



21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ANÁLISE EXPERIMENTAL DE SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA COMPARANDO DIFERENTES NÍVEIS DE TECNOLOGIA

Kayo Ronan Macedo Roza, kayoronanmr@hotmail.com¹
Elson César Moraes, elsoncm@gmail.com²

¹Universidade Federal do Piauí, Campus Univer. Ministro Petrônio Portela, s/n, Ininga, Teresina-PI, 64049-550.

²Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses, 1966, Bacanga, São Luís-MA, 65080-805.

Resumo: A demanda crescente de bens de consumo e bens de capital cria a necessidade constante de otimização dos processos produtivos para aumento da eficiência destes. Diversas tecnologias surgiram e evoluíram no intuito de possibilitar o atendimento aos anseios da sociedade moderna, dentre elas a automação industrial. Neste trabalho é exposta de maneira simples e direta uma análise comparativa da automação pneumática com foco nas três fases de sua evolução, a pneumática, a eletropneumática e a pneutrônica. Uma análise experimental é realizada a fim de demonstrar as disparidades mensuradas na elaboração e funcionamento de três projetos conforme a evolução da automação, para uma mesma aplicação. Partindo da idealização dos sistemas, bem como, sua modelagem, simulação e experimentação laboratorial, foi possível comparar e explicitar os ganhos da evolução da automação pneumática segundo quatro parâmetros: manutenibilidade, ocupação de espaço físico, flexibilidade e autonomia. Com apenas 40% dos componentes e ocupando 2,76% do espaço físico de um sistema plenamente pneumático, o circuito pneutrônico apresentou menor tempo de setup e 2,6 vezes mais autonomia.

Palavras-chave: Automação Industrial, Eletropneumática, Pneutrônica.

1. INTRODUÇÃO

A automação pode ser definida de várias formas, no entanto há em todos os conceitos a inquestionável presença de uma tecnologia capaz de realizar um processo sem intervenção humana. Através dos tempos, com a evolução tecnológica industrial a necessidade de otimizar os equipamentos de produção, incorporando-lhes tecnologia e tornando-os mais confiáveis, produtivos e muitas vezes reduzindo seu custo em função das simplificações que a melhoria tecnológica oferece (FIALHO, 2011).

O avanço tecnológico da automação industrial impactou positivamente nos resultados obtidos nas linhas de produção dos mais variados produtos, além de auxiliar no desempenho das atividades administrativas e prestação de serviços. A automação pneumática, em especial, agregou maior produtividade aos processos industriais conferindo-lhes facilidades de transporte e armazenamento, baixo custo de implantação e uma alta velocidade de trabalho, chegando a atingir 10m/s no deslocamento de um cilindro pneumático. A existência em escalas ilimitadas de ar (fluido sob pressão utilizado neste ramo da automação) contribui significativamente na viabilidade técnica e financeira do uso desta tecnologia.

Para entender melhor o projeto e funcionamento dos experimentos aqui apresentados é importante estabelecer alguns conceitos básicos. De acordo com Fialho (2011) a pneumática trata dos movimentos e fenômenos dos gases, enquanto a eletropneumática é ramo da pneumática que passa a utilizar energia elétrica para acionamento de válvulas direcionais e monitoramento via sensores magnéticos de posicionamento, pressostatos, microswitches, etc. Por sua vez, pneutrônica é uma evolução da eletropneumática, em que a eletrônica passa a ter uma maior aplicação, utilizando controladores lógicos programáveis, sensores digitais, sistemas robotizados, etc (FIALHO, 2011).

2. ANÁLISE EXPERIMENTAL

Para coleta de dados foram projetados e montados três experimentos utilizando níveis de tecnologia diferentes, porém com a mesma aplicabilidade. A mudança será nos meios de comando aplicados, utilizando no primeiro, exclusivamente pneumática, no segundo, eletropneumática e no terceiro teste, pneutrônica. A experimentação consiste na modelagem e simulação computacional, seguida da montagem em bancada específica para essa finalidade. A

aplicação escolhida foi um sistema com dois manipuladores pneumáticos de três eixos (X,Y e Z) e uma ventosa (V) cada, com tubulação de 6,6mm internamente, configurado para deslocar-se conforme representado pelo método algébrico (1).

$$X+ Y+ Z+ V+ Z- Y- X- Z+ V- Z- \quad (1)$$

O sistema de controle dos autômatos foram projetados para realizarem um óciclo infinito, ou seja, enquanto houver energia elétrica e pneumática para supri-los os mesmo realizarão os ciclos reiteradas vezes. Cabe observar que o ciclo infinito é apenas um conceito teórico, visto que, as limitações de energia e o desgaste natural dos componentes impossibilitam que este seja exequível. Os manipuladores movem-se simultaneamente realizando movimentos espelhados, como mostra o diagrama trajeto-passo (Figura 1).

