

eSALENG

Revista Eletrônica do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium - Araçatuba (São Paulo)

ISSN 2448-1432



Attribution-NonCommercial 4.0
International (CC BY-NC 4.0)

2017 - nº 3

Nota do Editor

Esta edição da Revista Eletrônica eSALENG sinaliza importantes modificações na publicação, envolvendo tanto a parte da estrutura, das atribuições e da categorização de artigos para a mesma.

A primeira inovação é o desmembramento dos artigos em documentos respectivos em formato “pdf”. Isto atende uma demanda operacional, tanto na estrutura gráfica quanto na navegação da revista, utilizando um padrão internacional adotado por praticamente todos periódicos científicos. Esta alteração também configura uma futura migração deste periódico para inserção em plataforma, portal ou base de dados para publicações nacionais ou internacionais.

Outro importante avanço é a adoção da licença “Creative Commons”, com o seguinte selo de identificação



Segundo o site da própria entidade: “Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho para fins não comerciais, e embora os novos trabalhos tenham de lhe atribuir o devido crédito e não possam ser usados para fins comerciais, os usuários não têm de licenciar esses trabalhos derivados sob os mesmos termos.” (Fonte: https://creativecommons.org/licenses/?lang=pt_BR) . Lembrando que, sempre, há a necessidade de se mencionar a fonte (referência bibliográfica ou crédito de autoria do respectivo trabalho).

Finalmente, outra importante modificação na revista é a incorporação de novas categorias de textos que, gradativamente, farão parte do conjunto de trabalhos a serem publicados. Portanto, não apenas textos resultantes dos trabalhos de conclusão de curso (TCC) poderão ser publicados, como também aqueles oriundos de pesquisas de iniciação científica, advindos de disciplinas curriculares ou também de projetos de pesquisa, ou até de extensão universitária. As categorias são as seguintes:

- **Resenha crítica:** textos produzidos geralmente como iniciação ou preparação para trabalhos mais aprofundados. Neste sentido, a *Resenha crítica* aborda de maneira sucinta e objetiva determinada problemática sem, entretanto, fugir do necessário rigor e apreciação crítica cientificamente e tecnicamente fundamentada em trabalhos congêneres, contudo, de fontes com grande lastro epistemológico, heurístico e metodológico. Em linhas gerais, na *Resenha crítica* inclui-se a chamada ‘pesquisa exploratória’ (também conhecida por ‘pesquisa bibliográfica’) contudo, estendendo-se à análise crítica do material estudado.
- **Comunicação breve** (*short paper, short communication, ou issue paper*). Da mesma maneira que a *Resenha crítica*, nesta modalidade também os autores deverão primar pela qualidade do material a ser apresentado. Contudo, num “*Short paper*”, os autores comunicarão **resultados científicos ou técnicos** obtidos e que, num determinado momento da pesquisa ou do desenvolvimento de algum protótipo, *mockup*, ou projeto, consideram pertinentes serem compartilhados com a comunidade científica, principalmente se tais resultados são inéditos já que, neste caso, o texto também é um documento que demonstra a originalidade de autoria do trabalho.
- **Nota técnica ou científica:** Aqui, de maneira análoga à “*Short communication*” os autores possuem o objetivo de comunicar determinados procedimentos, metodologias, aplicação de normatizações nacionais ou internacionais, discutir a aplicação ou utilização de equipamentos metrológicos ou de análise laboratorial e que, por força da própria pesquisa ou desenvolvimento tecnológico, carecem de discussão, ou de serem apresentados ou comunicados para seus pares, com distintos objetivos estratégicos.

Prof. Dr. Edval Rodrigues de Viveiros – Editor responsável

Sumário

ARTIGOS

Engenharia de Bioprocessos

Avaliação técnica e econômica da geração de energia elétrica a partir dos resíduos orgânicos alimentares 5

Cláudia Juliana Guabiraba da Silva, Mariana Cristina Trigilio, Denise Junqueira Matos, Joice Fernanda Di Caprio Dias, Priscilla Aparecida Vieira de Moraes, Natalia Felix Negreiros

Produção de Álcool Hidratado a partir do Soro do Leite 17

Francesni Cotrim de Lima, Suzeli Voltani de Oliveira, Natália Félix Negreiros, Denise Junqueira Matos

Impactos ambientais do uso e ocupação do solo de agricultura família 25

André Borges Ramos, Lucas Carvalho dos Santos João Geraldo Nunes Rubelo, Denise Junqueira Matos, Natalia Felix Negreiros

Teste para diagnóstico da mutação gênica causadora da paralisia hipercalêmica periódica (HYPP) e sua variabilidade genotípica em cavalos da raça Quarto de Milha 40

Diely Laguna Robredio, Mariany Cristina Kumada, Eliane Patrícia Cervelatti, Denise Junqueira Matos

Engenharia da Computação

CasIn: Automação Residencial Utilizando Plataforma Arduino Integrada a Dispositivos Móveis 51

Nathália Ferreira dos Santos, Renato de Aguiar Teixeira Mendes

Construção de um AGV (Veículo guiado automaticamente) Controlado pela Plataforma Arduino Uno Para Circular em Labirintos 66

Amarildo António das Dores Cristo, Caíque Vallim Araújo, Amadeu Zanon Neto

Detecção de invasão em rede de computadores utilizando variante de ARTMAP Fuzzy 79

Gledson Afonso da Costa Albuquerque, James Clauton da Silva

Sistema automatizado de controle de temperatura 93

Édi Robi Ferrari Bortolim, Giovanni Panegossi Formaggio, José Eduardo Rodrigues, Júnio Henriqué Bortolim, Michael Cesar Soares Vieira, Nayara Zago Bassetto

Engenharia Mecânica***Desenvolvimento de um braço robótico de coordenadas cartesianas 105***

Allan Spagnolo Benites, Guido Alves Slavec, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Braço Robótico TRR de Acionamento Hidráulico 118

Bruno dos Santos Marques, Felipe Camargo Marinho, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Domótica: Automação para Residências 134

Caio Henrique Fiorin Bernabé, Gabriel Henrique Borges Castelli de Araújo, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Automação de prensa de tijolos pneumática 144

Antonio Carlos de Souza Leme, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Construção de um Braço Robótico Cilíndrico 154

Gabriel Coelho Rodrigues Alvares, Robinson Douglas Tardivo de Moraes, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Desenvolvimento de um Sistema Parabólico Reflexivo Automatizado 168

Guilherme Fehlauer Hammes, Luiz Guilherme Mazeto, Vinicius Araujo Pereira, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Mesa coordenada no plano cartesiano para processo de corte de chapas utilizando plasma 183

Eduardo Bregagnoli da Silva, Rodrigo Guimarães de Poli, Saulo Mateus de Brito Miranda, Odilon Caldeira Filho, Thiago Santana Aranha

Desenvolvimento de um sistema de filtragem para colhedora de sementes de capim 197

João Vitor Fenille Lozano, Leandro José Albertti, Murilo Augusto dos Santos Bonfietti, Rodolfo Oliveira Cantieri, Rogério Freitas Maria de Souza, Odilon Caldeira Filho, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Extrator e instalador pneumático de buchas do braço oscilante da suspensão automotiva 214

Adriano Correa Bordan, Bruno Gines, Carlos Henrique Soares Gardenal, Elder Carlos dos Santos, Lucas Chacon Gonzaga, Tiago Henrique Teixeira, Odilon Caldeira Filho, Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares, Thiago Santana Aranha

Projeto e Construção de um Carro Tipo Fórmula 230

Caio Henrique Fiorin Bernabé, Gabriel Coelho Rodrigues Alvares, Gabriel Henrique Borges Castelli de Araújo, João Pedro Pulzatto Frigério, Robinson Douglas Tardivo de Moraes, Fernando Gabriel Eguia Soares Pereira, Daniel Lucas de Oliveira

Desenvolvimento de uma máquina de prensar tijolos ecológicos eletropneumática automatizada 245

Aguinaldo Iglesias, Antônio Carlos de Souza Leme, Bruno Augusto Baptista, Felipe Saturnino Tonheiro Carlos, Güido Alves Slavec, Sandro Aparecido Pereira Faria, Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares, Odilon Caldeira Filho

Desenvolvimento de uma Máquina para Análise Comparativa da Eficiência de Óleos Lubrificantes 259

André Vieira Trecento1 Bruna de Sá Char, Elton Gomes de Matos, Hélio Paes, Jorge Luiz Cardoso, Rodrigo Alcântara Moelas, Wesley Farias, Daniel Lucas de Oliveira

Engenharia Mecatrônica

Análise preliminar para reconhecimento da frequência respiratório por meio de uma célula de carga 273

Freddy Franz Romero Calcina, Julio Atila Alves da Silva, Francione Martins de Oliveira, Nelson Ivan Oviedo Toscano, Aline Emy Takiy de Oliveira

RESENHAS CRÍTICAS

Engenharia Civil

Emprego da nanoindentação na predição das propriedades elásticas de compósitos cimentícios de alta resistência 289

Evandro Teixeira, Marcos Vinícius Hubner, Vitor Simon Palo, Edval Rodrigues de Viveiros

O Uso da Nanotecnologia em Materiais de Construção Civil 298

Alex Olivares Dos Santos, Cid Murillo Leite Penteadado, Felipe Domingos Da Silva Moura, João Vitor Pereira, Paulo Ricardo Prado De Souza, Edval Rodrigues de Viveiros

Avaliação técnica e econômica da geração de energia elétrica a partir dos resíduos orgânicos alimentares

Technical and Economic Evaluation of Electricity Generation from Organic Waste Food

Cláudia Juliana Guabiraba da Silva¹
Mariana Cristina Trigilio²
Denise Junqueira Matos³
Joice Fernanda Di Caprio Dias⁴
Priscilla Aparecida Vieira de Moraes⁵
Natalia Felix Negreiros⁶

RESUMO

O biogás produzido por intermédio da biodigestão, é inflamável devido ao metano presente em sua composição, possuindo outros gases como o dióxido de carbono, hidrogênio e dióxido de enxofre. Gerando alto potencial energético. O presente estudo objetivou avaliar a implantação de um biodigestor para a produção de biogás em restaurantes, visando o aproveitamento dos resíduos orgânicos, transformando em energia elétrica, como metodologia a produção de um protótipo com base em cálculos. Assim, a gestão adequada dos recursos naturais proporciona possibilidades de recuperação de resíduos e reuso de suas qualidades. Toda matéria-prima utilizada retorna ao sistema produtivo, tornando sustentável todo o processo. Com mais investimentos, o metano formado pode ser utilizado em motores de geração de energia elétrica, tornando ainda mais autossustentável a cadeia produtiva, devido à simplicidade estrutural do biodigestor. O biodigestor é capaz de suprir metade da demanda energética que um restaurante necessita.

Palavras-Chave: Biogás; Desenvolvimento Sustentável; Autossuficiente.

¹ Acadêmica do 10^º termo do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP. E-mail: julianasilva0311@outlook.com.

² Acadêmica do 10^º termo do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP. E-mail: marianatrigilio@outlook.com.

³ Bióloga, Doutoranda em Ciência Animal e docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP.

⁴ Engenheira de Bioprocessos e docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP.

⁵ Administradora, Mestre em Engenharia de produção e docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP.

⁶ Bióloga, Doutora em Ciências e docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP.

ABSTRACT

The biogas produced by the digestion is flammable due to the methane present in its composition, has other gases such as carbon dioxide, hydrogen, and sulfur dioxide. It has high-energy potential. The present study aimed to evaluate the implementation of a digester for biogas production in restaurants, order the recovery of organic waste, turning into electricity, by having as a methodology the production of a prototype with base in calculations. Thus, the proper management of natural resources provides waste recovery possibilities and reuse of their qualities. All raw materials used returned to the production system, making the whole process sustainable. With more investments, the methane formed can be used in electric power generation engines, making it even more self-sustainable production chain, due to the structural simplicity of the digester.

Keywords: Biogas, sustainable development, self-sufficient.

Introdução

Os conflitos do setor elétrico brasileiro são motivos de preocupação e debate por parte de amplos setores da sociedade, em razão de seu impacto em termos de custos, repercussões ambientais e confiabilidade do fornecimento para garantir a qualidade de vida e o avanço econômico (BERGIER et al., 2010).

Devido à crise do petróleo nos anos 70, no Brasil, despertou o interesse em pesquisar fontes de energias inesgotáveis. Entre as fontes de energia conhecidas como limpas e abundantes, a bioenergia a partir de resíduos sólidos tornou-se alternativa viável (BARREIRA, 2011).

O gás emitido na decomposição dos resíduos orgânicos, que antes iria para o meio ambiente, agora se destina a produção de energia e a porção sólida é utilizada como adubo orgânico, diminuindo a capacidade de poluição dos mesmos (SILVA et al., 2012).

Biodigestor anaeróbio é o nome dado à estrutura construída para fazer a fermentação da biomassa residual, sem que haja presença de oxigênio, o que

proporciona condições favoráveis para que tipos específicos de bactérias passem a proliferar e assim provocar um aceleração na degradação da matéria (BARREIRA, 2011).

Em menor escala, pode-se utilizar biodigestores para o tratamento de resíduos domiciliares, vide diversos exemplos bem-sucedidos como em países da África, China e Índia (MOTA et al., 2010). O teor de matéria orgânica nessas regiões é bastante similar ao Brasil, fato este que pode corroborar a implementação da tecnologia anaeróbia como forma de tratamento de resíduos dessa natureza (SILVA e SOEIRO, 2013).

O biogás produzido por intermédio da biodigestão, é inflamável devido ao metano (CH_4) presente em sua composição, e ainda possui outros gases, sendo eles o dióxido de carbono (CO_2), o hidrogênio (H) e dióxido de enxofre (H_2S) (BARREIRA, 2011).

O biogás possui alto potencial energético, com poder calorífico variando de 5.000 a 7.000 kcal/m³, podendo chegar a 12.000 kcal/m³, não gera odor ou fumaça, e queima com uma chama limpa. Além da produção do biogás, é possível minimizar problemas ambientais e custos com o tratamento de resíduos (DIAS et al., 2013).

São produzidos no país toneladas de resíduos sólidos urbanos/dia, e apenas 28% são coletadas ou recebem alguma forma de tratamento e/ou disposição final. Dentre esses resíduos são 23% depositados em aterros sanitários, 3% compostado e 2% reciclado. O restante, cerca de 72% vão para despejo a céu aberto nos lixões, favorecendo a proliferação de vetores biológicos como moscas, mosquitos, baratas e ratos, responsáveis por inúmeras doenças. Devido aos aspectos ambientais negativos necessitou-se buscar alternativas para o aproveitamento da matéria orgânica, afim de reduzir os impactos e melhorar a qualidade de vida da população (BARREIRA, 2011).

Dessa forma, o objetivo do estudo foi a implantação de um biodigestor para a produção de biogás em restaurante, visando o aproveitamento dos resíduos orgânicos, transformando-o em energia elétrica, além de verificar a viabilidade econômica desse sistema.

Material e Métodos

Realizou-se um estudo de campo das características de dois restaurantes, um localizado no município de Guararapes-SP e o outro em Araçatuba-SP. O funcionamento dos dois ocorre de segunda à sexta durante o horário de almoço e aos sábados somente à noite.

A parte experimental foi desenvolvida no Laboratório Multidisciplinar do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP, onde realizou-se um teste em protótipo de 0,02 m³ experimental.

Para a preparação do inóculo, inicialmente foi realizada a análise de determinação de sólidos totais, com base na metodologia descrita por APHA - American Public Health Association (2005). Dessa forma, pesou-se aproximadamente 30 g de resíduos alimentares em seis cadinhos, para a determinação do peso úmido (PU). Em seguida, foram levados para a estufa a 105°C, até atingirem o peso constante, de forma a determinar o peso seco (PS). O teor de sólidos totais foi determinado por meio da Equação 1.

$$U = \frac{PU-PS}{PU} \times 100 \quad ST = 100 - U \quad (1)$$

Em que:

ST = Teor de sólidos totais, %;

U = Teor de umidade, %;

PU = Peso úmido da amostra, g; e

PS = Peso seco da amostra, g.

A partir dos resultados encontrados na análise de sólidos totais, determinou-se a quantidade de água a ser adicionada à mistura, para obter 8% de sólidos totais no substrato. As amostras de inóculo foram armazenadas em recipientes de 0,002 m³ abertos durante oito dias.

O protótipo foi abastecido com substrato contendo 80% de resíduos orgânicos e 20% de inóculo, com um total de 5 Kg do substrato e 5 L de água, fermentando pelo período de vinte dias em temperatura ambiente. Através da implantação de um manômetro verificou-se, a pressão do protótipo.

A correção do volume de biogás para as condições de 1 ATM e 20°C foi efetuada com base no trabalho de Caetano (1985), o qual, pelo fator de compressibilidade (Z), o biogás apresenta comportamento próximo ao ideal. Conforme descrito por Santos (1997), para a correção do volume de biogás utilizou-

se a expressão resultante da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac conforme a Equação 2.

$$\frac{V_0 \times P_0}{T_0} = \frac{V_1 \times P_1}{T_1} \quad (2)$$

Em que:

V_0 = volume de biogás corrigido, cm^3 ;

P_0 = pressão corrigida do biogás, 10.322,72 mmH_2O ;

T_0 = temperatura corrigida do biogás, 293,15 K;

V_1 = volume do gás no gasômetro cm^3 ;

P_1 = pressão do biogás no instante da leitura, mmH_2O ; e

T_1 = temperatura do biogás, em K, no instante da leitura.

Considerando a pressão atmosférica de Guararapes-SP igual a 10 299,42 mmH_2O , obteve-se como resultado, a seguinte expressão para a correção do volume de biogás Equação 3.

$$V_0 = \frac{V_1}{T_1} \times 292,45 \quad (3)$$

Os potenciais de produção de biogás foram calculados utilizando os dados de produção diária e das quantidades de substrato nos biodigestores. Os valores foram expressos em biogás (m^3) / substrato orgânico (m^3) ou de sólidos totais.

O ensaio para estimar a produção de biogás foi realizado, por meio da montagem de coluna de Winogradsky adaptada para representar um reator anaeróbio.

Na base do galão foi colocada uma massa orgânica picada e o mesmo volume de água foi utilizado no experimento resíduos orgânicos do restaurante. O material foi bem compactado para a remoção do ar. A coluna foi vedada por meio de uma tampa acoplada a um manômetro, para manter o gás formado e possibilitar a medição de volume.

Uma mangueira foi acoplada à saída do gás na campânula do biodigestor. Se ao colocar fogo no Bico de Bunsen a chama continuasse acesa, confirmava-se a queima. Após a detecção da mesma, este teste não seria mais necessário, sendo efetuado, portanto, apenas no início do processo.

A reação anaeróbica tem como seu produto principal o CH_4 . A reação prioritária de maior interesse é a metanogênese (formação de CH_4). O processo de digestão é desenvolvido por uma sequência de ações realizadas por uma gama muito grande e variável de bactérias, no qual pode-se distinguir quatro fases:

1. Hidrólise, processo no qual o material orgânico particulado é convertido em compostos dissolvidos de menor peso molecular.

2. Acidogênese compostos dissolvidos, gerados no processo de hidrólise, são absorvidos nas células das bactérias fermentativas e, após a acidogênese, são excretadas como substâncias orgânicas simples como AGV - ácidos graxos voláteis de cadeias curtas, álcoois, ácido lático e compostos como CO_2 , H_2 , NH_3 , H_2S , entre outras (MOTA et al., 2010).

3. Acetogênese, que é a conversão dos produtos da acidogênese em compostos que formam os substratos para produção de metano: acetato, hidrogênio e dióxido de carbono e metanogênese, que é o metano produzido pelas bactérias acetotróficas, a partir da redução de ácido acético, ou pelas bactérias hidrogenotróficas, a partir da redução de dióxido de carbono (JOSHUA et al., 2014).

4. Metanogênese é a etapa final no processo global de degradação anaeróbica de compostos orgânicos em CH_4 e CO_2 que é efetuada pelas Archaeobacterias, bactérias que vivem em ambientes extremos metanogênicas. Estas são importantes no ciclo do carbono, pois promovem um meio para que o carbono não se acumule em depósitos anaeróbicos e retorne a atmosfera, como CO_2 ou CH_4 . As Archaeas metanogênicas conseguem o carbono necessário para sua sobrevivência no acetato e no metanol, e não utilizam açúcares e proteínas, como muitos outros animais (JOSHUA et al., 2014).

Ocorre uma cadeia sucessiva de reações bioquímicas, onde inicialmente acontece a hidrólise ou quebra das moléculas de proteínas, lipídios e carboidratos até a formação dos produtos finais, essencialmente gás metano e dióxido de carbono. A decomposição anaeróbia é, pois, um processo biológico envolvendo diversos tipos de microrganismos, na ausência do oxigênio molecular, com cada grupo realizando uma etapa específica, na transformação de compostos orgânicos complexos em produtos simples, como os já citados metano e gás carbônico (MOTA et al., 2010).

O metano formado é capturado pela câmara do biodigestor e filtrado em duas etapas a fim de eliminar a mistura de H₂S, segundo gás em maior formação e que produz mau cheiro. O primeiro filtro é uma barreira de palha de aço, o qual, por reação de deslocamento, retém parte do ácido sulfídrico formado. O segundo filtro é um TAP que forçosamente retém o ácido restante no processo e libera o gás metano que é insolúvel em água. Após esta etapa, o gás é direcionado ao fogão para queima (JOSHUA et al., 2014).

O benchmarking foi realizado junto a duas empresas de motor gerador, empresa A e B, para encontrar um equipamento com melhor custo-benefício do mercado. O benchmarking é uma ferramenta da qualidade que investiga as melhores práticas de uma organização, tendo como base a empresa do mesmo setor que é referência para o mundo (SIMON e VON DER GATHEN, 2002).

Foi realizada uma pesquisa junto à ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (2014) distribuidora de energia elétrica pioneira e referência no Brasil, para verificar se existe a real possibilidade de injetar a energia excedente na rede de energia elétrica.

Resultados e Discussão

Dentre as informações analisadas, de acordo com as características de projeto, os restaurantes apresentaram condições ideais para que o projeto pudesse ser desenvolvido.

Os resíduos gerados durante o processo de manipulação e preparo dos alimentos no qual as cascas e partes dos alimentos são retiradas e descartadas. Após o preparo, o alimento é encaminhado para o consumo onde ocorre outra etapa na formação de resíduos, representada pelo desperdício dos usuários.

A determinação da produção dos resíduos orgânicos foi realizada ao longo do funcionamento e os resultados são mostrados na tabela abaixo.

Tabela 1 - Produção de resíduos orgânicos/dia (Kg/dia) e o gasto energético/mês (kWh/mês) dos restaurantes um de Araçatuba-SP e o outro de Guararapes-SP.

Restaurantes	Refeições/dia	Resíduos orgânicos/dia	Gasto energético/mês
Guararapes-SP	120/dia	61 Kg/dia	884 kWh/mês
Araçatuba-SP	150/dia	78 Kg/dia	1.031.10 ³ kWh/mês

Fonte: autores.

A composição do biogás varia de acordo com a natureza da matéria-prima fermentada e ao longo do processo de fermentação. Constituído pelos gases metano, carbônico, nitrogênio, hidrogênio, oxigênio e gás sulfídrico, apenas o metano é combustível, incolor e sem cheiro. Assim, em termos energéticos, quanto maior for seu percentual, melhor será sua qualidade, e quando queimado, produzirá fogo azul-lilás, não deixará fuligem e causará um mínimo de poluição (MOTA et al., 2010).

O biodigestor trabalha com uma pressão muito inferior ao gás de cozinha, porém sua eficiência de queima é exatamente a mesma. A produção do gás formado é calculada pela leitura do volume de gás emitido pelo biodigestor, em função do tempo, sendo sua fórmula matemática expressa por: $Q_v = V/t$, a vazão calculada.

A reação que produz o biogás é uma fermentação anaeróbica. Por isso é fundamental que a caixa não permita que o ar entre em contato com os resíduos dentro da câmara de fermentação. A quantidade de mistura de resíduos orgânicos alimentares e água, estes devem ser cuidadosamente analisadas, pois a biomassa não deve estar totalmente seca. No caso de nossa região e estação climática atual, a mistura considerada ideal foi a de 1:1. O período de abastecimento pode ser regulado conforme a necessidade do restaurante.

Para que a reação ocorra de forma eficiente, é muito importante prestar atenção a certos parâmetros, tais como, limites de temperatura, teor de umidade e acidez, pois estes influenciam diretamente a cinética da reação (JOSHUA et al., 2014).

Para resíduos orgânicos, cada 1 kg de resíduo é capaz de produzir 0,04 m³ de biogás, de acordo com Barros (2016).

Realizou-se o cálculo multiplicado a quantidade de resíduos orgânicos produzidos (Kg/dia), pelo valor estimativo da metodologia que é de 0,04 m³ de biogás/Kg de resíduos orgânicos.

Os resultados práticos para cálculo volumétrico da fermentação e o tempo estimado de leitura é de 8 a 10 dias, sendo a alimentação com resíduos orgânicos alimentares diário, até estabilização de sistema de digestão anaeróbia, a fim de se obter processo de produção constante.

Tabela 2 – Estimativa da produção de biogás (m³/dia) a partir dos resíduos orgânicos gerados pelos dos restaurantes.

Restaurantes	Resíduos orgânicos/dia	Produção de biogás (m ³ /dia)
Guararapes-SP	61 Kg/dia	2,44 m ³ /dia
Araçatuba-SP	78 Kg/dia	3,12 m ³ /dia

Fonte: autores.

A produção energética de 1m³ de biogás equivale a 5,815 kWh de energia, conforme descrito por Nogueira (2005).

Os cálculos da estimativa da produção energética (kWh/mês), são realizados multiplicando-se a produção do biogás (m³/dia) por trinta (correspondo a produção de um mês), pelo valor estimativo da metodologia que é de 5,815 kWh de energia/m³ de biogás.

Tabela 3 – Estimativa da geração de energia (kWh/mês) a partir da produção de biogás dos restaurantes.

Restaurantes	Produção de biogás (m ³ /dia)	Geração de energia (kWh/mês)
Guararapes-SP	2,44 m ³ /dia	425 kWh/mês
Araçatuba-SP	3,12 m ³ /dia	544 kWh/mês

Fonte: autores.

Um bom manejo do biodigestor e seus produtos permite uma ciclagem eficiente de nutrientes, fazendo retornar ao solo o “adubo” que foi absorvido pelas plantas e solo.

Após contato com as empresas para o benchmarking do motor gerador a que apresentou melhor custo-benefício foi a empresa A. O valor total do equipamento motor gerador foi o parâmetro analisado, sendo que ambas apresentam a mesma eficiência de geração energética, porém os valores (R\$) diferem significativamente. A comparação dos motores geradores pesquisados estabelece uma análise de benchmarking com o motor gerador modelo do mercado.

