



DESENVOLVIMENTO DE UM BRAÇO ROBÓTICO PARA A AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS COM IGNIÇÃO DE GASES

Heuler Andrade Silva*¹ e Gustavo Lobato Campos²

^{1,2}IFMG - Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Formiga*

Resumo - O presente trabalho tem por finalidade apresentar a metodologia empregada na automação do método de ignição de gases combustores, utilizado em diversos procedimentos industriais. No processo manual faz-se necessária a aproximação do operador à câmara de combustão, apresentando assim elevado índice de periculosidade. Para automatização do processo destacado tem-se por princípio o desenvolvimento de um braço mecânico pneumático, acoplado de um transformador de ignição e um eletrodo, substituindo assim, a função realizada pelo operador, afim de lhe assegurar maior segurança. O protótipo desenvolvido foi avaliado como estudo de caso na mineradora e processadora Sibelco. O mesmo foi projetado e instalado como parte do sistema de ignição do gás de síntese em um gasogênio industrial, localizado em sua fábrica de carbonato de cálcio precipitado (PCC), no município de Pedra do Indaiá – MG. A produção da fábrica é destinada às indústrias de tintas, plásticos, borrachas, alimentícias, farmacêuticas e cosméticas. Resultados referentes ao desenvolvimento do protótipo, assim como sua utilização em campo, serão relatados neste trabalho.

Palavras-Chave- Automação, ignição, pneumática, robótica.

THE DEVELOPMENT OF A ROBOTIC ARM FOR THE AUTOMATION PROCESSES WITH IGNITION OF GASES

Abstract - The present work has the final purpose to present the applied methodology in the automation of the ignition method of gas combustor, applied in several industrial procedures. In the manual process, it is necessary the nearness of the operator to the combustion chamber, presenting thus a high rate of risk factor. For the highlighted process of automation, has as principle, the development of a mechanical pneumatic arm, linked from a transformer to the ignition and a electrode; replacing thus, the fulfilled function by the operator, in order to ensure greater safety. The developed prototype was evaluated as a case study in SIBELCO mining and processing company. It was designed and installed as part of the synthesis gas ignition system in an industrial gasogen, located in its precipitated calcium carbonate (PCC) plant, in the town of Pedra do Indaiá –

MG. The production of the factory is intended for the industries of paints, plastics, rubbers, food, pharmaceutical and cosmetic. The referred Results to the development of the prototype, as well as its field use, will be reported in this work.

Keywords - Automation, ignition, pneumatics, robotics.

I. INTRODUÇÃO

Em seu uso moderno, a automação pode ser definida como uma tecnologia que utiliza comandos programados para operar um dado processo, combinados com retroação de informação para determinar que os comandos sejam executados corretamente, frequentemente utilizada em processos antes operados por seres humanos. Trata-se ainda da aplicação de técnicas computadorizadas ou mecânicas para diminuir o uso de mão-de-obra em qualquer processo, cita-se como exemplo o uso de robôs nas linhas de produção [1].

Desse modo, a automação de processos industriais possui seu fundamento no aperfeiçoamento da produção, como também à substituição de processos de exposição dos trabalhadores a diferentes modalidades e intensidades de riscos, como é o caso da automação do processo de sopro na indústria vidreira, onde o operador estava sujeito à exposição a compostos metálicos e agentes químicos reconhecidos como fatores de risco [2].

O presente artigo ressalta a periculosidade presente em processos onde haja a ignição manual de gases, tal processo coloca em risco a saúde e segurança do operador que se aproxima da câmara para realizar a ignição do gás, onde no momento da explosão o gás chega a altas temperaturas, além de uma alta volaticidade. Desse modo, é proposto uma automação, através de um braço robótico pneumático que realiza o trabalho, mantendo o operador a uma distância segura. O estudo e a metodologia necessária para a construção do mesmo serão relatados, além dos resultados obtidos na implementação do dispositivo em um gasogênio industrial, localizado em uma fábrica da Multinacional Sibelco (CNPJ:20.927.059/0001-37), especificamente em sua planta, localizada no município de Pedra do Indaiá – MG. A fábrica produz em média 4800 toneladas mensais de carbonato de cálcio precipitado (PCC), produto destinado a indústrias de tintas, plásticos, borrachas, alimentí-

*heulerasilva1607@hotmail.com

cias, farmacêuticas e cosméticas.