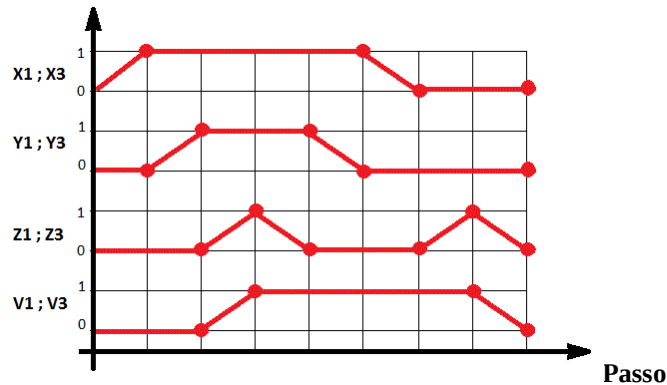


Figura 1. Diagrama trajeto-passo aplicado aos três experimentos.

Prezando pela reprodutibilidade da prática proposta neste trabalho, foram respeitados alguns critérios, como a temperatura ambiente de 23°C, tubulação de ar dos acionamentos do sistema pneumático pleno com diâmetro interno de 2,6 mm, sistema com pressão interna de 8 bar e como carga, um cilindro de nylon com massa de 189g. No entanto, cabe resaltar, que durante os testes constatou-se a insignificância da carga utilizada, pois devido as dimensões e a densidade do material desta, a sua presença não alterou o tempo de deslocamento do sistema. O sistema mencionado foi montado da seguinte forma:

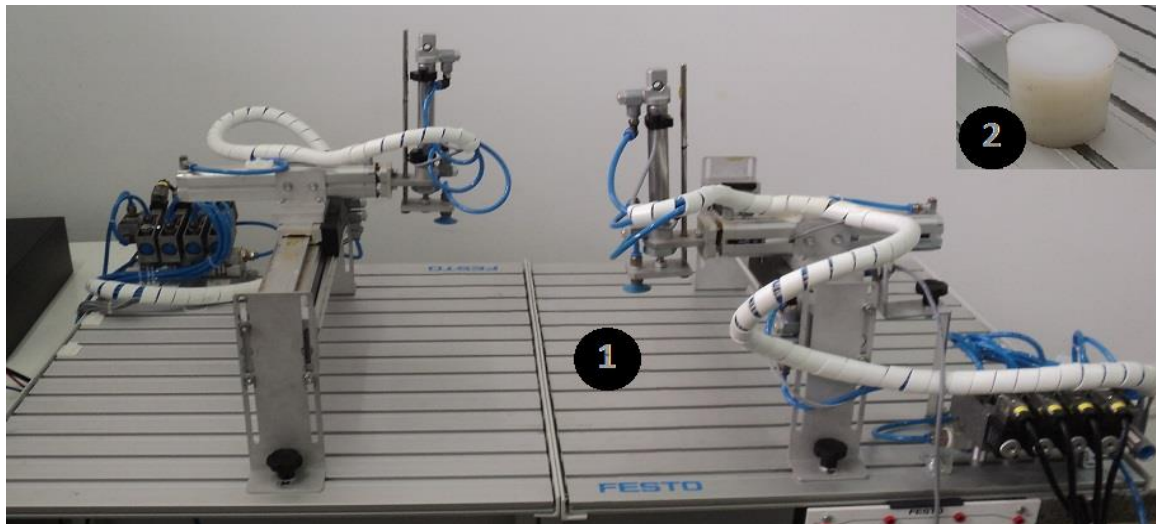


Figura 2. Sistema de manipuladores pneumáticos (1) e carga (2) utilizados na experimentação.

2.1. Projeto Pneumático

Esse primeiro experimento, que é exclusivamente pneumático, foi projetado utilizando o software FluidSIM®, versão 3.6h/1.003 Pneumática, fabricado pela © Festo Didatic. Através desta ferramenta pudemos modelar e simular o sistema antes de efetivamente montá-lo em bancada. Como os manipuladores que compõem o sistema funcionam da mesma forma, analogamente, criamos um sistema pneumático que atendesse os movimentos demandados inicialmente para um único manipulador (Fig. 3) e quando montamos, duplicamos o circuito e aplicamos a ambos equipamentos.

