baseados numa conexão de contatos que se abrem, quando o contato é normalmente fechado (normally closed-NC), ou quando este é do tipo normalmente aberto (normally opened-NO), quando determinada variável atinge uma pré-determinada condição limite; é o exemplo do pressostato e termostato;
- **Intrinsecamente seguro:** são instalados em áreas consideradas de risco, ressaltando que estes sensores são reconhecidos com facilidade, pois são conectados a fios na cor azul. Por enviarem sinais de baixa energia é necessário que estes sejam amplificados para serem utilizados.

Em relação às utilizações para análise funcional dos sensores e sua adequação:

- Controle de nível de reservatórios por sensor analógico;
- Controle de velocidade e posição em deslocamentos linear e angular;
- Controle de temperatura com simulação em aquecimento real;
- Identificação de peças de acordo com a cor do material; - Controle de pressão;
- Controle analógico usando o conversor frequência/tensão; - Conversão analógica / digital, etc.

Destaca-se também o mangote com sensores, chamado comumente de mangote inteligente.

Com ele é possível certificar a segurança, a durabilidade em uso com fluidos abrasivos. À medida que o tubo se desgasta, o fluido atinge as camadas superiores dos sensores e sendo monitorados pelos mesmos, permitindo a substituição do mangote. Esse tipo de mangote viabiliza a manutenção preventiva, aumentando a vida útil do equipamento, reduzindo os gastos com estoque e por consequência, reduzindo os custos de manutenção e operação.

## 1.2. Aplicabilidade e Categorias

Classifica-se a automação em 3 (três) tipos : automação pneumática, automação hidráulica e automação elétrica. Nos próximos capítulos serão mostradas as categorias da automação citadas acima, que mesmo limitadas pela utilização da elétrica ,comparada ao acionamento de motores elétricos utilizados em sistemas automáticos pneumáticos e hidráulicos, são mais usados a bordo de embarcações mercantes.

No que se diz ao uso, o desenvolvimento de elementos sensores se torna uma arma cada vez mais poderosa e efetiva com o passar do tempo e o baixo custo do hardware computacional permitindo o emprego da automação num vasto grupo de equipamentos e sistemas como: Produtos eletroeletrônicos;

Motores de navios mercantes com sistema de injeção microprocessada, que permitem um melhor desempenho e reduzindo o consumo de combustível; Indústrias mecânicas; Bancos, no uso de caixas eletrônicos; No ramo das comunicações;

- Medicina

-Transportes, no sistema de satélite (Global Positioning System);

#### Indústria Naval

Percebe-se então que a atuação da automação nas diversas áreas do mercado, principalmente no ramo das embarcações mercantes, leva a marinha de comércio a ter uma maior rapidez e tecnologia em seus serviços.

### **1.3. Motivos para o crescimento**

O desenvolvimento da automação e seu impulsionamento ocorreram com a criação do transistor no fim da década de 1940. Era um componente eletrônico capaz de controlar a passagem da corrente elétrica revolucionário. “O transistor é a base para qualquer processador moderno”, explica o especialista em manutenção de sistemas elétricos e gerente técnico da empresa Adimarco, Marcelo Paulino. Com o uso do transistor e da eletrônica, possibilitou-se o avanço tecnológico dos primeiros computadores industriais. Apesar de o microprocessamento ter sido comercializado apenas a partir dos anos sessenta, foi nesse período que criaram os primeiros robôs mecânicos a incorporar sistemas de microprocessamento e unir tecnologias mecânicas e elétricas. Até o fim dos anos 1960, as empresas automobilísticas produziam em larga escala, com rapidez e qualidade, mas não podiam oferecer muitas opções para os clientes, já que a linha de produção não era flexível. A solicitação de um automóvel com acessórios específicos ou com uma cor diferente da disponível para pronta entrega levaria muitos meses para ser produzida, por exemplo.

Percebendo a necessidade do mercado, a General Motors (GM), nos Estados Unidos, solicitou à empresa Allen-Bradley que confeccionasse um produto que trouxesse versatilidade à produção.

A empresa, já produtora de contadores e dispositivos elétricos, criou em 1968 um equipamento conhecido por Controlador Lógico Programável (CLP), que substituiu os velhos relés e permitia fazer modificações instantâneas no processo produtivo.

acontecimentos responsáveis pelo desenvolvimento tecnológico humano.

Na pré - história, o homem buscou mecanizar suas tarefas manuais, criando suas primeiras invenções como a roda, moinho de vento ou a utilização de força animal e rodas d'água, através de poder criativo para poupar esforços.

A automação ganha destaque na sociedade quando o sistema de produção agrário e artesanal transforma-se em industrial, a partir da segunda metade do século XVIII, na Inglaterra. – Foram inventados dispositivos simples e semi-automáticos.

Sistemas automáticos surgem no início do século XX.

As inovações tecnológicas são divididas em 3 estágios:

1) Mecanização simples - seria aquele com dispositivos mecânicos simples (roldanas)

2) Mecanização propriamente dita é a substituição do esforço físico do ser humano pela máquina, com comandos a cargo do ser humano.

Assim sendo, os conceitos de integração do ambiente produtivo com uso de sistemas de comunicação de dados e novas técnicas de gerenciamento se disseminam rapidamente, devido ao uso de importantes recursos oriundos da automação;

2) Automação - é aquela em que tarefas físicas e mentais do ser humano são substituídas pelas máquinas. A tomada de dados, análise, decisão e ação dispensam a presença do homem

3) O desenvolvimento de um mecanismo de regulação do fluxo de vapor em máquinas, por James Watt em 1788, pode ser considerado um dos pioneiros no sistema de controle e realimentação;

A partir de 1870, também a energia elétrica passou a ser usada e a estimular indústrias como a do aço, a da química e a de máquinas. O setor de transportes progrediu intensamente devido a expansão das estradas de ferro e a indústria naval;

Em 1946, é desenvolvido o primeiro computador de grande porte, completamente eletrônico:

O ENIAC, como ficou conhecido, ocupava mais de 180 m e pesava por volta de 30 toneladas;

Nos anos 1950, idealiza-se computação gráfica interativa, que é a forma de entrada de dados por meio de símbolos gráficos com respostas imediatas. Tendo isso como base, nasceu a segunda geração de computadores, caracterizada pelo uso de transistores no ano de 1952;

Com o avanço tecnológico, possibilitou-se colocar milhares de transistores numa pastilha de silício de 1 centímetro quadrado, o que resultou no Circuito Integrado.

Na década de 1980, as pesquisas visam à integração e automatização dos mais variados elementos de projeto e manufatura. O objetivo é expandir os sistemas Computer Aided Drawing / e Manufacture (CAD/CAM).

#### **1.4 Diferença entre Automação e Automatização**

Disse Horta Santos em 1987 que a automação é um conjunto de técnicas que permitiram a criação de dispositivos capazes de estender o nosso sistema nervoso e a capacidade de pensar. Já a automatização está ligada ao movimento automático, repetitivo, mecânico; ao sinônimo de mecanização. Portanto, os mecanismos controlam seu próprio funcionamento, quase sem interferência do homem.

## II. DESTRINCHANDO A AUTOMAÇÃO

### 2.1. Elementos da Automação

Cinco elementos principais constituem o sistema de automação de um navio mercante: Acionador, Sensores, Controladores, Comparadores e Programas e Softwares; como visto no item 1.1.

Nesse capítulo, serão detalhados quatro elementos pertencentes a tal sistema.

Figura 1 – Diagrama de blocos com os elementos da automação.