A tabela abaixo apresenta o benchmarking das empresas envolvidas na pesquisa.

Tabela 4 – Benchmarking das empresas A e B de motor gerador que apresentou melhor custo-benefício do mercado.

Empresas	Posição	Custo-benefício
A	Benchmark	R\$ 25.000,00
B	2	R\$ 31.058,00

Fonte: autores.

Conforme informações da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (2014), desde 17 de abril de 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou fonte com elevada eficiência energética, logo a energia excedente produzida e repassada para a rede, gera-se um “crédito de energia” que será posteriormente utilizado para abater seu consumo. O saldo positivo desse crédito de energia não pode ser revertido em dinheiro, mas pode ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário, quando aplicável, em outra unidade consumidora, desde que as duas unidades estejam na mesma área de concessão e sejam do mesmo titular ou na fatura do mês subsequente

O presente estudo mostrou que o bom manejo dos recursos naturais proporciona grandes possibilidades de recuperação de recursos e reuso de suas qualidades.

Conclusões

As análises da viabilidade econômica mostraram que é viável a construção de biodigestores em restaurantes, com a finalidade de produzir energia elétrica a partir do biogás gerado via resíduos orgânicos, além de toda matéria-prima utilizada retorna ao sistema produtivo sem grandes agressões ao meio ambiente, tornando o processo sustentável. Com mais investimentos, o metano formado pode ser reutilizado em motores de geração de energia elétrica, tornando ainda mais autossustentável a cadeia produtiva, devido à sua simplicidade estrutural.

A maior dificuldade encontrada foi o tempo de retorno do investimento que depende do tamanho do projeto.

O benchmarking realizado durante teve uma importância muito grande em relação a economia no custo do motor gerador de energia, que conseqüentemente influencia em todo o restante do projeto.

A biotecnologia destaca-se positivamente, trazendo a possibilidade de avançar a pesquisa quanto ao desenvolvimento de novas metodologias que possibilitem a otimização do tempo de retorno do investimento, aperfeiçoando o uso dessa importante fonte de energia renovável.

Referências Bibliográficas

ANGONESE, A. R.; CAMPOS, A. T.; WELTER, R. A. Potencial de redução de emissão de equivalente de carbono de uma unidade suinícola com biodigestor. Jaboticabal, SP: *Engenharia Agrícola*, v. 27, n. 3, p. 648-657, 2007.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for examination of water and wastewater*. 21. ed. Washington, EUA: American Water Works Association, p.1386, 2005.

BARROS, T. D. *Biogás*. Brasília, DF: Ageitec, 2016.

BARREIRA, P. *Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural*. São Paulo, SP: Icone, 3. ed., p. 39-99 2011.

BERGIER, I.; et al. *Biogás da agrosuicultura: alternativa energética na borda do Pantanal*. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, P. 1-4, 2010.

DIAS, M. I. A.; et al. Viabilidade econômica do uso do biogás proveniente da suinocultura, em substituição a fontes externas de energia. Botucatu, SP: *Energia na Agricultura*, v. 28, n.3, p.155-164, 2013.

JOSHUA, O. S.; et al. Fundamental Principles of Biogas Product. *International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER)*, Vol. 2. Issue 8, 2014.

MOTA, C. J. A.; JUNIOR, N. R.; PINTO, B. P. Química e energia: transformando moléculas em desenvolvimento. São Paulo, SP: *Sociedade Brasileira de Química*, v. 2, p. 70-72, 2010.

NOGUEIRA, L. A. *Biodigestão: a alternativa energética*. São Paulo, SP: Nobel, p. 25-40, 2005.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. Viçosa, MG: *Biomassa & Energia*, v. 2, n. 1, p. 57-67, 2005.

SILVA, W. T. L da et al. Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola. São Paulo, SP: *Química Nova*, v. 35, p. 35-40, 2012.

SILVA, R. J.; SOEIRO, E. C. Viabilidade da utilização do biogás como fonte alternativa de energia. Natal, RN: *Edunp*, v. 2, n. 1, p. 31-36, 2013.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. *Química Ambiental*. São Paulo, SP: Pearson Prentice, 2. ed., p. 102-175, 2009.

Produção de Álcool Hidratado a partir do Soro do Leite

Hydrated Alcohol Production from Whey

Francesni Cotrim de Lima¹
Suzeli Voltani de Oliveira¹
Natália Félix Negreiros²
Denise Junqueira Matos³

RESUMO

O soro do leite é um subproduto da indústria de laticínios que possui elevada taxa de poluente. O tratamento adequado deste resíduo para posterior lançamento nos cursos d'água é altamente dispendioso para os laticínios. Este trabalho teve por objetivo comparar dois experimentos que utilizam este soro como substrato para obtenção de etanol através do processo de fermentação pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Os resultados obtidos apontam a utilização do soro do leite como substrato para esta levedura produzir álcool, mais vantajoso quando adicionado de sacarose em comparação ao adicionado da enzima lactase. Sendo assim, pretende-se subsidiar investimentos para o desenvolvimento de novas tecnologias que permitam tornar viável, tecnológica e economicamente a produção de álcool hidratado a partir do soro de queijo.

Palavras-Chave: Soro, Subproduto, Fermentação, Tecnologias, Álcool Hidratado.

ABSTRACT

The whey is a by-product of the dairy industry that has high rate of pollutant. The proper treatment of this waste for later release in water courses is highly expensive for the dairy products. This study aimed to compare two experiments using this serum as a substrate for the production of ethanol through a process of

1. Acadêmicas do curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2. Bióloga. Doutora em Ciências. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, natalia_felix@yahoo.com.br

3. Bióloga. Doutoranda em Ciência Animal. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, dejunmatos@hotmail.com

fermentation by yeast *Saccharomyces cerevisiae*. The results obtained indicate the use of whey as a substrate for this yeast produce alcohol, more beneficial when added sucrose in comparison to added the lactase enzyme. Thus, it is intended to subsidize investments for the development of new technologies which make it possible to make technological and economically viable production of hydrated alcohol from cheese serum.

Keywords: Whey, By-product, Fermentation, Technologies, Hydrated Alcohol.

Introdução

Em busca de soluções para a escassez de combustíveis fósseis, bem como para as agressões que estes causam ao meio ambiente em razão de sua queima, resultando na liberação de grandes quantidades de gases poluentes na atmosfera, intensificam-se as pesquisas a fim de encontrarem novas alternativas tecnológicas de combustíveis que sejam menos poluidores e provenientes de fontes energéticas renováveis (COLPO, 2013). Pensando nisso, ganha-se destaque uma promissora linha de pesquisa que utiliza o soro do leite como matéria prima para produção de biocombustível (MURARI, et al;2013).

A aplicação do soro para este fim, contempla dois aspectos muito importantes. O primeiro, é que ele é uma matéria-prima abundante, de fonte limpa, renovável e conseqüentemente, menos poluente. O segundo é que para a fabricação de biocombustível ele funciona como matéria-prima, mas na verdade é um resíduo industrial que necessita de tratamento adequado para seu descarte, ou seja, um grande problema para seus produtores (PROPPI, et al; 2010).

O soro do leite é um subproduto da indústria de laticínios obtido após precipitação e remoção das caseínas, proteínas do leite, em decorrência do processo de fabricação de queijo (MURARI, et al; 2013). Considerando que para cada kg de queijo produzido sejam gerados 9 litros de soro, há uma estimativa de produção mundial de 100.000.000 de toneladas de soro do leite ao ano (FELIZARDO, 2014).

Este resíduo possui como característica elevada taxa de poluente em decorrência da alta concentração de material orgânico, com uma Demanda Química de Oxigênio (DQO) em torno de 60.000 mg/L (MURARI, et al; 2013), e uma demanda biológica de oxigênio (DBO) entre 30.000 e 50.000 mg de oxigênio

por litro, valor esse 100 vezes mais do que o esgoto doméstico. Assim sendo, um laticínio que produz em média 10.000 litros de soro/dia, gera uma carga orgânica poluente equivalente a uma população de 5.000 habitantes. (PROPPI, et al; 2010).

Há registros do não aproveitamento e descarte incorreto do soro como efluente. Sendo ele altamente poluente, acarreta grandes prejuízos ao meio ambiente, principalmente para os corpos d'água (MURARI, et al;2013).

O tratamento adequado deste tipo de resíduo para posterior lançamento nos cursos d'água é altamente dispendioso para os laticínios (PROPPI, et al; 2010). Por isso, uma alternativa de reduzir os custos de tratá-lo como efluente industrial, diminuindo assim o impacto ambiental causado por ele, é o reaproveitamento deste resíduo, por exemplo, na produção de álcool. (FELIZARDO, 2014).

A transformação deste resíduo agro-industrial em álcool ocorre através da fermentação alcoólica, onde alguns microrganismos utilizam a lactose presente em altos níveis no soro como fonte de carbono, realizando assim a conversão (ARAÚJO, 2013).

Este trabalho teve por objetivo obter álcool por meio da fermentação do soro do leite, utilizando como levedura a *Saccharomyces cerevisiae* e verificar a melhor eficiência produtiva do soro com a presença da enzima lactase, em relação ao soro que foi adicionado sacarose.

Material e Métodos

O soro utilizado como matéria prima para este trabalho é resultado da fabricação de queijo tipo fresco, adquirido junto a um pequeno produtor da cidade de Penápolis, SP. Por se tratar de dois experimentos, foram coletados oito litros de soro divididos em dois galões plásticos e armazenados sob refrigeração até o início do processo.

As etapas do processo de fermentação seguem a metodologia descrita por Araújo (2013). A primeira etapa do processo consistiu na verificação do °Brix através de aparelho refratômetro e do pH utilizando fitas Testes da marca MColorpHast que indicaram °Brix 7,0 e pH 5,0.

Em seguida foi realizada a desproteínização do soro através do método ácido/térmico conforme metodologia descrita por Araújo (2013), que consistiu no abaixamento do pH para 4,5 através da adição de ácido cítrico e o aquecimento a

90°C por 3 minutos. Após esse período foi mantido em repouso até atingir a temperatura ambiente e a remoção do material proteico se deu por filtração.

No primeiro experimento, a etapa de chaptalização, consistiu na adição de 720g de sacarose, NIVEL +1 descrito por Araújo, (2013) nos quatros litros de soro previamente desproteinizados, a fim de aumentar a quantidade total de açúcar e assim elevar o teor de álcool (FLORÊNCIO, 2008) e (ARAÚJO, 2013). Foram separados 300ml deste soro para dissolução de 64g de fermento biológico úmido sendo homogeneizado manualmente e novamente misturado aos 3,7 litros restantes. A fermentação ocorreu após inoculação do meio em recipiente plástico sob temperatura considerada ideal para a ação da levedura de $30 \pm 2^\circ\text{C}$, com o término da fermentação determinado pelo °Brix.

No segundo experimento, todas as etapas foram idênticas ao primeiro experimento, com exceção da adição da sacarose que foi substituída pela adição da enzima lactase (BAC, 214; Experimento A), com o objetivo de hidrolisar a lactose do soro, levando em consideração os estudos que comprovam que cada litro de soro contém aproximadamente 50g de lactose e 10g de proteínas (CAMPOS, 2012).

Com o término da fermentação o mosto foi submetido à etapa de centrifugação com velocidade de 500 rpm por 2 minutos em centrífuga HT, contendo doze cubetas de 15ml cada, mas preenchidas até 14 ml cada, num total de 168 ml por batelada, a fim de separar a biomassa celular do meio líquido fermentado. A destilação do fermentado ocorreu em micro-destilador de álcool Fisatom, modelo 62E, resultando no produto desejado, o etanol.

Resultados e Discussão

O primeiro experimento resultou em 130 ml de álcool com grau gl de 63,57, INPM 55,69 e massa específica 900,9. A levedura realizou a conversão do soro em álcool utilizando apenas a sacarose adicionada em razão da sua incapacidade em degradar a lactose, açúcar do soro (ARAÚJO, 2013).

O segundo experimento resultou em 100ml de álcool com grau gl de 49,86 e INPM 42,29 e massa específica 930,4. A adição da enzima lactase foi uma alternativa para fermentação indireta a fim de hidrolisar a lactose, resultando em açúcares mais fáceis de serem fermentados, como os monossacarídeos glicose e galactose (BACH, et al; 2011).

Podemos comparar os resultados obtidos nestes dois experimentos, com os valores determinados pela ANP para o etanol hidratado obtido a partir da cana de açúcar, onde a massa específica (densidade) deve apresentar valores entre 807,6 a 811,0 Kg/m³, levando-se em conta a temperatura de 20º C. O teor alcoólico entre 95,1 e 96 ° INPM, que é a unidade de medida equivalente à porcentagem de álcool na mistura (SUNDAÇUCAR, 2010).

Tabela 1.

1º Experimento (adição de sacarose)	2º Experimento (adição enzima lactase)	Valores ANP (Etanol hidratado/cana de açúcar)
130 ml de álcool hidratado	100 ml de álcool hidratado	-
63,57 gl	49,86 gl	-
55,69 INPM	42,29 INPM	95,1 à 96,0 INPM
900,9 massa específica	930,4 massa específica	807,6 à 811,0 kg/m ³

Fonte: autores.

Para maior grau em INPM seria necessário um destilador apropriado, diferente do utilizado nos experimentos deste trabalho. Algumas marcas de álcool comercializadas para fins de uso doméstico possuem teor alcoólico em torno de 46º INPM de etanol (MEDEIROS, 2015). Portanto, o álcool obtido neste trabalho pode se enquadrar neste tipo de utilização, sendo o que apresentou grau INPM 55,69 para uso em gel, e o de grau INPM 42,29 em sua forma inflamável.

O processo de fermentação ocorreu por um período de 24 horas. No final desse período observou-se a estabilização dos sólidos e foi realizada nova medição do °Brix. O primeiro experimento apresentou °Brix 9 e o segundo experimento apresentou °Brix 3,7. O grau Brix indica aproximadamente o teor de açúcar presente no mosto (CORAZZA, et al; 2000). Ou seja, o primeiro experimento que apresentou 9ºBrix, contém aproximadamente 9% de açúcar, conseqüentemente o segundo experimento, contém aproximadamente 3,7% de açúcar.

A adição de sacarose no primeiro experimento ofereceu a levedura melhores condições para produzir maior quantidade de álcool, enquanto que no segundo experimento a levedura utilizou apenas o açúcar do próprio soro, ou seja, a glicose resultante da quebra da lactose.

Há relatos da utilização de uma levedura mais acertiva para aplicação no soro do leite conhecida como *Kluyveromyces*. Esta levedura possui várias linhagens e algumas delas são aplicadas com sucesso em processos fermentativos utilizando

soro de leite (FELIZARDO, 2014). A razão desse sucesso é atribuída ao fato desta levedura ser capaz de realizar a fermentação direta, pois ela consegue degradar a lactose presente no soro. Enquanto que nos dois experimentos realizados neste trabalho foi utilizada a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, incapaz de metabolizar a lactose e realizar a fermentação direta devido à ausência da enzima α -galactosidase e da permease da lactose através da qual é possível a entrada da lactose no interior da célula (STRMEL, et al; 2013). Para tal, no segundo experimento a *Saccharomyces* contou com a ajuda da enzima lactase que realizou a quebra da lactose, um monossacarídeo, em dois dissacarídeos, a glicose e a galactose, dando assim condições para que a levedura convertesse a glicose em etanol (BACH, et al; 2011). No primeiro experimento a *Saccharomyces* não fez uso da lactose hidrolisada, em razão da falta da adição da enzima lactase, sendo assim, ela trabalhou apenas com a sacarose que foi adicionada. Este experimento adicionado de sacarose foi o que apresentou melhor custo benefício para produção de álcool utilizando o soro do leite. Pois, para que o processo ocorra sem a adição de sacarose, faz-se necessária a utilização da enzima lactase, o que seria inviável devido ao alto custo dessa enzima. Isto significa ser mais favorável investir em sacarose do que na enzima lactase a fim de que o produto final seja realmente vantajoso.

Conclusão

Quando utilizadas as leveduras corretas para fermentação, como a *Saccharomyces cerevisiae* usada neste trabalho ou a *Kluyveromyces* capaz de realizar a fermentação direta, o soro do leite mostrou ser uma alternativa promissora para a produção de álcool. A levedura *Saccharomyces cerevisiae* apresentou maior produção de álcool utilizando o soro do leite, quando adicionado de sacarose. Por ser uma levedura de fácil acesso, baixo custo e simplicidade no manuseio, ela se torna adequada para processos fermentativos em pequenas unidades produtoras de queijo, mesmo considerando a necessidade de adição de sacarose ao processo. O potencial de utilização do lactosoro é também uma alternativa viável para reduzir a poluição que este resíduo causa ao meio ambiente, e emerge como mais uma possibilidade de fonte sustentável de energia.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, Rodrigo Santos. *Valorização biotecnológica de soro de leite por fermentação utilizando Saccharomyces cerevisiae*. Disponível em: <http://revistas.unisinos.br/index.php/estudos_tecnologicos/article/view/ete.2015.112.04> Acesso em 16 de Jun. de 2016.

ARAÚJO, Magno de Souza. *Produção de etanol neutro a partir do soro de queijo coalho por destilação convencional*. Disponível: <<http://150.165.111.246/ojs.pombal/index.php/PPSA/article/view/48>>. Acesso em: 18 de mar. de 2016.

BACH, Fabiane et al. *Estudo da influência de variáveis no processo de produção de bioetanol de soro de leite*. Disponível em: <www.uff.br/engevista/seer/index.php/engevista/article/viewFile/451/286> Acesso em: 03 de abr. de 2016.

CAMPOS, Tarllis Carolina Alvares da Silva. *Utilização do soro de queijo na produção de etanol por saccharomyces fragilis esaccharomyces cerevisiae*. Disponível em: <<https://s3.amazonaws.com/pgsskroton.../71efcf720b660a15bbfd26940a75fc96.pdf>> Acesso em: 15 de abr. de 2016.

COLOGNESI, et al. *Produção de etanol em concentrado de soro de queijo por saccharomyces fragilis*. Disponível em: <<http://www.ital.sp.gov.br/tecnolat/anais/tl230513/Arquivos/COLOGNESI.pdf>> Acesso em 16 de Jun. de 2016.

COLPO, Huilian et al. *Estudo da produção de bioetanol em resíduo soro de leite*. Disponível em: <<http://www.unioeste.br/eq/iiiepec/artigos/Trab13-Colpo%20et%20al.pdf>> Acesso em: 23 de mar. de 2016.

CORAZZA, Dina G, et al. *Preparação e caracterização do vinho de laranja*. Disponível em: <<http://www.ital.sp.gov.br/tecnolat/anais/tl230513/Arquivos/COLOGNESI.pdf>> Acesso em 25 de Set. de 2016.

FELIZARDO, Ana Catarina Rosa. *Produção de bioetanol, usando soro do queijo como fonte de carbono Screening de uma estirpe de levedura competente*. Disponível em: <<http://www.ital.sp.gov.br/tecnolat/anais/tl230513/Arquivos/COLOGNESI.pdf> > Acesso em 25 de Set. de 2016.

FLORÊNCIO, Isanna M. et al. *Produção de etanol a partir de lactossoro industrial*. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662013001000010> Acesso em 02 de mai. de 2016.

FORTUNATO, Michelle Ramos Cavalcante. *Utilização do simulador superpro designer® para avaliação do aproveitamento de soro de queijo para a produção de etanol*. Disponível em: <<http://186.202.79.107/download/soro-de-queijo-para-producao-de-etanol.pdf>> Acesso em 16 de Jun. de 2016.

MURARI, Cleidiane Samara et al. *Avaliação da redução na poluição dos laticínios, a partir da fermentação do soro de leite em etanol pela levedura Kluyveromyces marxianus* 229. Disponível em: <<http://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/35>> Acesso em: 18 de mar. de 2016.

ZAPAROLI, Juliana Curzel, et al. *Bioconversão de soro de queijo em etanol através de biorreatores com célula imobilizada*. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/47674/Poster_10740.pdf?sequence=2>. Acesso em 17 de Jun. de 2016.

Impactos ambientais do uso e ocupação do solo de agricultura familiar

Environmental Impacts of Land Use And Occupation of Family Farming

André Borges Ramos¹
Lucas Carvalho dos Santos²
João Geraldo Nunes Rubelo³
Denise Junqueira Matos⁴
Natalia Felix Negreiros⁵

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi mensurar a população microbiológica e a fauna edáfica de solos de agricultura familiar do município de Mirandópolis-SP, para verificar se esses se encontram impactados devido aos tipos de manejo (agricultura familiar e criação de subsistência) que possuem. Foram realizadas coletas de solo e de fauna edáfica em diferentes pontos dos cinco tipos de cultivos existentes na propriedade. O solo apresentou tipos distintos de impactação em todos os pontos analisados, devido à falta de variabilidade fúngica e bacteriana. As épocas de coleta influenciaram a variação da densidade ($p < 0,84$) de fauna e riqueza de espécies, pois os microrganismos são sensíveis às alterações que ocorrem no ambiente sendo responsável pela quase totalidade da atividade biológica no solo, catalisando as transformações bioquímicas.

Palavras-chave: Microrganismos; fauna edáfica; bioindicadores; impacto ambiental.

ABSTRACT

The objective of the present study was to measure the microbiological population and

¹ Acadêmico de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Auxilium-Araçatuba. email: Andre.ramos_tst@hotmail.com

² Acadêmico de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Auxilium-Araçatuba. email: Lucas_lcs11@hotmail.com

³ Geógrafo. Mestre pela Unesp Presidente Prudente. Docente do curso de engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Salesiano Auxilium de Araçatuba. email: jgrubelo@gmail.com

⁴ Bióloga. Doutoranda em Ciência Animal pela UNESP Araçatuba-SP. Docente do curso de engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Salesiano Auxilium de Araçatuba. email: dejunmatos@hotmail.com

⁵ Bióloga, Doutora em Ciências. Docente do curso de engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Salesiano Auxilium de Araçatuba. email: natalia_felix@yahoo.com.br

the soil fauna of soils of family agriculture of the municipality of Mirandópolis-SP, to verify if they are impacted due to the types of management (family farming and subsistence farming) that they have. Soil and soil fauna collections were carried out at different points of the five types of crops existing on the property. The soil presented different types of impaction at all points analyzed, due to the lack of fungal and bacterial variability. The collection times influenced the density variation ($p < 0.84$) of species fauna and richness, because the microorganisms are sensitive to the changes that occur in the environment being responsible for almost all the biological activity in the soil, catalyzing the biochemical transformations.

Keywords: Microorganisms; soil fauna; bioindicators; environmental impact.

Introdução

No Brasil somente nos anos de 1990 o termo “Agricultura Familiar” passou a fazer parte do dia a dia político e social (SCHNEIDER, 2003). Houve uma consolidação dos pequenos produtores, como, assentados, arrendatários, entre outros. Em 1996 a criação do Pronaf (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), com o intuito de fortalecer a agricultura familiar, estimulando a geração de renda por meio do fornecimento de capacitação e financiamentos, para alavancar a produção familiar (BANCO CENTRAL DO BRASIL- BCB, 2015).

O acompanhamento da qualidade do solo é importante ao longo do tempo, pois assim é possível realizar um manejo que garanta a sua qualidade (BONO, *et al.* 2013). O manejo adequado da lavoura-pecuária melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo para uma exploração agrícola sustentável do recurso natural solo.

Os indicadores visuais é uma das formas mais simples para determinar se as regiões analisadas estão dentro de uma condição favorável ao ambiente. Podemos interpretar a mudança da cor do solo, espécies de plantas daninhas predominantes, resposta da planta, escoamento superficial, entre outros.

Indicadores físicos estão relacionados à formação do solo. Se suas partículas estão agrupadas e ocorre estabilidade dos agregados, como fungos, argila e areia. Sua textura, densidade, condutividade hidráulica e capacidade de armazenagem de água (MOTA *et al* 2013).

As indicações químicas do solo estão relacionadas às condições solo-planta. Analisam a distribuição de nutrientes e água às plantas e outros organismos, pH, mobilidade de um determinado contaminante como metais pesados, compostos radioativos, entre outros.

Entre os indicadores biológicos estão incluídos: a matéria orgânica, a diversidade de espécies, a massa microbiológica, e o nível de respiração do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

A biomassa microbiana é responsável por grande parte da atividade do solo, onde possibilita a troca de nutriente entre solo-planta. Os mesmos possibilitam que ocorra um equilíbrio no ecossistema, onde mantém uma qualidade necessária para a manutenção de espécies de plantas e condições favoráveis do meio ambiente (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002). Os microrganismos são sensíveis às alterações que ocorrem no ambiente (SIQUEIRA *et al.*, 1994), podendo ser utilizados como indicadores da qualidade desse solo.

Diversos parâmetros microbiológicos têm sido usados como indicadores de alterações no solo, mas nenhum é adequado a todas as situações, devido à natureza dinâmica e complexa dos ecossistemas (DICK, 1992).

A fauna edáfica representa uma grande importância para a criação de estrutura do solo. Esses invertebrados são bastante explorados nos processos que envolvem remediação e recuperação, devido a sua participação nas diversas transformações do ambiente, resultando na criação de nichos, micro-habitats, possibilitando um aumento na biodiversidade (CORREIA, 2002).

Os artrópodes correspondem cerca de 70% das espécies de animais, ocorrendo com frequência em ambientes florestais e são capazes de indicar diversos níveis de impactos ambientais, devido a sua grande diversidade de espécies, habitat e sua ligação com os processos biológicos dos ecossistemas naturais, (FILHO, 1995). Sendo assim, esses organismos que apresentam sensibilidade a determinadas alterações no ambiente são denominados bioindicadores e podem ser utilizados como indicadores da qualidade ambiental, (MALUCHE *et al.*, 2003; LIMA *et al.*, 2003). Bioindicadores são espécies que apresentam uma estreita relação com o meio em que se encontram, podendo indicar determinadas condições ambientais particulares ou estabelecidas neste meio (ALLABY, 1992).

Qualquer fator que altere a estrutura desses ambientes, como remoção da

cobertura vegetal, poluição, técnicas de cultivo de forma errada, excesso de defensivos agrícolas ou a utilização de materiais que possam contaminar o solo são fatores que acabam afetando a qualidade desse ambiente. Dessa forma, o estudo da população de fungos e bactérias do solo e da fauna edáfica local, pode auxiliar no monitoramento da qualidade ambiental do solo, visando à recuperação de áreas prejudicadas pelo cultivo.

O objetivo geral desse trabalho é verificar se o tipo de ocupação do solo (agricultura familiar) promove impactos nele, por meio de análises físicas, químicas, microbiológicas e da fauna edáfica que o habitam.