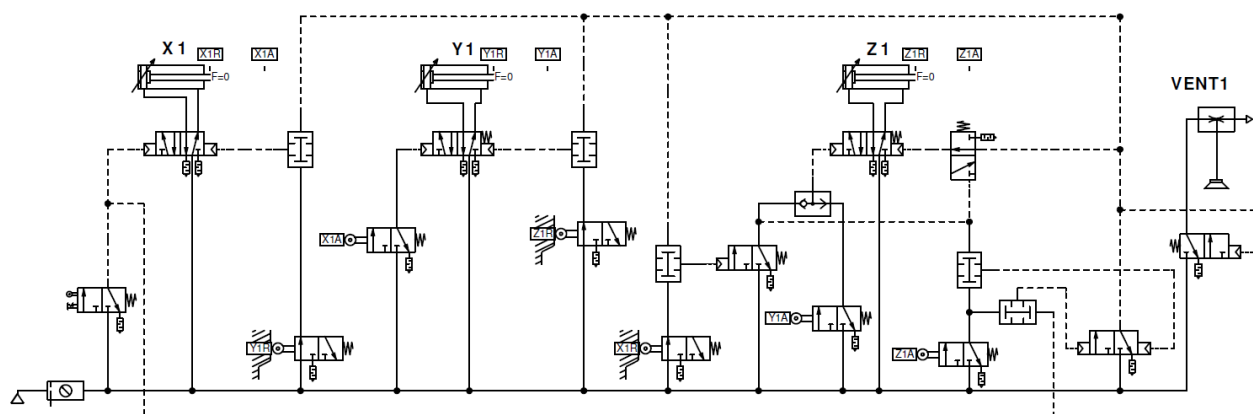


Figura 3. Sistema pneumático para um único manipulador.

Devido espaço físico necessário para fixação e posterior montagem dos componentes pneumáticos requeridos nesse projeto, dois painéis auxiliares foram necessários para instalação dos comandos. Outro empecilho encontrado foi o fato de o manipulador ter sido criado (projeto de fábrica) para fornecer entradas ao sistema de comando por sinais elétricos, através de sensores magnéticos de posição, dificultando o uso de válvulas pneumáticas acionadas pelo fim do curso dos atuadores. Para sanar esse último obstáculo, outros atuadores de dimensões e capacidades iguais foram dispostos numa bancada linear para simular a movimentação dos eixos do manipulador. Como mencionado outrora, a carga utilizada para experimentação não altera a velocidade de funcionamento. Os comandos pneumáticos montados podem ser vistos na Figura 4.

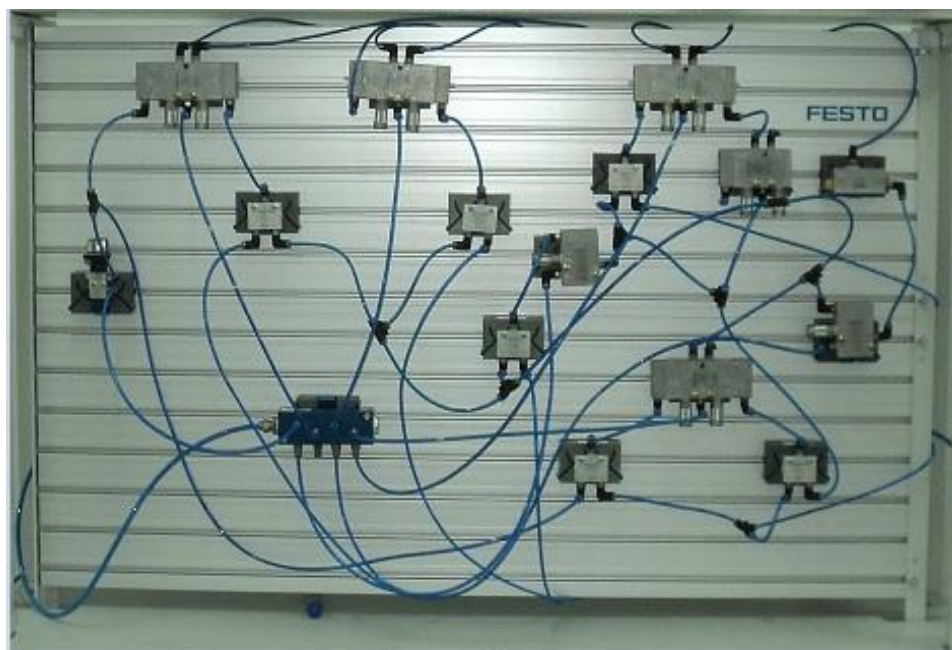


Figura 4. Comandos pneumáticos montados para um único manipulador.

2.2. Projeto Eletropneumático

Neste segundo teste, nosso projeto se divide em duas partes muito distintas: elétrica e pneumática. Para o uso dessa tecnologia foi necessário aplicar conhecimentos de eletricidade, mais precisamente, comando elétricos. A lógica aplicada aos comandos elétricos deve-se ao uso de 18 relés com quatro contatos comutadores cada um. Relé é um dispositivo do tipo impulso acionado por um campo eletromagnético (FIALHO, 2011).

As diversas tubulações pneumáticas utilizadas nos comandos foram substituídas por fiação elétrica. Os comandos elétricos possibilitaram manter a maior parte do sistema de trabalho pneumático, alterando apenas as válvulas que norteiam os movimentos dos cilindros. Os componentes direcionais foram trocados por eletroválvulas pneumáticas, que em uma definição simplista, são componentes pneumáticos controlados eletricamente para comutar internamente a posição destas, alterando sua atuação sobre o sistema.

