



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
TEMA 2015
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



Análise Comparativa Entre os Métodos “Intuitivo” e “Cascata” Para Resolução de Problemas em Pneumática

Nataliene de Oliveira Vasconcelos
natalieneoliveira@hotmail.com
AEDB

Elton Machado
elton_machado@yahoo.com.br
AEDB

Juliana Paciello
julianapaciello@hotmail.com
AEDB

Leonardo de Carvalho Vidal
leonardo.carvalho.vidal@hotmail.com
AEDB

Resumo: Nesse artigo foram abordados dois dos principais métodos de resolução de sistemas de automatização em pneumática, o método intuitivo e o método cascata. Quanto ao método intuitivo foram destacadas as ligações diretas e as indiretas, sendo, a segunda com maior destaque. Também foi evidenciada a estrutura básica para o desenvolvimento de projeto a partir dessa metodologia, bem como, aplicações práticas. Da mesma forma, foi apresentada a estrutura do método cascata, com destaque nos principais passos de desenvolvimento de projeto, e demonstração de uma aplicação prática. Após a exposição dos métodos foi realizado um comparativo técnico entre eles. Adotou-se como base para esse comparativo algumas das principais formas de processo de automatização utilizadas atualmente na indústria. Finalmente concluiu-se o artigo procurando mesclar as vantagens e desvantagens de cada método, correlacionando-se com as características técnicas inerentes à forma de projeto de cada tipo de processo.

Palavras Chave: Pneumática - Método Intuitivo - Método Cascata - -



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGeT
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
TEMA 2015
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



1. INTRODUÇÃO

A fonte de energia para os trabalhos em pneumática é o ar comprimido. FIALHO (2013) conceituou a pneumática como a matéria que trata dos movimentos e fenômenos dos gases. Atualmente, tanto o ar comprimido, quanto as aplicações da tecnologia pneumática tornaram-se essenciais e indispensáveis nos mais variados ramos industriais, cita BONACORSO (1997).

Tal necessidade tornou-se evidente e de grande proporção especialmente a partir da evolução dos processos de trabalho automatizados.

No entanto, a utilização do ar como forma de transmissão de energia remonta ao terceiro século antes de Cristo. Nesta época, cita-se um dispositivo construído pelo mecânico Ctesíbios, em Alexandria, o qual utilizava a força do ar para auxiliar no acionamento de um órgão de água. Conhecem-se também, alguns esboços de máquinas movidas a ar, construídas por Arquimedes.

Porém, é do primeiro século depois de Cristo que se tem documentos mais completos de um dispositivo para a abertura das portas de um templo egípcio, construído pelo Alexandrino Heron, afirma BOLLMANN (1997). O ar aquecido pela chama do templo pressurizava um recipiente subterrâneo com água, provocando o escoamento de parte dela para um balde, cujo peso finalmente movia o dispositivo de abertura. As portas do templo ficavam, portanto, “automaticamente” abertas enquanto a chama sagrada, no interior do altar, permanecesse acesa!

É de Heron também, o primeiro registro de construção de um reservatório de ar comprimido, objetivando a uniformização da pressão e do fluxo de ar. No entanto, apenas no século XVII surgem novas manifestações em torno da utilização do ar. Conforme BOLLMANN (1997), Blaise Pascal, em 1663, publicou seus trabalhos sobre a multiplicação de forças baseada na distribuição homogênea da pressão estática. Já o físico Denis Papin, em 1667, tratou da geração de forças pela diferença da pressão em torno de corpos no interior de dutos e da possibilidade da sua utilização para o transporte rápido dos mesmos. Através dos princípios de Papin, revistos por Medhurst em 1810, chegaram a existir na Inglaterra, locomotivas movidas a ar, em meados do século XIX, cita BOLLMANN (1997). Outros registros informam-nos da utilização do ar como forma de transmissão de energia, embora seja apenas no século XIX que o estudo do comportamento e propriedades do ar, tornou-se efetivamente sistemático, e a pneumática começa então, ao lado da hidráulica e da eletricidade, a integrar e compor o meio industrial.