Material e Métodos

Foram coletadas amostras de solo em áreas de agricultura familiar da região de Mirandópolis- SP (21°00'39.1"S e 51°06'27.3"W). As amostras de solo foram coletadas de 0-20 cm de profundidade, em cinco pontos distintos. Em cada local foram coletadas mais cinco repetições (subamostras), perfazendo um total de 25 amostras. Depois de coletadas as amostras foram embaladas em sacos plásticos devidamente etiquetados e transportadas em caixa de isopor com gelo até o Laboratório do Centro Universitário Salesiano Auxilium de Araçatuba. As amostras de solo ficaram armazenadas em refrigerador a - 18°C, por 48 horas, até o momento da determinação da população microbiana do solo. Nos mesmos locais de coleta de amostras de solo foram feitas as armadilhas para coleta de insetos edáficos.

Análise físico-química

As análises físico-químicas as análises de pH, P, K, Ca, Mg foram baseada na metodologia de troca de resina iônica (Raij, 1994), na extração com resina iônica utilizou-se 2,5 cm³ de solo, 2,5 cm³ de mistura trocadora de cátions e resina trocadora ânions saturada com bicarbonato de sódio, 25 mL de água destilada, agitar 16 horas no dia seguinte separar resina do solo, extrair o P da resina e determinar, o pH da extração está entre 6 e 7 analisados com peagâmetro.

Análise microbiológica

A contagem das unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias e fungos foi realizada pelo método da inoculação de suspensões diluídas de solo em meio de cultura. Para tanto, foi feita uma diluição decimal em série partindo-se de 10 g de solo colocado em frascos de erlenmeyer com 90 mL de água destilada e esterilizada. De cada diluição, será retirado uma alíquota de 1 mL por placa de petri, sobre o qual verte-se o meio. Para cada diluição serão feitas três repetições por placa. As placas foram envolvidas em papel filme e incubadas em estufa à 25°C no escuro. A contagem das UFC de bactérias e fungos será realizada aos 8 dias após a incubação em estufa. Para a determinação da população de bactérias do solo foi utilizado o meio Ágar-PG (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002) com a seguinte composição (g.L⁻¹ de água): glicose 0,1; peptona 1,0; K₂HPO₄ 0,1; FeSO₄.7H₂O 0,02; ágar 15; Pentacloronitrobenzeno (PCNB), 2,4. O pH será ajustado a 7,0 antes do meio ser autoclavado. Para avaliação da população de fungos foi utilizado o meio Martin's-Bengala Agar (MARTIN, 1950) com os seguintes nutrientes (g.L⁻¹ de água): glicose 10,0; peptona 5,0; KH₂PO₄ 1,0; ágar 15,0 e 3,3 mL de rosa bengala. Os meios de cultura usados foram esterilizados em autoclave a 120 °C por 20 minutos. Após o período de incubação os fungos foram identificados em nível de gênero, através de microscópio estereoscópico e ótico, com base na chave de identificação Barnett e Hunter (1999).

Mesofauna

A captura de insetos edáficos é feita por meio de armadilha do tipo queda conhecida como *pit fall*, essa armadilha consiste em um recipiente de plástico, de superfície lisa, onde o mesmo deve ser enterrado rente ao solo, dessa maneira os insetos que rastejam pelo solo são capturados. As armadilhas devem ser preenchidas com um composto líquido que quebre a tensão superficial da água, como por exemplo, detergente neutro. Segundo ALBUQUERQUE E DIEHL, (2009), técnicas como as armadilhas de *pit fall* fornecem informações quantitativas que permitem estabelecer o número de espécies presente naquele local, estimar a riqueza e fazer comparação com dados de outras áreas ou regiões. Portanto dessa maneira, garrafas pet de 2 litros com 8 cm de diâmetro, serão cortadas à 20 cm, a parte superior da garrafa foi colocada de forma invertida dentro da garrafa para formar uma espécie de funil através do qual os espécimes que caminham sobre o solo sejam capturados. No interior da armadilha será colocado um recipiente plástico com 150 ml de água com detergente neutro para

quebrar a tensão superficial da água e evitar que os espécimes coletados escapem das armadilhas.

Foram instaladas o total de 15 armadilhas nos 5 pontos, em triplicata, onde foram colhidas as amostras do solo, com distância de 5m entre elas.

As armadilhas permaneceram por 48 horas nos cinco locais, para a captura dos espécimes. Os recipientes plásticos foram removidos e o seu conteúdo levado ao laboratório, onde um microscópio estereoscópico, com aumento de 20 vezes, os espécimes encontrados serão identificados e quantificados.

Análise dos dados

Os resultados obtidos sobre os grupos de bactérias, fungos e a mesofauna do solo foram submetidos à análise de riqueza taxonômica, índice de diversidade Shannon-Wierner (H'), Equitabilidade de Pielou (J'), Dominância (D') (MAGURRAN, 1988); e agrupamento (tipo Cluster), realizados pelo programa estatístico PAST (HAMMER et al., 2001).

Resultados e Discussão

Através da análise físico-química (Tabela 1) podemos observar que os valores de P, Ca e Mg foram altos com base nos valores limites, podendo receber a correção através da adubação com base nos estudos a serem realizados para a correta aplicação (OLIVEIRA, et al 2014).

Tabela 1. Análise de solo físico-química do solo de agricultura familiar do município de Mirandópolis -SP.

Cultivo	pH	mg/dm ³		mmol/dm ³	
		P	K	Ca	Mg
Caju	6,9	116	1,0	56	8
Atemoia	7,0	137	0,9	61	7
Graviola	6,8	136	3,3	56	12
Pitaya	6,9	127	1,5	78	8
Macadâmia	6,7	142	2,2	46	9

Fonte: autores.

Nas áreas cultivadas com atemoia e macadâmia as Unidades Formadoras de Colônias (UFC) bacterianas apresentadas foram maiores se comparados com outros

locais de amostragem de solo (tabela 2). O fato de as bactérias apresentarem maior quantidade pode ser explicado por a área possuir um sistema de irrigação e cobertura natural do solo bastante significativa, contribuindo a retenção de umidade contribuindo para o crescimento microbiano. As áreas com menor quantidade bacteriana pode ser explicada pela compactação do solo pelo uso de máquinas agrícolas ao longo dos anos no trato da terra (PUPIN, 2008).

As áreas cultivadas com pitaya e caju apresentaram número de UFC's de fungos inferiores às demais áreas amostradas do solo (Tabela 3), se devem em parte aos resultados obtidos na análise físico-química (Tabela 1) realizadas nas áreas, onde se constatou valores elevados de fósforo (P) (EMBRAPA, 2001).

Tabela 2. População de bactérias do solo (UFC g-1 de solo seco) de agricultura familiar do município de Mirandópolis –SP.

Cultura	UFC
Caju	16x10 ³
Macadamia	40x10 ³
Graviola	17x10 ³
Pitaya	26x10 ³
Atemoia	64x10 ³

Fonte: autores.

Tabela 3. População de fungos do solo (UFC g-1 de solo seco) de agricultura familiar do município de Mirandópolis –SP.

Cultivo	UFC
Caju	9x10 ³
Atemoia	22x10 ³
Graviola	18x10 ³
Pitaya	8x10 ³
Macadâmia	21x10 ³

Fonte: autores.

Nas áreas de caju e pitaya não foram possível à identificação através da microscopia ótica (Tabela 4), sendo que a espécie identificada em 4 das 5 amostras coletadas foi o *Aspergillus* spp.

Tabela 4. População de fungos do solo (UFC g⁻¹ de solo seco) de agricultura familiar do município de Mirandópolis –SP.

Cultivo	Gênero				
	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Pinicillium</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Trichophytin</i> spp.	Não identificado
Caju	X	-	-	-	X
Atemoia	-	X	X	-	-
Graviola	X	-	-	X	-
Pitaya	X	X	X	-	X
Macadâmia	X	-	X	-	-

Fonte: autores.

De acordo com os resultados obtidos nas tabelas 1 e 2 está em conformidade com Ciência e Natura, 2007 e Borges, et al. (1999), estudando os fatores ambientais sobre diversas áreas cultivadas, a atividade microbiana no solo, concluíram que os microrganismos são influenciados pela variação dos fatores climáticos incidentes diretamente sobre a cobertura vegetal do solo.

Foram coletados 265 organismos, distribuídos em 10 táxons contendo: Formicidae, Cicadidae, Muscidae, Ctenidae, Chysomelidae, Mastotermitidae, Vespidae, além de seis táxons não identificados. As classificações dos artrópodes encontrados no ambiente estudado estão representadas na Tabela 5.

Tabela 5. Fauna edáfica encontrada nas áreas de agricultura familiar do município de Mirandópolis-SP.

Mesofauna	Família	Quantidade/Cultura					Indicador/solo
		Macadâmia	Atemoia	Caju	Pitaya	Graviola	
Formiga	Formicidae	54	113	14	24	17	Não
Cigarra	Cicadidae	0	1	2	0	0	Vegetação Alterada
Mosca	Muscidae	0	1	0	0	0	Não
Aranha	Ctenidae	8	0	2	2	0	Solo Impactado
Besouro	Chysomelidae	5	6	3	4	1	Bioindicador
Cupim	Mastotermitidae	1	2	0	0	0	Solo Impactado
Vespa	Vespidae	0	0	0	1	0	Bioindicador
Abelha	Apidae	0	0	0	1	0	Bioindicador
Escaravelho	Scarabanidae	0	2	0	0	0	Bioindicador
Grilo	Gryllidae	0	0	1	0	0	Vegetação Alterada

Fonte: autores.

A família Formicidae (formigas) foi encontrada em maior quantidade o que evidenciam que o maior número de indivíduos encontrados nesses últimos sistemas pode ter reduzido à diversidade, uma vez que, quanto maior a densidade de fauna em determinada área, maior será a chance de algum grupo estar predominando e, portanto,

reduzindo a equitabilidade, uma vez que a diversidade de espécies está associada a uma relação entre número de espécies (riqueza) e a distribuição do número de indivíduos entre as espécies (MOÇO et al., 2005). Podemos observar uma disparidade numérica de Formicidae em relação às demais espécies.

Os ambientes onde o solo apresenta uma baixa taxa de fertilidade natural possuem como fonte de energia a matéria orgânica provida da serrapilheira que representa a principal fonte para o crescimento vegetal (CORREIA & OLIVEIRA, 2000). Nesse sentido, a regulação das populações de microrganismos e a desintegração dos resíduos vegetais para a digestão da microflora são atividades exercidas pela fauna do solo. Nesses processos, nutrientes que fazem parte de complexos orgânicos são liberados, garantindo assim a fertilidade do solo e conseqüentemente o aumento da qualidade ambiental (PRIMAVESI, 2002). Desta forma, a fauna de solo, representada por grande parte dos artrópodes, podem ser de grande utilidade na avaliação da qualidade ambiente.

As baixas temperaturas registradas durante o período de coleta pode ter interferido no resultado das amostras, por não haver uma movimentação de insetos. Ecossistemas florestais são importantes na manutenção e na regulação de processos ecológicos, o que garantem a conservação da biodiversidade. O solo desses ecossistemas é considerado um dos mais complexos sistemas biológicos no globo e está estritamente relacionado com as cadeias alimentares que garantem a sobrevivência dos organismos, além de ser considerado o substrato de sustentação dos vegetais (STORK e EGGLETON, 1992), sendo importante por gerar micro habitats que garantem a manutenção da diversidade da fauna edáfica. Portanto, qualquer fator que altere a estrutura desses ambientes, como remoção da cobertura vegetal, poluição e as demais atividades antrópicas, pode causar a perda da qualidade ambiental.

O índice de Shannon-Wiener é bastante utilizado para a comparação da diversidade entre diferentes ambientes. Os maiores valores deste índice (Figura 1), foram obtidos no solo da cultura de Caju, onde também foi observado a maior uniformidade entre os organismos. Nos solos com as culturas de atemóia e graviola foi registrada a maior dominância, devido o elevado número de indivíduos da família Formicidae, pois segundo FERNANDEZ (2003) estes são insetos sociais que vivem juntos em colônias.

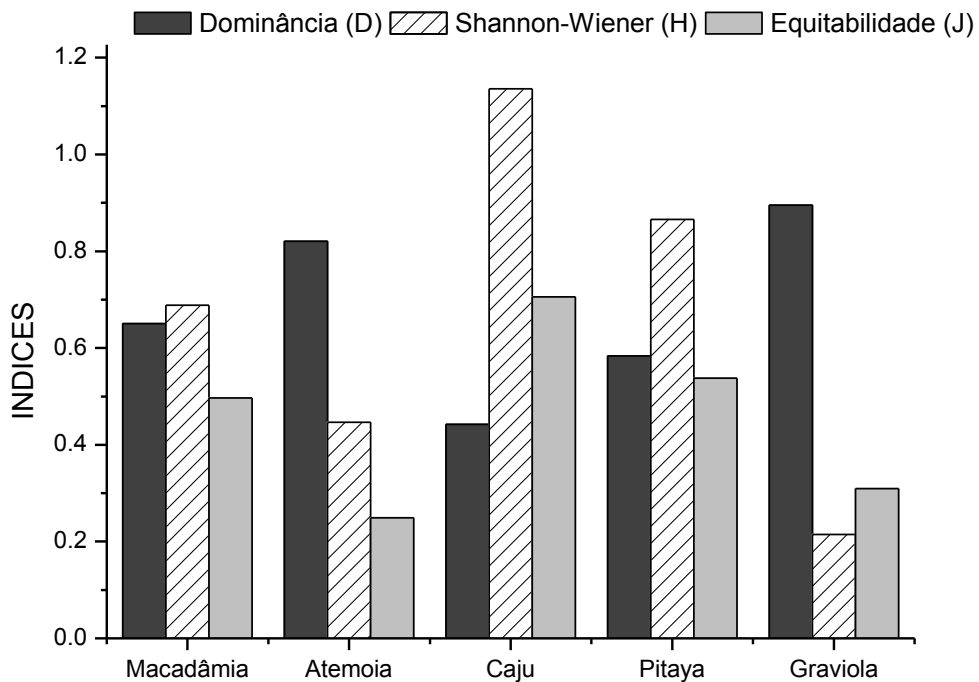


Figura 1. Índices de Dominância (D), Shannon-Wiener (H) e Equitabilidade (J) das amostras de solo em áreas de agricultura familiar da região de Mirandópolis- SP. Fonte: autores.

A análise de agrupamento realizada com base nos valores de densidade da mesofauna das áreas de agricultura familiar da região de Mirandópolis- SP (Figura 2) evidenciou a formação de dois grupos com dissimilaridade de 60%. Os solos das culturas de caju, graviola e pitaya apresentaram cerca de 70% de similaridade, enquanto que os solos de atemoia e macadâmia com cerca de 65% de similaridade.

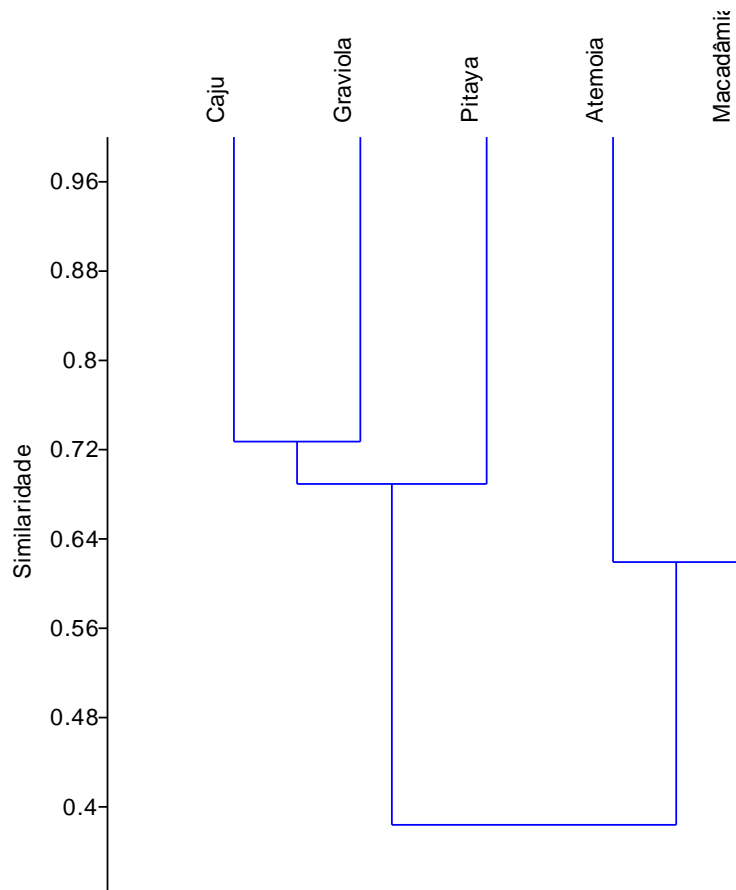


Figura 2. Diagrama de similaridade de Bray-Curtis baseado na densidade da mesofauna das amostras de solo em áreas de agricultura familiar da região de Mirandópolis- SP. (Coef.correlação = 0,84). Fonte: autores.

A porcentagem total explicada pelos dois primeiros componentes na análise de correspondência canônica (CCA) para a mesofauna (Figura 3) e as variáveis ambientais foi de 65,8%. A maior presença de bactérias e o solo próximo a neutralidade (7,0) favoreceram a presença de formigas, cupins, moscas e escaravelos nos solos das culturas de atemoia e graviola. No solo da cultura de caju, as menores concentrações de fósforo (P) favoreceu o aparecimento de cigarras e grilos. Nos solos de macadâmia e pitaya a presença de vespas, abelhas, besouros e aranhas é correlacionada a presença de uma maior diversidade de fungos, maior concentração de Cálcio (Ca) e Potássio (K) e menor concentração de Magnésio (Mg).

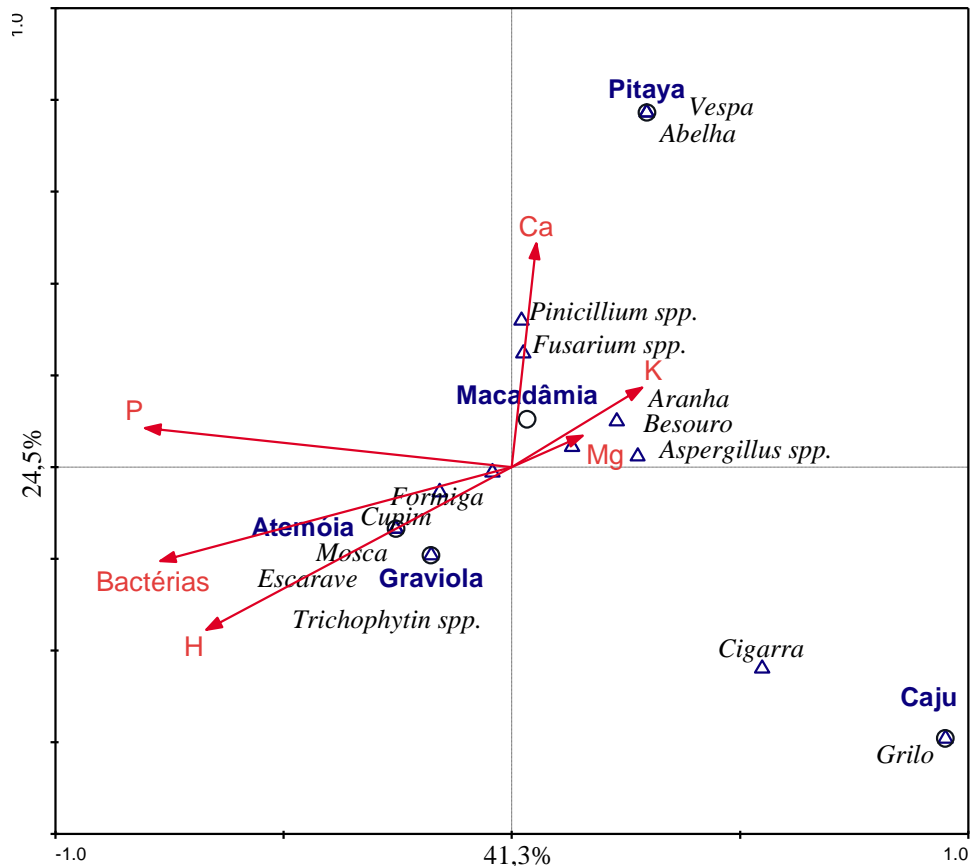


Figura 3. Diagrama de ordenação CCA da mesofauna e das variáveis ambientais das amostras de solo em áreas de agricultura familiar da região de Mirandópolis- SP. Fonte: autores.

Conclusões

O solo analisado apresenta impactação em todos os cinco pontos analisados, devido a grande quantidade de fósforo apresentada na análise físico/química, à falta de variabilidade fúngica e bacteriana observada nas análises laboratoriais e uma mesofauna com dominância em dois pontos analisados (atemóia e graviola). As épocas de coleta influenciaram a variação da densidade de fauna e riqueza de espécies.

Adubação e correção dos fatores físico-químicos manejados de forma adequada com adubação, forração das áreas cultivadas com cobertura vegetal, irrigação eleva o solo ao patamar de produtivo em todas as culturas amostradas.

Referências

ALLABY, M. *The concise Oxford Dictionary of Zoology*. Oxford: Oxford University Press, 1992.

BANCO CENTRAL DO BRASIL- BCP. Resolução Nº 4.416, De 22 De Junho De 2015.

BARETTA, Dilmar et al. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo, *Pesq. Agropec. bras.*, Brasília, v.41, n.11, p.1675-1679, nov. 2006

BARETTA, Dilmar et al., Análise multivariada de atributos microbiológicos e químicos do solo em florestas com *Araucaria angustifolia*, *R. Bras. Ci. Solo*, 32:2683-2691, 2008, Número Especial.

BELOTE, Antonio Francisco Jurado e NEVES, Edinelson J. M., Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural. *Circular Técnica*, 54: ISSN 1517-5278.

BONO, José Antônio Maior et al. Qualidade Física Do Solo Em Um Latossolo Vermelho Da Região Sudoeste Dos Cerrados Sob Diferentes Sistemas De Uso E Manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 37:743-753, 2013.

MOTA, Jaedson Cláudio Anunciato et al. Qualidade Física De Um Cambissolo Sob Sistemas De Manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 37:1196-1206, 2013

BORGES, A. L. et al., Alteração de propriedades físicas e atividade microbiana de um latossolo amarelo álico após o cultivo com fruteiras perenes e mandioca. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:1019-1025, 1999.

CORREIA, M.E.F. & PINHEIRO, L.B.A. *Monitoramento da fauna do solo sob diferentes coberturas vegetais em um sistema integrado de produção agroecológica*, Seropédica (RJ). Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 1999. 15p. (Circular Técnica, 3).

CORREIA, Maria Elizabeth F, OLIVEIRA, Luís Claudio M. *Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos*. [cited 2006 nov. 12]. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 2000. 46 p. Documentos, no. 112. Disponível em: <http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/download/doc112.pdf>. Acesso em: 10 de março de 2016

CORREIA, Maria Elizabeth F. *Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas*. [cited 2006 out. 28].

Seropédica: Embrapa Agrobiologia; 2002.

DICK, R.P. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. *Agricultural Ecosystems & Environmental*, Amsterdan, v. 40, p.25-36, 1992.

EMBRAPA, *Calagem e Adubação em Espécies Florestais Plantadas na Propriedade Rural*. 2001.

FILHO, E.B. *Cupins e florestas*. In: FILHO, E.B. & FONTES, L.R. (Org.). Alguns aspectos atuais da biologia e controle de cupins. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.127-140.

MALUCHE, C.R.D.; SANTOS, J.C.P.; SINHORATI, D.; AMARENTE, C.V.T. do, BARETTA, D. Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo em pomares de macieiras conduzidos nos sistemas orgânico e convencional. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA*, 1, 2003. Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2003.

MOÇO, M.K.S.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & CORREIA, M.E.F. Caracterização da Fauna Edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:555-564, 2005.

MOREIRA, F.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Editora UFLA, 2002. 623 p

NUNES, L.A.P.L. et al. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi-árido nordestino, *Scientia Agraria*, Curitiba, v.10, n. 1, p.043-049, Mar./Apr. 2009.

OLIVEIRA, Jaqueline Pereira Machado de et al., Alterações químicas e avaliação de p disponível na região adjacente aos grânulos de superfosfato triplo e diamônio fosfato em solos ácidos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38:1526-1536, 2014.

PRIMAVESI, Ana Maria. *Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais*. 7 ed. São Paulo: Nobel; 2002. 549 p.

PUPIN, Breno, *Propriedades microbiológicas do solo alteradas por compactação*, 2008.

SANTOS, José Geraldo Donizetti et al., Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares

isolados de solos de áreas de mineração de bauxita no crescimento inicial de espécies nativas, *R. Bras. Ci. Solo*, 32:141-150, 2008.

SCHNEIDER, Sérgio. Teoria Social, *Agricultura Familiar E Pluriatividade*. RBCS Vol. 18 n^o. 51 fevereiro, 2003.

SILVA, Cristiane Figueira da et al., Fauna edáfica em área periodicamente inundável na restinga da Marambaia, RJ, *R. Bras. Ci. Solo*, 37:587-595, 2013

RAIJ, B. van. New diagnostic techniques, universal soil extractants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.25, n.7/8, p.799-816, 1994.

Teste para diagnóstico da mutação gênica causadora da paralisia hipercalêmica periódica (HYPP) e sua variabilidade genotípica em cavalos da raça Quarto de Milha

Test for diagnosis of gene mutation causing periodic hipercalêmica paralysis (HYPP) and their genotypic variability in horses of Quarter Mile race

Diely Laguna Robredio¹
Mariany Cristina Kumada²
Eliane Patrícia Cervelatti³
Denise Junqueira Matos⁴

RESUMO

A HYPP é uma doença muscular genética causada por uma mutação no gene do canal de sódio, acarretando problemas musculares. O presente trabalho objetivou verificar a eficiência de um teste para diagnóstico da paralisia hipercalêmica periódica (HYPP) em cavalos da raça Quarto de Milha. O teste para diagnóstico da doença foi realizado a partir de amplificação da região do gene de interesse, seguido de separação eletroforética após digestão pela enzima de restrição Taq I. O resultado é determinado a partir do padrão de bandas no gel de agarose, assim pode-se identificar os genótipo (N/N, N/H, H/H). O teste demonstrou-se prático, identificando 21 amostras. Os resultados podem prevenir cruzamentos indesejados ou ainda possibilitar o tratamento do animal que não apresentou sintomas.

Palavras-Chave: HYPP, Paralisia hipercalêmica, Cavalos, Quarto de milha, Gene SNC4A.