Nessa fase, pudemos dispor do manipulador tridimensional montado, o que facilitou bastante a simulação. Essa possibilidade deu-se devido o uso de sensores elétricos. Sensores, consoante Groover (2011), são dispositivos que

convertem um estímulo físico ou uma variável de interesse em uma forma mais conveniente, cujo propósito é medir o estímulo. Assim, usaram-se sensores magnéticos para monitorar a posição dos atuadores, sem contato físico, e enviar essa informação para as bobinas dos relés dos comandos elétricos, substituindo as válvulas pneumáticas de fim de curso. Foram utilizados também sensores ópticos para detectar a presença (ou ausência) da carga e acionar (ou não) o manipulador.

A modelagem do circuito elétrico de acionamento também foi realizada no software FluiSIM® que aprovisiona uma lista de todos os componentes, pneumáticos e elétricos, empregados no projeto. Esse recurso será muito útil na análise final deste trabalho. Os circuitos de trabalho e de comando do sistema de manipuladores eletropneumáticos podem ser vistos, respectivamente, nas Figuras 5 e 6.

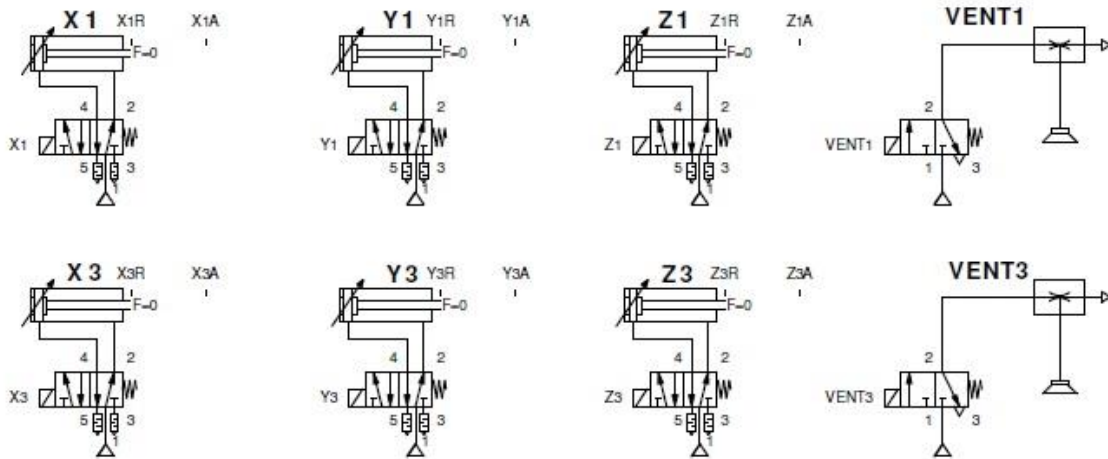


Figura 5. Sistema de manipuladores eletropneumático.