2. SISTEMAS PNEUMÁTICOS

São sistemas automáticos ou semi-automáticos, que geram movimentos, cuja fonte de energia é o ar comprimido. PRUDENTE (2013), afirma “A pneumática é a tecnologia que utiliza a energia da pressão armazenada no ar comprimido para transformá-la em trabalho por meio de atuadores constituídos de cilindros, motores e outros equipamentos mais sofisticados”. Sua aplicabilidade é bastante extensa na indústria (automobilística, aeronáutica, alimentícia, farmacêutica, têxteis, etc.), na medicina, na odontologia, nos transportes, na mineração, na navegação, nos equipamentos e nas máquinas para edificação, dentre outros. Tal diversidade de aplicações se deve, especialmente, devido às características físicas do ar, o que proporciona inúmeras vantagens à tecnologia pneumática, como por exemplo, a sua disponibilidade (ar atmosférico), seu transporte através de tubulações, a reciclagem, o armazenamento, a segurança, a limpeza e a velocidade.

Muitos recursos em pneumática foram desenvolvidos para as mais diversas aplicações gerais e específicas. Tais recursos vão desde os componentes pneumáticos propriamente ditos, bem como, as metodologias de desenvolvimento de projetos, afim de, proporcionar e garantir a sua correta funcionalidade. Por se tratar de soluções abrangentes, métodos diferentes para resolução de problemas em pneumática estão disponíveis, dentre eles, o “passo a passo convencional”, o “passo a passo industrial”, o “método intuitivo” e o “método cascata”. Os dois últimos métodos foram objeto de análise nesse artigo.

3. MÉTODO INTUITIVO

Como o próprio nome sugere, trata-se de um método de resolução de sistemas de automatização onde a intuição, ou a percepção do técnico que está projetando o circuito pneumático, é fator primordial. No entanto, por questões de padronização e organização de projeto, recomenda-se a utilização de algumas regras, a partir de estruturas básicas e simplificadas, objetivando, em especial, a facilitação da posterior interpretação da lógica e execução do referido projeto.

Basicamente, as resoluções de problemas em pneumática pelo método intuitivo podem ser obtidas através de dois tipos de ligações: as diretas e as indiretas.

3.1. LIGAÇÕES DIRETAS

Trata-se de uma forma de projetar circuitos pneumáticos onde não existe uma lógica propriamente dita, ou seja, não existe um bloco de instruções entre o elemento (válvula) que recebe uma ação, e o elemento (cilindro, por exemplo), que executa outra ação.

A figura 1 mostra um atuador pneumático, nesse caso, um cilindro pneumático de simples ação, sendo ligado diretamente por uma válvula pneumática com acionamento por botão.

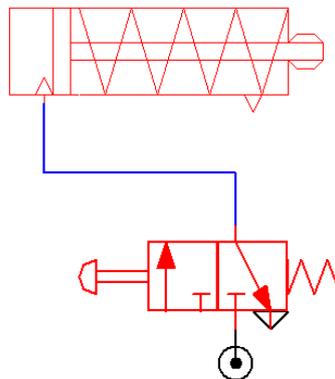


Figura 1 – Ligação Direta de um Cilindro de simples Ação Fonte: Autor

A válvula pneumática direcional, ao receber uma força muscular através do botão de acionamento, realiza mudança de posição, liberando a passagem de ar comprimido para a câmara traseira do cilindro de simples ação, que por sua vez, realiza movimento de avanço. Enquanto o botão se mantiver acionado, a haste do cilindro continuará avançada. No momento em que não houver mais força atuando no botão de acionamento, a mola da válvula irá se expandir, forçando a mudança de posição da mesma. A partir daí o ar comprimido que ocupa a câmara traseira do cilindro passa a ser direcionado à atmosfera, e a mola no interior do cilindro também se expande, forçando o recuo do êmbolo, e conseqüentemente, o recuo da haste do cilindro.

Dessa forma, observa-se o movimento de avanço e recuo do cilindro, a partir do acionamento e desacionamento da válvula direcional.