FONTE: OLIVEIRA, Francisco Diocélio Alencar de. Livro-Texto: Automação de Processos Industriais Rio de Janeiro: CIAGA, 1999. p. 53.

#### 2.1.1 Sensores

Criados em 1950, os sensores tornaram-se peças fundamentais à automação industrial. Estes produtos são responsáveis pela detecção de quaisquer variável no ambiente fabril, seja para contagem de material, controle de direção, até nível de fluidos e verificação de material dentro do recipiente.

Há ainda os sensores utilizados para a segurança dos profissionais que operam o maquinário (NR12).

“Quando o usuário tenta infringir uma norma de segurança e posiciona alguma parte do corpo ou até mesmo um equipamento em local não permitido, a máquina para,

impedindo que o trabalhador sofra danos físicos”, explica Bryan Michel Bueno, engenheiro eletricista e promotor técnico da Reymaster Materiais Elétricos – empresa que distribui sensores no Paraná.

Há sensores para diferentes aplicações. Os tipos de sensores industriais podem ser: sensores de pressão, sensores de temperatura, sensores de nível, sensores de vazão e ainda os mais comuns: indutivo, capacitivo, fotoelétrico, magnético e ultrassônico.

Segundo o engenheiro, o funcionamento dos sensores é baseado em uma alteração no ambiente (aproximação, calor, luz, etc.). “Por isso é infinita a quantidade de soluções que se pode ter com os sensores, tudo é uma questão de análise e estudo. Importante salientar a escolha de sensores com precisão e qualidade”, orienta Bryan M. Bueno.

Com mais de 60 anos de existência, os sensores estão ainda mais modernos. Um dos últimos lançamentos do mercado são os Sensores Indutivos com toda a área traseira iluminada, resultando em maior visibilidade na comutação e conseqüentemente aumento da facilidade e rapidez na detecção caso haja algum problema. São 12 (doze) os tipos de sensores atualmente disponíveis no mercado:

**Sensores Indutivos:** Os sensores indutivos, também conhecidos como sensores de proximidade, são dispositivos eletrônicos para o ambiente industrial na detecção de partes e peças metálicas não só de ferro ou aço, como também alumínio, latão e aço inox.

**Sensores Capacitivos:** Os sensores capacitivos detectam qualquer tipo de massa, logo, são aplicados onde existe a necessidade de detecção de materiais não metálicos como plásticos, madeiras e resinas. São utilizados também para detecção do nível de líquidos e sólidos.

**Sensores Fotoelétricos:** Aumentando o range de detecção sem contato físico, os sensores fotoelétricos são capazes de detectar não só partes e peças de máquinas automáticas, mas os próprios produtos manufaturados na linha de produção.

**Sensores de Fibras Ópticas:** Sensores ópticos para fibras, modelos microprocessados, sistema de detecção da fibra por barreira ou fotosensora. Lentes opcionais para diversas aplicações.

**Sensores Lasers:** Os sensores laser têm alta sensibilidade e alta precisão se comparados aos tradicionais sensores fotoelétricos. Modelos não tubulares com alta resolução para as mais variadas aplicações.

**Sensores Ultrassônicos:** Sensores microprocessados com saída digital simples ou dupla, saída analógica em tensão ou corrente, utilizados por exemplo em medição de nível. Modelos especiais para detecção de folha dupla.

**Sensores Magnéticos:** Os sensores de proximidade magnéticos foram idealizados para detectar o campo magnético gerado por um ímã que pode ser um acionador magnético. Podem ser aplicados no monitoramento de válvulas lineares ou cilindros pneumáticos.

**Sensores Transdutores Lineares:** Permite a detecção da posição sem contato, o que elimina o desgaste de peças e aumenta a vida útil do transdutor. Com excelente resistência mecânica a vibração e a choques, podem ser instalados em ambientes hostis, inclusive na presença de agentes contaminantes ou presença de pó.

**Sensores de Pressão:** Os sensores de pressão podem ser aplicados em ambientes fabris que requerem produtos robustos. Há versões para pressão diferencial, com bargraph, anti-corrosivo e display duplo. Modelos para ar comprimido, gases ou líquidos (inclusive corrosivos). Podem ser microprocessados com alta resolução, com display, amplificador separado. Modelos tubulares com invólucros compactos e vários tipos de saída e faixas de pressão.

**Sensores de Imagem:** Os sensores da linha CVS são compactos e reúnem lente, sensor de imagem, LEDs, display LDC e processador em um único invólucro.

**Sensores de Barreiras Fotoelétricas:** Versões para uso geral e segurança humana. Para segurança humana versões para proteção de dedos, mãos e braços, com controlador de segurança incorporado à barreira e classe de proteção

## Strain Gages – Medições com Deformações

São configurados em circuitos de ponte de Wheatstone para detectar pequenas variações de resistência.

Além das características das diferentes configurações de strain gage, precisamos considerar o hardware necessário para o condicionamento e a aquisição das medições de deformação. Strain gages, por exemplo, exigem excitação de tensão, que não está disponível em todos os dispositivos de medição com condicionamento de sinais.

### Deformação

A deformação é a relação entre a variação de comprimento de um material com relação ao seu comprimento original, antes de ter sido afetado. No teste e medição de sistemas mecânicos, é necessário entender como um objeto reage a diferentes forças. As alterações físicas experimentadas por um material devido à aplicação de uma força são denominadas deformação. Deformação é definida como a relação entre a variação de comprimento de um material e o seu comprimento original, sem ter sido alterado. A deformação pode ser positiva (tração) ou negativa (compressão). Quando um material é comprimido em uma direção, a tendência de expansão nas outras duas direções perpendiculares a essa força é conhecida como efeito Poisson. O coeficiente de Poisson ( $\nu$ ) é a medida desse efeito, sendo definido como a relação negativa da deformação na direção transversal à deformação na direção axial. Embora adimensional, a deformação é às vezes expressa em unidades como pol./pol. ou mm./mm. Na prática, a magnitude da deformação medida tem um valor muito pequeno. Por esse motivo, a deformação é muitas vezes expressa em microstrain ( $\mu\epsilon$ ), que é igual a  $\epsilon \times 10^{-6}$ .

Os 4 diferentes tipos de formação são: axial, de flexão, de cisalhamento e de torção. As deformações mais comuns são a axial e por flexão (veja a figura 2). A deformação axial mede o alongamento ou a compressão de um material resultantes de uma força linear na direção horizontal. A deformação por flexão mede a deformação de um lado do material e a contração de seu lado oposto, provocadas por uma força linear aplicada na direção vertical. A deformação por cisalhamento mede o valor da deformação provocada por uma força linear que tem

componentes nas direções horizontal e vertical. A deformação de torção mede uma força circular que tem componentes nas direções horizontal e vertical.

### Como medimos a deformação

Você pode medir a deformação por diferentes métodos, mas o método mais comum utiliza um strain gage. A resistência elétrica de um strain gage varia proporcionalmente com o valor da deformação do corpo de prova. O strain gage mais amplamente utilizado é o strain gage de componentes metálicos colados. O strain gage metálico é formado por um fio muito fino ou, mais comumente, por folhas metálicas dispostas em um padrão de grade. O padrão de grade maximiza a extensão dos fios ou folhas metálicas sujeitas à deformação na direção paralela. A grade é colada a um suporte fino, denominado base, que é fixado diretamente no corpo de prova. Dessa forma, a deformação sofrida pelo corpo de prova é transferida diretamente ao strain gage, que responde com uma variação linear de sua resistência elétrica. A resistência elétrica da grade metálica varia proporcionalmente ao valor da deformação sofrida pelo corpo de prova.