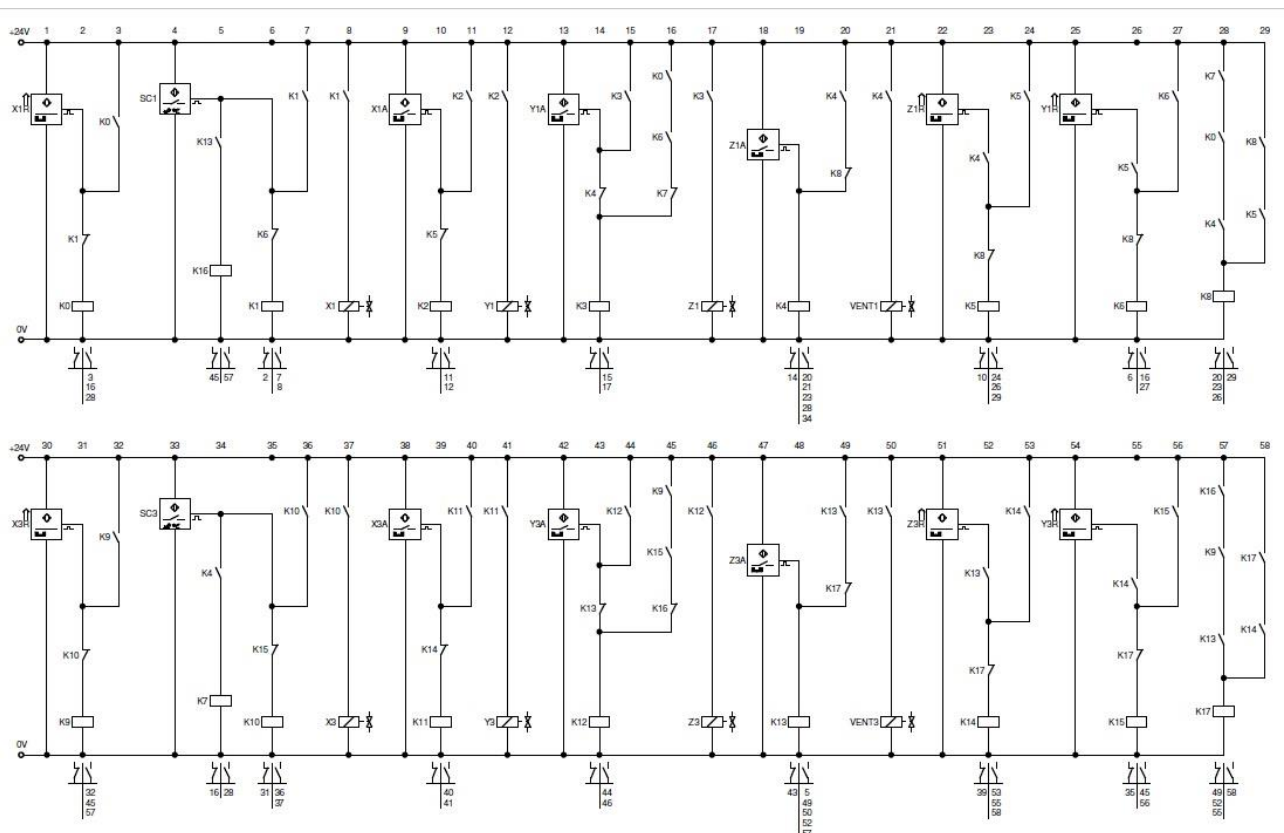


Figura 6. Comandos elétricos do sistema de manipuladores eletropneumático.

2.3. Projeto Pneutrônico

Neste projeto utilizamos um componente que é um dos principais caracterizadores de um sistema pneutrônico, o CLP. Moraes e Castrucci (2007) afirmam resumidamente que controladores lógicos programáveis (CLP's) são dispositivos digitais que controlam máquinas e processos. Utiliza uma memória programável para armazenar instruções e executar funções específicas. Nas instalações industriais e equipamentos o CLP vem substituindo circuitos de relés que integravam os antigos painéis de comando.

O CLP que utilizamos nesse teste é o FEC Standard FC640 fabricado pela Festo Didatic. Esse equipamento conta com 24 entradas, 16 saídas, com capacidade de memória de 256 Kb e uma infinidade de outras funções que neste caso não serão utilizadas.

A estrutura física do implantada neste teste difere-se do anterior somente nos comandos, tornando-se predominantemente eletrônicos como mostra a Figura 7. Assim os comandos elétricos dão lugar ao CLP, que executará conforme a programação os acionamentos quando e se necessário.

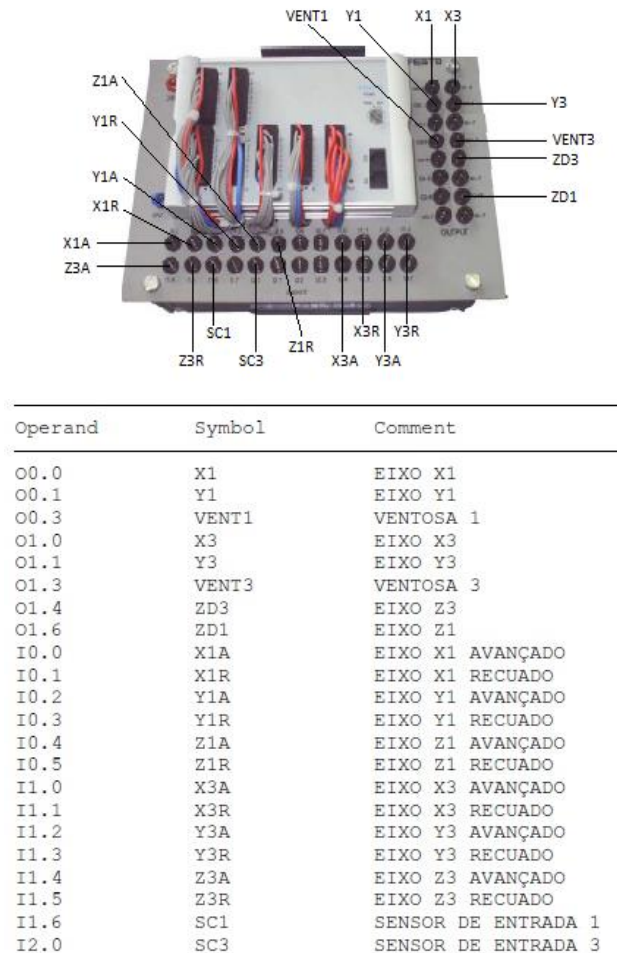


Figura 7. Identificação (acima) e alocação (abaixo) das entradas e saídas do CLP utilizadas neste projeto.