ABSTRACT

¹ Acadêmica do 10^º termo do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

² Acadêmica do 10^º termo do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

³ Bióloga, Mestre em Genética pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP), Docente do Curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

⁴ Bióloga, Doutoranda em Ciência Animal pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho- UNESP, Docente do Curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Auxilium- Unisalesiano de Araçatuba.

The HYPP is a genetic muscle disease that causes a mutation in the gene of the sodium channel of the animal, causing muscle problems that, in severe cases, can lead to paralysis. The present work conducted a test for diagnosis of hipercalemic periodic paralysis (HYPP) in horses of quarter mile race. The test for diagnosis of the disease was carried out from an amplification of the region of the gene of interest, followed by electrophoretic separation after digestion by restriction enzyme Taq I. The result is determined from the pattern of bands on agarose gel, thus it is possible to affirm the genotype (N/N, N/H, H/H) and whether the animal can pass the mutation to their offspring. As a result you can prevent possible unwanted crossings or allow the treatment of an animal that did not present symptoms.

Keywords: HYPP; Hipercalemic paralysis; Horses; Quarter mile; Gene SNC4A.

Introdução

A paralisia hipercalemic periódica (HYPP) é uma doença muscular hereditária codominante que afeta principalmente equinos da raça Quarto de Milha. A condição caracteriza-se por apresentar espasmos, fasciculações musculares e paralisia (NAYLOR, 1992; SPIER, 1990). O defeito genético ocorre no gene SNC4A (canal de sódio) do cromossomo 11, onde uma citosina é substituída por uma guanina, levando à substituição do aminoácido fenilalanina por leucina (RUDOLPH, 1992).

As crises da doença são bem variáveis e alguns cavalos só desenvolvem sinais clínicos tardiamente (NAYLOR, 1992). Os ataques são mais graves em animais homozigotos para a mutação, mas outros fatores podem interferir, como mudanças na dieta do animal, circunstâncias estressantes, jejum e consumo de alimentos ricos em potássio (RUDOLPH, 1992; SPIER, 1990).

Uma característica muito desejada pelos criadores é a musculatura bem desenvolvida, como resultado das contrações musculares involuntária, tornando os animais mais valiosos em competições. Através de medicamentos específicos e dieta equilibrada, as crises dos equinos são controladas e a qualidade de vida é melhorada. (NAYLOR, 1994).

Após a importação da raça Quarto de Milha dos Estados Unidos para o Brasil em 1955, verificou-se a necessidade de fundar a Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Quarto de Milha (ABQM), para estimular o desenvolvimento, criação e a divulgação da raça através do registro genealógico de todos os animais, sendo puros, cruzados ou mestiços (Estatuto Social – ABQM, 2015). Desde então, a ABQM exige que algumas doenças estejam devidamente especificadas no registro do animal, para que não seja utilizado em reproduções ou participação em provas, conforme as regras estabelecidas no Regulamento de Provas e Competições da ABQM (Regulamento do Serviço de Registro Genealógico do Cavalos Quarto de Milha – ABQM, 12ª EDIÇÃO 2013, Aprovado em março de 2014).

Em 1992, descobriu-se que todos os casos envolvendo a HYPP apresentavam um descendente comum, o garanhão Impressive (nº de registro AQHA 0767246 - 1969) (NAYLOR, 1994). Para um maior controle, a ABQM tornou obrigatório, desde 2004, o exame para animais que apresentem descendência do Impressive, sendo dispensado apenas para animais cujos pais tenham resultado comprovadamente negativo (ABQM, 2016).

O objetivo do presente trabalho foi verificar a eficiência de um teste que possibilitou identificar a mutação no gene SCN4A e seus possíveis genótipos em equinos da raça Quarto de Milha.

Material e Método

O trabalho foi desenvolvido na empresa privada VRGEN, localizada na cidade de Araçatuba - SP. Foram doadas 24 amostras por um criador de identidade preservada, das quais 4 eram sabidamente positivas de acordo com o criador, por suas características fenotípicas, o restante compartilhava de algum nível de parentesco, podendo portanto apresentar a doença.

Foram coletadas em tubos de 200µl amostras do bulbo capilar de cada um dos animais a serem testados. Todos instrumentos e aparelhagem utilizada foi colocada em fluxo laminar para evitar qualquer tipo de contaminação. A extração do DNA foi realizada por método de protocolo interno de extração de DNA da empresa VRGEN, utilizando TWEEN 20 e proteinase K (PK) e

posteriormente quantificou-se em espectrofotômetro Nanovue plus para confirmação da extração. Já que o espectrofotômetro é muito sensível, foi realizado triplicata nas amostras e realizado a média para a confirmação dos resultados.

As amostras extraídas foram submetidas à Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) de acordo com as seguintes proporções: 6µl de tampão, 4µl de dNTPs, 4µl de primer (diluído na concentração de 200 pmol/µl), 25,2µl de água nuclease free, 0,8µl de Taq polimerase e 8µl de DNA, chegando num volume final de 48µl. A reação ocorreu em um termociclador Biocycler e a ciclagem utilizada foi: 95°C/10 minutos para desnaturação inicial, seguida de 30 ciclos de 95°C/30 segundos, 60°C/30 segundos, 72°C/1 minuto, extensão final de 72°C, com tempo aproximado de 3 horas.

A doença HYPP é causada por uma mutação no canal de sódio, no cromossomo 11, no gene denominado SCN4A depositado no Genbank™ (ID: 100049793) (RUDOLPH, et al, 1992). Usando oligonucleotídeos iniciadores foi feita uma simulação no programa SnapGene© para calcular o tamanho do produto a ser amplificado (DELFIOL, et al, 2015). Conforme demonstrado na Figura 1.

Foward, 5'- ACGAAGCAGGTGTTTCGACAT-3'

Reverse, 5' ATTCACGTGTGTGCAGGCAA-3'

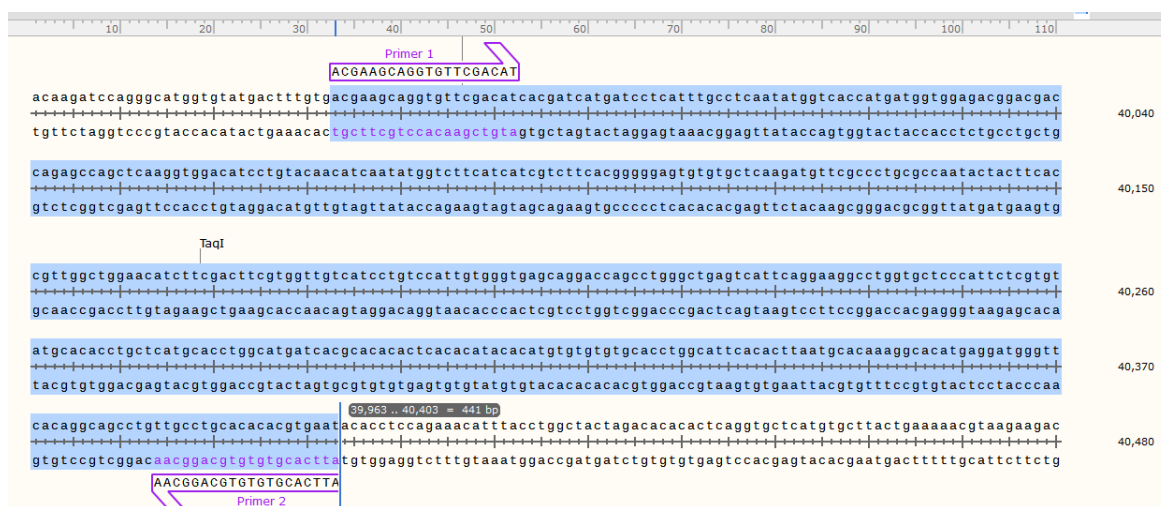


Figura 1: Esquema de amplificação esperada do gene de interesse SCN4A da raça Quarto de Milha, realizada no programa SnapGene©. Fonte: autores.

De acordo com a simulação feita no software SnapGene®, o produto esperado na amplificação é de 441pb. Realizou-se então, uma corrida em gel de agarose 2% para confirmação da amplificação. No gel, foram colocadas as 24 amostras para teste, um marcador de peso molecular (P.M.) de 100pb, um controle negativo (C) e uma amostra negativa para a doença (N). Utilizou-se como intercalante molecular o Diamond™ Nucleic Acid Dye, para a visualização das bandas de DNA através da luz ultravioleta, dando continuidade ao ensaio apenas com as amostras amplificadas.

Alíquotas do material amplificado na etapa anterior foram digeridas com a enzima de restrição Taq I (GARCIA et al, 1996), que realiza clivagens na sequência demonstrada na Figura 2:

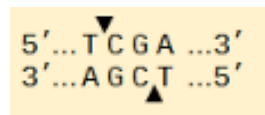


Figura 2: Esquema de clivagem abrupta da enzima Taq I. Fonte: autores.

Utilizando o software SnapGene® simulou-se o tamanho dos fragmentos gerados após as clivagens da enzima Taq I. A Figura 3 demonstra os fragmentos esperados na eletroforese após a clivagem da enzima:

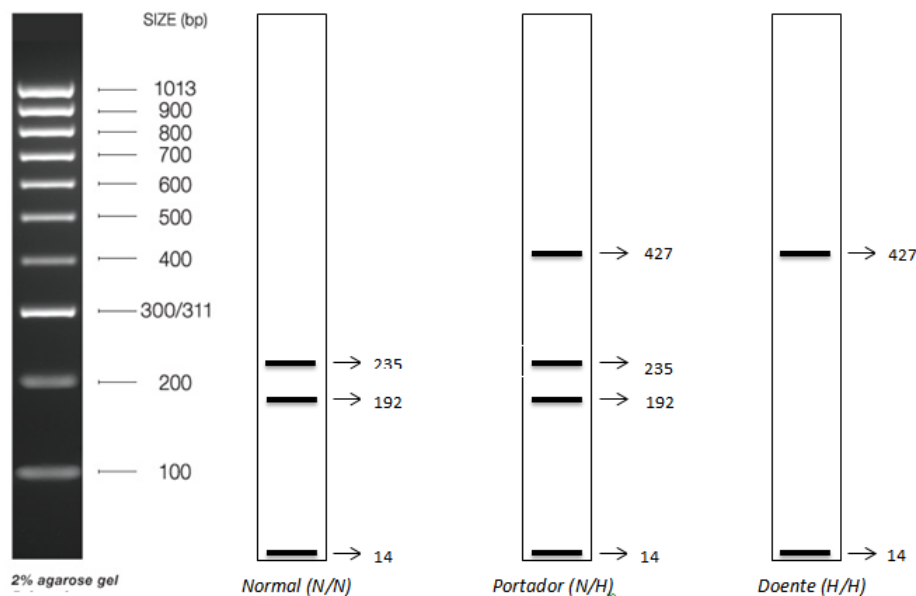


Figura 3: Tamanho dos fragmentos de DNA esperados após digestão com Taq I. Fonte: autores.

Realizou-se uma nova corrida em gel de agarose 2% para a visualização do padrão de bandas e interpretação do genótipo dos animais.

Resultados e Discussões

Do total de 25 amostras testadas, todas amplificaram e, portanto, seguiram para segunda etapa do teste de acordo com as Figuras 4, 5 e 6.

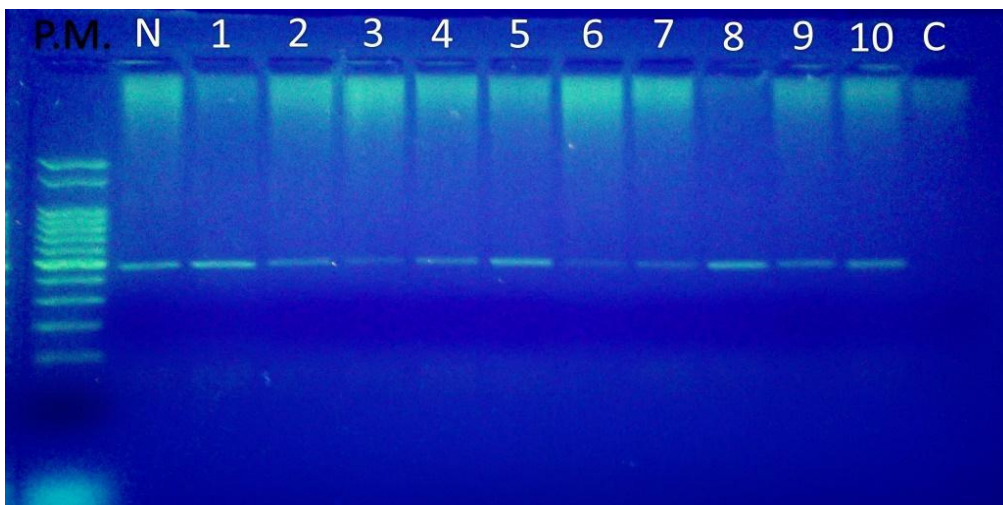


Figura 4: Amostras de DNA dos equinos da raça Quarto de Milha testadas em gel de agarose para a verificação da etapa de amplificação, com padrão de banda esperado, de 441pb. A coluna C no gel de agarose, representa a amostra controle, para verificar se houve ou não contaminação. Fonte: autores.

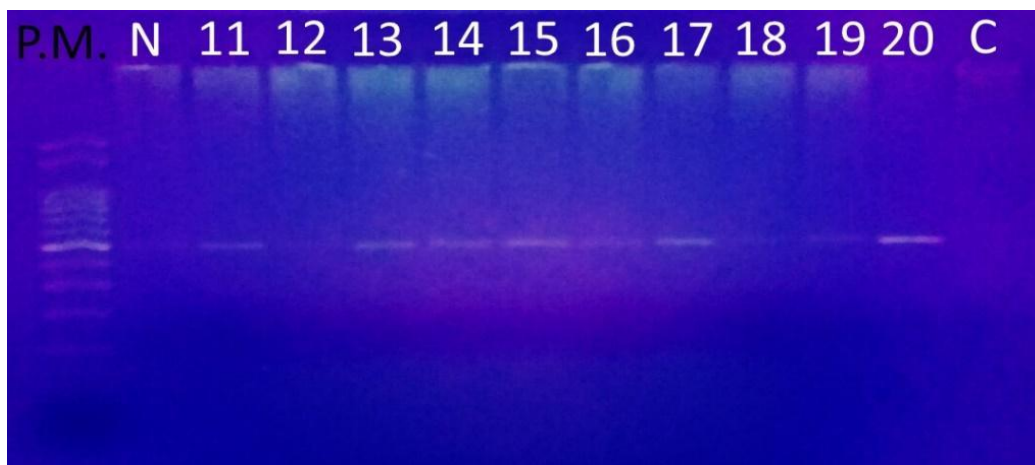


Figura 5: Amostras de DNA dos equinos da raça Quarto de Milha testadas em gel de agarose para a verificação da etapa de amplificação, com padrão de banda esperado, de 441pb. A coluna C no gel de agarose, representa a amostra controle, para verificar se houve ou não contaminação. Fonte: autores.



Figura 6: Amostras de DNA dos equinos da raça Quarto de Milha testadas em gel de agarose para a verificação da etapa de amplificação, com padrão de banda esperado, de 441pb. A coluna C no gel de agarose, representa a amostra controle, para verificar se houve ou não contaminação. Fonte: autores.

Após a digestão com a enzima de restrição Taq I, foi feito um segundo gel de agarose, para a determinação do genótipo de cada animal para a HYPP, como demonstrado na Figura 7:

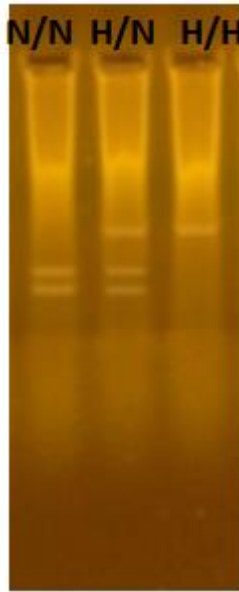


Figura 7: Possíveis genótipos obtidos de cavalos Quarto de Milha para a doença HYPP, após a digestão enzimática. Fonte: autores.

Considerando N/N para animais normais, N/H para portadores da doença e H/H para animais afetados, o resultado corrobora a afirmação do criador, pois os animais que foram ditos doentes de fato apresentaram os dois alelos para HYPP H/H ou o alelo dominante para a doença N/H. Demonstrando ainda que alguns animais apresentam sintomas tardiamente (NAYLOR, 1992)

Das 25 amostras corridas (24 doadas mais o controle negativo), 4 não demonstraram padrão de banda seguro, e portanto, não foram avaliadas. Das 21 restantes, 15 apresentaram padrão N/H, 4 apresentaram genótipo N/N e 2 amostras H/H.

No gel não é possível visualizar a banda de 14pb, porém, esta não interfere na análise dos resultados, pois todos os possíveis genótipos apresentam esse padrão.

A reprodução seletiva para características desejáveis em equinos é uma prática bem difundida e estabelecida. Os animais podem ser escolhidos por suas características físicas e atléticas, por exemplo (NAYLOR, 1992).

Todavia, características fenotípicas desejáveis nem sempre significam mais saúde para o animal. No caso da HYPP, o defeito no canal de sódio acarreta

também em mudanças estéticas, onde o animal se torna mais robusto ou esbelto. A membrana que envolve o músculo envolvido é reduzida e ocorre um aumento do potássio extracelular (RUDOLPH, 1992).

Mesmo com o controle realizado pela ABQM, a doença ainda não foi erradicada. Existe uma prevalência de 4,2% do gene SNC4A, causador da mutação, em cavalos da raça quarto de milha. (DELFIOL, et al 2015). Com a rígida fiscalização da ABQM, a doença deveria ter sido erradicada, porém, alguns criadores ainda prezam apenas pela estética e acabam por cruzar cavalos que possuem o gene causador da HYPP, caminhando na contramão da ética e da saúde de seus animais.

Apesar da prevalência estimada do gene SNC4A ser de 4,2% (DELFIOL, et al 2015), o presente trabalho apresentou resultado divergente, totalizando 68% de amostras contendo o gene. Isto provavelmente deve-se ao fato do criador coletar amostras de animais com histórico da doença na família. O resultado não poderia, portanto, ser utilizado para a verificação de frequência genotípica.

Conclusão

O teste permitiu identificar o polimorfismo causador da HYPP e seus possíveis genótipos de forma rápida e prática, com eficiência de 84% na identificação da mutação gênica.

Esta porcentagem do resultado das amostras, já considerada alta na biologia molecular acima de 80%, não atingiu 100% devido ao descarte das 4 amostras que suas bandas de DNA não estavam nítidas o suficiente para seguir para a etapa de digestão enzimática, o que poderia gerar um falso positivo.

Este índice pode ser melhorada através de um kit de purificação das amostras, onde não foi testado pelo seu alto valor no mercado.

A constante evolução da biologia molecular tende a tornar os diagnósticos cada vez mais práticos e eficientes, tanto para animais quanto para humanos. Kit's de purificação de amostras já disponíveis no mercado podem contribuir para uma melhor qualidade do produto amplificado e, conseqüentemente, uma melhor visualização dos resultados.

Referências bibliográficas

ABQM, Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Quarto de Milha, 2016. Disponível em < <http://www.abqm.com.br/>>. Acesso em 08 de junho de 2016.

ABQM, Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Quarto de Milha, - *O que é HYPP?*, 2016. Disponível em < <http://www.abqm.com.br/>>. Acesso em 08 de junho de 2016.

ABQM, Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Quarto de Milha - *Estatuto Social*. Agosto de 2015. Disponível em: <http://www.abqm.com.br/documentos/institucional/abqm_estatuto-social.pdf> Acesso em: 15 de agosto de 2016.

ABQM, Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Quarto de Milha - *Regulamento do Regime de Registro Genealógico do Cavalos Quarto de Milha*, MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 12^a Edição – 2013. Disponível em: < http://www.abqm.com.br/documentos/stud-book/abqm_servico-genealogico-aprovado.pdf>. Acesso em: 17 de julho de 2016.

BARBOSA, S. B. P., *et al*, *Caracterização de rebanhos leiteiros da raça Girolando através da tipificação de marcadores moleculares para kappa-caseína*, Revista Bras. Saúde Produção Animal, Salvador, v.16, n.1, p.57-65 jan./mar, 2015.

BRENDON, A. O, *et al*, Internal restriction sites: quality assurance aids in genotyping, J Vet Diagn Invest, june/2006.

DELFIOLI, D., *et al*, *Prevalência da mutação causadora da paralisia periódica hipercalêmica em equinos da raça Quarto de Milha no Brasil*, Ciência Rural, Santa Maria, v.45, n.5, p.854-857, mai, 2015.

GARCIA, J. F., *et al*, *Utilização de marcadores de DNA para o diagnóstico genômico de animais domésticos: 1. Detecção da mutação pontual causadora da Deficiência de Adesão de Leucócitos Bovinos (BLAD) em gado Holandês no Brasil*, São Paulo, v.33, n.3, p.133-135, 1996.

JANET, E., STEISS, NAYLOR, J. M., *Episodic Muscle Tremors in a Quarter Horse: Resemblance to Hyperkalemic Periodic Paralysis*. Clinical Report. Department of Veterinary Physiological Sciences and Veterinary Internal Medicine, Western College of Veterinary Medicine, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan S7N 0 W0. Can Vet J; 27: 332-335, 1986.

LIMA, L. M., *Conceitos Básicos de Técnicas em Biologia Molecular*, Campina Grande, PB.2008.

MEYER, T. S., *et al*, *Review Article Hyperkalaemic periodic paralysis in horses: a review*. Department of Anatomy and Physiology and Clinical Sciences, College of

Veterinary Medicine, Kansas State University, Manhattan, Kansas 66506-5602, USA. Equine Veterinary Journal Equine vet. J. 31 (5) 362-367. Ano 1999.

NAYLOR, J. M., et al., *Hyperkalaemic periodic paralysis in homozygous and heterozygous horses: a co-dominant genetic condition*. Equine Veterinary Journal, Equine vet. J. 31 (2) 153-159. Ano 1999 .

NAYLOR, J. M, et al., *Inheritance of Myotonic Discharges in American Quarter Horses and the Relationship to Hyperkalemic Periodic Paralysis*. Can J Vet Res; 56: 62-66. Ano 1992.

NAYLOR, J. M., *Equine hyperkalemic periodic paralysis: Review and implications*. Can Vet J Volume 35, May 1994.

RUDOLPH, J. A., et al, *Periodic Paralysis in Quarter Horse: a sodium channel mutation disseminated by selective breeding*, Nature Publishing Group, 1992.

CasIn: Automação Residencial Utilizando Plataforma Arduino Integrada a Dispositivos Móveis.

CasIn: Residential Automation Using Arduino Integrated Platform to Mobile Devices.

Nathália Ferreira dos Santos¹

Renato de Aguiar Teixeira Mendes²

RESUMO

Atualmente, a falta de tempo, o aumento da criminalidade e a necessidade de tornar as rotinas mais facilitadas, incentivou a automatização dos processos básicos que as compõe. O protótipo desenvolvido baseia-se na busca frenética de sanar as perspectivas básicas do dia-a-dia, tais como acender e apagar as luzes de uma residência ou até mesmo ter o controle de acesso seguro a casa. Por meio da plataforma Arduino, como principal componente do projeto, por sua versatilidade o protótipo visa à praticidade e a segurança.

Palavras-Chave: Automação Residencial; Arduino; Android; App Inventor; Servidor Web;

ABSTRACT

Currently, the lack of time the increase in crime and the need to become like routines more facilitated, encouraged the automation of que Basic Processes as composed. The Prototype Developed based -If the frantic search for remedy as basic perspectives makes everyday life such as How to turn on and off lights Residence an even have Access Control secure the house. By Means of Arduino platform component director How to design at your versatility prototype aims to practicality and safety.

Keywords: Home automation; Arduino; Android; App Inventor; Web Server;

¹ Nathália Ferreira dos Santos, acadêmica do 10^º termo do curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba/SP; Brasil; E-mail: nathaliasants@hotmail.com

² Docente do Centro Universitário Católico Salesiano Aiuilium de Araçatuba- UniSALESIANO.

1. INTRODUÇÃO

A automação residencial, também conhecida como domótica, corresponde a utilização das inovações tecnológicas para satisfazer as necessidades e, principalmente, o conforto dos integrantes de determinada habitação. A palavra domótica tem origem na palavra latina "*Domus*" que significa "Casa", unida a palavra "Robótica", que é a automatização e controle de qualquer processo.

A área está em crescente evolução nas últimas décadas, auxiliada pelo avanço da tecnologia e aproximação da mesma com atividades ligadas ao cotidiano.

Originária da automação industrial, na automação industrial é fundamental que os equipamentos operem com imunidade total a falhas, pois em grande maioria das vezes os processos envolvem grandes riscos, necessidade de respostas rápidas aos comandos e alta precisão.

Já na automação residencial por sua vez, exige-se equipamentos com alto nível de acabamento e interfaces mais comuns e intuitivas.

Em Marchette e Nunes (2011, p.1), os autores apresentam “a implementação de um protótipo integrando tecnologias de comunicação sem fio e redes TCP/IP para aplicações em automação e monitoramento residencial” utilizando módulos ZigBee.

Também é proposto por Marchesan (2012, p. 12), cujo trabalho “Na tentativa de resolver esse impasse: segurança *versus* preço alto, o presente trabalho propõe a criação de um sistema de segurança residencial de baixo custo utilizando a rede mundial de computadores, visando minimizar eventuais problemas.”; e o trabalho de Gomes et al (2010, p.1), que objetiva “abordar o uso da plataforma Arduino no desenvolvimento de uma solução para controle de sistemas industriais por meio da implementação de um servidor web no micro controlador. O Arduino é acessado via interface de rede através de uma página web que centraliza o controle sobre várias placas localizadas dentro da planta industrial”.

Com base nos trabalhos citados a proposta deste trabalho é o total controle de alguns dos processos residenciais escolhidos que estão presentes no dia-a-dia dos

habitantes de uma residência, como: controle de lâmpadas, alarme e controle de entrada e saída da residência, tudo por meio de um smartphone com o sistema operacional móvel *Android*.

O controle de lâmpadas tem como principal objetivo o aproveitamento da luz natural e uso inteligente de todos os aparelhos eletrônicos da casa, sendo assim satisfazendo o conforto e obtendo uma melhor qualidade de vida.

Pode ser utilizado também por questões de segurança, acendendo a lâmpada em determinada ocasião, como por exemplo, quando o sensor de presença detecta movimento ou quando o alarme se encontra acionado e o morador encontra-se ausente.

O sistema de alarme para segurança residencial é de baixo custo e funcionando em conjunto com as outras aplicações, através do aplicativo é possível verificar se há movimento no imóvel. Caso haja movimento suspeito no momento em que o alarme estiver ativado ativa-se a sirene de segurança onde é possível ativar e desativar o mesmo através do aplicativo online.