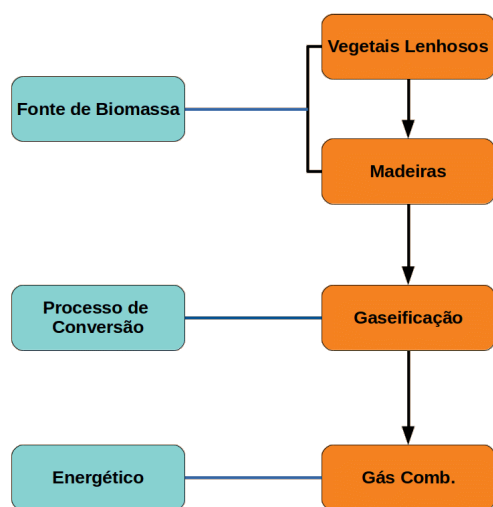
II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. O Processo

Segundo a ANEEL (2002) do ponto de vista energético, para fim de outorga de empreendimentos do setor elétrico, biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia.

Desse modo, as fontes de biomassa são distintas, assim como o processo necessário para a transformação energética, como podemos notar através da Figura 1.

Fig. 1: Diagrama esquemático do processo de conversão de biomassa. Adaptado de [3]



Dentre esses processos apresentados, o correspondente ao utilizado na empresa Sibelco é a conversão da biomassa de vegetais lenhosos, especificamente a madeira com um potencial de 4700kcal/kg [4]. A lenha seca possui vantagens como uma fonte inesgotável de matéria prima, baixo impacto ambiental devido aos baixos poluentes, custo de operação favorável e ampla aplicação. Desse modo, a conversão da madeira se dá através da gaseificação, gerando como produto final o gás de síntese (syngas), composto por 50% de Nitrogênio (N₂), 23% de Monóxido de carbono (CO), 15% de Hidrogênio (H₂), 10% de Dióxido de carbono (CO₂) e 2% de Metano (CH₄), além de pequenas quantidades de cinzas e compostos condensados (alcatrão e óleos) [5].

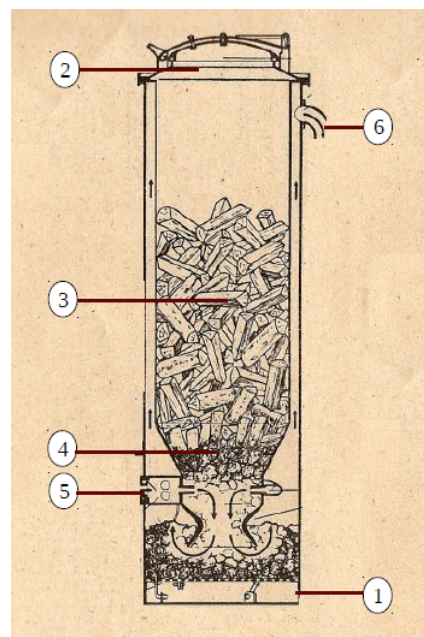
Esse processo de gaseificação ocorre em estruturas denominadas gasogênio.

B. Gasogênio

O gasogênio ou gaseificador é um equipamento que, através da combustão controlada de lenha, carvão ou resíduos agrícolas (tais como bagaço de cana, sabugo de milho, casca de frutos, etc.), produz uma mistura de gás combustível. No cenário mundial foi muito empregado durante a Segunda Guerra

mundial, em plena escassez de petróleo, para gerar combustíveis a carros com motores de ciclo Otto [6]. Sua estrutura é demonstrada na Figura 2.