Um parâmetro fundamental do strain gage é sua sensibilidade à deformação, expressa quantitativamente como fator de gage (GF). GF é a relação entre a variação relativa de resistência elétrica e a variação relativa em comprimento, ou deformação.

O GF de strain gages metálicos normalmente está próximo de 2. Você pode obter o GF de um strain gage específico com o fornecedor do sensor, ou na documentação do sensor. Na prática, as medições de deformação raramente envolvem valores maiores que alguns milistrains ( $\epsilon \times 10^{-3}$ ). Dessa forma, para medir a deformação, você precisa ser capaz de medir com alta exatidão variações muito pequenas de resistência. Por exemplo, se um corpo de prova estiver submetido a uma deformação de  $500 \mu\epsilon$ , um strain gage com GF igual a 2 fornecerá uma variação de resistência elétrica de apenas  $2 \times (500 \times 10^{-6}) = 0,1\%$ . Para um strain gage de  $120 \Omega$ , isso corresponderá a uma variação de apenas  $0,12 \Omega$ .

Para medir variações tão pequenas de resistência como estas, as configurações de strain gage são baseadas no conceito de ponte de Wheatstone.

Uma ponte Wheatstone genérica, que é uma rede formada por quatro braços resistivos e uma tensão de excitação,  $V_{EX}$ , aplicada na ponte.

A ponte de Wheatstone é o equivalente elétrico de dois circuitos divisores de tensão em paralelo.  $R_1$  e  $R_2$  formam um circuito divisor de tensão;  $R_4$  e  $R_3$  formam o segundo circuito divisor de tensão.

$$V_O = \left[ \frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] * V_{EX}$$

A saída da ponte de Wheatstone,  $V_O$ , é medida entre os nós médios desses dois divisores de tensão. A ponte de Wheatstone é o equivalente elétrico de dois circuitos divisores de tensão em paralelo.  $R_1$  e  $R_2$  formam um circuito divisor de tensão;  $R_4$  e  $R_3$  formam o segundo circuito divisor de tensão. A saída da ponte de Wheatstone,  $V_O$ , é medida entre os nós médios desses dois divisores de tensão.

A partir dessa equação, você pode ver que quando  $R_1/R_2 = R_4/R_3$ , a saída de tensão  $V_O$  é igual a zero. Nessas condições, dizemos que a ponte está balanceada. Qualquer variação na resistência de qualquer um dos braços da ponte resulta em uma tensão de saída diferente de zero. Dessa forma, se você substituir  $R_4$  da figura 4 por um strain gage ativo, qualquer variação na resistência do strain gage irá desequilibrar a ponte e produzir uma tensão de saída diferente de zero que será função do valor de deformação.

### Tipos de strain gages

Os três tipos de configuração de strain gage - quarto de ponte, meia ponte e ponte inteira - são diferenciados pelo número de elementos ativos na ponte de Wheatstone, a orientação dos strain gages e o tipo de deformação que está sendo medida.

### Strain gage em quarto de ponte

#### Tipo de Configuração I

- Mede deformação axial ou deformação de flexão
- Requer um resistor passivo para o complemento do quarto de ponte.

- Requer resistores de complemento de quarto de ponte para completar a ponte de Wheatstone.

#### Tipo de configuração II

Idealmente, a resistência do strain gage somente sofre variação em resposta a uma deformação. Entretanto, o material do strain gage e o material do corpo de prova ao qual o gage é aplicado também respondem a variações de temperatura. O tipo II de configuração de strain gage em quarto de ponte ajuda a minimizar ainda mais o efeito da temperatura, usando dois strain gages na ponte. Como mostrado na figura 6, tipicamente um strain gage (R4) é ativo e um segundo strain gage (R3) é montado em um contato térmico, mas não ligado ao corpo de prova, e colocado transversalmente ao eixo principal da deformação. Dessa forma, a deformação exerce pouco efeito no strain gage de compensação, mas as variações de temperatura afetam os dois strain gages da mesma maneira. Como as variações de temperatura são idênticas nos dois strain gages, a relação entre as suas resistências não é alterada, a tensão de saída ( $V_o$ ) não é alterada e os efeitos da temperatura são minimizados. R4 é um strain gage ativo que mede a deformação de tração ( $+\epsilon$ )

#### Strain gage em meia ponte:

- Você pode dobrar a sensibilidade da ponte à deformação, com dois strain gages ativos em uma configuração de meia ponte

#### Tipo de Configuração I:

- Mede deformação axial ou deformação de flexão
- Requer resistores de complemento de meia ponte para completar a ponte de Wheatstone.
- R4 é um strain gage ativo que mede a deformação de tração ( $+\epsilon$ )
- R3 é um strain gage ativo que compensa o efeito de Poisson ( $-\nu\epsilon$ )

Essa configuração muitas vezes é confundida com a configuração tipo II de quarto de ponte. Entretanto, o tipo I tem um elemento R3 ativo ligado ao corpo de prova que sofre a deformação.

#### Tipo de configuração II:

- Mede somente a deformação de flexão
- Requer resistores de complemento de quarto de ponte para completar a ponte de Wheatstone.
- R4 é um strain gage ativo que mede a deformação de tração ( $+\epsilon$ )
- R3 é um strain gage ativo que mede a deformação de compressão ( $-\epsilon$ )

Strain gage em ponte inteira:

Uma configuração de strain gage em ponte inteira é formada por 4 strain gages ativos e está disponível em três tipos diferentes. Os tipos 1 e 2 medem a deformação de flexão e o tipo 3 mede deformação axial. Somente os tipos 2 e 3 oferecem a compensação do efeito Poisson, mas os três tipos minimizam os efeitos da temperatura.

Tipo de Configuração I:

- Altamente sensível somente à deformação por flexão
- R1 e R3 são strain gages ativos que medem a deformação de compressão ( $\epsilon$ )
- R2 e R4 são strain gages ativos que medem a deformação de tração ( $-\epsilon$ )

Tipo de configuração II:

- Sensível somente à deformação por flexão
- R1 é um strain gage ativo que mede o efeito Poisson de compressão ( $-\nu\epsilon$ )
- R2 é um strain gage ativo que mede o efeito Poisson de tração ( $-\nu\epsilon$ )
- R3 é um strain gage ativo que mede a deformação de compressão ( $-\epsilon$ )
- R4 é um strain gage ativo que mede a deformação de tração ( $-\epsilon$ )

Tipo de configuração III:

- Mede a deformação axial
- R1 e R3 são strain gages ativos que mede o efeito Poisson de compressão ( $-\nu\epsilon$ )
- R2 e R4 são strain gages ativos que medem a deformação de tração ( $+\epsilon$ )

Como escolho o strain gage certo:

Uma vez que tiver decidido o tipo de deformação que quer medir (axial ou de flexão), você poderá passar a outras considerações, como sensibilidade, custo e condições de operação. Para um mesmo strain gage, alterar a configuração da ponte poderá aumentar a sua sensibilidade à deformação. Por exemplo, a configuração tipo I em ponte inteira tem sensibilidade 4 vezes maior que a configuração tipo I em quarto de ponte. Entretanto, uma configuração tipo I em ponte inteira requer três strain gages a mais que o tipo I em quarto de ponte. Essa configuração também requer acesso aos dois lados da estrutura da ponte. Além disso, as configurações de strain gage em ponte inteira têm um custo significativamente maior que as configurações de meia ponte e quarto de ponte. No quadro abaixo, veja um resumo dos vários tipos de strain gages.