Outro atuador utilizado em larga escala nos projetos de automação em pneumática, é o cilindro de dupla ação, que é mostrado na figura 2. Para a resolução desse circuito foram adicionadas três válvulas direcionais com acionamento por botão, e um elemento de processamento de sinal “OU”, cuja função é a de possibilitar a saída de ar comprimido na sua conexão “A”, caso haja entrada em uma de suas conexões, “X” ou “Y”.

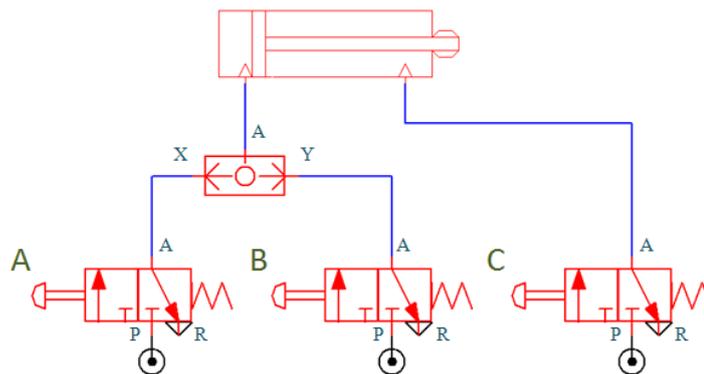


Figura 2 –Ligação Direta de um Cilindro de Dupla Ação. Fonte: Autor

O princípio de funcionamento desse circuito está associado ao acionamento dos botões de cada uma das três válvulas, “A”, “B” e “C”.

Caso seja acionado muscularmente o botão da válvula “A” OU o botão da válvula “B”, ocorrerá entrada de ar comprimido na câmara traseira do cilindro de dupla ação, o que irá promover o avanço de sua haste. O acionamento do botão da válvula “C” promoverá o recuo da haste do cilindro.

Embora a ligação direta seja raramente utilizada em processos industriais de automatização, observa-se uma redução muito significativa na quantidade de elementos pneumáticos utilizados em cada circuito, influenciando diretamente na redução de custo do projeto. Em contrapartida, existem limitações nessa forma de ligação, o que justifica sua baixa aplicabilidade na grande maioria dos projetos industriais. Uma delas é o fato dos elementos de trabalho não se manterem pressurizados quando não estiverem acionados os botões de acionamento. Isso implica que, ao desacionar um botão, por exemplo, o elemento de trabalho deixará de executar sua função. Outra característica predominante na ligação direta pelo método intuitivo são os movimentos “violentos”, devido à ausência de pressão na câmara oposta ao

movimento. Para resolver essa deficiência, bem como, para obter circuitos pneumáticos que resolvam projetos de automatização complexos, recorrem-se às ligações indiretas.

3.2. LIGAÇÕES INDIRETAS

Trata-se de um método amplamente utilizado na indústria e, embora muitos profissionais experientes consigam resolver os diversos tipos de problemas de forma prática, é recomendável que hajam projetos concisos e estruturados, conforme FESTO (1994). A figura 3 mostra uma estrutura básica para as ligações indiretas.