Na seção seguinte descreve-se os materiais e métodos utilizados na automação residencial.

2. METODOLOGIA

2.1. ARDUINO MEGA 2560

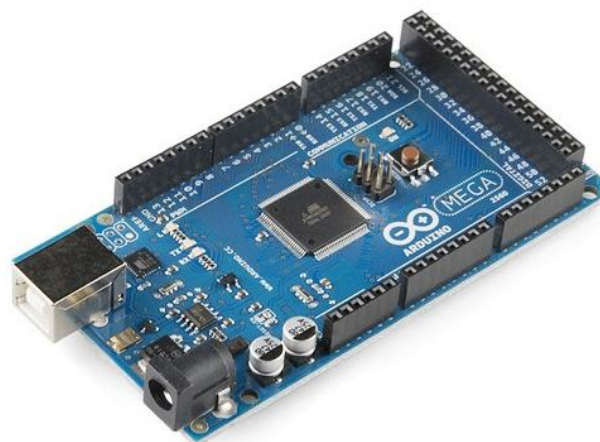
O Arduino é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software. (MCROBERTS, 2010).

Devido a esta característica, sua aplicabilidade é imensa tornando possível o controle de vários dispositivos simultaneamente, tais como: sensores, servo motores, LEDS, *Shields*, displays LCD, potenciômetros entre muitos outros.

O *Arduino* surgiu em 2005, na Itália, criado por um professor chamado Massimo Banzi, que ansiava ensinar a seus alunos um pouco de eletrônica e programação de dispositivos. O fato que mais chama atenção em relação ao Arduino é que tanto o software quanto o hardware são livres.

A placa Arduino Mega 2560 é baseada no micro controlador Atmega2560, este modelo possui 54 pinos de entradas e saídas digitais onde 15 destes podem ser utilizados como saídas PWM. Possui 16 entradas analógicas, 4 portas de comunicação serial, com o poder de processamento maior que o Arduino Uno que utiliza o micro controlador ATmega328, esta placa é utilizada no projeto com a função fazer a integração entre as diversas plataformas, pois, com o Arduino é possível enviar ou receber informações para basicamente qualquer sistema eletrônico. Na Figura 1 apresenta-se o *Arduino Mega 2560*.

Figura 1 – Arduino Mega 2560.



Fonte: Arduino, 2015.

Neste trabalho são utilizados o *Shield Ethernet* e o *Relê Shield* que serão apresentados nas seções seguintes.

2.2. ARDUINO ETHERNET SHIELD

Uma das vantagens do Arduino é a existência de vários *Shields* que permitem ao usuário estender a capacidade do sistema. Os *Shield* são placas de circuito impresso que são encaixados à placa principal e cumprem alguma função específica.

Dentro desse contexto, o *Arduino Ethernet Shield* compatível com Arduino Mega 2560, é responsável por fazer a conexão do Arduino com a *internet*, através de um cabo de rede. Segundo o site oficial (ARDUINO-2, 2015) a forma de comunicação com a placa principal é feita utilizando o barramento SPI (*Serial Peripheral*

Interface) através dos pinos 50, 51, 52 e 53. No pino 53 é feita a seleção do W5100, chip da *WIZnet*. O mesmo é responsável em fornecer o fornece o protocolo TCP/IP para o Arduino na rede, possibilitando toda a comunicação com outro dispositivo via *internet*.

2.3. INTERFACE DE PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO

O Arduino IDE (Integrated Development Environment- Ambiente de desenvolvimento integrado) possui uma interface de desenvolvimento totalmente amigável e a conexão é feita com o computador através do cabo USB, permitindo assim que se faça o upload do programa desenvolvido para o micro controlador Atmega2560 presente no mesmo.

A IDE permite a compilação do programa, inclusão de novas bibliotecas e disponibiliza alguns exemplos para facilitar o desenvolvimento e permite um monitoramento da comunicação serial utilizando o *Serial Monitor*, que é muito útil na identificação de possíveis erros no código ou na lógica de desenvolvimento. A linguagem de programação utilizada na plataforma de desenvolvimento é a *linguagem C*.

Na próxima seção apresenta-se as diferentes formas de acesso ao Arduino via *Ethernet Shield*.

2.4. ACESSOS EXTERNOS AO ARDUINO

Antes de qualquer coisa é preciso entender que existem basicamente duas formas de acessar o Arduino através do *Arduino Ethernet Shield* (responsável pela conexão com a rede). Temos em primeira instancia a Intranet comumente chamada de rede local que é uma rede privada de uso exclusivo de um determinado local, ou seja, uma rede de acesso restrito, utilizada em empresas e em residências para manter a segurança.

E a outra maneira de acessar ao Arduino é através da *Internet* que é a famosa rede mundial de computadores e, portanto, um conglomerado de redes locais

compartilhando dados, sendo possível de essa maneira acessá-la externamente de qualquer lugar do mundo.

Para acessar o Arduino fora da rede local, ou seja, através da *internet*, é necessário que sejam feitas algumas configurações no roteador. Mas, primeiro se o IP do seu roteador é dinâmico, ou seja, muda depois de um determinado tempo fornecido pelo seu provedor de *internet* é necessário criar uma conta no site no-ip que é um site onde é possível alocar servidores DDNS (Dynamic Domain Name System - Sistema de Nome de Domínio Dinâmico) gratuitamente. O servidor DDNS é uma ponte entre o cliente e o domínio a ser acessado, no caso deste protótipo é gerado pelo Arduino *Ethernet Shield* em conjunto com o Arduino Atmega2560, que viabiliza o acesso pela *internet* a esse dispositivo.

Ao realizar o cadastro no site, é necessário criar um endereço para mascarar o seu número IP na *internet* e configurar o roteador de maneira que quando o servidor DDNS procurar por este endereço na *internet*, seu roteador possa responder a requisição com o seu atual endereço de IP fazendo com que sempre que acessar aquele determinado endereço escolhido, você seja redirecionado a sua rede local.

O DDNS é um DNS (*Domain Name System* - Sistema de Nome de Domínio) dinâmico que associa o endereço IP da sua conexão atual a um nome fixo criado por você. Ou seja, com o DDNS o seu computador pessoal agora pode ser encontrado através de um endereço tipo “natcasin.ddns.net” que foi o endereço atribuído ao projeto, possibilitando o acesso remoto.

No roteador é necessário fazer um redirecionamento de portas, pois quando aquele determinado endereço receber uma requisição na porta determinada na configuração do *Ethernet Shield* é necessário que o roteador direcione esta requisição ao Arduino. No caso deste protótipo utiliza-se a porta 8090.

Neste trabalho o Arduino é acessado de forma externa via *Internet* e *Intranet*, para o envio das informações para o aplicativo que faz o monitoramento o sistema.

Na próxima seção descreve-se o sistema operacional e a interface de criação de aplicativos *mobile* utilizados neste trabalho.

2.5. ANDROID E O APP INVENTOR

Android hoje é o sistema operacional móvel mais utilizado no mundo (*Net Applications*, 2014). Baseado no núcleo Linux é atualmente desenvolvido pela GOOGLE na conferência anual Google I/O de 2014, a companhia revelou que existem mais de 1 bilhão de usuários *Android* ativos. Em junho de 2013, este número era de 538 milhões. O mesmo é disponibilizado gratuitamente pelo Google, sob licença de código aberto.

O *App Inventor* é uma ferramenta para criação de aplicativos que possui uma interface gráfica de programação, possibilitando ao usuário sem experiência com programação em linguagem Java, desenvolver aplicações para dispositivos com sistema operacional *Android*.

Foi originalmente colocado à disposição pela Google em Dezembro de 2010 e depois disso repassada ao MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), que é responsável por manter o sistema ativo desde Dezembro de 2011.

A interface utiliza a biblioteca Java de código aberto *Open Blocks* para criação de um ambiente visual de programação, semelhante a um diagrama de blocos. A biblioteca citada acima é distribuída pelo MIT e proveniente das teses de mestrado de Ricarose Roque, Professor Eric Klopfer e Daniel Wendel.

O compilador que traduz a linguagem de blocos visual para aplicação em *Android* utiliza a estrutura de linguagem Kawa (linguagem de programação para plataforma *Java*), dentre outros dialetos da mesma (APPINVENTOR, 2013).

Descreve-se abaixo os componentes básicos do *App Inventor* utilizados no aplicativo:

Notifier: Exibi vários tipos de notificações ao usuário do aplicativo, tais como alertas na forma de texto. Utilizado no aplicativo com a finalidade de notificar o usuário.

Tiny DB: Armazena informações dentro do próprio aplicativo. Este recurso é utilizado para armazenar *login* e senha e depois utilizado novamente em outra tela de forma a tornar possível alterar os mesmos.

Web: Componente que fornece funções para requisição *HTTP GET* e *HTTP POST*. Utilizado para se fazer uma requisição e acessar o domínio gerado pelo *Arduino Ethernet Shield* a partir de um endereço.

TinyWebDB: Componente que se comunica com um domínio na *internet* e tem por função transmitir, armazenar e recuperar as informações. Utilizado para passar as instruções ao *Arduino Ethernet Shield*, via *internet* com auxílio do componente *Web*.

Activity Starter: Contém funções que conseguem iniciar atividades dentro do Aplicativo. Foi chamado no click de botão com o *link* necessário para se acessar a Câmera IP. Na próxima seção apresenta-se o módulo Relê *Shield* utilizado no trabalho.

2.6. RELÊ SHIELD

O *Relay Shield* é compatível com o *Ethernet Shield*, permitindo assim o acionamento de cargas à distância via *internet*. No projeto o relê é o componente utilizado para controlar cargas AC, no caso deste projeto as lâmpadas, através do Arduino é escolhido por ser facilmente controlável utilizando a plataforma Arduino. O módulo utilizado possui 8 relês no *Shields*, mas, pode variar de dois, quatro ou até mesmo dezesseis em uma única PCI. Funciona como uma chave liga/desliga. Na próxima seção apresenta-se a câmera IP utilizada no trabalho.

2.7. CÂMERA IP

Uma câmera IP é uma câmera de vídeo que pode ser acessada e controlada via rede através da atribuição de um endereço IP (*Internet Protocol* – Protocolo de *Internet*), como a LAN (*Local Area Network*) ou *Internet*.

A câmera IP é um equipamento que transmite áudio e vídeo através da rede, e são reproduzidos utilizando softwares integrados. Sendo assim possível, acessa-la de qualquer local quando é devidamente configurada. No projeto a câmera IP DCS-930L *D-Link* é utilizada para realizar o monitoramento visual da residência. Na próxima seção apresenta-se o Sensor utilizado no trabalho.

2.8. SENSOR PIR

Sensor PIR (*Passive Infrared Sensor* – Sensor Infravermelho Passivo) é um sensor de movimento que detecta radiação infravermelha. A radiação infravermelha existe no espectro eletromagnético com um comprimento de onda maior do que a luz visível ao ser humano. Apesar de não pode ser vista, pode ser detectada. Objetos que geram calor também geram radiação infravermelha e a estes objetos incluem-se também os animais, além-claro, do próprio corpo humano. É considerado passivo pelo fato de que o sensor não gera nem irradia nenhuma energia para o propósito de detecção. O Sensor PIR possui um circuito integrado que tem por capaz de amplificar os sinais analógicos de detecção e modular, a partir dele, um sinal de saída em nível digital, então este mesmo sinal é interpretado pelo microprocessador da maneira adequada. O sensor é utilizado no trabalho com a função de detectar movimentação na residência. Na próxima seção apresenta-se o Display LCD utilizado no trabalho.

2.9. DISPLAY LCD 16X2

O *Display LCD* (Display de Cristal Líquido) possui sua imagem formada pela polarização da luz. São 16 colunas por 2 linhas, *backlight* azul (Luz de fundo) e escrita branca. Possui o controlador HD44780 usados em toda indústria de LCD's como base de interface. É utilizado no trabalho para exibir informações do estado do sistema em forma de texto. Na próxima seção apresenta-se o Servo Motor utilizado no trabalho.

2.10. SERVO MOTOR

É uma máquina, mecânica ou eletromecânica, que apresenta movimento proporcional a um comando, em vez de girar ou se mover livremente sem um controle mais efetivo de posição como a maioria dos motores. Servo motores são dispositivos de malha fechada, ou seja: recebem um sinal de controle. Verificam a posição atual, atuam no sistema indo para a posição desejada. No trabalho o servo

motor foi utilizado para fazer a simulação de uma fechadura elétrica. Na próxima seção apresenta-se o Módulo Leitor Rfid utilizado no trabalho.

2.11. MÓDULO LEITOR RFID MFRC522 MIFARE

Muito utilizado em comunicação sem contato a uma frequência de 13,56MHz, este chip de baixo consumo e pequeno no tamanho, permite sem contato ler e escrever em cartões que seguem o padrão Mifare. As *tags* (ou etiquetas) RFID, podem conter vários dados sobre o proprietário do cartão, como nome e endereço e, no caso de produtos, informações sobre procedência e data de validade, utiliza a biblioteca SPI. No trabalho foi utilizado como controlador do acesso a residência e é escolhido por ser um equipamento cada vez mais barato, também está cada vez mais acessível e com funcionalidades mais completas. Na próxima seção apresenta-se os componentes utilizados no trabalho para verificar se a porta encontra-se aberta ou fechada.

2.12. TIL78 e TIL32

O TIL78 é um foto transistor. Ele possui dois terminais, correspondendo ao coletor e emissor do transistor. A base é ativada pela luz quando uma quantidade suficiente de luz é captada o transistor conduz, permitindo a passagem de corrente do coletor para o emissor. Sem a luz, o transistor não conduz e coletor e emissor ficam isolados.

O TIL32 é um LED que emite luz infravermelha, com comprimento de onda 940nm. Este parâmetro é importante, pois o detector precisa trabalhar na mesma frequência. Sua aparência é idêntica a um LED de luz visível, sendo encontrado com encapsulamento transparente. O terminal indicado pelo lado reto (chanfro) do encapsulamento é o catodo (que precisa ficar negativo em relação ao outro terminal, o anodo, para o LED acender). Os dois componentes são utilizados no projeto com a finalidade de verificar se a porta está fechada, se a porta estiver fechada o sistema tranca a porta.

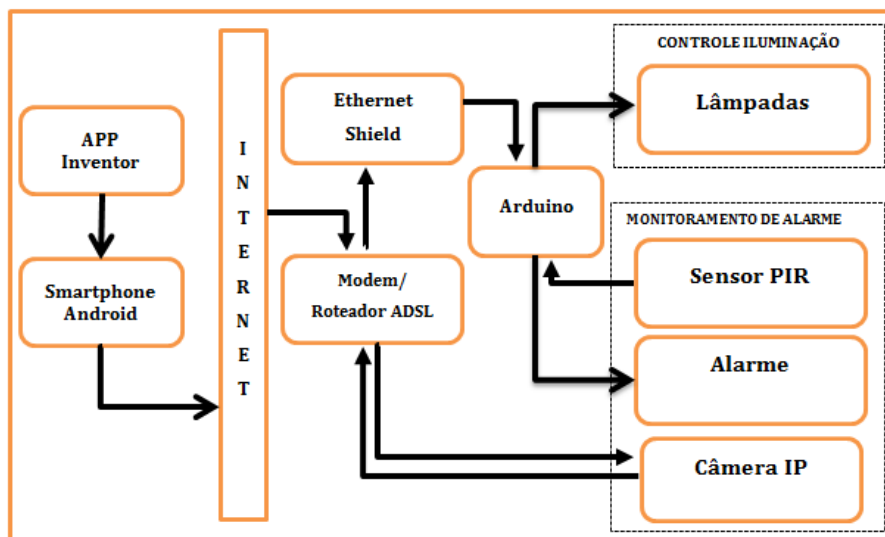
Na próxima seção apresenta-se a estrutura de trafego dos dados utilizada no trabalho.

2.13. ESTRUTURA DE TRAFEGO DOS DADOS

O smartphone acessa o Arduino tanto em sua rede interna quanto externa através do roteador, que por sua vez é conectado ao Arduino *Ethernet Shield* que é acoplado ao Arduino Mega 2560.

O Arduino Mega 2560 é responsável por receber os comandos vindos do Arduino *Ethernet Shield* e processá-los. E então enviar os comandos para os componentes conectados ao mesmo. A figura 2 mostra um diagrama do fluxo dos dados dentro do projeto. O *App Inventor* desenvolve o aplicativo que é instalado no smartphone *Android*, que por sua vez é conectado à *internet*. Através da *internet* a informação chega até o roteador que recebe a requisição de informação e a envia para o *Ethernet Shield*. O *Ethernet Shield* transfere a informação para o Arduino que processa e executa os comandos necessários. Na Figura 2 apresenta-se a estrutura de funcionamento e tráfego dos dados.

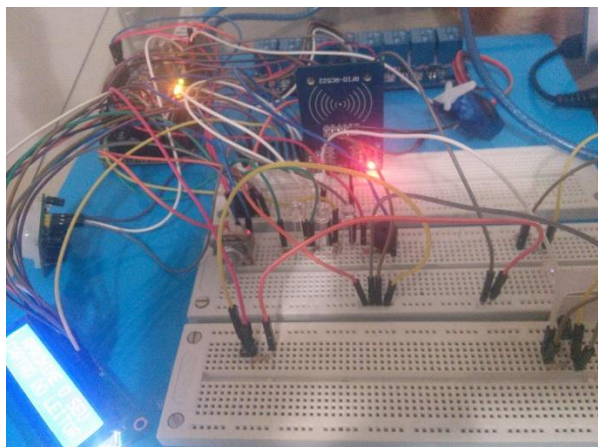
Figura 2 – Estrutura de Funcionamento. Fonte: Autores.



3. PROTÓTIPO

O projeto final tem como característica, o leitor RFID para controle de entrada na residência, o display LCD para visualização de mensagens enviadas do Arduino para o usuário, a câmera IP para monitoramento visual da residência com a mesma possível ver em tempo real o que está acontecendo na residência, o sensor de presença responsável para verificação de movimentação na residência, o servo motor responsável pela simulação da fechadura elétrica, o foto transistor e o LED infravermelho que formam um sensor que verifica se a porta se encontra aberta ou fechada. . Na Figura 3 apresenta-se o protótipo do projeto.

Figura 3 – Protótipo do projeto. Fonte: Autores.



O aplicativo *Android*, por onde é possível acender e apagar as luzes da residência, e também realizar o monitoramento do alarme e da movimentação na residência. Através de um botão no aplicativo é possível escolher se a conexão será feita via *internet* ou via rede local, caso não tenha acesso a *internet*. Na Figura 4 apresenta-se tela do aplicativo CasIn.

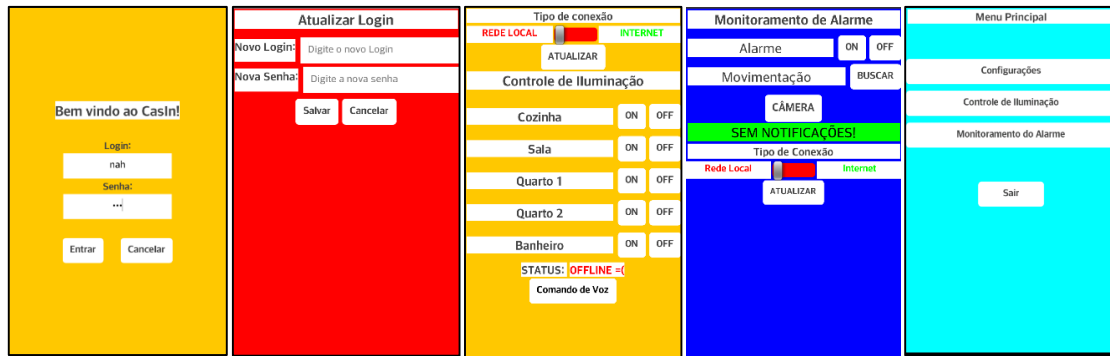


Figura 4 – Tela do aplicativo “CasIn”. Fonte: Autores.

4. CONCLUSÃO

Por intermédio do desenvolvimento do sistema aqui apresentado, torna-se possível centralizar o controle sobre os processos básicos da rotina na residência do dia-a-dia de qualquer ser humano, sendo assim, tornando possível ter o controle de sua residência na palma de suas mãos de qualquer lugar. Todas tecnologias utilizadas, tais como o micro controlador Arduino, todos *Shields* e componentes são de baixo custo, tal qual o software gratuito utilizado para o desenvolvimento do aplicativo *Android*, que é o “*App Inventor*”.

O protótipo apresenta-se totalmente flexível, sendo possível, desta maneira, adicionar outros micros controladores ao projeto e expandi-lo. O uso do aplicativo para controlar os processos realizados pelo microprocessador mostra-se muito eficiente, pois demanda de um tráfego de rede mínimo, o que o torna ágil e, assim, supre as expectativas de agilidade e eficiência nas ações realizadas pelo mesmo.

Em linhas gerais, a automação residencial encontra-se em crescente evolução da área fazendo assim com que a relação “custo-benefício” tenha cada vez mais importância e, portanto, adaptando-se às necessidades de cada usuário. Neste sentido é que o projeto em questão apresenta-se como uma opção técnica e econômica viável.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

APP INVENTOR. *Site oficial do App Inventor*. Disponível em:

< <http://appinventor.mit.edu/explore/> / > Acesso em 07 de Abril de 2015.

ARDUINO-1. *Arduino Mega 2560*. Disponível em: <<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>> Acesso em 10 de Junho de 2015.

ARDUINO-2. *Arduino Ethernet Shield*. Disponível em: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>> Acesso em 10 de Junho de 2015.

CHECAR. *Identificar Endereço IP*. Disponível em: <[http:// http://meuip.com.br/](http://meuip.com.br/)>. Acesso em: 10 de Junho de 2015.

DATASHEET W5100, *ETHERNET*. Disponível em: (<https://www.sparkfun.com/datasheets/DevTools/Arduino/W5100_Datasheet_v1_1_6.pdf>). Acesso em 10 de Junho de 2015.

DIPOL. *Funcionamento do DNS*. Disponível em: <http://www.dipol.pt/o_que_e_ddns_dynamic_domain_name_system_e_como_usalo_bib93.htm> Acesso em 10 de Junho de 2015.

NO-IP. *Alocação de Servidores DDNS*. Disponível em: <www.noip.com> Acesso em 10 de Junho de 2015.

MCRBERTS, Michael. *Arduino Básico*. Edição original em Inglês publicada pela Apress Inc., Copyright © 2010 pela Apress, Inc.. Edição em Português para o Brasil copyright © 2011 pela Novatec Editora.

MARCHETTE, Murilo Marchette; NUNES, Reginaldo Barbosa. *Redes sem fio aplicadas à automação e ao monitoramento residencial*. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO, 4., 2011, Vitória - ES. **Anais...** Vitória: ed. do IFES, 2011. Não paginado. Disponível em:

<http://pse.ifes.edu.br/prppg/pesquisa/jornadas/jornada_2010_2011/anais/045_anais_do_evento_arquivos/..%5CT2419.pdf>. Acesso em: 07 Abr 2015.

WOLBER et al. *App Inventor- Create Your Own Android App*. Published by O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472. First Edition. Disponível em: <<http://www.appinventor.org/book>> Acesso: 10 de Junho de 2015.

WOLBER et al. *App Inventor- Create Your Own Android App*. Published by O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol. Second Edition. Disponível em: <<http://www.appinventor.org/book2>> Acesso: 10 de Junho de 2015.

Construção de um AGV (Veículo guiado automaticamente) Controlado pela Plataforma Arduino Uno Para Circular em Labirintos

Construction of an AGV (Vehicle guided automatically) Controlled by Arduino Uno platform to Circular in Labyrinths

Amarildo Antônio das Dores Cristo¹
Caíque Vallim Araújo²
Amadeu Zanon Neto³

RESUMO

Os robôs contemporâneos também classificados como AGVs são capazes de realizar tarefas impossíveis para o homem em diferentes situações, qualquer que seja o lugar, como locais de difícil acesso para o homem. Exemplo, desmoronamentos, campo de desminagem, etc. Na Alemanha, especificamente em Berlim, existe um labirinto denominado "Labirinto Peristal Singum" metade é exibição de arte, metade labirinto subterrâneo, ele é assustador e deixa visitantes desorientados e assustados. As pessoas entram sozinhas no labirinto, onde ficam totalmente perdidas, já que não há placas nem funcionários que indiquem o caminho ou escutem os pedidos de ajuda. Baseando-se nessas ideias e mais outras em que estejam encaixadas tudo que envolva labirinto, desenvolveu-se neste projeto, um robô capaz de encontrar a saída sem a intervenção humana.

Palavras-chave: Robô, Labirinto, AGV, Robótica, Autonomia.

ABSTRACT

The Contemporary Robots Also Classifieds as AGVs are able to carry out tasks Impossible for The man in different situations, whatever the place, how hard to local Access for man. Example, landslides, mine clearance field, etc. In Germany, specifically in Berlin, there is a maze called "Labyrinth Peristal Singum" half is art exhibition, half underground maze, it's scary and leaves disoriented and frightened visitors. People get themselves in the maze where they are totally lost, since there are no signs or officials to indicate the path or listen to requests for help. Based on these ideas and more in others that are embedded all involving maze, developed in this project, a robot able to find the exit without human intervention.

Keywords: Robot, Labyrinth, AGV, Robotics, Autonomy.

¹ Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia da Computação no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

² Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia da Computação no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

³ Graduado em Ciências, Especialista em Computação Gráfica pelo Unisalesiano e docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba

INTRODUÇÃO

O AGV (veículo guiado automaticamente) consiste em um veículo elétrico programado, guiado através de trilhos, sensores ópticos, rádio frequência ou a laser. Oferece segurança e velocidade em operações ininterruptas, podendo transportar caixas, carrinhos ou pallets. Além disso, favorece as condições ambientais e acústicas da fábrica (sem ruído) (KIM e TANCHOCO, 1999 *apud* SOUZA; ROYER, 2013).

Robótica é um ramo da tecnologia que engloba mecânica, eletrônica e computação, que atualmente trata de sistemas compostos por máquinas e partes mecânicas automáticas e controladas por circuitos integrados, tornando sistemas mecânicos motorizados, controlados manualmente ou automaticamente por circuitos elétricos. As máquinas, são uma imitação da vida humana, porém não passam de fios unidos e mecanismos, entretanto este conjunto concebe um robô. Cada vez mais as pessoas utilizam os robôs para suas tarefas. Em breve, tudo poderá ser controlado por robôs (Ottoni, 2010).