Fig. 2: Estrutura Gasogênio



A maior parte do gás de síntese é canalizado para um forno onde ocorre a calcinação do calcário. Porém uma parte do mesmo fica acumulada na parte superior do gasogênio, próximo a sua abertura. Para que não ocorra acidentes aos funcionários responsáveis pelo abastecimento de lenha no gasogênio, é realizada a queima do resto do gás de síntese logo após a abertura da tampa, localizada na parte superior da Figura 2, e indicado pelo número 2.

O processo de ignição manual se dá através do lançamento de um fósforo no meio combustor. Nesse sistema há grande perigo ao operador, podendo variar de leves queimaduras à até mesmo sua queda na câmara combustora à elevadas temperaturas. Há relatos de queimaduras leves, ocorridas em funcionários ao realizar tal processo, assim surge este projeto, pensando na segurança dos funcionários, precavendo os mesmos de acidentes e possíveis fatalidades.

III. DESENVOLVIMENTO

A. Sistema Elétrico

O sistema elétrico presente no braço robótico tem sua funcionalidade dividida em duas partes, ambas alimentadas através do acionamento de um botão de pulso, ou seja, tem seus funcionamentos interligados ao mesmo intervalo de tempo.

A primeira parte é referente à alimentação de um transformador de alta tensão, indicado na Figura 3, onde a corrente alternada alimenta a bobina primária em duas fases. A tensão de saída da bobina secundária é de 8 KV em corrente contínua, direcionada a dois eletrodos localizados na extremidade de uma barra de ferro acoplada ao eixo. Assim, por meio de uma alta tensão é possível criar um “arco voltaico” permitindo a ignição do gás de síntese do gasogênio. Dados técnicos do

transformador utilizado:

Fig. 3: Transformador [7]

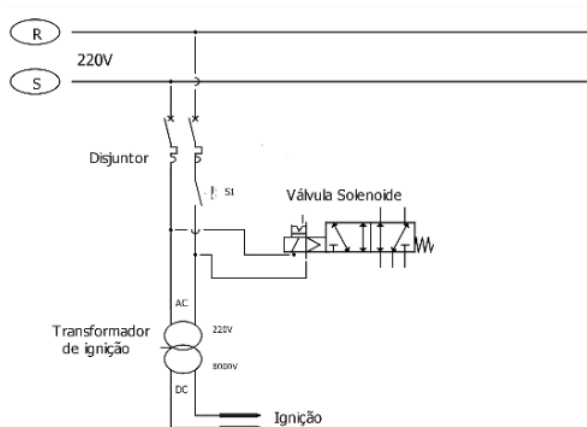


Tensão primária: 220 V 60 Hz
 Corrente primária: 1,4 A
 Corrente secundária: 30 mA
 Potência: 368 VA
 Tensão secundária: 8KV

A segunda parte do sistema elétrico diz respeito a alimentação da válvula 5/2 vias do sistema pneumático, especificamente uma bobina solenoide que ao ser energizada através de duas fases, alterando o direcionamento da passagem de ar entre as vias da válvula, controlando assim a disponibilidade do mesmo entre as câmaras do pistão, sistema ao qual será apresentado em item seguinte. Os dois terminais quando em estado desenergizado, faz a válvula direcionar o ar para recuo do pistão. Assim que energizada a bobina, ela direciona o fluxo de ar a uma segunda via, ocasionando o acionamento do pistão. De forma simplificada, o acionamento do botão apenas irá mudar o canal no qual passa o ar comprimido, controlando assim o avanço e recuo do pistão.

O esquema elétrico é representado na Figura 4, onde os componentes são ligados a uma rede industrial de duas fases, contando com disjuntores para a proteção dos componentes.