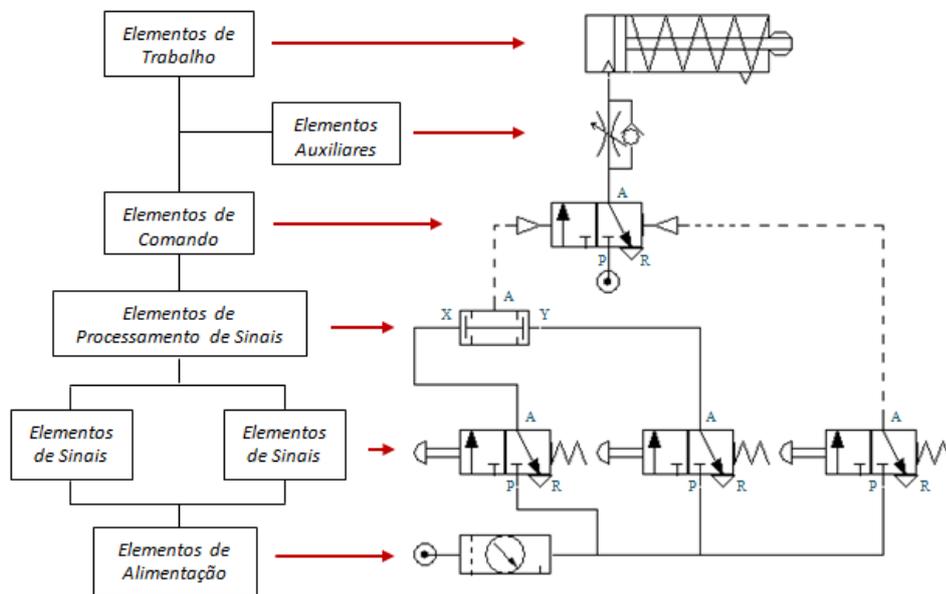


Figura 3 –Estrutura Básica para Ligações Indiretas no Método Intuitivo. Fonte: Autor

Essa estrutura possui cinco níveis principais, subdivididos em elementos com funções diferentes e específicas.

No primeiro nível (nível superior), encontram-se os elementos de trabalho, ou seja, aqueles responsáveis por realizarem movimento ou trabalho, e que, normalmente, são os cilindros ou motores pneumáticos. Interligados ao elemento de trabalho encontram-se os elementos auxiliares, que possuem funções de alterar, particularmente, a propriedade de velocidade dos elementos de trabalho.

No segundo nível encontram-se os elementos comando, cuja função específica é a de “comandar” os elementos de trabalho, mantendo-os pressurizados (quando for o caso), mesmo que outros componentes não alterem seus estados.

No terceiro nível encontram-se os elementos de processamento de sinais, ou seja, àqueles que irão identificar quais são os sinais necessários para a execução de determinada ação. É nesse nível onde se concentram as operações lógicas do circuito.

No quarto nível encontram-se os elementos de sinais, ou seja, os elementos de início, fim, ou alguma outra condição específica do circuito. Tais elementos enviam um sinal dependendo do seu estado momentâneo.

No quinto nível encontram-se os elementos de alimentação, que são responsáveis por pressurizar o circuito pneumático, bem como, o de melhorar as condições físicas do ar comprimido.

De uma forma geral, a lógica pneumática possui muita semelhança com a lógica booleana. Enquanto o “1” pode ser entendido como “presença de ar comprimido”, o “0” pode ser entendido como “ausência de ar comprimido”. O processamento de todas as informações, principalmente no terceiro nível, irá definir a lógica de funcionamento do circuito. A figura 4 mostra como transformar o circuito da figura 3 num circuito com ligação indireta.

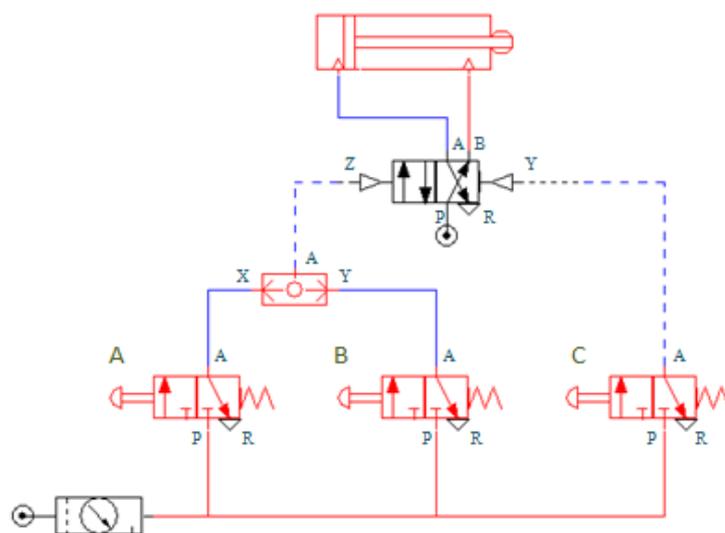


Figura 4 – Ligação Indireta de um Cilindro de Dupla Ação. Fonte: Autor

Observa-se, nesse circuito, a presença dos cinco níveis que foram apresentados. Observa-se também, a presença do elemento de comando, que em função da pilotagem em “Z” ou em “Y”, irá definir qual o tipo de movimento deverá ser executado pelo cilindro de dupla ação.