Além do hardware (parte física) foram empregadas nesse experimento técnicas de programação na construção de algoritmos. Algoritmos na percepção de Guimarães e Lages (1985) é uma descrição de um padrão de comportamento, expresso em termos de um repertório bem definido e finito de ações primitivas, das quais damos por certo que eles podem ser executados. E para informarmos ao equipamento as instruções de trabalho e os processos em que está inserido usa-se linguagem de programação.

A criação de uma norma internacional pela IEC (International Electro-technical Commission) padronizou a programação de controle industrial no mundo. A IEC 11.313 define quatro linguagens de programação: Lista de Instruções (IL), Texto Estruturado (ST), Diagrama Ladder (LD) e Diagrama de Blocos (FBD).

A interface com o CLP, bem como sua programação, foi realizada através do software Festo Software Tools (FST), versão 4.10.50 de mesmo fabricante. Esse software disponibiliza duas opções de linguagem de programação: *Statement List* (lista de instruções) e *Ladder Diagram* (diagrama ladder).

A programação utilizando a linguagem ladder, como mostra na Figura 8, é muito semelhante à lógica empregada em comandos elétricos, sendo uma das primeiras técnicas de programação dos CLPs. Devido a semelhança supracitada

3. RESULTADOS OBTIDOS

Ao longo da experimentação laboratorial pode-se acompanhar a evolução dos sistemas de automação industrial, à medida que cada ramo do conhecimento combinou-se com os demais atribuindo novas características e ampliando as possibilidades de aplicação de seus sistemas. A elétrica, a eletrônica e a informática, respectivamente, ao longo do contexto histórico aglutinaram capacidades aos sistemas mecânicos, dentre as quais foram escolhidas quatro para essa análise em particular.

3.1. Manutenibilidade

A palavra *manutenção* é originária do termo em latim *manus tenere*, que significa *manter o que se tem*. Manutenção, segundo a Associação Brasileira de Normas técnicas, é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado do qual possa desempenhar uma função requerida.

No caso em questão, manutenção é a atividade de manter o funcionamento de máquinas e equipamentos de automação nas cadeias de processos produtivos. E manutenibilidade, para Blanchard (1992), é uma característica inerente a um projeto de sistema ou produto, e se refere à facilidade, precisão, segurança e economia na execução de sua manutenção.

A manutenibilidade está diretamente ligada a confiabilidade do sistema a ser mantido. Quanto mais confiável é um sistema, maior será sua disponibilidade para operar sem apresentar falhas, logo, sem necessidade de intervenção do setor de manutenção. A diminuição de componentes trouxe menor probabilidade de falhas, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de componentes dos sistemas de automação.

Parâmetros	Pneumático	Eletropneumático	Pneutrônico
Quantidade de componentes	52	50	21
Proporção (%)	100	96,15	40,38

Os valores apresentados na tabela anterior excluem os condutores elétricos e pneumáticos, visto que estes apesar de indispensáveis, não impactam significativamente nas atividades de manutenção. Um rompimento na fiação elétrica ou perfurações nas tubulações de ar, na grande maioria das vezes, decorrem de erros no projeto e/ou instalação. No levantamento cada eletroválvula é considerada um único componente, não desmembrando em válvula e solenoide..

Na pneutrônica devido à lógica existente na memória do CLP o risco de erro por falha na fiação é reduzido, visto que os únicos fios utilizados são os de ligações de entrada, saída e alimentação deste equipamento. Os condutores elétricos deram lugar aos circuitos integrados. O uso do CLP atribui a capacidade de localização de falhas dos dispositivos de programação para que os usuários localizem e corrijam rapidamente os problemas de software e hardware (FIALHO, 2011).

Groove (2011) aponta três modos de operação comuns nos subsistemas modernos de manutenção e diagnósticos de reparação:

1. Monitoramento da condição (status). O sistema de diagnóstico monitora e registra a condição dos sensores e parâmetros do sistema durante a operação normal.
2. Diagnóstico de falhas. Empregado quando se tem um mau funcionamento ou falha, interpretando os valores atuais e anteriores das variáveis monitoradas, de modo que a causa da anormalidade possa ser identificada.
3. Recomendação de procedimento de reparo. O subsistema recomenda à equipe de manutenção os procedimentos que devem ser seguidos na realização de reparos.

3.2. Ocupação de espaço físico

As indústrias esperam que durante suas atividades normais desperte a necessidade de expandir, seja por um aumento na participação de mercado, por uma melhoria frente à concorrência ou pela diversificação de sua linha de produtos. A expansão das instalações faz parte do planejamento estratégico das organizações, tendo como fator preponderante nas tomadas decisões, o espaço físico. Uma ocupação otimizada do espaço produtivo na organização das operações e equipamentos é fundamental na gestão de uma instalação fabril. Além de inerentemente onerosa, a área industrial é vista como restrição no planejamento de capacidade.