Largura da grade:

Utilizar uma grade de maior largura, se possível no local de instalação, melhora a dissipação de calor e melhora a estabilidade do strain gage. Entretanto, se o corpo de prova estiver sujeito a gradientes de deformação severas perpendiculares ao eixo primário da deformação, considere o uso de uma grade mais estreita, para minimizar os erros decorrentes da deformação de cisalhamento e do efeito de Poisson.

Resistência nominal do strain gage:

Resistência nominal do strain gage é a resistência de um strain gage sem deformação. Você pode obter o fator de gage de um determinado strain gage consultando o fornecedor ou a documentação do sensor. Os valores de resistência nominal mais comuns dos strain gages comerciais são 120  $\Omega$ , 350  $\Omega$  e 1000  $\Omega$ . Um valor de resistência nominal mais alta reduz a quantidade de calor gerada pela tensão de excitação. A resistência nominal mais alta também ajuda a reduzir as variações de sinal provocadas por alterações de resistência nos condutores decorrentes de flutuações de temperatura.

Compensação de temperatura:

Idealmente, a resistência de um strain gage somente deve variar em resposta à deformação. Entretanto, a resistividade e a sensibilidade de um strain gage também variam com a temperatura, o que provoca erros de medição. Os

fabricantes de strain gages tentam minimizar a sensibilidade à temperatura processando o material do gage de forma a compensar a expansão térmica do material do corpo de prova ao qual o gage é destinado. Considere também o uso de um tipo de configuração que ajude a compensar os efeitos das flutuações de temperatura. Essas configurações de ponte são mais imunes aos efeitos das flutuações de temperatura.

Instalação:

A instalação de strain gages pode exigir uma quantidade de tempo e recursos significativos, que varia bastante conforme a configuração da ponte. A quantidade de strain gages colados, número de fios e a posição da montagem podem afetar o nível de esforço necessário para a instalação. Determinadas configurações de ponte podem exigir a instalação de strain gages de lados opostos da estrutura, o que pode ser difícil ou até mesmo impossível. O tipo I em quarto de ponte é a configuração mais simples, pois exige apenas a instalação de um strain gage, com dois ou três fios.

Condicionamento de sinais para strain gages:

As medições com strain gages são complexas e diversos fatores podem afetar o desempenho das medições. Dessa forma, você precisa selecionar e utilizar corretamente a ponte, o condicionamento de sinais, fiação e componentes de aquisição de dados para gerar medições confiáveis. Por exemplo, as tolerâncias de resistência e a deformação induzida pela aplicação do strain gage geram um pouco de tensão de offset, quando não há deformação aplicada. De maneira similar, condutores longos podem aumentar a resistência do braço da ponte, o que inclui erro de offset e diminui a sensibilidade da saída da ponte. Para garantir medições de deformação de alta exatidão, considere os itens abaixo:

- Complemento de ponte, para completar o circuito necessário em configurações de strain gage de quarto de ponte e meia ponte
- Excitação, para alimentar os circuitos da ponte de Wheatstone.
- Detecção remota, para compensar erros de tensão de excitação ocorridos em condutores de maior comprimento.
- Amplificação, para aumentar a resolução da medição e melhorar a relação sinal-ruído.

- Filtragem, para remover ruídos externos de alta frequência.
- Zeragem de offset, para equilibrar a ponte com 0 V de saída na ausência de deformação.
- Calibração por shunt, para colocar a saída da ponte em um valor conhecido esperado.

### **2.1.2. PLC - Programmable Logic Controller**

Os Controladores Lógicos Programáveis - CLP - são um microcomputador de propósito específico dedicado para o controle de processos. Os CLP's foram desenvolvidos para o controle de sistemas com entradas e saídas binárias (de dois estados apenas: ligado - desligado, alto - baixo, etc.); porém, hoje têm adquirido muitas outras funções com alta confiabilidade, como é o caso de tratamento de sinais analógicos, controle contínuo multivariáveis, controle de posição de alta precisão, etc.

Os CLP's nasceram para substituir reles na implementação de intertravamentos e controle seqüencial se especializando no tratamento de variáveis digitais. Algumas características mais relevantes dos CLP's são:

-Caráter modular dos CLP's: permite adequar o controlador para qualquer aplicação, já que o projetista especifica só o número e tipos de módulos que precisa de acordo com o número de entradas, saídas e outras funções, que requer o processo a ser controlado, se adequando o controlador à aplicação;

Flexibilidade dada pela programação: pode ser aplicado a qualquer tipo de processo e facilmente mudadas as funções através do programa, sem mexer na instalação;

- Comunicação: cada fabricante possui redes de comunicação proprietárias e possibilidades para comunicação com outros CLP's ou componentes como inversores de frequência, o que possibilita a distribuição de tarefas de controle e a centralização das informações através de computadores onde rodam aplicativos de supervisão. Diversos meios físicos são possíveis: fios trançados, fibras ópticas ou ondas de rádio;

- Redundância: quando o sistema assim o requer, são fornecidos módulos e CPU's (Unidade Central de Processamento) redundantes (com mais de uma CPU) que garantem uma altíssima confiabilidade de operação até nos processos mais exigentes.

- As linguagens de programação desenvolvidas para eles são fundamentalmente representados de três formas

Redes de contatos: similar aos esquemas elétricos de relês e contatores;

Blocos funcionais: similares aos esquemas elétricos de circuitos digitais (AND, OR, XOR, etc.);

- Lista de instrução mnemônica: similares aos programas escritos em *assembler*.

O CLP é caracterizado por:

Fornecimento via projeto de integração;

- Sistema dividido em diversas CPU's de CLP's a fim de obter melhor performance em aplicações críticas.

Redundância proporcionada pela duplicação de cartões de I/O (entrada / saída), fontes e CPU's;

- Redes de comunicação antes proprietárias, agora buscam obedecer a padrões internacionais. Uso recente de fibras óticas;

- Total liberdade de escolha de parceiros de equipamentos e engenharia;

- Programação do supervisor independente da programação do CLP; <sup>6</sup>

- As variáveis devem ser definidas duas vezes: na base de dados do SCADA e no programa do CLP;

-- Tecnologia em geral aberta;

-- Muito eficiente no tratamento de variáveis discretas com poder e flexibilidade crescentes no tratamento de variáveis analógicas;

· - Hardware e software padrões de mercado;

-- Custos globais baixos quando comparado a SDCCD - Sistemas Distribuídos para Controle Digital. Embora existam diversas tecnologias de controle, deve existir o interfaceamento entre o controle com o comando, proporcionando uma melhor integração do homem com a máquina. Para esta

finalidade, utilizou-se com freqüência anunciadores de alarmes, luzes, chaves seletoras, botoeiras, etc..., que nos permitiam comandar ou visualizar estados definidos com ligado e desligado, alto ou baixo, temperatura elevada ou normal, mas não nos permitia visualizar os valores de alto, quanto alto, ou normal e quão normal. Surgiram então os “displays” e chaves digitais (“thumbweel switches”). Os “displays” nos permitiam visualizar os valores das variáveis do processo, bem como mudar parâmetros pré definidos, como por exemplo, temporizações através das chaves digitais. No entanto, este tipo de interface trazia dois problemas claros, o primeiro a dimensão da superfície do painel, que por muitas vezes necessitava de ser ampliada, somente para alojar tantos botões ou as informações que eram necessárias. Com o desenvolvimento das interfaces homem-máquina – IH, passamos a ter:

- com visores alfanuméricos, teclados de funções e 7 comunicação via serial com o dispositivo de controle, o qual muitas vezes era um computador pessoal – PC

- estas traziam consigo os seguintes benefícios:

- Economia de fiação e acessórios, pois a comunicação com o CP seria serial com um ou dois pares de fio transados, economizando vários pontos de entrada ou saída do CP, e a fiação deste com os sinaleiros e botões.