O circuito da figura 5, mostra como representar um sensor (A1), que fisicamente encontra-se na posição de avanço do cilindro, e que, no circuito, encontra-se no quarto nível, por se tratar de um elemento de sinal.

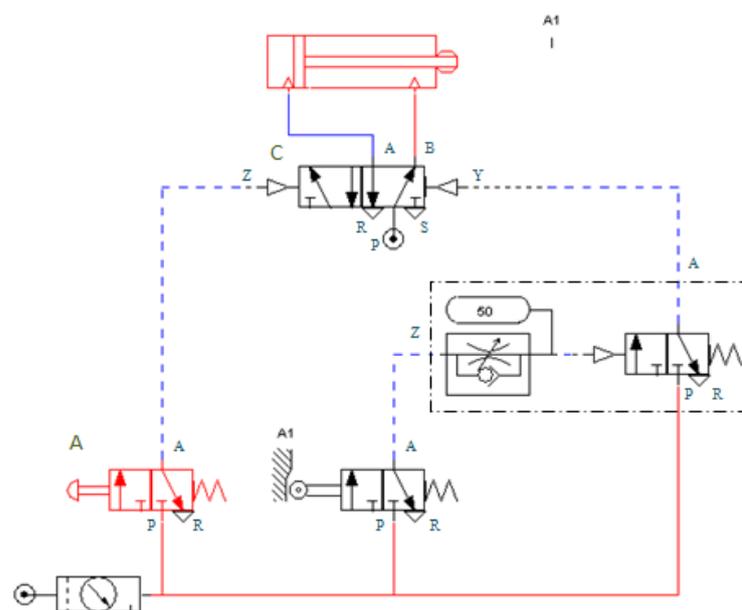


Figura 5 – Ligação Indireta com Sensor Fim de Curso. Fonte: Autor

Nesse caso, o lubrefil (elemento de alimentação), pressuriza as válvulas “A”, “A1”, “C” e o temporizador.

Ao acionar a válvula “A”, ocorre a comutação na válvula “C” (elemento de comando), que irá proporcionar o avanço do cilindro de dupla ação. Ao término do avanço, a válvula “A1” será acionada, enviando um sinal ao temporizador (elemento de processamento de sinal), que, após um intervalo de tempo enviará um sinal para a válvula “C”. Caso não haja contrapressão, haverá nova comutação do elemento de comando, fazendo com que ocorra o recuo do cilindro. É importante ressaltar que as duas limitações encontradas nas ligações diretas, não estão presentes nas ligações indiretas.

Primeiramente, o cilindro se mantém pressurizado independente de qual estado esteja (avançado ou recuado). Isso se torna possível devido a presença do elemento de comando no segundo nível da estrutura básica.

Em segundo lugar, inserindo elementos auxiliares (por exemplo, válvulas reguladoras de fluxo) no cilindro de dupla ação, implicará diretamente no controle de velocidade, tanto no avanço, quanto no recuo.

4. MÉTODO CASCATA

Diferentemente do método intuitivo, o método cascata apresenta regras bem definidas que auxiliam na construção de um circuito pneumático. Segundo PRUDENTE (2013) “com esse método temos o sinal de comando somente no momento necessário, e podemos realiza-lo com a utilização de válvulas distribuidoras biestáveis”. Nesse caso, a correta interpretação da sequência lógica de movimentos, bem como, a correta aplicação do “cascateamento” das válvulas inversoras (válvulas distribuidoras biestáveis) dentro de cada grupo, serão fatores essenciais para a funcionalidade do projeto. Em linhas gerais, a intuição ou a percepção do técnico que está projetando o circuito não é fator primordial.

Para o desenvolvimento do circuito pneumático aplicando o método cascata, é necessário seguir cinco passos principais, que são:

- 1 - Obter a sequência algébrica dos movimentos a partir do diagrama “trajeto X passo”;
- 2 - Dividir os movimentos em grupos, não sendo permitido que haja movimentos diferentes de um mesmo atuador pneumático dentro do mesmo grupo;
- 3 - Obter a quantidade de linhas auxiliares;
- 4 - Obter a quantidade de válvulas inversoras;
- 5 - Observar o último movimento, e definir qual válvula inversora irá alimentar qual linha auxiliar.