Fig. 4: Esquema elétrico



B. Sistema Pneumático

O módulo pneumático é responsável pela movimentação do módulo mecânico, o ar comprimido primeiro é direcionado à válvula pneumática como a da Figura 5, sendo esta de 5 vias devido a necessidade de dupla ação. Através da bobina e o seu processo de indução, ela age como um atuador, direcionando o ar para acionamento e recuo do pistão, além das vias de

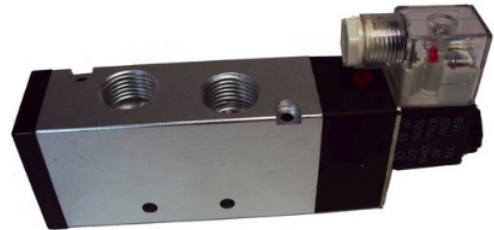
escape do ar “morto”, que já foi utilizado. 5 vias sendo:

- 1 - Entrada de ar.
- 2 - Saída para acionamento ou avanço.
- 3 - Escape do ar que foi para o acionamento ou avanço.
- 4 - Saída de ar para um segundo acionamento ou retorno.
- 5 - Escape do ar para o segundo acionamento.

2 posições:

- 1 - Bobina energizada, ar passando para acionamento ou avanço.
- 2 - Bobina em repouso, ar passando para um segundo acionamento ou retorno.

Fig. 5: Válvula [8]



A válvula conta com duas conexões reguladoras de vazão, regulando assim a velocidade de funcionamento do pistão, evitando que um movimento brusco possa comprometer os componentes. Por fim, o sistema tem como atuador um cilindro pneumático de 500mm de curso, que é interligado ao sistema mecânico, o que permite a movimentação da barra de ferro sobre o eixo, e conseqüentemente, a entrada e saída dos eletrodos na câmara do gasôênio. O consumo de ar do sistema pneumático é dado pela Equação (1):

$$C = \frac{A \times L \times nc \times (pl + 1,013)}{1,013 \times 10^6} \quad (1)$$

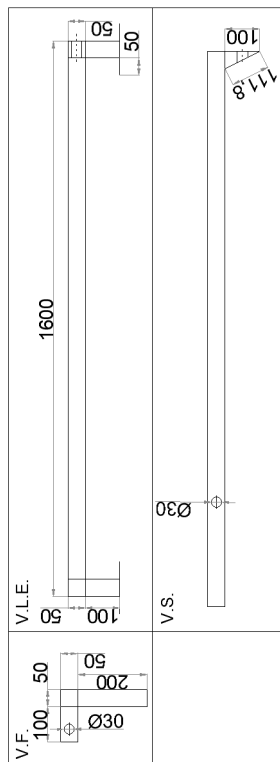
- C - Consumo de ar expresso em l/seg.
- A - área efetiva do êmbolo em mm².
- L - curso do pistão.
- nc - número de ciclos por segundo.
- pl - pressão em bar.

C. Sistema Mecânico

A funcionalidade do sistema mecânico é prover suporte fixo e móvel para os componentes utilizados, além de fornecer proteção aos mesmos e também impedir o contato de pessoas não capacitadas pelo risco de alta tensão.

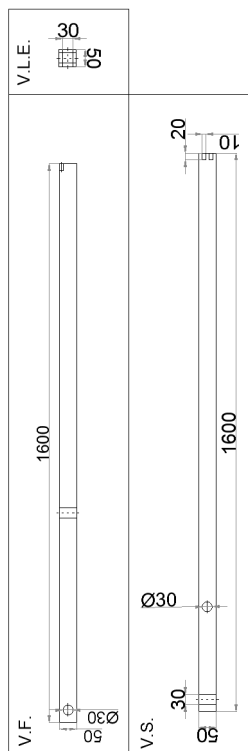
O sistema é composto por uma barra achatada fixada ao solo, contendo um eixo móvel em seu centro, suas dimensões estão dispostas na Figura 6.