- Redução da mão-de-obra para montagem, pois ao invés de vários dispositivos, agora seria montado apenas a IHM.

- Diminuição das dimensões físicas do painel

- Aumento da capacidade de comando e controle, pois a IHM pode ajudar em algumas funções o CP, como massa de memória para armazenar dados, etc.

- Maior flexibilidade frente a alterações no campo.

- Operação amigável

- Fácil programação e manutenção.

A evolução seguinte foi a utilização de interfaces gráficas ao invés de alfanuméricas. Quando utilizadas, as interfaces gráficas, em alguns casos mais simples substituem os sistemas supervisórios, ou quando usadas em sistemas de controle, integradas a sistemas supervisórios, estas além das funções das IHM's alfanuméricas já citadas, executam também funções de visualização que aliviam o sistema supervisório para que a performance das funções de supervisão, alarme, tendências, controle estatístico de processo entre outras possa ser elevada. Logo, os softwares que tem a finalidade de servir como uma Interface Homem Maquina, não tem a finalidade de controlar nenhuma parte da maquina ou processo, ou seja, se ocorrer qualquer problema durante a sua execução, não prejudicará a automação da máquina ou processo. Normalmente estes softwares apresentam facilidades de configuração, mas estão limitados em segurança de dados, comunicação em rede, comunicação remota, controles de processo, etc. Os softwares que possuem as mesmas funções dos softwares IHM, além de poderem efetuar controle, distribuir informações entre estações via rede com performance e segurança, etc., são os softwares do tipo "sistema de controle e aquisição de dados"- SCADA.

### **2.1.3. Atuadores**

O atuador é o elemento final de controle que em resposta a um sinal de comando recebido, atua sobre a variação do elemento final do processo. Os atuadores convertem a energia conectada neles em uma automação útil para o ambiente industrial, e eles podem ser classificados em elétricos, pneumáticos e hidráulicos.

Os atuadores elétricos são adequados para movimentos angulares e de rotação, com ou sem controle de velocidade. Estes dispositivos devem ser alimentados com energia elétrica para funcionar e alguns exemplos são os motores de corrente contínua, motores de indução e servo motores.

Os atuadores pneumáticos, por outro lado, são adequados para aplicações que demandam movimentos lineares curtos necessários, por exemplo, em operações de transferência, montagem de tampa, apertos, posicionamento de produtos em esteiras, etc. São chamados pneumáticos, pois precisam ser

alimentados com ar comprimido. Já os atuadores hidráulicos são utilizados em sua grande maioria quando a força necessária é muito alta ou quando uma máquina em marcha lenta necessita de um controle preciso (mesmo assim, neste último caso, os atuadores hidráulicos tendem a ser substituídos por servomotores). São chamados hidráulicos por serem alimentados com fluido (óleo hidráulico). Os atuadores mais utilizados na indústria são os cilindros e motores de corrente contínua ou alternada e são na maioria das vezes comandados por CLPs ou controladores. Por exemplo, o CLP pode acionar uma válvula solenóide que libera o ar para fazer com que o cilindro pneumático seja acionado. Por outro lado, o CLP pode comandar um contator ou inversor de frequência de forma com que os motores sejam acionados. Mesmo com todas as ferramentas de controle, ainda pode se encontrar atuadores que são comandados diretamente pelo operador. Os motores de corrente contínua (CC) são compactos e geralmente o valor de torque mantém-se numa faixa constante para grandes variações de velocidade, porém necessitam de sensores de posição angular (*encoder*) ou de velocidade (tacômetro) para controle de posição ou velocidade em malha fechada (servocontrole). Uma alternativa mais simples consiste em usar motores de passo. Os mesmo podem funcionar em controle de malha aberta (posição e velocidade), e são facilmente interligados a unidades de comando de baixo custo, porém a curva de torque decresce com o aumento da velocidade e, em baixas velocidades, podem gerar vibrações mecânicas. São mais empregados na movimentação de garras (FELIZARDO; BRACARENSE, 2005). O termo pré-atuador aplica-se nos casos onde é necessária uma amplificação do sinal de controle para que o atuador possa ser acionado. Podemos identificar os pré-atuadores como sendo a válvula solenóide, o contator e o inversor.

## Componentes: Atuadores

Figura 2 – Tabela de Atuadores.

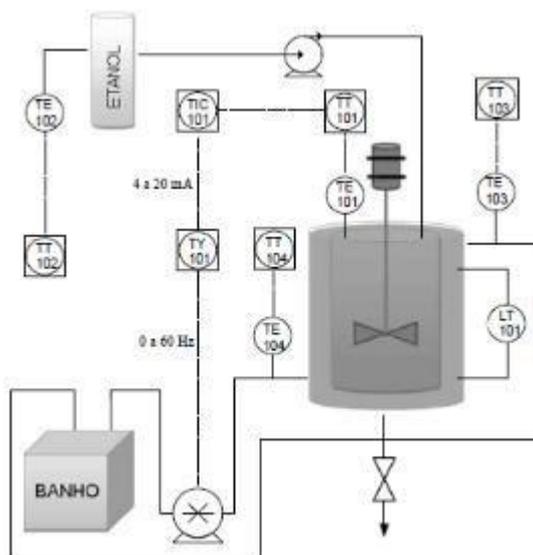
| Característica                             | Tipos de atuadores                          |   |  |
|--|---|---|--|
|  | <i>Eléctricos</i>                           | <i>Hidráulicos</i>                                  | <i>Pneumáticos</i>   |
| <b>Controle</b>                            | Fácil. Possibilidade de ser elaborado.      | Hoje em dia mais fácil com as eletro servo-válvulas | Muito difícil. Devido a questões de compressibilidade do ar                |
| <b>Velocidades</b>                         | Grande                                      | Média/Grande  | Muito grande   |
| <b>Torque a baixa velocidade (aceler.)</b> | Pequenos/Médios                             | Grande  | Pequenos   |
| <b>Precisão (repetibilidade)</b>           | Boa. Limitada pelo uso de transmissão       | Boa   | Má, exceto em operações a posições fixas.                                  |
| <b>Funcionamento em situação estática</b>  | Mau. Requer travões.                        | Excelente. Trata-se de funcionamento normal.        | Bom. Não há risco de danificação do sistema.                               |
| <b>Questões ambientais</b>                 | Os arcos eléctricos podem ser indesejáveis. | Perigo de fugas de óleo.                            | Sistemas limpos. Poluição sonora de componentes, compressores e das fugas. |
| <b>Custos</b>                              | Relativamente baixos                        | Altos   | Relativamente Baixos   |

Fonte:Site: <http://slideplayer.com.br/slide/3463602/> Acesso em:12 de maio de 2018