A figura 6 mostra um diagrama “trajeto x passo” que define a sequência de movimentos de atuadores pneumáticos para um processo de automatização.

Passo Cilindro	1°	2°	3°	4°	5°	6°
A	/	—	\	—	—	—
B	—	/	—	—	—	\
C	—	—	—	/	\	—

Figura 6 – Diagrama “Trageto x Passo”. Fonte: Autor

De acordo com as regras definidas, o primeiro passo solicita a obtenção da sequência algébrica dos movimentos, conforme apresentado na figura 7.

A+ B+ A- C+ C- B-

Figura 7 – Sequência Algébrica dos Movimentos. Fonte: Autor

O segundo passo solicita que os movimentos da sequência algébrica sejam divididos em grupo, com a restrição de que não haja movimentos de avanço e recuo do mesmo elemento de trabalho no mesmo grupo. A divisão dos grupos é apresentada na figura 8.

$$\begin{array}{ccccccc}
 A+ & B+ & / & A- & C+ & / & C- & B- \\
 G1 & & & G2 & & & G3 &
 \end{array}$$

Figura 8 – Divisão de Grupos. Fonte: Autor

O terceiro passo solicita que seja obtido a quantidade de linhas auxiliares que irá compor o circuito pneumático, nesse caso, a quantidade de grupos é igual a quantidade de linhas auxiliares, ou seja, três.

O quarto passo solicita que seja obtido a quantidade de válvulas inversoras que serão “cascateadas”. Nesse caso, têm se que, a quantidade de válvulas inversoras é igual a quantidade de linhas auxiliares menos um, ou seja, duas.

O quinto passo solicita que seja definido de que forma a linha auxiliar será alimentada, em função da observação do último movimento da sequência algébrica. Nesse caso, o último

movimento pertence ao último grupo, dessa forma, a última válvula inversora inicia pressurizando a última linha auxiliar.

A figura 9 mostra o circuito pneumático conforme o diagrama “trajeto x passo”.

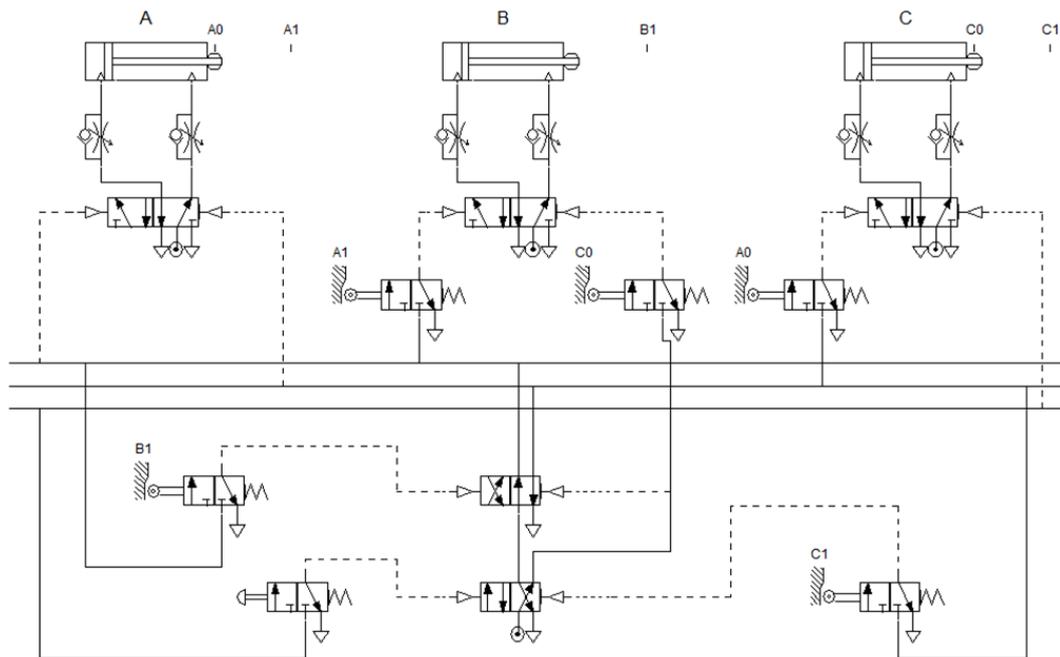


Figura 9 – Circuito Pneumático Utilizando Método Cascata. Fonte: Autor

5. COMPARATIVO ENTRE AS METODOLOGIAS “INTUITIVA” E “CASCATA”

Em função das características construtivas de projetos de automatização de sistemas pneumáticos entre as duas metodologias: intuitiva e cascata podem ser destacados os seguintes pontos:

5.1. PROCESSOS AUTOMATIZADOS COM CICLO ÚNICO

O método cascata apresenta boa indicação, uma vez que as válvulas inversoras desempenham a função de inverter a pressurização das linhas auxiliares, e estas, não armazenam informações dos movimentos anteriores. Dessa forma, evita-se a ocorrência indesejada de contrapressões na pilotagem das válvulas direcionais. Sua aplicabilidade pode se tornar ineficiente a partir da construção que envolva mais de cinco válvulas inversoras, especialmente numa eventual necessidade de correção de falhas no sistema, onde pode ser

difícil sua detecção. Também é possível uma construção pelo método intuitivo, no entanto, pode ser necessária a utilização de válvulas adicionais para o processamento de sinais, afim de evitar ocorrências de contrapressão. As informações de movimentos anteriores permanecem ativas até que o movimento seja desfeito, ou até que a própria lógica seja projetada para desativa-las. Um projeto com muitos movimentos no mesmo ciclo tende a tornar a lógica de difícil compreensão.

5.2. PROCESSOS COM MOVIMENTOS REPETITIVOS NO MESMO CICLO

O método cascata é bastante indicado para esse caso, principalmente pela função desempenhada pelas linhas auxiliares. No entanto, inevitavelmente surgirá a necessidade de incrementar válvulas com função “AND” para a pilotagem das válvulas inversoras na mudança de grupo, bem como, válvulas com função “OR” para a pilotagem das válvulas direcionais que atuam como elemento de comando para os atuadores pneumáticos. Já o método intuitivo para resolução desse tipo de processo pode se tornar bastante complexo, principalmente se houver poucos atuadores pneumáticos e poucas condições de diferenciar cada movimento. Uma solução para esse caso pode ser a inserção de válvulas *flip-flop* no circuito, ou mesmo, a criação de uma “lógica *flip-flop*”. Para o segundo caso, podem ser utilizados sensores fim de curso, pressostatos, ou mesmo, temporizadores. Outro ponto a ser considerado é a sistemática de fim de ciclo, ou seja, qual a condição necessária para fazer parar o ciclo. Enquanto no método cascata esse fator possa ocorrer naturalmente, no método intuitivo surge a necessidade de um segundo acionamento que seja específico a esse fim, ou mesmo, a inserção de uma contadora pneumática. De qualquer forma, é notável as vantagens do método cascata em relação ao método intuitivo para esse caso.

5.3. PROCESSOS SEQUENCIAIS COM PARADAS INTERMEDIÁRIAS DE CICLO

Podem ser obtidas boas soluções utilizando-se o método cascata. A botoeira de início e reinício dos movimentos podem ser facilmente inter-travados com a lógica de inversão das linhas auxiliares através das válvulas inversoras. No entanto, quando o sistema pneumático for adaptado a grandes dispositivos, há necessidade de se atentar quanto à queda de pressão que pode ocorrer nas mangueiras de ar comprimido, especialmente às dos sensores de fim ou início de curso, por estarem dispostos fisicamente nos atuadores pneumáticos, e conseqüentemente, distantes do painel de comando. Aliado a eventuais vazamentos de ar pela rede, essa queda de pressão pode interferir na pilotagem das válvulas inversoras, forçando a interrupção do circuito.

As soluções obtidas através do método intuitivo necessitam, de forma geral, da inserção de válvulas adicionais que terão a função de fornecer as condições de sincronismo e intertravamento do processo. Quanto maior forem as paradas sequencias de ciclo, mais complexo tenderá a ser as soluções.