Conforme Guilherme (2012):

Apesar das vantagens trazidas pelos robôs em uma linha de montagem, ainda estamos muito longe de ter uma fábrica 100% automatizada. O fato é que, por mais rápido e preciso que um computador possa ser para desempenhar a tarefa de um humano, ele não é capaz de pensar como um, sendo incapaz de tomar decisões fora de sua programação. Isso é algo que até mesmo especialistas como Bran Ferren, roboticista veterano e designer de produto da Applied Minds, concordam. “Você precisa ter pessoas por perto de qualquer jeito. E pessoas são muito boas em descobrir coisas, por exemplo, como eu coloco esse radiador ou encaixo essa mangueira? E essas coisas ainda são difíceis para os robôs fazerem.

Ottoni (2010), compreende que os robôs são apenas máquinas, porém não sonham e não tem o mesmo raciocínio que o homem. Esta tecnologia, hoje adotada por muitas fábricas e indústrias, tem obtido de um modo geral, êxito em questões levantadas sobre a redução de custos, aumento de produtividade e os vários problemas trabalhistas com funcionários, problemas estes que podem ser a redução da mão de obra em diferentes setores.

A palavra robótica foi inadvertidamente cunhada pelo autor de ficção científica Isaac Asimov em 1941 com seu livro “O Mentiroso” (Cruz, 2013). Autores de ficção científica ao longo da história têm se interessado na capacidade de

produção de máquinas que imitem ou motivem os seres humanos, como no mito grego de Pigmalião, em Dr. Frankenstein que é capaz de um movimento para a realização de uma tarefa.

O início da era da automação industrial remonta ao século XVIII, numa altura em que as máquinas dedicadas começavam a fazer parte do processo produtivo das indústrias. O desenvolvimento das técnicas de produção veio criar novas necessidades só possíveis de satisfazer com máquinas programáveis e flexíveis, dando origem aos primeiros robôs industriais (Klafter et al., 1989 *apud* LOPES, 2002, p.2).

Conforme Cruz (2013), nos meados do Século XX, o escritor Checo Karel Capek, criou um jogo denominado, R.U.R. (Robôs Universais de Rossum), que introduziu a palavra “robô”, o termo foi embasado em uma antiga palavra eslava que significa algo semelhante a “trabalho monótono ou forçado.”

Souza (...), afirma que na década de 1950, princípio de 60, George Devol(1920-2011) e Joseph F. Engelberger, projetaram o Unimate, um dispositivo de braço robótico programável operado digitalmente que foi patenteado em 1961.

Ainda Cruz (2013), relata que embora a ciência da robótica surgiu apenas no século 20 onde teve seu grande respaldo, a história das invenções automatizadas criadas pelo homem advêm de um passado muito maior. O antigo engenheiro herói grego de Alexandria, produziu dois textos, Pneumática e Automata (na qual estuda a hidráulica, e os autômatos), que testemunham a existência de centenas de diferentes tipos de máquinas, maravilhas capazes de movimento automatizado.

Observou-se, que a robótica nos séculos XX e XXI avançou radicalmente, com a criação de máquinas capazes de reunir outras máquinas e até mesmo robôs que podem ser confundidos com seres humanos, como vemos nos dias de hoje.

Entretanto o conceito de robô data dos inícios da história, quando os mitos faziam o mecanismos que ganhavam vida.

Começando na civilização grega, os primeiros modelos de robôs que encontramos eram figuras com aparência humana ou animal, que usavam sistemas de pesos e bombas pneumáticas.

As civilizações daquele tempo não tinham necessidade prática ou econômica, nem nenhum sistema complexo de produtividade que exigisse a existência deste tipo de aparelhos.

Cientistas árabes acrescentaram um importante e novo conceito a ideia tradicional de robôs, concentrando as suas pesquisas no objetivo de atribuir funções aos robôs que fossem ao encontro as necessidades humanas. A fusão da ideia de robôs e sua possível utilização prática marcou o início de uma nova era.

Cruz (2013), explica que, Leonardo DaVinci, teve uma grande contribuição ao complexo mundo dos robôs ao desenvolver uma extensiva investigação no domínio da anatomia humana que permitiu o alargamento de conhecimentos para a criação de articulações mecânicas.

O Tortoise, um dos primeiros robôs móveis, foi construído em 1950 por W. Grey Walter e era capaz de seguir uma fonte de luz, desviando-se de obstáculos. Em 1956, George Devol e Joseph Engelberger abriram a primeira fábrica de robôs do mundo, a Unimation, fabricante da linha de braços manipuladores Puma (SHIROMA, 2004).

Atualmente, está surgindo uma nova realidade. Os robôs começam a ser usados nas mais diversas atividades perigosas, insalubres e penosas que vão desde o desarmamento de bombas e minas terrestres até a inspeção de cabos telefônicos submarinos, passando por consertos em usinas nucleares, exploração espacial, solda, montagem contínua, pintura em recinto fechado, carga e descargas, vigilância aérea de florestas, entre outras. Até como guias em certos museus os robôs já garantem importante função (LUIZ CHAIMOWICZ; MÁRIO CAMPOS, 2001).

A palavra-chave para que isso tudo seja possível é autonomia. Robôs autônomos são capazes de exercer tarefas sem a necessidade de uma constante supervisão do homem. Eles são equipados com diversos tipos de sensores tais como câmeras, bússolas, sensores de proximidade e contato, que lhes permitem perceber o que está acontecendo à sua volta e tomarem as decisões certas, sozinhos.

JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, o campo de atuação da automação foi expandido, rompendo barreiras de forma devastadora. Hoje, há aplicações da automação nas indústrias, graças à grande evolução dos meios de comunicação, envolvendo até mesmo a atuação, controle e inserção de robôs em vários setores nas indústrias.

Se observar nos dias de hoje, os carros já tem a funcionalidade que os torna autônomo, graças o piloto automático, e tudo advém da automação, que por sua vez, faz uso de sistemas mecânicos, elétricos e eletrônicos, constituindo assim uma ferramenta poderosa para o desenvolvimentos de robôs autônomos e dentre outros.

OBJETIVO

Este projeto tem como objetivo desenvolver e controlar um robô autônomo capaz de achar a saída de um labirinto, utilizando sensores de refletância como, o sensor ultrassônico que será usado neste projeto.

METODOLOGIA

Em termos metodológicos, para que o tema fosse abordado, tomamos como base materiais relevantes disponíveis na internet, como: artigos, dissertações, entre vários outros documentos relevantes que auxiliam na abordagem relativa ao tema deste trabalho, assim como aqueles que analisam a importância da construção de robôs autônomos.

Por tanto, este projeto está sendo desenvolvido baseando-se em robôs autônomos que possam efetuar trabalhos sem a intervenção do homem e sem guia. O robô desenvolvido neste projeto funcionará de forma autônoma com intuito de percorrer o labirinto até achar a saída, atendendo os atuadores e sensores ultrassônicos que estarão acoplados, detectarão os obstáculos para que o robô saia com êxito, desta forma poderá identificar paredes de um labirinto retângulo, acionado os atuadores para um possível desvio, ou para uma nova direção conforme o raciocínio lógico do firmware que será utilizado no projeto.

Para que o projeto tome forma usar-se-á componentes adequados na qual será descrito ao longo do projeto.

PLACA ARDUINO UNO R3 ATMEGA 328

Arduino é uma placa eletrônica que compõe vários componentes e circuitos integrados que possam ser utilizado para construção de protótipos relacionados a projetos. É uma plataforma open-Source de simples manuseio, que possui uma IDE, onde são feitos os programas que são enviados ao micro controlador atendendo a necessidade do usuário. É uma ótima plataforma para testar projetos simples na área da robótica.



Figura 1 - Arduino Uno R3 AtMega328. Fonte: autores.

Tabela 1 - Especificação da Placa Arduino.

Tamanho	5,3cm x 6,8cm x 1,0cm
Micro controlador	AtMega328
Tensão de Operação	5v
Tensão de Entrada	7-12v
Tensão de Entrada(Limite)	6-12v
Pinos de Entrada/Saída(I/O) Digitais	14(dos quais 6 podem ser saídas PWM)
Pinos de Entradas Analógicas	6
Corrente DC por Pino (I/O)	40mA
Corrente DC para Pino 3,3v	50mA
Memória Flash	32KB (dos quais 0,5 são usados pelo bootloader)
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Velocidade de Clock	16MHz

Fonte: Robocore, 2015.

Detalhadamente, é uma placa com micro controlador Atmega328 (datasheet). Possui 14 entradas/saídas digitais (das quais 6 podem ser usadas como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16MHz, conexão USB, uma entrada para fonte, soquetes para ICSP, e um botão de reset. A placa contém todo o necessário para usar o micro controlador. Simplesmente conecte-a a um computador com o cabo USB - AB ou ligue a placa com uma fonte AC-DC (ou bateria). O Uno seleciona automaticamente a fonte de alimentação (USB ou fonte externa).

Arduino como sendo uma plataforma open-Source e de simples manuseio, se achou melhor para trabalhar o projeto, que por sua vez foi adotada para que tomasse parte do robô.

PONTE H L298N

Uma ponte H é um circuito que permite a troca de rotação de um determinado motor, ou seja ela controla o sentido do motor por chaveamento, invertendo assim o sentido. Entretanto será usado a ponte h para facilitar o controle de rotação do motor DC, foi a forma mais viável pretendida.

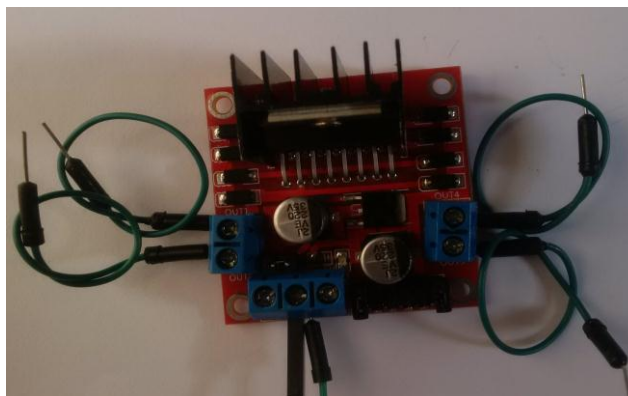


Figura 2 - Ponte H L298N. Fonte: autores.

Tabela 2 - Especificações do componente Ponte H.

Tensão de Operação	4-35v
Chip	ST L298N(DataSheet)
Controle	2 Motores DC ou 1 de Passo
Corrente de Operação Máxima	2A por Canal ou 4A Max
Tensão Lógica	5v
Corrente Lógica	0-36mA

Limites de Temperatura	-20 a +135°C
Potência Máxima	25W
Dimensões	43 x 43 x 27mm
Peso	30g

Fonte: FilipeFlop, 2013.

SENSOR ULTASSONICO HC-SR04

Sensor ultrassônico é um dispositivo bastante usado para detecção a uma certa distância, desde que os objetos não sejam muito pequenos e sejam capaz de refletir esse tipo de radiação (BRAGA, 2013, p.150).

Entretanto através deste sensor que foi escolhido para ser utilizado no projeto, o robô desviar de possíveis obstáculos e corrigir o sentido do movimento.



Figura 3 - Sensor Ultrassônico HC-SR04. Fonte: autores.

Tabela – 3: Especificação do Sensor Ultrassônico

Tensão de Trabalho: DC	5V
Corrente de trabalho	15mA
Frequência de Trabalho	40Hz
Distancia Máxima	4m
Distância Mínima	2cm
Distância do Ângulo	15 graus
Trigger Sinal de entrada (gatilho)	10uS TTL ou seja de 0 a 5V

Echo sinal de saída	Sinal de eco alavanca TTL de entrada e o intervalo em proporção
Dimensão	45*20*15mm

Fonte: (Cytron Technologies, User's Manual, 2013)

MOTORES DC

São motores que convertem energia elétrica, em corrente contínua, e em energia mecânica, estes motores giram ambos os sentidos quer seja horário ou anti-horário quando lhes é atribuída a tensão favorável para o seu funcionamento. Tensão de 5V.

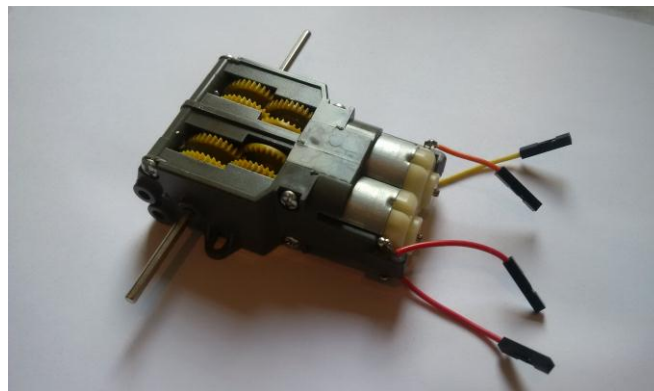


Figura 4: Caixa de engrenagens com motores Dc acoplado. Fonte: autores.

Neste projeto os motores DC, serão acionados através de uma ponte h, fazendo com que o robô mude de rotação de forma precisa.

LÓGICA DO PROTOTIPO

A lógica para que o robô encontre o seu destino é razoavelmente simples, após encontrar-se em sua fase inicial. A partir de então, com três sensores embutidos na parte esquerda, frente e direita do robô, irá realizar as verificações e validações. Primeiro irá se disparado ondas sonoras do sensor da esquerda, em seguida efetuar a validação, sendo essa validação com limite de dez centímetros (configurável), caso não seja atingido o limite, ou seja, superior ao limite, significa que ali há um novo caminho, então os atuadores, que neste caso, serão os motores serão acionados para efetuar uma manobra para esquerda em um ângulo de

aproximadamente 90 graus, e avançará para frente. Caso não seja um caminho válido ele irá repetir este mesmo processo com o sensor frontal, porém caso o sensor frontal seja válido, seus atuadores serão acionados somente para frente. E assim, ele fará também com o sensor da direita, caso o da esquerda e frontal não seja válido. Agora se nenhuma das verificações for válida, isso inclui esquerda, frente e direita, então seus atuadores serão acionados até completarem um ângulo de 180 graus aproximadamente, e avançará. Sempre serão realizadas estes procedimentos de decisões de robô.

RESULTADOS OBTIDO

De acordo com os objetivos planejados, o robô labirinto, não foi capaz de cumprir a trajetória com êxito devido á alguns problemas. O principal problema foi o protótipo não realizar a trajetória em linha reta, pois esta situação deve-se ao fato de que os dois motores não rotacionam na mesma proporção, interferindo na lógica implementada para que o robô encontre a saída do labirinto. Por conta deste problema obtido com os motores gerou-se outra situação secundária: o robô não executava a curvatura de 90 graus. Este fato acontece devido a falta de sincronia entre os motores, gerando desvio e interferindo nos movimentos seguintes do percurso. Diante dos problemas expostos foi necessário buscar uma solução coerente na tentativa de saná-los. Através de mudanças no firmware pode-se implementar uma lógica para que o robô perceba quando é necessário efetuar ajustes. Se ele estiver a mais de oito centímetros da lateral esquerda, significa que ele está próximo demais da direita, podendo colidir. Portanto ele irá ajustar-se através de rotações mais prolongadas no motor direito do que o motor esquerdo, o que faz com que ele volte a aproximar-se da lateral esquerda novamente. O contrário também segue o mesmo princípio: ao aproximar-se da lateral esquerda, o robô irá se distanciar através da rotação mais prolongada do motor esquerdo.

Com relação ao problema no momento da curvatura, será ajustado automaticamente tendo em vista que será ajustado a 8cm da lateral esquerda.

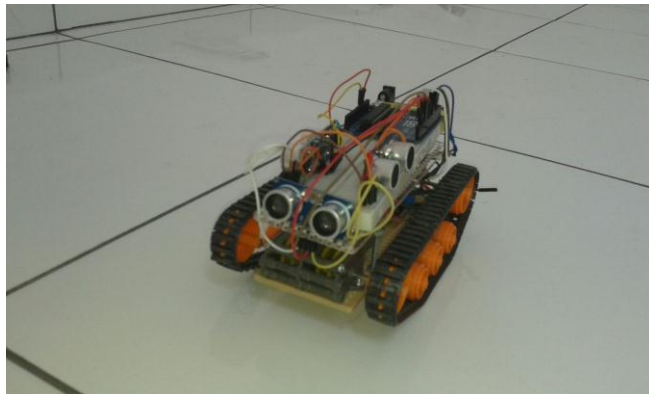


Figura 5: Imagem do protótipo

CONCLUSÃO

Diante dos problemas encontrados durante a fase de testes, o próprio hardware impediu que fossem executadas as tarefas principais do protótipo, que seria realizar curvaturas de 90 graus e andar reto, devido à falta de sincronia entre ambos os motores. Portanto, foi possível notar que as expectativas poderiam não ser alcançadas devido aos problemas encontrados. Entretanto persistimos em idealizar o projeto através de ajustes imprevistos, que nos deram um retorno parcialmente satisfatório. Um desses ajustes foi no software, a fim de que o robô se mantivesse no centro do labirinto o maior tempo possível. Essa escolha possibilitou melhor desempenho do protótipo, já que através da programação implantada ele deduz o momento de retornar ao centro, alinhando-se novamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGAS, Newton C. *Banco de circuitos – V.8 – 100 circuitos de alarmes e sensores*: 8. Ed. São Paulo, Brasil. editora: Instituto Newton C. Braga, 2013. 164p.

CHAIMOWICZ, Luiz; CAMPOS, Mário. *Robôs*. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/informatica/robos.htm>>. Acesso em: 27 d Agosto de 2015.

CRUZ, George. *História da Robótica até os dias de hoje*. Disponível em: < <http://cienciaetecnologias.com/robotica-historia/>>. Acesso em: 27 de Agosto de 2015.

CYTRON, *Technologies User's manual*. Disponível em: < https://docs.google.com/document/d/1Y-yZnNhMYy7rwhAgyL_pfa39RsB-x2qR4vP8saG73rE/edit?pli=1>. Acesso em: 11/10/2015.

DE SOUZA, Felipe m. a. j. *Introdução aos robôs*. Disponível em: < http://webx.ubi.pt/~felippe/texts5/robotica_cap1.pdf >. Acesso em: 30/09/2015.

DE SOUZA José, ROYER Rogerio. *Implementação de um sistema AGV (veículo guiado automaticamente um estudo de caso)*. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_177_010_22461.pdf>. Acesso em: 09/10/2015.

Estudo Sobre inteligência Artificial. Disponível em: < http://www.citi.pt/educacao_final/trab_final_inteligencia_artificial/historia_da_robotica.html>. Acesso em: 29/08/2015.

FELIPEFLOP. *Ponte H*. Disponível em: < <http://blog.filipeflop.com/motores-e-servos/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n.html>>. Acesso em: 10/09/2015.

GUILHERME, Paulo. *Como os robôs estão mudando as indústrias?* Disponível em: < <http://www.tecmundo.com.br/robotica/28854-como-os-robos-estao-mudando-a-industria-.htm>>. Acesso em: 02/09/2015.

História da Robótica. Disponível em:<<http://roboivre.org/conteudo/historia-da-robotica>>. Acesso em: 19 de Agosto de 2015.

LOPES, Antônio Mendes. *Robótica Industrial*. Disponível em: < http://paginas.fe.up.pt/~aml/maic_files/cindin.pdf> Acesso em: 30/09/2015.

OTTONI, André Luiz Carvalho. *Introdução á Robótica*. Disponível em: < http://www.sr.ifes.edu.br/~eduardomax/arquivos/materialdeestudo_introducao_a_robotica.pdf>. Acesso em: 27 de Agosto de 2015.

PASTORE, José. *Robôs e Empregos*. Disponível em: <
http://www.josepastore.com.br/artigos/ac/ac_006.htm >. Acesso em:
29/08/2015.

ROBOCORE. *Arduino Uno R3*. Disponível em: <
https://www.robocore.net/modules.php?name=GR_LojaVirtual&prod=120>.
Acesso em: 10/09/2015.

VIEIRA, Eziel. *Biografia de Hiron Alexandria*. Disponível em: <
<http://biografiae curiosidade.blogspot.com.br/2014/10/biografia-de-heron-de-alexandria.html> >. Acesso em: 29/08/2015.

Detecção de invasão em rede de computadores utilizando variante de ARTMAP Fuzzy

Intrusion detection in computer networks using Fuzzy ARTMAP variant

Gledson Afonso da Costa Albuquerque¹
James Clauton da Silva²

RESUMO

Redes Neurais Artificiais são modelos matemáticos pertencentes ao ramo da Inteligência Artificial Conexionista, capazes de simular, de forma simplificada, algumas características do cérebro humano; ARTMAP Fuzzy é um destes modelos, sendo capaz de generalizar e classificar dados oferecidos. Através do aprendizado incremental e supervisionado, e utilizando-se da teoria da ressonância adaptativa (Adaptative Resonance Theory, ART), descarta a necessidade de recomeçar o treinamento para cada novo padrão de entrada, estendendo o conhecimento obtido previamente. Este artigo visa demonstrar esta rede neural artificial implementando um modelo para detecção de invasões em redes de computadores; para o mesmo, fora utilizado Matlab como plataforma de desenvolvimento.

Palavras-Chave: Redes Neurais Artificiais; ARTMAP Fuzzy.

ABSTRACT

Artificial Neural Networks are mathematical models belonging to the branch of Connectionist Artificial Intelligence, capable of simulating, in a simplified way, some of the characteristics of the human brain; Fuzzy ARTMAP is one of these models, being able to classify and generalize offered data. Through incremental supervised learning, and using the Adaptive Resonance Theory, it eliminate the need to restart training for each new input pattern, extending the knowledge previously obtained. This paper aims to demonstrate this artificial neural network implementing a model

¹ Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia da Computação no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

² Doutorando em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", campus de Ilha Solteira/SP, e docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

for intrusion detection in computer networks; for this, it had been used Matlab as a development platform.

Key words: Artificial Neural Network; Fuzzy ARTMAP.

INTRODUÇÃO

Redes de computadores consistem, basicamente, em um conjunto de dispositivos, técnicas e sistemas de comunicação que vem aparecendo desde meados do século 19, junto com a invenção do telefone (ORDINAS *et al.* 2004, p. 11), o advento do teletipo, a invenção do rádio e da televisão (TANENBAUM; WETHERALL, 2011); muitas destas redes se tornaram essenciais para a vida contemporânea, com ênfase na telefonia móvel e nas tão conhecidas redes sociais, estabelecendo-se na rotina das pessoas de uma forma quase onipresente.

Tanenbaum e Wetherall (2011) explicam que, no começo, as redes de computadores eram usadas principalmente por pesquisadores e acadêmicos com a finalidade de agilizar a comunicação entre pessoas (no caso do correio eletrônico) e até entre computadores (no caso do compartilhamento de impressoras, por exemplo). Porém, até a computação e a internet se tornarem algo comum tanto nas empresas como nos domicílios (TANENBAUM; WETHERALL, 2011), a segurança de redes não era um problema; com a evolução da tecnologia e suas facilidades, certas dependências foram surgindo na sociedade, tornando natural o uso de serviços como o *Internet Banking* em aparelhos pessoais como computadores e até *smartphones* (FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE BANCOS, 2015), tendo também informações pessoais armazenadas nos mesmos. Não se pode negar que tudo ficou mais dinâmico: as atividades que dependiam de comunicação ficaram mais ágeis, não sendo mais um problema a perda de tempo e a qualidade neste quesito; porém este modo de trabalho trouxe consigo outras más possibilidades e preocupações, dentre estas está o risco de intrusão. Por causa das ameaças constantes, tanto internas quanto externas, em uma rede de computadores, o assunto de segurança de redes se torna algo complexo (STEWART, 2010, p. 2), tendo que suprir diversos quesitos de forma simultânea para a prevenção de ataques.

De acordo com Kurose e Ross (2010, p. 493), segurança de rede pode ser definida pelas seguintes propriedades: Confidencialidade, pois somente o remetente e o destinatário pretendido devem poder entender a mensagem transmitida, sejam estas pessoas ou computadores; Autenticação do Ponto Final, ou seja, o remetente e o destinatário precisam confirmar a identidade da outra parte envolvida; Integridade de Mensagem, provendo a fidelidade da mensagem não permitindo que a mesma seja adulterada; e Segurança Operacional, que nada mais é do que a proteção concedida pelo sistema operacional utilizado, como firewalls e sistemas de detecção de intrusão.

Visando a necessidade de resposta ágil para tal problema, o monitoramento utilizando RNAs ajudaria o administrador de uma rede nas atualizações das informações necessárias para a detecção de uma intrusão, que outrora deveria ser pré-estabelecida ou configurada manualmente, proporcionando um tempo melhor de resposta ao ataque e mais precisão nos alertas. Por isso que, para o projeto, será utilizada a rede neural ARTMAP Fuzzy, já que é, entre sua família, aquela que possui mais mecanismos de prevenção a erros, incluindo um sistema que ameniza a proliferação de categorias e novas regras de aprendizado que maximizam a generalização (CARPENTER *et al.* 1992).

ARTMAP FUZZY

Topologia

A rede ARTMAP Fuzzy é formada por dois módulos Fuzzy ART (LOPES, 2005, p. 76), **ARTa** e **ARTb**, sendo o módulo **ARTa** aquele que processa os vetores de entrada (denominados na Figura 1 por **a**), ou seja, aquilo de deverá ser classificado, e o módulo **ARTb** que fica encarregado dos vetores de saída desejada para aquela determinada entrada (denominado na Figura 1 por **b**, sendo a saída correspondente ao vetor de entrada no **ARTa**).

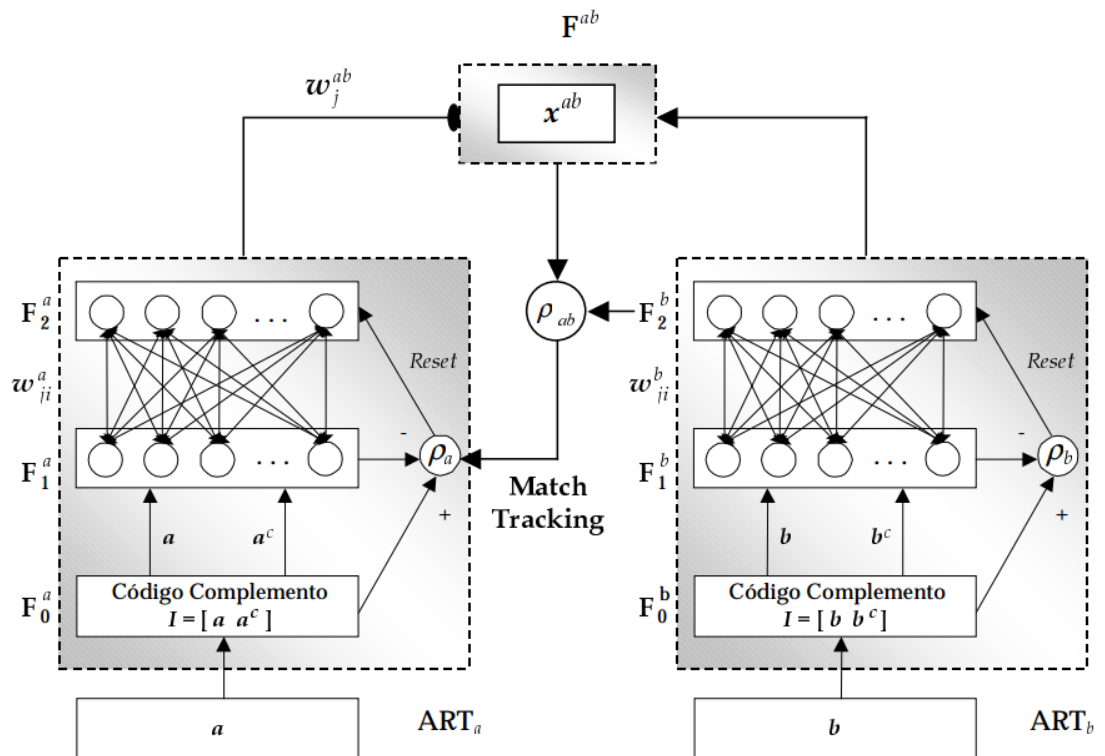


Figura 1 - Estrutura topológica da rede neural ARTMAP Fuzzy. Fonte: Lopes, 2005.