### 2.1.4 Diagrama de Controles

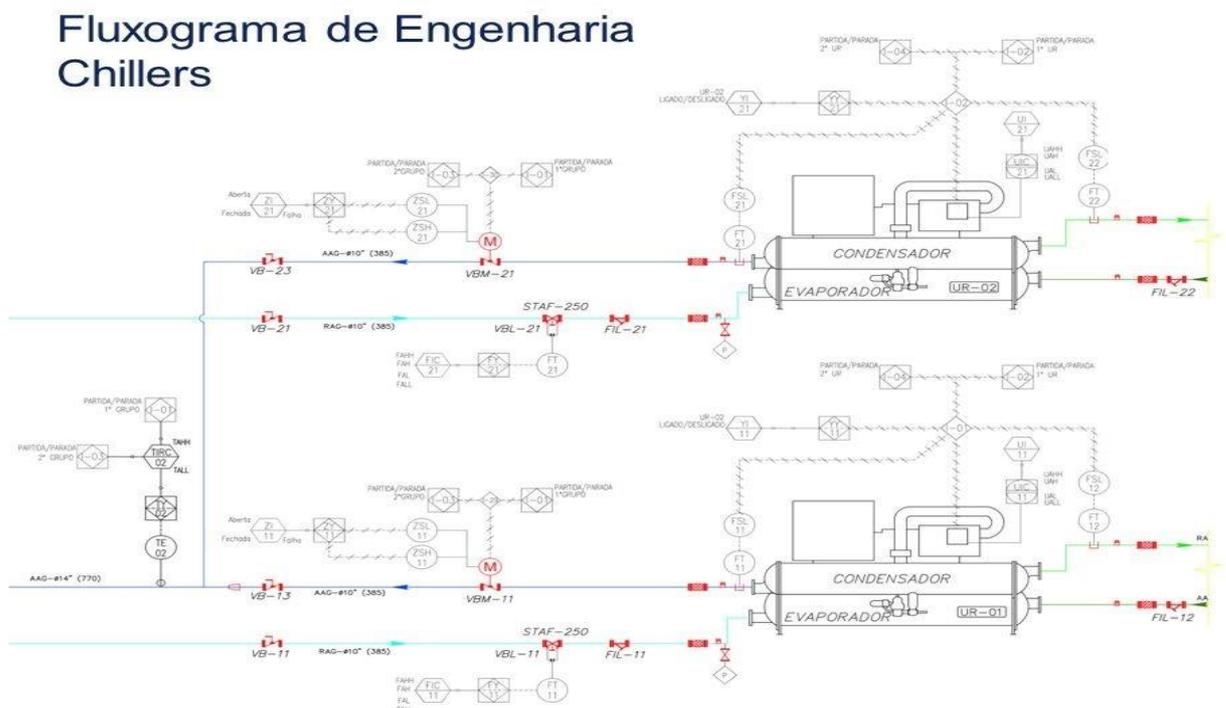
Os diagramas de controle tem por objetivo apresentar o funcionamento de um sistema de Automação específico através de símbolos gráficos. Também chamado de fluxograma de controles, descreve de forma ordenada informações e comandos de forma simples e desconstruída.

Figura 3:Fluxograma de instrumentação do sistema de precipitação



Fonte: Site: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAwfcaI/2013-1-2-instrumentacao-controleindustrial-i> Acesso em: 12 de maio de 2018

Figura 4: Fluxograma de Engenharia Chillers



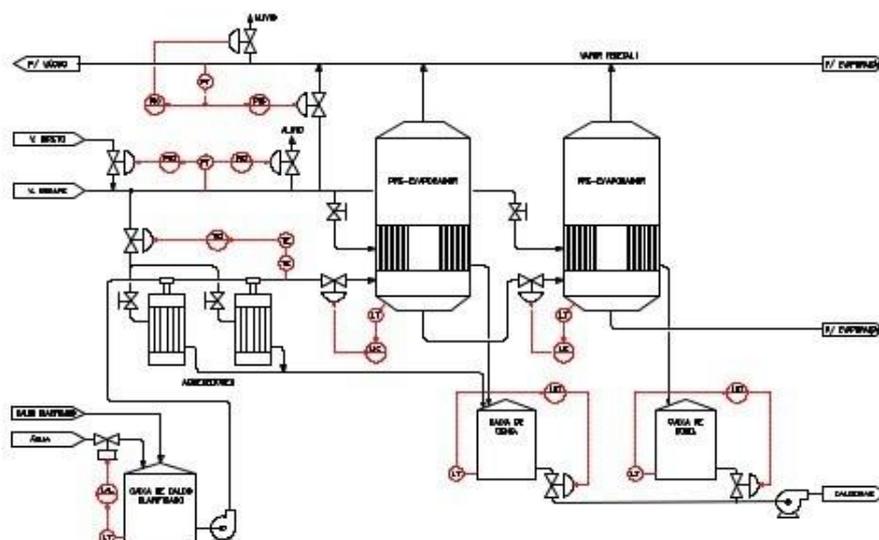
Fonte: Site: <http://slideplayer.com.br/slide/11703707/> Acesso em: 12 de maio de 2018

Podemos analisar as redes de um fluxograma através de suas linhas e setas, responsáveis por dar o sentido e direção do fluxo. Sinalizados em vermelho, na imagem abaixo, temos sinalizados os dispositivos de Automação.

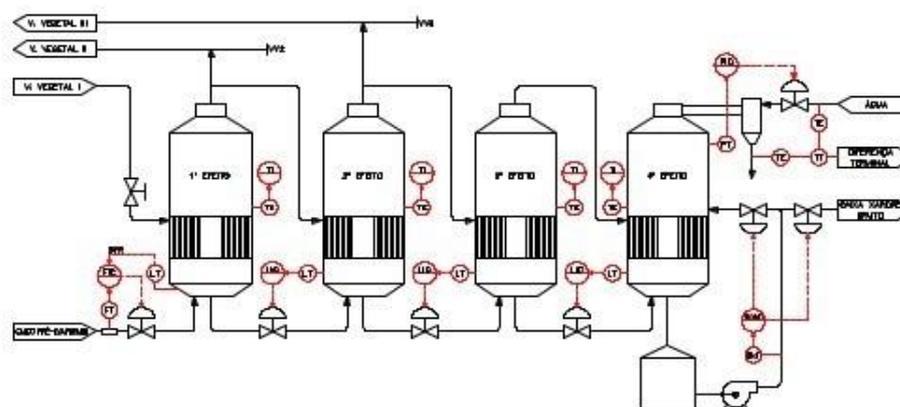
Figura 5: A Usina de Açúcar e sua Automação - Fluxogramas de Instrumentação  
 Fonte: Site: <https://www.slideshare.net/JardelSousa/apostila-usina-de-acucar-e-sua-automacao> Acesso em: 12 de maio de 2018

A Usina de Açúcar e sua Automação

**FLUXOGRAMA DE INSTRUMENTAÇÃO DA PRÉ-EVAPORAÇÃO**



**FLUXOGRAMA DE INSTRUMENTAÇÃO DA EVAPORAÇÃO MÚLTIPLO EFEITOS COM CONTROLE DE NÍVEL DAS CAIXAS**



Usinas que trabalham com esta filosofia: Usina Santa Elisa, Usina Santa Rita, Usina Cidade Gaúcha.

### III. NAVIOS INDEPENDENTES

#### 3.1. A Automação reduzindo a tripulação

Em matéria publicada no dia 3 de setembro de 2016 pelo jornal norte-americano The Wall Street Journal conta que projetistas de navios, operadores e reguladores estão se preparando para um futuro em que embarcações mercantes irão cruzar os oceanos com uma tripulação mínima ou até mesmo sem nenhuma. Avanços na automação e uma comunicação de dados cada vez mais veloz, mesmo no meio do oceano, podem causar a maior transformação no transporte marítimo desde a substituição dos motores a vapor por motores diesel. Armadores acreditam que uma automação maior lhes permitirá aperfeiçoar o uso das embarcações, inclusive reduzindo o consumo de combustível e mão de obra. “O benefício da automação está na possibilidade de ampliar a eficiência das 630 embarcações que operamos”, diz Palle Laursen, líder da Maersk Line Ship Management, unidade de transporte marítimo de carga da gigante dinamarquesa A.P. Moeller-Maersk A/S.