É importante ressaltar que em algumas soluções a junção dos dois métodos podem favorecer a construção de um circuito eficaz. Naturalmente haveria uma lógica intuitiva intermediando as válvulas inversoras e as linhas auxiliares.

5.4. PROCESSOS COM MOVIMENTOS ALEATÓRIOS EM FUNÇÃO DO TIPO DE ACIONAMENTO

O método cascata é de pouca aplicabilidade nesse tipo de processo, sendo que as linhas auxiliares possuem funções específicas de acionamento dos elementos de comando, oferecendo pouca flexibilidade nos acionamentos aleatórios. Já o método intuitivo possui larga aplicabilidade, onde a lógica será desenvolvida a partir dos diversos tipos de acionamentos. A estrutura básica e os níveis dessa construção devem ser levados em consideração, afim de facilitar o entendimento do circuito pneumático.

6. CONCLUSÃO

Conforme exposto, podemos observar a possibilidade de resolução de diversos tipos de problemas em pneumática aplicando-se os métodos “intuitivo” e “cascata”. Naturalmente, existem casos específicos em que deve-se recorrer a outros métodos como garantia de uma resolução eficaz. Embora o método cascata apresente regras a serem seguidas em projetos de circuitos pneumáticos, não podemos presumir que se trata de algo mais simples, pelo contrário, projetar um circuito através do método cascata pode ser muito complexo, especialmente quando sistemas rígidos de segurança, intertravamentos e poka yokes, ou seja, sistemas de detecção de erro ou falha necessitam estar presentes.

Um cuidado especial que deve ser tomado quando se realiza um projeto utilizando o método intuitivo, é a possibilidade de inserção desnecessária de válvulas pneumáticas. Nesse caso, cada projetista apresenta uma “intuição” de projeto diferente, e o número excessivo de componentes certamente elevará consideravelmente o custo do projeto.

De uma forma geral, podemos considerar bastante eficiente as soluções pneumáticas construídas utilizando-se tanto o método intuitivo quanto o método cascata. O ponto essencial é avaliar primeiramente as características de projeto para a decisão de que método é o mais adequado, devido às características de cada um, o que pode torna-lo mais ou menos complexos.

É importante ressaltar também, que deve-se levar em conta o processo de montagem do circuito propriamente dito, uma vez que os componentes pneumáticos poderão ser distribuídos em dois grupos principais, ou seja, os componentes que estarão dentro do painel de comando, e os componentes que fisicamente estarão localizados externamente ao painel. Essa distribuição poderá ser diferente em função de qual método de resolução será aplicado.

No que tange a futuras intervenções, seja de mudança ou atualização de projeto, ou mesmo, manutenções e análises de erros ou falhas, levará vantagem o método que puder apresentar maior clareza de resolução. Esse ponto é muito importante, uma vez que, ao contrário de lógicas eletrônicas (como o PLC, por exemplo), localizar a presença ou ausência de um sinal específico pode se tornar uma tarefa bastante difícil.

Deve-se levar em consideração a quantidade de componentes que deverá compor cada método de resolução, não apenas para a construção propriamente dita do projeto, bem como, para a aquisição de peças de reposição. Esse quesito está diretamente ligado ao custo do projeto.

Finalmente, observa-se que técnicos menos experientes tendem a ter mais facilidade nas construções a partir do método intuitivo, uma vez que a compreensão das regras de utilização no método cascata requer mais familiarização com os sistemas pneumáticos. Já os técnicos mais experientes devem-se atentar quanto a análise aqui realizada.

7. REFERÊNCIAS

BOLLMANN, Arno. Fundamentos da Automação Industrial Pneumática, projeto de comandos binários eletropneumáticos. São Paulo: ABHP, 1997.

BONACORSO, N.G., NOLL, V. Automação Eletropneumática. 7ª edição. São Paulo: Editora Érica Ltda, 1997.

FESTO Didactic. Introdução a Pneumática; P111. Outubro 1994.

FIALHO, A.B. Automação Pneumática – Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos. 6ª edição. São Paulo: Érica, 2007.

PRUDENTE, Francesco. Automação Industrial Pneumática: Teoria e Aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 2013.