Cada um dos módulos, fora o intermediário, possui dois subsistemas: o subsistema de atenção e o de orientação. O subsistema de atenção é composto por três níveis de camadas (**F0** é a camada de entrada, **F1** é a camada de comparação e **F2** é a camada de reconhecimento) sendo que cada camada representa um tipo de processo ao qual os vetores **a** e **b** serão submetidos; já o subsistema de orientação é composto pelo mecanismo de *reset* e o respectivo parâmetro de vigilância do módulo em questão.

Normalização dos vetores

Na primeira camada tem-se **F0-a** e **F0-b** para os módulos **ARTa** e **ARTb**, respectivamente, onde os vetores são normalizados para depois passarem pelo método de Codificação de Complemento. A normalização serve para que não haja a proliferação de categorias nos *inputs*; ela pode ser alcançada com as seguintes equações:

Para os *inputs* do módulo **ARTa**.

$$I = \frac{a}{|a|} \quad (1)$$

Para os *inputs* do módulo **ARTb**.

$$I = \frac{b}{|b|} \quad (2)$$

Codificação de Complemento

Após a normalização, a Codificação de Complemento é realizada, de forma que **a** se torne:

$$I = A = [a \ a^c] \quad (3)$$

E **b** se torne:

$$I = B = [b \ b^c] \quad (4)$$

Essa regra é utilizada para preservar a amplitude da informação e, ao mesmo tempo, representar as respostas *on* e *off* da rede. Dessa forma, assim como exposto por Lopes (1992 *apud* CARPENTER *et al.*; 1996 *apud* GEORGIPOULOS *et al.* 2005. p. 73):

$$a_i^c \equiv 1 - a_i \quad (5)$$

$$b_i^c \equiv 1 - b_i \quad (6)$$

Inicialização dos Pesos

Após a inicialização dos *inputs* de entrada e saída desejada, os pesos também são inicializados, de forma que:

$$w_j^a(0) = 1 \quad (7)$$

$$w_k^b(0) = 1 \quad (8)$$

$$w_j^{ab}(0) = 1 \quad (9)$$

A inicialização dos pesos (simbolizada pelo instante zero nas equações 7-9) indica que as categorias estão desativadas; elas se tornam ativas quando são selecionadas pela rede.

Inicialização dos Parâmetros

Após a complementação do vetor de entrada e inicialização dos pesos, é necessário inicializar os parâmetros da rede que ditam algumas de suas características de funcionamento. Na ARTMAP Fuzzy tem-se o parâmetro de escolha (α), parâmetro de taxa de aprendizado (β) e um parâmetro de vigilância para cada módulo (ρ_a , ρ_b e ρ_{ab}); o parâmetro de escolha α influencia na escolha da categoria e é dado pela seguinte regra:

$$\alpha > 0 \quad (10)$$

Segundo Carpenter *et al.* (1992, p. 701) é aconselhável que o parâmetro seja iniciado com um valor grande o suficiente para afetar a equação T_j depois do arredondamento. Nos testes feitos por eles, foi utilizado um valor para $\alpha \geq 0.001$; esta tendência a zero que α possui é chamada de Limite Conservativo, porque tende a minimizar a recodificação durante o aprendizado.

O parâmetro de taxa de aprendizado β é dado por:

$$\beta \in [0,1] \quad (11)$$

Na semântica *fuzzy* isso significa que β é um valor que varia entre 0 e 1. Este parâmetro determina a velocidade de aprendizado; a regra é bem clara: quanto mais próximo de 1, mais rápido será o aprendizado da rede.

Os últimos parâmetros a serem estabelecidos são os de vigilância. Estes, ao contrário dos anteriores, são separados em três partes: ρ_a , ρ_b e ρ_{ab} , sendo eles dos

módulos **ARTa**, **ARTb** e **Inter-ART**, respectivamente. Obedecem à mesma variação de 0 e 1, ou seja;

$$\rho \in [0,1] \quad (12)$$

Sendo $\rho = \rho a$ ou ρb ou ρab .

O parâmetro de vigilância serve, basicamente, para ditar o nível de generalização da rede: para um valor muito próximo de zero, tem-se uma capacidade de generalização maior, produzindo poucas classes; para um valor muito próximo de um, mais detalhes são levados em conta, tendo menor generalização e, portanto, mais classes (LOPES, 2005, p. 68-69).

Na rede ARTMAP Fuzzy, ρa é alterado de acordo com o resultado do *Match Tracking* através de um acréscimo mínimo, já que o parâmetro de vigilância está ligado diretamente com o tamanho dos hiper-retângulos das classes (LOPES, 2005, p. 68).

Match Tracking

O *Match Tracking* é um mecanismo da rede que sacrifica uma pequena quantidade de generalização, com o intuito de corrigir o erro de predição (CARPENTER *et al.* 1992, p. 699); isso é feito através da regulagem de ρa .

No início de cada apresentação de um *input*, o parâmetro de vigilância ρa possui um valor padrão. Se:

$$\frac{|y^b \wedge w_j^{ab}|}{|y^b|} \geq \rho_{ab} \quad (13)$$

Então ρa é incrementado até ter um valor um pouco maior que $|A \wedge w_j^a| |A|^{-1}$, ou seja:

$$\frac{|A \wedge w_j^a|}{|A|} < \rho_a \quad (14)$$

Onde J é o índice do nó ativo em $F2-a$.

Quando esta condição é obedecida no módulo $ARTa$, a busca pode levar na ativação de outro nó J em $F2-a$ com:

$$\frac{|A \wedge w_j^a|}{|A|} \geq \rho_a \quad (15)$$

E com a Equação (13). Ou, caso não exista tal nó, ao acréscimo mínimo em ρ_a (CARPENTER *et al.* 1992, p. 704; LOPES, 2005, p. 79-80), o que leva a ε .

Este acréscimo mínimo deve ser aplicado a ρ_a até que:

$$\rho_a = |A \wedge w_j^a| |A|^{-1} + \varepsilon \quad (16)$$

Caso o critério de combinação falhar, uma nova busca é disparada a fim de encontrar um nó em $F2-a$ que satisfaça a condição.

Escolha de Categorias

Após a inicialização dos parâmetros, o processo de aprendizado é iniciado com a escolha da categoria. A equação geral para a escolha é dada na seguinte forma (LOPES, 2005, p. 71):

$$T_j = \frac{|I \wedge w_j|}{\alpha + |w_j|} \quad (17)$$

$$T_j = \max\{T_j: j = 1, \dots, N\} \quad (18)$$

$$\begin{cases} y_j = 1 \\ y_j = 0, \text{ para } j \neq J \end{cases} \quad (19)$$

Sendo aplicada tanto para o módulo $ARTa$ como para o módulo $ARTb$, tendo I como seu respectivo vetor com Codificação de Complemento. As variáveis J e j são diferentes, sendo j o índice dos nós e J o índice do nó com maior valor, ou seja, o índice do nó escolhido.

De acordo com o fluxograma apresentado por Lopes (2005, p. 81), para que a escolha seja feita na ordem correta, verifica-se primeiro a categoria para o módulo **ARTb** e faz-se o teste de vigilância:

$$\frac{|B \wedge w_j^b|}{|B|} \geq \rho_b \quad (20)$$

Se a condição não for obedecida, o *Reset* é ativado, zerando T_j e desativando-o, iniciando logo em seguida uma nova busca para que outro T_j seja escolhido. Isso será feito até que a condição do teste de vigilância seja obedecida.

Ressonância

Terminada esta etapa, significa então que houve ressonância e, portanto, os pesos do respectivo módulo devem ser adaptados. A fórmula geral para a adaptação dos pesos em um dado módulo é (CARPENTER *et al.* 1992, p. 701):

$$w_j^{novo} = \beta(I \wedge w_j^{velho}) + (1 - \beta)w_j^{velho} \quad (21)$$

Aplicando esta fórmula e, posteriormente, a Equação (19) no módulo **ARTb**, o próximo passo passa a ser implementado no módulo **ARTa**; aplicando-se a Equação (18), com as características corretas, obtém-se o índice necessário para o teste de vigilância exposto na Equação (15), sendo um teste semelhante ao do implementado no módulo **ARTb**, culminando no *reset* de T_j -a, caso dê negativo, ou aplicando a Equação (19), caso dê positivo.

Quando este último teste der positivo, a Equação (13) é aplicada fazendo um novo teste; este, por sua vez, culmina no *reset* de T_j e ao acréscimo à *pa* (*Match Tracking*, Equação (16)) caso dê negativo, ou na ressonância, caso o teste dê positivo.

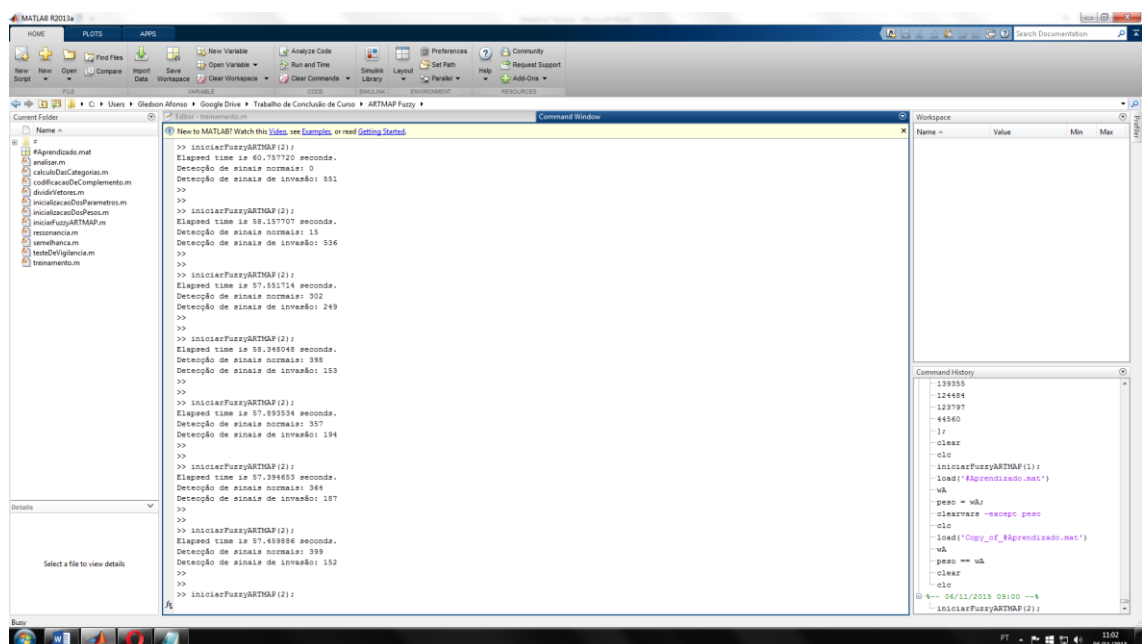
A ressonância dessa parte é feita de forma que os pesos do módulo **ARTa** e os do módulo **Inter-ART** sejam adaptados, sendo que para o módulo **ARTa** a Equação (21) basta para adaptá-los, enquanto para o módulo **Inter-ART**, como demonstrado nas equações abaixo, só precisam de uma simples ativação no nó correspondente:

$$\begin{cases} w_{JK}^{ab} = 1 \\ w_{jk}^{ab} = 0, \text{ se } j \neq J; k \neq K \end{cases} \quad (22)$$

Terminado este circuito, caso haja um novo set de *input* entrada/saída-desejada, os parâmetros e os pesos permanecem com seus valores e o *loop* retorna ao ponto onde ocorre a escolha de categorias para os módulos **ARTa** e **ARTb**. No fim, os valores dos parâmetros e dos pesos são armazenados para futuros treinamentos e a rede termina suas ações.

RESULTADOS E CONCLUSÃO

A coleta de resultados fora feita na própria análise de dados, onde aplicou-se os 30% de amostras totais, compondo um conjunto de 551 vetores (53 vetores de sinais de invasão e 498 de sinais normais). Nesta fase, os dados foram apresentados de forma ordenada consecutivas vezes, para a documentação do comportamento da rede e seus resultados.



```

>> iniciarFuzzyARTMAP (2);
Elapsed time is 60.797720 seconds.
Detecção de sinais normais: 0
Detecção de sinais de invasão: 551
>>
>> iniciarFuzzyARTMAP (2);
Elapsed time is 58.157707 seconds.
Detecção de sinais normais: 15
Detecção de sinais de invasão: 536
>>
>> iniciarFuzzyARTMAP (2);
Elapsed time is 57.551714 seconds.
Detecção de sinais normais: 302
Detecção de sinais de invasão: 249
>>
>> iniciarFuzzyARTMAP (2);
Elapsed time is 58.348048 seconds.
Detecção de sinais normais: 398
Detecção de sinais de invasão: 153
>>
>> iniciarFuzzyARTMAP (2);
Elapsed time is 57.893534 seconds.
Detecção de sinais normais: 357
Detecção de sinais de invasão: 194
>>
>> iniciarFuzzyARTMAP (2);
Elapsed time is 57.394653 seconds.
Detecção de sinais normais: 364
Detecção de sinais de invasão: 187
>>
>> iniciarFuzzyARTMAP (2);
Elapsed time is 57.639886 seconds.
Detecção de sinais normais: 399
Detecção de sinais de invasão: 152
>>
>> iniciarFuzzyARTMAP (2);
  
```

Figura 2 – Análises sendo feitas pelo Matlab. Fonte: autores.

Na primeira análise, o tempo de processamento demorou em torno de 60.75 segundos, identificando todos os 551 vetores como invasão e tendo, portanto, errado 498 vezes. Na segunda análise os dados de tráfego normal começaram a ser reconhecidos, obtendo 15 identificações enquanto, como invasão, detectaram-se 536 sinais.

Já na terceira análise houve um salto abrupto de valores, detectando 302 vetores como sinais normais e 249 como sinais de invasão, aumentando ainda mais estes valores na quarta análise, onde chegaram a 398 e 153, respectivamente. Porém, na quinta análise, os dados começaram a oscilar, descendo para 357 detecções normais e 194 anomalias. Ao todo foram treze análises consecutivas, convergindo para os valores de 441 detecções normais e 110 anomalias, uma melhoria significativa se comparada às análises iniciais, obtendo 88.55% de acerto para as amostras normais, mas com valores ainda muito acima dos valores reais de invasão.

Aproveitou-se também para fazer uma relação do tempo gasto para calcular todos os vetores e notou-se um ganho em desempenho conforme os mesmos eram apresentados repetidas vezes, chegando a valores como 57 segundos de execução; até alcançar seu ponto oscilatório também, como pode ser visto abaixo:

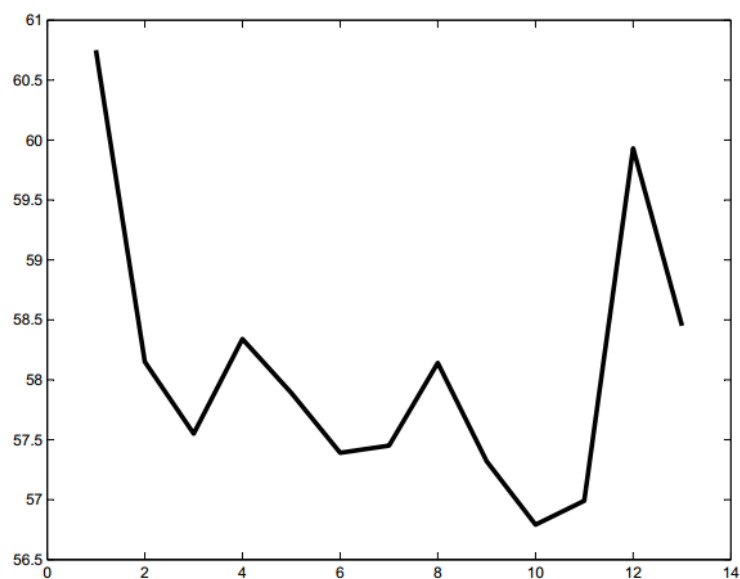


Figura 3 – Relação de desempenho da função (eixo vertical) de acordo com as repetições (eixo horizontal). Fonte: autores.

Um gráfico de acompanhamento fora projetado tanto para os sinais normais, quanto para os sinais de invasão, que podem ser vistos abaixo também:

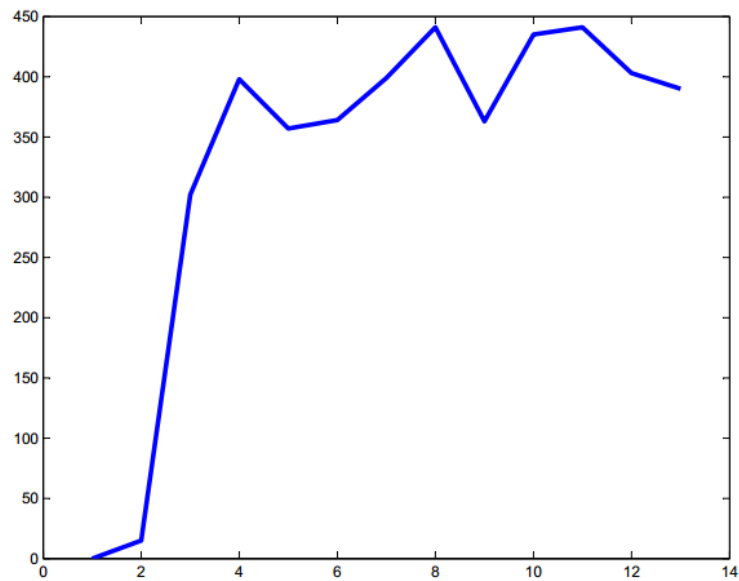


Figura 4 – Relação de reconhecimento de sinais normais (eixo vertical) de acordo com as repetições da análise (eixo horizontal). Fonte: autores.

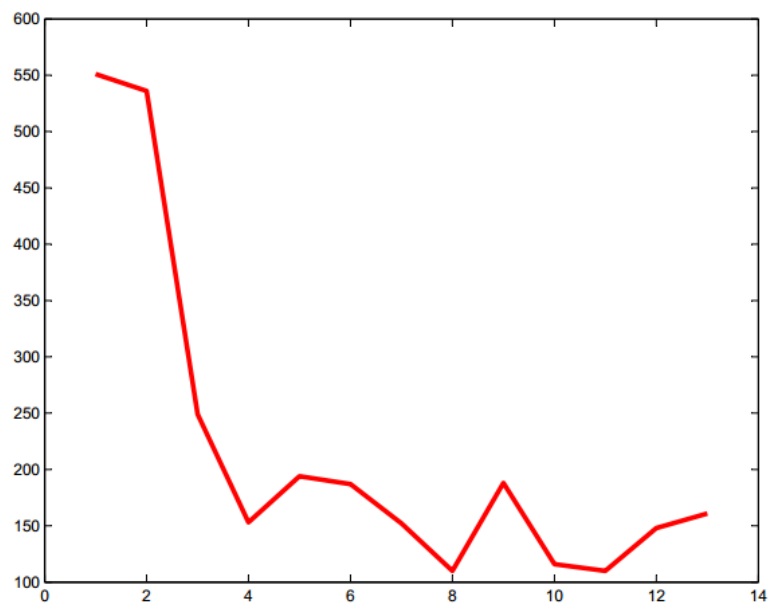


Figura 5 – Relação de reconhecimento de sinais anormais (eixo vertical) de acordo com as repetições da análise (eixo horizontal). Fonte: autores.

Uma relação comparativa com os dois gráficos pode ser vista abaixo:

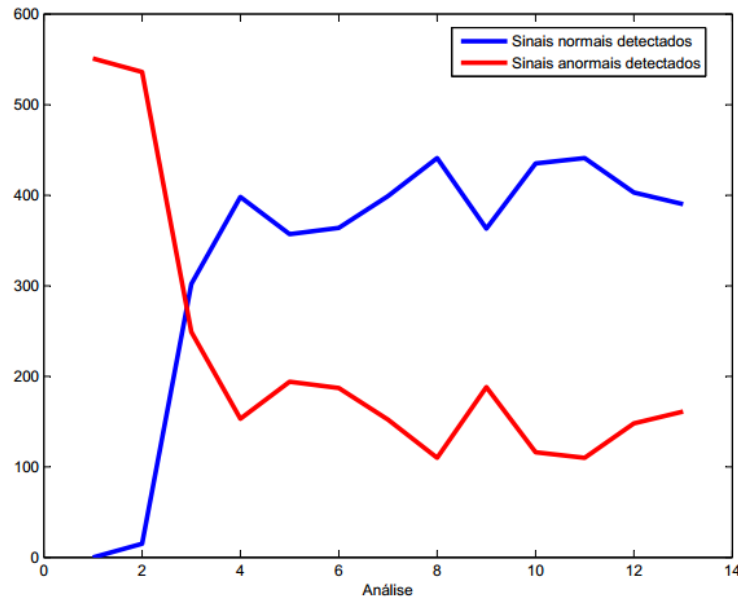


Figura 6 – Relação de reconhecimento de sinais normais versus sinais anormais (eixo vertical) de acordo com as repetições da análise (eixo horizontal). Fonte: autores.

É possível que a diferença na quantidade de dados adquirida para ambos os tipos de sinais, assim como o fato da coleta ter sido feita em ambientes diferentes, tenha prejudicado a análise dos dados, forçando um treinamento por repetição ao invés de utilizar novos set de dados a cada nova análise, mantendo então a oscilação de resultados mostrada em detalhes acima.

Analisando trabalhos semelhantes, como os de Araújo, Shinoda e Oliveira (2010), notou-se que a rede se comportou bem ao analisar pacotes de rede em conjunto com algoritmos de seleção de atributos para a redução de custo computacional, tornando segura a conclusão de que, na verdade, a rede não seja o problema, mas sim a escassez de dados munida a discrepância dos ambientes utilizados para os diversos sinais. Porém, com a utilização de ambientes únicos para coleta, é possível que o uso da rede neural artificial ARTMAP Fuzzy seja favorável na classificação, generalização e distinção destes dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Nelcilenio; SHINODA, Ailton Akira; DE OLIVEIRA, Ruy. *Investigando o Desempenho do Classificador ARTMAP Fuzzy na Detecção de Intrusos*. In:

International Information and Telecommunication Technologies Symposium, 9., 2010, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: I2TS, 2010. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~bosco/downloads/I2TS%202010%20CD%20Proceedings/www.i2ts.org/papers/full_portugues/78681_1.pdf>. Acesso em: 11 junho 2015.

CARPENTER, Gail A. *et al.* Fuzzy ARTMAP: A Neural Network Architecture for Incremental Supervised Learning of Analog Multidimensional Maps. *IEEE Transactions on Neural Networks*, [S.l.], v. 3, n. 5, p. 698-713, Sept. 1992.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE BANCOS. *Internet e mobile banking correspondem a 47% das transações bancárias.* Disponível em: <https://febraban.org.br/Noticias1.asp?id_texto=2364>. Acesso em: 23 de fevereiro 2015.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. *Redes de computadores e a Internet: uma abordagem top-down.* 5. ed. São Paulo: Pearson Education, 2010. 592p.

LOPES, Mara Lúcia Martins. *Desenvolvimento de Redes Neurais para Previsão de Cargas Elétricas de Sistemas de Energia Elétrica.* 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira.

ORDINAS, José María Barceló *et al.* *Redes de computadores.* Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya, 2004. 351p.

STEWART, J. Michael. *Network Security, Firewalls, and VPNs.* Sudbury: Jones & Bartlett Learning, 2010. 482p.

TANENBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David J. *Computer Networks.* 5. ed. Boston: Pearson Prentice Hall, 2011.

SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROLE DE TEMPERATURA

Automatic System of Temperature Control

Édi Robi Ferrari Bortolim¹
Giovanni Panegossi Formaggio¹
José Eduardo Rodrigues¹
Júnio Henrique Bortolim¹
Michael César Soares Vieira¹
Nayara Zago Bassetto²

RESUMO

Nos dias atuais devido aos diversos processos que necessitam de um fluido a uma temperatura específica, e a busca por equipamentos cada vez mais eficientes, será apresentado neste artigo o projeto de uma válvula controlada com finalidade de se obter uma temperatura final programada pelo usuário, sendo esta resultante da mistura de dois fluidos de temperaturas diferentes, baseando-se em simulações através de softwares específicos. Com estes recursos foi possível visualizar o projeto físico e o circuito com micro controlador, assim prevenindo erros na execução do projeto atingindo um resultado satisfatório, com redução do tempo inicial necessário para estabilização do sistema, e obtendo maior precisão da temperatura de trabalho selecionada.

Palavras-chave: Automação; Controle; Misturador automático; Temperatura; Vazão.

ABSTRACT

Nowadays due to various processes Needing hum fluid at a specific temperature, and the Search for equipment Increasingly Efficient, will be presented this Article the Project The controlled valve with purpose of Get The final temperature programmed By User, THIS being Resultant Blend of Two Different temperature fluids, basing Themselves in simulations through -specific software. With These resources was possible to view the

¹Acadêmicos do 7º termo do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, SP, Brasil

²Analista de Sistemas, Mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas - Unicamp.

physical design Well As the circuit with micro controller errors SO IN Preventing Project execution hum reaching satisfactory result, with initial reduction team required paragraph stabilization of the system and getting Increased Accuracy Selected Working temperature.

Keywords: Automatic; Control; Mixer; Temperature; flow.

INTRODUÇÃO

Baseado na necessidade de obtenção de um fluido a uma temperatura específica foi criado o projeto de construção de um misturador de água com temperaturas diferentes, o projeto utiliza sensores, servo motor, sistema de controle com micro controlador e uma válvula central que dosará a proporção de mistura entre os dois fluidos de entrada, sendo um com temperatura mais elevada e outro com temperatura mais baixa do que a temperatura de saída programada pelo usuário.