Segundo a reportagem do T.W.S.Journal, a fabricante britânica de motores Rolls-Royce Holdings PLC está liderando um projeto, conhecido como Aplicações Aquáticas Autônomas Avançadas, que envolve outras empresas e universidades. Essa iniciativa antevê a migração para os navios de tecnologias há muito adotadas para melhorar a aviação comercial. O grupo também está readequando know-how de carros autônomos para operações marítimas. Uma futura embarcação não tripulada pode se assemelhar aos mais avançados drones de combate. Ela poderá ter detectores infravermelhos, câmeras de alta resolução e sensores a laser para monitorar seus arredores. Os dados serão transmitidos a centros de comando onde uma equipe fará pouco mais do que monitorar o avanço da embarcação e garantir que as embarcações operem na velocidade ideal. O consórcio finalizou um estudo ao fim de 2016 que concluiu que esses navios são viáveis e oferecem economias em diversos setores. WSJ afirma que Oskar Levander, diretor de inovação da unidade marítima da Rolls-Royce, diz que a migração para uma maior autonomia e para navios independentes pode reduzir os custos de transporte em 22%. A maior parte dessa economia virá de custos menores com marinheiros, embora essas embarcações também devam consumir menos óleo combustível,

uma vez que não vão precisar carregar equipamentos de apoio para pessoas. Os primeiros passos já foram dados. A balsa Stella, operada pela Finferries no Mar Báltico, foi equipada com uma série de sensores, incluindo lasers e câmeras térmicas, para avaliar se esses sensores poderiam permitir operações autônomas. Para se chegar a navios cargueiros não tripulados controlados remotamente até 2030 e a navios totalmente autônomos até 2035, um fator crucial será a capacidade de transmitir grandes volumes de dados entre navios e a costa, de forma a garantir a segurança das operações. Por anos, o alto custo da largura de banda foi um desafio. Uma nova geração de satélites de comunicação promete custos menores para a transmissão de dados.

O jornal norte-americano ressalva que neste ano, a empresa de serviços de satélite Inmarsat PLC lançou o serviço Fleet Xpress, fornecendo uma melhor conectividade aos operadores de navios mercantes ao unir satélites de banda larga a uma conexão mais segura. Ronald Spithout, diretor-superintendente da unidade marítima da Inmarsat, diz que a conexão permitirá que os funcionários monitorem os motores e outras funções dos navios mais de perto para possibilitar uma maior e mais eficaz automação. A Rolls-Royce, que não é mais vinculada à fabricante de carros de luxo, está apostando que investir em embarcações inteligentes poderá melhorar sua baixa atuação no setor marítimo. A queda duradoura nos preços do petróleo provocou uma forte retração na demanda por navios sofisticados. As vendas da Rolls-Royce no setor marítimo caíram 23% no ano passado, depois de terem recuado 16% em 2014.

Os preços do petróleo podem se recuperar, mas a demanda pelas embarcações usadas para atender plataformas de petróleo no oceano talvez nunca volte ao que era, diz Mikael Makinen, diretor-superintendente da divisão marítima da Rolls-Royce.

Muitos apostam nas embarcações inteligentes como o mais novo mercado em ascensão. De acordo com o texto do The Wall Street Journal a Rolls-Royce já está negociando com operadores para iniciar testes em navios com mais autonomia.

Os navios autônomos, porém, têm obstáculos pela frente. “Há um vasto leque de desafios de segurança, proteção, navegação e jurídicos que precisa ser resolvido antes que navios sem tripulação possam ser incluídos em nossa frota”, diz Laursen. A Organização Marítima Internacional (IMO, da sigla em inglês), braço da

Organização das Nações Unidas que supervisiona a navegação global, proíbe operar navios sem tripulação. A Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar, conhecida como Solas, exige que todos os navios sejam “suficientemente e eficientemente tripulados”, afirma a IMO. The Wall Street Journal lembra que as regras de segurança surgiram em 1914 na esteira do naufrágio do Titanic, dois anos antes, que matou mais de 1.500 passageiros em sua viagem inaugural. Concluídas em 1974, as regras atuais têm sido adaptadas para as novas tecnologias, como a obrigatoriedade de mapas eletrônicos e sistemas de identificação automáticos para navios. Defensores de uma autonomia maior esperam que as regras possam ser flexibilizadas. Não está claro como questões de segurança, como a pirataria e a exigência de ajudar embarcações em perigo, seriam abordadas por navios autônomos. Natasha Brown, porta-voz da IMO, diz que o Grupo de Trabalho Regulatório de Sistemas Marinhos Autônomos, criado em 2014, está analisando as regulações pertinentes para propor mudanças. O Cargueiro japonês “Kinksan Maru”, foi o primeiro navio a possuir um extensivo sistema de automação de controle remoto centralizado que empolgou a indústria marítima armadores do mundo todo. Esse navio foi criado para suprir a carência de marinheiros para tripular as embarcações, devido ao grande desenvolvimento que o Japão apresentava na época. Evidentemente a redução de custos incentivada pelas empresas e a falta de mão de obra qualificada, influenciam na necessidade de implementação da automação. Outro fato que é um grande desmotivador da mão-de-obra dos navios mercantes e consequente implementação da automação é a facilidade de empregos em plataformas de perfuração e extração de petróleo, onde o regime de embarque é menor e o salário diversas vezes superior ao embarcado, o que motiva os marítimos a saírem das embarcações em direção a essas áreas. A facilidade e variedade de empregos em terra, tanto para os trabalhadores de convés quanto os da área de Máquinas cria um fluxo de mão de obra que não é positiva para a área de navios. Essa diversidade de empregos, aliada ao desejo e necessidade dos trabalhadores de ficarem perto de suas famílias e entes queridos os afastam da profissão de marinheiro. Porém, o maior exemplo da redução das tripulações nos navios mercantes atual é o navio Emma Maersk, um dos maiores contêineres do mundo, que recebeu um gigantesco investimento para sua automação. De bandeira dinamarquesa, a embarcação navega desde setembro de 2006. Com 397 metros

de comprimento, 56,4m de boca e 15,5m de calado, o navio pode transportar 14.500 TEUS e deslocar 123 mil e 200 toneladas de peso bruto, cerca de 11 mil containers de vinte pés. Esse navio possui um sistema de supervisão completa e elevado nível de informatização, permitindo que ele navegue com segurança com apenas treze tripulantes.

Figura 6: Navio Emma Maersk



Fonte: Site <https://blogdocaminhoneiro.com/2009/08/o-maior-navio-porta-containers-do-mundoemma-maersk/> Acesso em: 12 de maio de 2018

### **3.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA AUTOMAÇÃO**

#### **A redução das tripulações**

O homem não foi substituído pela máquina, mas com a implementação cada vez maior da automação a bordo dos navios mercantes devido a modernização dos processos tecnológicos, a diminuição das tripulações tornou-se uma grande preocupação para os marítimos.

Apesar de tal redução, ainda há necessidade de trabalhadores qualificados para fabricação, montagem, programação, operação e manutenção das novas máquinas e por esse motivo os mais afetados com o desemprego são os trabalhadores com baixa qualificação. Mas também existe o lado bom, á que a tripulação é beneficiada por algumas vantagens da automação, tais como: o

aumento da produtividade, a segurança e a confiabilidade das operações, além de minimizar o esforço humano, diminuindo a fadiga e o desgaste físico e mental do operador.