Fig. 6: Barra Fixa



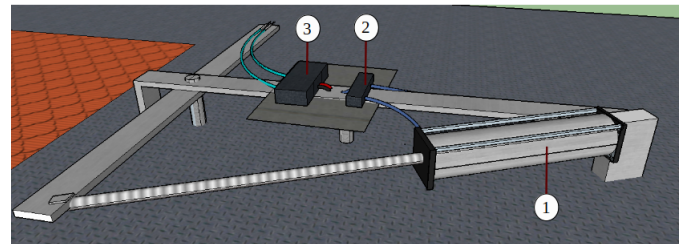
Sobre a barra fixa se encaixa uma barra móvel, com dimensões relatadas na Figura 7, a barra móvel é conectada a barra fixa através de um eixo, permitindo assim que a mesma realize um movimento de 60° em relação a posição inicial. Em uma das extremidades da barra móvel se conecta ao embolo do pistão que faz com que a barra se movimente, na outra esta os eletrodos.

Fig. 7: Barra Móvel



Há também suportes para o transformador e para o pistão, além de grades que garantem tanto a proteção do dispositivo como também riscos de aproximações de pessoas. A Figura 8 representa o esquema da montagem, feita no programa SketchUP. Nela tem-se em (1) a representação do atuador pneumático, fixo em uma extremidade e conectado na barra móvel na outra, formando um ângulo de 45° com a barra fixa. Em (2) tem-se a válvula pneumática onde através de uma solenoide realiza o controle de fluxo entre as duas vias do atuador, nela são conectados os reguladores que controlam a velocidade de atuação. Por fim, tem-se em (3) o transformador de ignição que converte a corrente alternada para contínua em alta tensão, próximo de 8kV.

Fig. 8: Representação em CAD do sistema



O esquema não apresenta a grade de proteção, pois a mesma é facultativa e está sujeita a variações referentes ao seu dimensionamento em relação a cada caso.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado obtido na implementação do braço robótico foi satisfatório, vale a pena ressaltar que sua implementação se torna favorecida ao meio industrial, o que não impede sua utilização em demais aplicações, já que possui um baixo custo. A Tabela 1 resalta os componentes adotados e custos relativos, desse modo, a construção do protótipo gira em torno de R\$1.866,00.

Tabela 1: Custo de Aquisição

Quantidade	Item	Valor
1	Transformador de ignição AC/DC	R\$ 438,00
2	Eletrodo para ignição	R\$ 280,00
2	Conector para cabos de alta tensão	R\$ 80,00
1	Atuador pneumático 500mm	R\$ 670,00
1	Válvula pneumática solenoide 5/2 vias	R\$ 147,00
2	Conexão pneumática reguladora de fluxo	R\$ 120,00
2,5 metros	Mangueira de poliuretano 16mm	R\$ 15,00
1	Botão de pulso	R\$ 40,00
2 metros	Cabo blindado	R\$ 76,00
Valor total		R\$ 1.866,00

O funcionamento final do sistema se resume em dois estados, o primeiro representa o não acionamento do botão de pulso que implica no posicionamento do ar comprimido apenas para a saída 2 da válvula solenoide, o que a carreta na extensão do embolo do cilindro pneumático, além do desligamento do transformador. Este seria o estado do sistema sem a interação do operador humano.

Já o segundo estado resalta o acionamento do botão de pulso que resulta na realocação da saída de ar 2 para a saída de ar 1, acarretando no recuo do embolo de cilindro de ar, além

do funcionamento do transformador para a geração da faísca de ignição. Este seria o estado de funcionamento do dispositivo através da interação humana, resultado na ignição do gás de síntese contido no gasôgênio.