Como podemos ver na Tabela 2, o emprego de uma tecnologia mais avançada trouxe uma redução dos componentes do sistema de controle, assim como compactou o agrupamento dos autômatos, não prejudicando o desenho.

Tabela 2. Resultados experimentais referentes ao espaço físico ocupado pelos sistemas de controle.

Parâmetros	Pneumático	Eletropneumático	Pneutrônico
Quantidade de componentes de controle	34	32	15
Área ocupada (m ²)	1,54	0,0816	0,0425
Proporção percentual de ocupação (%)	100	5,3	2,76

Os valores apresentados na Tabela 2 contemplam apenas os componentes do sistema de controle que é o segmento afetado pela experimentação.

3.3. Flexibilidade

A flexibilidade figura entre os principais objetivos de um sistema produtivo. Um sistema flexível é aquele capaz de mudar as suas operações. Para alterar o que a operação faz, como faz ou quando faz, Slack (2002) mostra que a mudança deve atender a quatro tipos de exigência: flexibilidade de produto, flexibilidade de composto (mix), flexibilidade de volume e flexibilidade de entrega.

No sistema pneumático temos uma aplicação rígida, onde quaisquer mudanças implicariam em reprojetar todo o sistema partindo, muitas vezes, da lógica de sequenciamento até a alocação dos componentes. A intensidade das modificações aumenta proporcionalmente a demanda de tempo, recursos materiais, humanos e até financeiros.

Normalmente as alterações em sistemas eletropneumáticos, no que se refere a tempo, volume e variedade de produção são menos onerosos que os puramente pneumáticos. No entanto requerem uma intervenção intensiva no que se refere a reorganização lógica dos contatos elétricos, atividade que também demanda profissional qualificado e experiente.

A maioria dos sistemas automáticos que antigamente utilizavam relés, temporizadores e sequenciadores mecânicos, opera agora com CLP. Os controles baseados em relés requeriam mudanças nos componentes do sistema elétrico, quando se necessitava de variação no processo da produção, o que muitas vezes era inviável financeira e tecnicamente, pelo tempo e recursos empregados. Esse uso crescente desses controladores é explicado por Fialho (2011) onde ressalta que qualquer modificação necessária ao programa é feita com um mínimo de digitação, dadas as características das linguagens comumente utilizadas.

Para experimentar a dimensão flexibilidade nos sistemas, realizamos uma modificação no funcionamento do mesmo, suprimindo alguns movimentos, sendo a transformação representada no método algébrico (2):

$$X+ Y+ Z+ V+ Z- Y- X- Z+ V- Z- \implies X+ Y+ Z+ V+ Z- Y- X- V- \quad (2)$$

Essa remodelagem foi aplicada a cada um dos sistemas e os resultados obtidos apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Características de flexibilidade identificadas para o experimento proposto.

Parâmetros	Pneumático	Eletropneumático	Pneutrônico
Quantidade de componentes alterados	12	4	0
Área das modificações	Projeto e instalação	Projeto e instalação	Programação
Tempo necessário*	Algumas horas	Uma hora	Poucos minutos

*Depende também da experiência do projetista.

Com base na tabela acima podemos concluir a superioridade do controle pneumático no âmbito da flexibilidade do sistema em relação aos demais. Para realizar as mudanças no funcionamento são necessários apenas poucos minutos para reprogramar (dependendo da experiência do programador), mantendo inalterada a instalação dos automatismos. É possível perceber o quão enrijecido é um conjunto plenamente pneumático, onde uma pequena modificação requer horas de projeto e intervenção na montagem, além de demandar alteração de 12 componentes em relação à proposta inicial. E como esperado, o eletropneumático situa-se numa posição intermediária.

3.4. Autonomia

A palavra autonomia tem um vasto valor semântico. Para o estudo em questão trata-se da capacidade de determinado equipamento, máquina ou instalação de funcionar sozinho dentro do esperado utilizando os recursos lhes são fornecidos, sem intervenção humana. Esse conceito seja bem semelhante ao conceito de automação citado no início deste trabalho, porque estão intimamente relacionados.

Os sistemas apresentados podem trabalhar em um ciclo infinito se desconsiderarmos o desgaste normal dos componentes e a limitação das fontes de energia elétrica e pneumática. Como sabemos isso é meramente teórico. Na realidade as restrições de energia e desgaste estabelecem o limite da autonomia de cada equipamento. Para obtermos parâmetros didáticos de avaliar a autonomia de suprimento pneumático desses circuitos foram fornecidos para cada circuito dois tanques com capacidade de 24L, pressão de saída regulada para 8 bar, vazão de 50L/min, e conexão de

saída de 6,35 mm. Cabe destacar que inúmeras inspeções foram realizadas com o intuito de identificar vazamentos que pudessem comprometer o resultado do experimento. Segundo a fabricante do compressor, devem ser esperadas perdas de pressão entre 10 e 50 kPa (0,1 e 0,5 bar) devido à bloqueios, dobras, vazamentos e percurso da tubulação, dependendo do tamanho do sistema e do método do layout (FESTO, 2001). Os dados expostos na Tabela 4 expressam as médias dos tempos obtidas em 15 repetições.