A pior questão tratada nesse caso é o fato de que, mesmo possuindo navios com pouco desenvolvimento em automação, os armadores diminuem as tripulações a fim de obter mais lucros, gerando então uma sobrecarga dos tripulantes, conseqüentemente gerando cada vez mais insatisfação da parte dos trabalhadores, o que acarreta o baixo rendimento dos mesmos, devido à fadiga mental e física. Isso se torna extremamente perigoso, pois o trabalho intenso adicionado a fadiga pode colocar em risco a segurança do navio, já que o trabalhador estará cansado e menos atento aos riscos e aos acidentes iminentes.

### **Redução direta e indireta.**

A redução das tripulações trazem inúmeros benefícios aos armadores, já que transportando mais cargas com menos tripulantes no navio conseguem diminuir seus custos. Esta pode ser dividida em dois tipos diferentes: a redução indireta, quando existe um complemento da carga transportada pelo navio com a mesma quantidade de tripulantes, e a direta, quando há uma diminuição no número de tripulantes em um navio.

### **Projetos para a aceitação da redução.**

Existem princípios a serem acatados para que injustiças sociais e econômicas não aconteçam, tais princípios já são respeitados em alguns países desenvolvidos, mas, ainda assim, existem alguns armadores que por cópia do poder estrangeiro, vêm efetuando a automatização sem seguir os parâmetros justos para a tripulação e sua própria manutenção, o que preocupa grande parte das tripulações. Exemplos desses princípios são:

- A pesquisa tecnológica avançada com alto investimento;
- Experiências com diminuição gradativa de tripulação, com relação à aplicação efetiva da automação;
- Treinamento intensivo e específico das tripulações para cada tipo de navio com equipamentos avançados;

- Fortalecimento da indústria naval, a fim de que, caso ocorra excesso de tripulantes, este possa ser absorvido no processo de expansão da frota; e
- Adequação da legislação a essa forma de trabalho, uma vez que existe tripulação de segurança.

### **Atualidade**

A redução das tripulações tem atingido tanto o departamento de náutico quanto o de máquinas: onde os navios antigamente possuíam cerca de 30 a 45 pessoas, agora possuem, em média, de 15 a 25 pessoas, dependendo do tipo de navio e da empresa.

### **3.3. Resultados**

A redução das tripulações das embarcações mercantes pela automação trouxe diversas consequências, positivas e negativas, para os marítimos.

A principal vantagem para o empregado com a automação e consequente redução da tripulação foi a diminuição dos esforços e dificuldades durante seu trabalho no quarto de serviço, possibilitando um aumento no conforto e na segurança do mesmo.

Também podemos observar o aumento da qualificação da reduzida tripulação, de modo a ser capacitada a operar os dispositivos automatizados. Além disso, nota-se o aumento dos salários dos marinheiros, uma vez que se trata de uma mão de obra muito mais especializada.

A desvantagem mais temível da tecnologia moderna e a bordo é o aumento do desemprego, através da extinção de grande parcela dos empregos, e a redução do número de trabalhadores em outros. Porém percebe-se que, além do desemprego, é preocupante a sobrecarga nos poucos tripulantes de bordo, acarretando em níveis altos de stress, causados pela preocupação com muitos equipamentos e muitas tarefas, o que demonstra que a redução de tripulantes não significa necessariamente a redução de esforços como deveria ocorrer.

Outro aspecto pouco explorado na redução de tripulações e criação de embarcações não tripuladas seria a necessidade crescente de se fazer manutenções em terra, ou de ter que deslocar uma equipe de terra até o navio,

uma vez que, se atualmente mesmo com tripulação ainda ocorrem diversos apagões, ao ocorrer em um navio não tripulado pode haver consequências catastróficas. Atualmente, a Lei de certos locais de tráfego intenso não permite tripulações abaixo de um determinado número de tripulantes por questões de segurança, o que pode ser outro empecilho na implantação desses tipos de navios.

Porém, o mais preocupante seria a segurança da carga. Ainda atualmente ouvimos falar de pirataria em vários países do globo e é difícil de se saber como um navio não tripulado poderia proteger sua carga ou o que as poucas pessoas de bordo poderiam fazer, ainda mais sem a possibilidade de porte de armas a bordo. Sites como o MarineTraffic disponibilizam para quem queira ver a posição, destino e diversas outras informações de mais de 50 mil navios, facilitando ainda mais a pirataria.

Figura 7: Tela MarineTraffic



Fonte: Site <http://www.sgboating.com/gears.html> Acesso em: 12 de maio de 2018

## CONCLUSÃO

Como exposto nessa monografia, o surgimento da automação foi essencial para o a substituição do ser humano pelo computador, de forma parcial ou total. Sem poderosos sistemas de controle e instrumentação, os custos de navegação e de operação com certeza ainda seriam muito elevados e tornariam a profissão no mar cada vez mais difícil. Sem falar nos benefícios para a segurança da tripulação e das embarcações. Concomitantemente, essa invasão da automação a bordo dos navios fez com que cada vez fosse menos necessária uma quantidade grande de tripulantes a bordo. E com o avanço das tecnologias, este é um processo que está se tornando cada vez mais usual. Porém quem continua a bordo encontra um ambiente de trabalho com melhores condições de trabalho e uma maior satisfação devido a sua responsabilidade pela supervisão dos sistemas de automação. Ainda assim, sempre será essencial ter tripulantes a bordo que saibam reparar qualquer defeito que possa ocorrer nesses sistemas de controle e que possam defender a carga da embarcação. Portanto, a automação está no centro do processo de modernização da economia mundial no setor naval, sendo constituída de uma área multidisciplinar que abrange integralmente as atividades e todas as modalidades tecnológicas, por isso, não é de responsabilidade de uma formação técnica específica e sim de um inteiro. Conclui-se que todos devem conhecer de automação, pois diz respeito a todo o meio técnico - científico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, Milton Antonio de. Aplicação de Automação e Sistemas de Alarme a Bordo dos navios. Rio de Janeiro: CIAGA, 1987

BOWEN, Howard Rothmann. Automação e processo econômico. Rio de Janeiro: Zahar, 1969.

CARDOSO, Carlos . Da série “Não vai acontecer”: navios-drones de carga. Disponível em: <<http://meiobit.com/275019/por-que-container-ship-drone-nao-seria-a-proxima-revolucao-em-logistica/>> Acesso em: 27 de abril de 2018.

Empresa SIEMENS. Navegando águas internacionais com habilidade e decisões sólidas. Disponível em: <<https://w3.siemens.com.br/industrysolutions/br/pt/marine/pages/maritimas.aspx>> Acesso em: 26 de abril de 2018.

Empresa WEG. Sistema WEG de Automação para Navios. Disponível em: <<http://www.weg.net/institucional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/sistema-weg-de-automacao-para-navios>> Acesso em: 30 de abril de 2018.

FLOR, Felipe Pereira. Automação e Monitoramento Remoto da Praça de Máquinas Rio de Janeiro: CIAGA, 2016.

PENTEADO, Branca Manassés et al. Curso profissionalizante de Mecânica - Automação. Editora Globo S. A. São Paulo- SP, 1996.

SILVA, Igor Ferreira de Miranda da. Automação, Redução das tripulações, Segurança À Bordo dos Navios Mercantes. Rio de Janeiro: CIAGA, 2013

HUDSON; JOHNSON; LAERENCE. Integrated Ship Management and Instrumentation Rio de Janeiro: Marine publishing, 1998