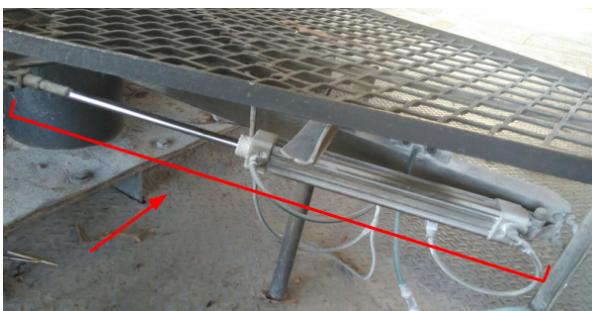
A Figura 9, denota os eletrodos de ignição, construídos especificamente para aguentarem altas temperaturas através do grau de proteção IP 50, que representa uma proteção contra poeira, porém sem proteção contra líquidos.

Fig. 9: Eletrodo



A Figura 10 apresenta o atuador pneumático no estado de circuito desenergizado, a grade de proteção envolve a parte superior do pistão, onde os riscos são maiores.

Fig. 10: Cilindro Pneumático



A Figura 11 apresenta a parte pneumática, que compreende a válvula pneumática, além dos reguladores de fluxo, essenciais para que não haja tranco durante a operação do atuador. Também pode-se visualizar o transformador que se conecta aos eletrodos através de cabos e conexões blindadas.

Fig. 11: Válvula e Transformador



Por último a Figura 12 apresenta a montagem final do protótipo, unindo as partes elétrica, pneumática e mecânica.

Fig. 12: Braço Ignitor



A fábrica já possuía tubulações de ar comprimido, o que facilitou a instalação do equipamento. Sendo necessário apenas realizar o cabeamento até o transformador e válvula solenoide, além do cabeamento do botão de pulso fixado em um painel que já se encontrava na sala, além da ligação da válvula solenoide com os dutos de ar comprimido.

V. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou os primeiros resultados de desenvolvimento de um protótipo de braço robótico. O trabalho desenvolvido atingiu alguns objetivos preliminares, como a ampliação do conhecimento em robótica, mecânica, elétrica e pneumática. Esse projeto ressalta a importância da automação na sociedade moderna, não só na potencialização da produção como também na substituição de mão de obra em serviços de alta índice de periculosidade. Desse modo, o sistema desenvolvido fica como base para possíveis aperfeiçoamentos, buscando o emprego da engenharia para garantir segurança e qualidade de vida a trabalhadores e a população em geral.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Uedimuquer Araújo da Silva, a todos os integrantes do Grupo de Pesquisa CNPq, GSE (Grupo de Soluções em Engenharia), pela interação e colaboração no desenvolvimento do presente trabalho, assim como ao IFMG - Campus Formiga.

REFERÊNCIAS

- [1] F. LACOMBE, “Dicionário básico da administração,” *São Paulo: Saraiva*, vol. 13, 2004.
- [2] M. d. F. F. Queiróz and R. H. Maciel, “Condições de trabalho e automação: o caso do soprador da indústria vidreira,” *Revista de Saúde Pública*, vol. 35, pp. 1–9, 2001.
- [3] “Agência nacional de energia elétrica- aneel.” www.aneel.gov.br. Acesso em: 17 de julho de 2018.
- [4] W. F. Quirino, A. T. VALE, A. P. ANDRADE, V. L. S. Abreu, and A. d. S. AZEVEDO, “Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos,” *Revista da Madeira*, vol. 89, no. 100, p. e106, 2005.
- [5] C. Barbosa, A. Luís, G. Olivares, L. Silva, E. Electo, *et al.*, *Biomassa para energia*. No. L-0687, Unicamp, 2008.
- [6] B. H. Nascimento, “A carreira fugaz do gasogênio,” *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros*, no. 27, pp. 9–26, 1987.
- [7] “Tranformadores de ignição.” www.ticino.com.br/transformadores-de-ignicao. Acesso em: 17 de julho de 2018.
- [8] “Válvulas solenoides.” www.hmpneumatica.com.br/valvula-pneumatica-5-2-vias-simples-solenoides. Acesso em: 17 de julho de 2018.