Tabela 4. Resultados experimentais tangentes a autonomia dos sistemas de automação.

Parâmetros	Pneumático	Eletropneumático e Pneutrônico
Tempo de Ciclo (s)	9	7
Tempo de funcionamento autônomo (s)	47	122
Quantidade de ciclos completos	4	13
Quantidade de vias de escape	36	16

O consumo dos manipuladores eletropneumáticos e pneutrônicos é idêntico, o que justifica colocá-los na mesma coluna da tabela acima. Outra característica interessante é a não linearidade do processo, pois o tempo de funcionamento autônomo não é produto do tempo e da quantidade de ciclos. O tempo de ciclo é caracterizado pela pressão constante do sistema em 8bar, enquanto o tempo de funcionamento autônomo foi mensurado durante uma queda de pressão, à medida que o reservatório esgotava sua capacidade de suprimento os ciclos se tornavam mais demorados. O último ciclo dura, em média, 4 segundos a mais.

O primeiro modelo testado demonstra baixíssima autonomia, realizando apenas 4 ciclos completos com o suprimento disponibilizado. Essa disparidade entre os experimentos pode ser explicada pela quantidade de escapes de ar identificados nos projetos, enquanto o primeiro modelo figura com 36 escapes em suas válvulas, os dois modelos posteriores, eletropneumático e pneutrônico, têm apenas 16 escapes cada um.

4. CONCLUSÃO

Podemos perceber na prática a supremacia dos sistemas pneutrônicos em todas as características analisadas neste trabalho. Uma automação pneutrônica oferece maior manutenibilidade, flexibilidade e autonomia ocupando menos espaço.

Vale lembrar, no entanto, diversos outros parâmetros relevantes na tomada de decisão referente a automatizar um processo produtivo, entre eles: custo de implantação, variabilidade da demanda, disponibilidade de capital de giro, volume de produção, grau de customização do produto, impacto da automação no processo. Esses fatores podem levar a inviabilidade da automação de processo independente da tecnologia aplicada.

É muito comum pensar no aumento de produtividade de uma operação como um ganho real, contudo se essa melhoria não impacta no resultado operacional da empresa é apenas esforço desnecessário. Estudos como esse mostram a eficiência de um determinado sistema em determinadas balizas, mas as peculiaridades de cada indústria, produto e mercado requerem uma atenção especial, muitas vezes tornando mais lucrativo, não automatizar.

5. REFERÊNCIAS

- Blanchard, Benjamin. Logística engineering and management. 4th Ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992.
- Festo. Sistemas Eletropneumáticos. Festo Didatic. São Paulo, 2001.
- Fialho, Arivelto Bustamante. Automação Pneumática: projetos, dimensionamento e análise de circuitos. - 7. ed. - São Paulo: Érica, 2011.
- Groover, Mikell. Automação industrial e sistemas de manufatura. - 3. ed. - São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- Guimarães, A. M., Lages, N. A. C. Algoritmos e Estruturas de Dados. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1985.
- Moraes, Cícero Couto de; Catrucci, Plínio de Lauro. Engenharia de automação industrial. - 2. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- Slack, Nigel; Chambers, Stuart; Johnston, Robert. Administração da Produção. - 2. ed. - São Paulo: Atlas, 2002.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF AUTOMATION SYSTEMS TECHNOLOGY COMPONENTS COMPARING DIFFERENT LEVELS

Kayo Ronan Macedo Roza, kayoronanmr@hotmail.com¹
Elson César Moraes, elsoncm@gmail.com²

¹Universidade Federal do Piauí, Campus Univer. Ministro Petrônio Portela, s/nº Ininga, Teresina-PI, 64049-550.

²Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses, 1966- Bacanga, São Luís -MA, 65080-805.

Abstract: *The growing demand for consumer goods and capital goods creates the constant need for optimization of production processes to increase the efficiency of these. Several technologies have emerged and evolved in order to promote the service to the yearnings of modern society, among them the industrial automation. This work is exposed in a simple and direct way a comparative analysis of pneumatic automation with focus on three phases of its evolution, the pneumatic, the electropneumatic and pneutronic. An experimental analysis is performed in order to demonstrate the differences measured in the development and operation of three projects as the development of automation for the same application. Starting from the idealization of systems, as well as its modeling, simulation and laboratory experimentation, it was possible to compare and explain the gains of the evolution of pneumatic automation according to four parameters: maintainability, occupation of physical space, flexibility and autonomy. With only 40% of the components and taking up 2.76% of the physical space of a fully pneumatic system, pneutronic circuit showed less setup time and 2.6 times more autonomy.*

Keywords: *industrial automation, electropneumatic, pneutronic.*