Com o objetivo de otimizar o tempo de resposta inicial, a confiabilidade do sistema automatizado que monitora temperatura dos fluidos, e evitar o desperdício inicial que dá o equipamento até atingir a temperatura desejada, foi realizado esse estudo e criado um projeto executando funções pré-programadas utilizando as temperaturas de entrada como parâmetro para atingir a eficiência desejada. Dessa forma, o equipamento fará o ajuste da temperatura escolhida pelo usuário de forma quase instantânea.

METODOLOGIA

Para simular o sistema foram utilizados os softwares Autodesk Inventor para o sistema físico, Isis Proteus para o circuito eletrônico. O código fonte responsável por controlar o sistema foi gerado e compilado com o CCS Compiler.

SIMULAÇÃO

O processo de simulação do sistema automatizado iniciou com a análise dos dispositivos mais adequados para o projeto, a fim de atender a necessidade de eficiência no controle

das variáveis do processo, e os materiais mais apropriados para fabricação das peças. Dessa forma, a formulação de uma válvula específica, e um mecanismo equalizador das pressões dos fluidos de entrada, junto com outros dispositivos, foram de suma importância para a realização do modelo simulado.

Modelagem matemática

A modelagem matemática é descrita por DENN (1986) como um sistema de equações, cuja solução, dado um conjunto de dados de entrada, é representativa da resposta do processo. Esta etapa consiste na aplicação de conceitos matemáticos considerando as variáveis presentes no processo para elaborar uma solução eficaz para o processo e também a presença de softwares de simulação computacional, para se obter uma visualização do projeto antes de executá-lo, visando atingir os melhores resultados possíveis, visto que grande parte dos possíveis erros que ocorreriam no decorrer do seu desenvolvimento, poderão ser visualizados e corrigidos, antecipadamente à execução do projeto, devido à realização de uma simulação prévia.

Modelagem das dimensões físicas

Com o auxílio da ferramenta Autodesk Inventor a estrutura física do projeto foi desenhada em um formato inovador, com o objetivo de atender as necessidades de uma forma mais eficiente com custo relativamente baixo.

O sistema físico trata-se de um conjunto de quatro peças usinadas, sendo que a peça central comporta um rotor cilíndrico, onde é realizada a mistura dos dois fluidos e todo controle se dá a partir da rotação do mesmo. As peças foram projetadas para serem construídas em náilon 6.0, um material de fácil usinagem, não oxida, resistente a temperaturas elevadas (-40 a 100°C), e que possui um custo de aquisição considerado baixo pelas vantagens que agrega ao projeto, contendo todas as galerias, suportes e componentes necessários para o funcionamento do misturador. Na figura 1, podemos ver o rotor cilíndrico, retirando a peça central que aloja o mesmo.

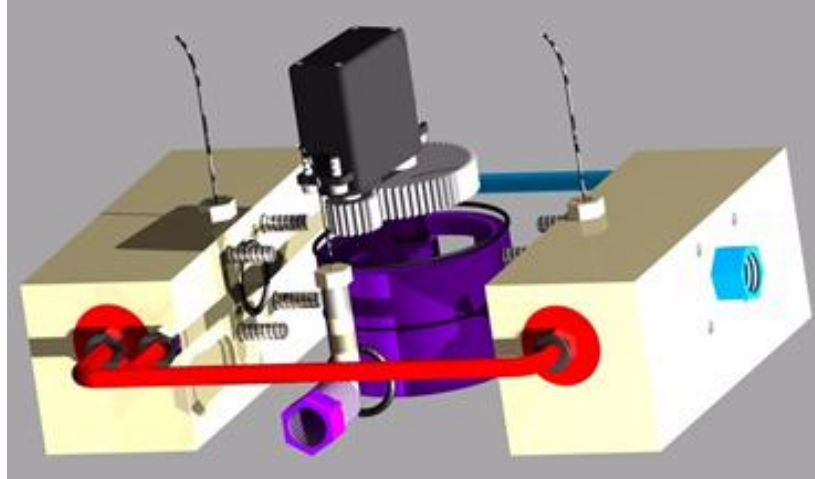


Figura 1- Simulação do corpo do misturador. Fonte: autores.

Esta configuração do corpo do projeto possibilitou também a implantação do mecanismo de ajuste da pressão entre os dois fluidos de entrada do sistema, deste modo o conjunto com suas características finais, permitiram ao sistema de controle que realizasse o ajuste da temperatura final de forma mais eficaz em um intervalo muito menor de tempo.

Modelagem matemática de Controle

Utilizando a ferramenta Autodesk Inventor, foram realizadas medidas para se conhecer a área da seção retangular do orifício por onde passará o fluido a cada grau de rotação da válvula.

Com o modelamento matemático da mistura realizado e com as medidas em mãos, o software OriginPro 8, que pode ser utilizado para diversas finalidades, entre elas, plotagem de gráficos, análises de segmentos através de gráficos, cálculos estatísticos, entre outras, possibilitou visualizar a reta descritiva da relação entre o grau de rotação da válvula e a área da seção de abertura.

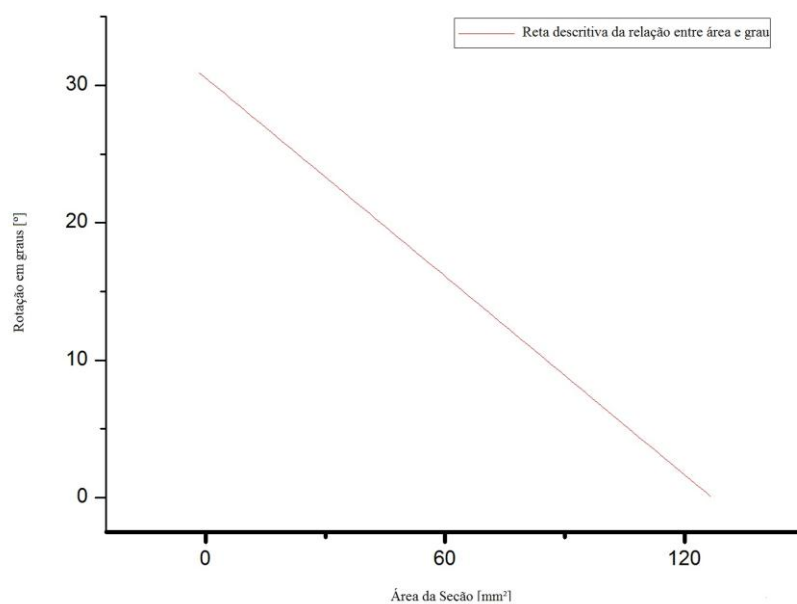
A Tabela 1 demonstra as medidas realizadas da área de seção em relação ao grau de rotação da válvula.

Tabela 1 – Medidas de área em relação ao grau de rotação da válvula

Grau de rotação	Área da seção [mm ²]	Varição de Área [mm ²] de grau em grau
0	126,672	0
1	122,622	4,07
2	118,552	4,08
3	114,472	4,104
4	110,368	4,112
5	106,256	4,128
6	102,128	4,136
7	97,992	4,152
8	93,84	4,16
9	89,68	4,168
10	85,512	4,176
11	81,336	4,176
12	77,16	4,184
13	72,976	4,192
14	68,784	4,184
15	64,6	4,192

Fonte: autores.

A seguir, o Gráfico 1 demonstra o comportamento do sistema relacionando o grau de rotação da válvula com a abertura da seção retangular de vazão dos fluidos.

Gráfico 1 - Gráfico da função de abertura da válvula.

Fonte: autores.

Através da reta descritiva encontrou-se a função linear na forma $y = a.x + b$, que quando se atribui os valores “ a ” e “ b ” apresentado na Tabela 2, representa a relação de abertura da área de vazão pelo grau de rotação da válvula de forma bem próxima ao valor exato.

Tabela 2 - Variáveis da Função e erro padrão.

		Valor	Erro Padrão
Grau de Rotação	Interceptação (b)	30,54116	0,011
	Coefficiente angular (a)	-0,2406	1,50E-04

Fonte: autores.

Foi possível através de uma equação simples de mistura de fluidos líquidos às pressões constantes, determinar uma função como parâmetro para o sistema de controle, com base em dois fluidos líquidos na entrada do sistema de temperaturas diferentes, t_{quente} e t_{fria} , pode-se obter a temperatura desejada (t_{final}) através da mistura das quantidades adequadas de cada líquido. No entanto essa temperatura final, logicamente não ultrapassará a temperatura do fluido mais quente, nem mesmo ficará abaixo do fluido mais frio e o range da temperatura de saída depende unicamente das temperaturas dos fluidos de entrada no sistema.

$$t_{final} = \frac{t_{quente} \cdot m_{quente} + t_{fria} \cdot m_{fria}}{t_{quente} + t_{fria}} \quad (1)$$

Onde, m_{quente} e m_{fria} são a massa da água de temperatura mais elevada e com temperatura menor, respectivamente.

Efetuada adequações matemáticas na equação (1), há a possibilidade de por intermédio das temperaturas de entrada, e a temperatura desejada ao final do processo, determinar a massa de um dos dois fluidos de entrada em relação ao outro, e posteriormente por meio de um sistema linear, determinar as porcentagens de rotação da válvula para que mantenha estas proporções, como podemos visualizar através do método abaixo:

$$m_{quente} = \left(\frac{-t_{final} + t_{quente}}{t_{final} + t_{fria}} \right) \cdot m_{fria} \quad (2)$$

$$m_{quente} + m_{fria} = 1 \quad (3)$$

Incorporando os valores das temperaturas à equação (2), e aplicando o resultado na equação (3) pode se obter os valores de m_{quente} e m_{fria} , e para isso, basta efetuar o produto de cada valor de massa encontrado pela área total da seção de abertura já conhecida, para se obter a área de abertura resultando a temperatura desejada na saída do sistema.

Deste modo, aplicando a equação da reta descrita no gráfico 2, equações (4) e (5), obtém-se o grau de rotação, y' e y'' que o servo motor terá de atuar.

$$y' = -0,2406 \cdot m_{fria} + 30,54116 \quad (4)$$

$$y'' = -0,2406 \cdot m_{quente} + 30,54116 \quad (5)$$

Onde, y' é o grau de rotação para o fluido frio e y'' é o grau de rotação para o fluido quente. Nota-se que $y' + y'' = 30,24^\circ$, como os orifícios são defasados de $30,24^\circ$ entre si, e ligados à mesma engrenagem, basta definir apenas a rotação e sentido de rotação de um dos fluidos, o outro será um método de controle proporcional.

FLUXOGRAMA DESCRITIVO DO SISTEMA DE CONTROLE

A Figura 3 representa a malha de controle com os sensores utilizados em conjunto com o indicador LCD, o micro controlador, e o atuador. Na Figura 3, estão representados os reservatórios bem como em conjunto com o sistema de controle.

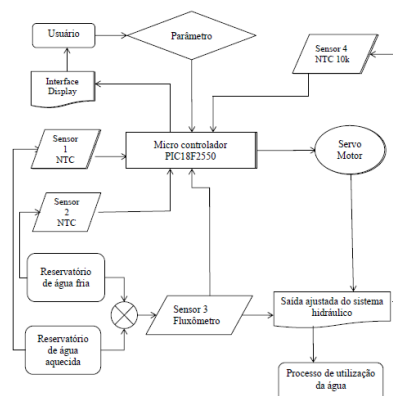


Figura 3 – Malha de controle. Fonte: autores.

COMPONENTES UTILIZADOS

Para efetuar o controle da forma esperada, foi necessária a utilização dos sensores, controladores e atuadores que serão descritos abaixo:

Sensor de temperatura

Foram utilizados três sensores de temperatura tipo NTC 10K (Negative Temperature Coefficient).

Segundo Albuquerque (2005, p. 96):

Os NTC's são elementos cuja resistência decresce com o aumento da temperatura, portanto seu coeficiente de temperatura é negativo. Alterações de temperatura do corpúsculo podem ser obtidas externamente pela variação da temperatura em sua proximidade; internamente pelo calor resultante da potência dissipada, desenvolvida pela passagem de corrente através do corpúsculo, ou por uma combinação dessas duas.

Esses sensores têm uma curva característica logarítmica, e trabalha com temperatura na faixa de 0°C a 100°C representadas por resistências na ordem de Kohms proporcionando ao sistema maior exatidão na medida, visto que sua tolerancia é de 1%.

Em seguida se faz necessário a utilização de três entradas analógicas com conversores analógico-digitais (ADC) para transformar a tensão de 0 a 5 V em um sinal digital que possa ser interpretado e aplicado na equação resultante da curva de temperatura do NTC. Segundo Albuquerque (2005, p. 19) é possível converter um sinal analógico em digital e vice-versa por meio de conversores analógico-digital ou digital-analógico.

Este conversor ADC já está presente no conjunto interno do micro controlador utilizado, necessitando apenas ser configurado adequadamente.

Outro fator importante da escolha do PIC em questão é que ele disponibiliza também a função de interrupções externas, que segundo Antônio (2006, p.64) são mecanismos que o micro controlador possui e que torna possível responder a alguns acontecimentos no momento em que eles ocorrem, qualquer que seja a tarefa que o micro controlador esteja

a executar no momento permitindo a leitura de um possível sensor de fluxo, como componente opcional, operando através de pulsos elétricos em nível lógico alto, assim captando estes pulsos, obtém-se o conhecimento da vazão da água no sistema.

Micro controlador

Segundo Antônio (2006, p.3):

O PIC é um circuito integrado produzido pela Microchip Technology inc., que pertence da categoria dos micro controladores, ou seja, um componente integrado que em um único dispositivo contém todos os circuitos necessários para realizar um completo sistema digital programável.

O micro controlador adotado foi o PIC18F2550 que atendeu ao que foi previamente planejado, com sucesso. Foi programado e compilado utilizando o software PIC C Compiler, realizou o controle de todo o processo, desde os sensores de temperatura, até o atuador, um servo motor de precisão.

Atuador

Segundo Ottoboni (2002, p.8) de um servo motor são exigidos, entre outros, dinâmica, controle de rotação, torque constante e precisão de posicionamento.

O servo motor que age como atuador no sistema, recebe um controle por uma modulação PWM variável, permitindo a rotação de um grau para outro, esta precisão é possível utilizando um método manual de geração do PWM no micro controlador, fazendo com que uma das saídas do PIC fique ora em nível lógico alto, ora em nível lógico baixo por períodos totais de 20 milissegundos.

Este ciclo de controle acontece com uma frequência de 50 Hertz, e só é possível desta maneira pelo modo que foi realizado o código de programação, podendo ser alterado caso haja necessidade na prática.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os cálculos e as simulações realizadas, o sistema mostrou uma eficiência e precisão significativa, o tempo de estabilização da temperatura foi estimado por volta de 3 à 10 segundos.

O modelo final da válvula misturadora sem o circuito de controle está descrita na Figura 3, apesar da aparente complexidade, pode ser facilmente usinado, pois foi desenhado de forma a facilitar este processo, e dispensar outras montagens a parte, que encarecem o produto final.

O modo mais confiável de transmissão encontrado para interligar o atuador e a válvula, foi através de duas engrenagens, na qual o servo motor de precisão utilizado, não encontrará dificuldade em realizar aberturas de forma mais minuciosa.

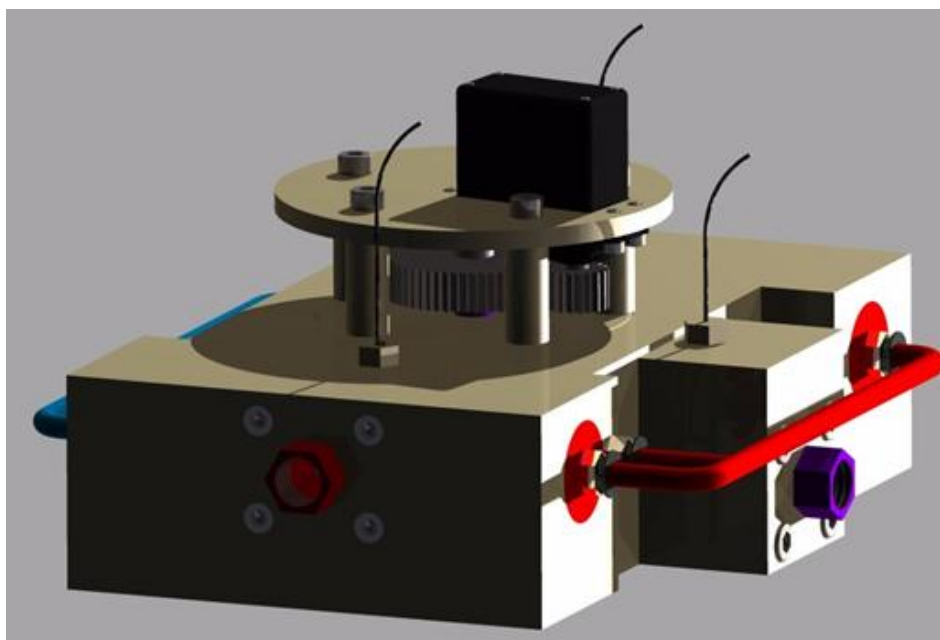


Figura 3 – Válvula montada com os sensores e o atuador. Fonte: autores.

Devido ao modo que a válvula foi projetada, outra vantagem observada é a segurança da válvula em relação a vazamentos, sendo determinado como elemento vedante para as partes móveis, o anel de vedação o-ring, que atende as necessidades da aplicação e resiste a altas temperaturas. Uma característica positiva que também pode ser observada, é que o servo motor está posicionado no ponto mais alto, de maneira a não receber calor do corpo da válvula, o que influenciaria no consumo de corrente elétrica e vida útil do componente. E por fim, pode-se considerar a questão de segurança em relação à ausência de um dos fluidos, o que igualaria a temperatura de saída à temperatura do fluido

presente na entrada. Nesta situação o sistema que equaliza as pressões de entrada se encarregará de bloquear o fluido presente na válvula, através do deslocamento do embolo do conjunto.

Foi discutida a possibilidade de montar um protótipo do projeto, e averiguar sua resposta na prática e comprovar os dados descritos.

CONCLUSÃO

A elaboração do misturados foi satisfatória, pois apresentou:

- Tempo inicial de resposta muito bom;
- Alta precisão na mistura dos fluidos;
- Capacidade de correção rápida e em tempo real;
- Sistema de segurança na ausência de um dos fluidos;
- Alta exatidão da temperatura desejada e;
- Formato compacto e eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P.U.B., THOMAZINI, D. – *Sensores Industriais*, 4ª Edição, Érica.

ANTONIO, M. *Programação de micro controladores PIC usando linguagem C*, Vitória, Agosto 2006.

<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/aula-4---servo-motor-13-03-2013-final.pdf>. Acesso em 09 outubro de 2015.

I SBA UNESP –. *Metodologia científica de sistemas automatizados* Disponível em: <http://fei.edu.br/sbai/SBAI1993/ARTIGOS/I_SBAI_52.pdf>. Acesso em: 13 out. 2015.

NEIMANN, G. *Elementos de máquinas*. Volume 3. Editora Blucher, 1971.

OTTOBONI, A. Servo - acionamentos. *Mecatrônica Atual*, São Paulo, v. 1, n. 6, p. 7- 14, outubro 2002.

PACIEVITCH, Y. *Linguagem C++*. Disponível em:
<http://www.infoescola.com/informatica/cpp/>. Acesso em 08 outubro de 2015.

RODRIGUES, M. *Atuadores e motores elétricos*. Disponível em:
<http://labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-sobre-tipos-de-motores-servo-motores-de-passo-e-corrente>. Acesso em: 11 outubro de 2015.

Desenvolvimento de um braço robótico de coordenadas cartesianas

Development of a cartesian coordinates robotic arm

Allan Spagnolo Benites¹

Guido Alves Slavec²

Prof. Me. Paulo Sérgio Barbosa dos Santos³

Resumo

O presente projeto tem como objetivo estudar o funcionamento de um braço robótico de coordenadas cartesianas, bem como o desenvolvimento de um protótipo. Foram realizadas simulações de movimento do protótipo em suas respectivas coordenadas com a utilização dos softwares Autodesk Inventor Pro 2016 e Festo Fluidsim Hydraulic. No decorrer do projeto serão apresentadas fotos do protótipo, cálculos e os resultados obtidos.

Palavras-chave: Braço cartesiano, Junta prismática, Robô de coordenadas cartesianas, Robótica.

Abstract

This project aims to study the operation of a cartesian coordinates robotic arm and also the development of a prototype. Prototype motion simulations were performed in their respective coordinates with the use of Autodesk Inventor Pro 2016 and Festo FluidSIM Hydraulic software. In the project course will be presented photos of the prototype, calculations and results.

Key words: Cartesian arm, Prismatic joint, Cartesian coordinates robot, Robotic.

¹ Acadêmico do 9º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, allanspagbeni@hotmail.com

² Acadêmico do 9º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, guidoslavec@gmail.com

³ Engenheiro de Controle e Automação, Mestre em Engenharia Mecânica pela UNESP. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, engpaulo.sbs@gmail.com

Introdução

A automação e a robótica, nas últimas décadas, tiveram um crescimento bastante significativo, tomando grande parte do mercado de trabalhadores (operários), motivado por preocupações relacionadas com o aumento da produtividade, redução de horários e segurança no trabalho. Esse interesse tem levado diversas entidades públicas e privadas, tais como universidades, agências governamentais e empresas, a efetuarem investigações, desenvolvimentos e aplicações nessas áreas (LOPES, 2002).

No século XVIII iniciou-se a era da automação industrial, onde as máquinas começaram a fazer parte do processo produtivo das indústrias e o desenvolvimento das técnicas de produção veio criar novas necessidades só possíveis de satisfazer com máquinas programáveis e flexíveis, dando origem aos primeiros robôs industriais (LOPES, 2002).

O conceito do moderno robô industrial foi criado por Joseph Engelberger. Em 1962, junto com George C. Devol, desenvolveu o primeiro protótipo de robô, chamado de *Unimate*, a ser utilizado em aplicações industriais diversas (PAZOS, 2002).

A partir daí a robótica firmou-se como uma ciência autônoma, de caráter multidisciplinar, penetrando em áreas tradicionalmente ligadas às engenharias mecânica, elétrica, mecatrônica e de computação revelando grande importância em áreas tão distintas como a exploração espacial, a exploração subaquática, a medicina ou a indústria. É, aliás, na indústria que tem sido investido o maior esforço, sendo a indústria automobilística um bom exemplo disso: robôs de pintura e de soldagem fazem parte integral da sua linha de montagem (LOPES, 2002).

Nos últimos anos, principalmente nas grandes regiões industriais do mundo, como Japão e Estados Unidos, por exemplo, o número de robôs instalados por ano tem aumentado gradativamente (CRAIG, 2012).

A Figura 1 mostra o número de robôs instalados por ano nos grandes centros industriais do planeta.

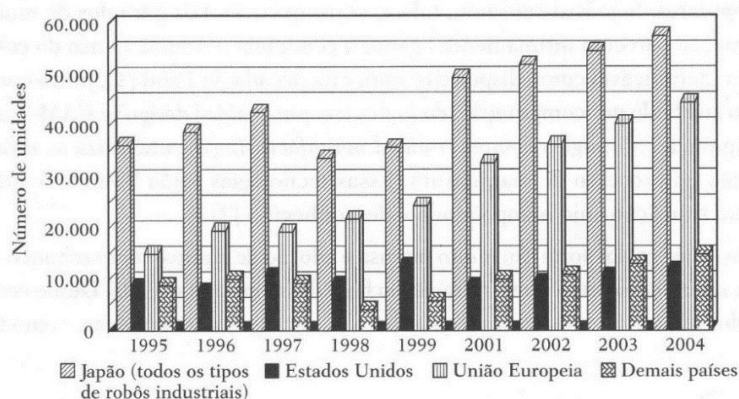


Figura 1 – Instalação anual de robôs industriais entre 1995 e 2004. Fonte: CRAIG (2012).

Um dos grandes motivos para o aumento do uso de robôs industriais é que seu custo vem declinando. A Figura 2 indica que, no decorrer da década de 1990, o preço dos robôs diminuiu enquanto o da mão de obra humana aumentou. Além disso, os robôs estão se tornando, também, mais eficientes, mais rápidos, mais precisos e mais flexíveis.

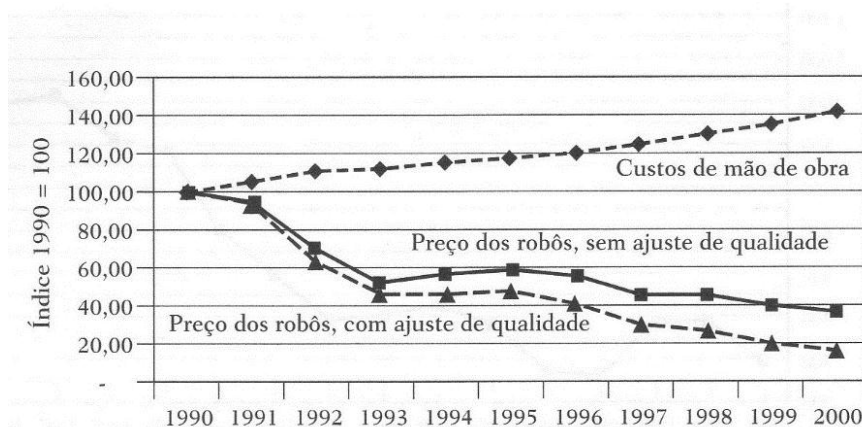


Figura 2 – Preço dos robôs comparado ao custo da mão de obra humana na década de 1990. Fonte: CRAIG (2012).

À medida que os robôs tornam-se mais econômicos na execução de suas funções, enquanto a mão de obra humana se torna cada vez mais cara, mais tarefas industriais viram alvos da automação robótica. Essa é a principal tendência que vem incentivando o crescimento do mercado de robôs industriais. Uma tendência secundária é que à medida que os robôs passam a ser mais capacitados, tornam-se aptos a realizar tarefas perigosas ou impossíveis de serem executadas por trabalhadores humanos (CRAIG, 2012).

Material e método

Conceito

Uma definição amplamente aceita do termo robô foi estabelecida pela Associação das Indústrias da Robótica (RIA): “Um robô industrial é um manipulador reprogramável, multifuncional, projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especiais em movimentos variáveis programados para a realização de uma variedade de tarefas” (PAZOS, 2002).

Um dos tipos de robôs mais utilizados, tanto na indústria quanto nos laboratórios de pesquisa, são os robôs manipuladores (ibidem). O robô manipulador mais conhecido é o famoso braço mecânico. Este é normalmente constituído por um conjunto de corpos rígidos, chamados elos, interligados em uma cadeia cinemática aberta por intermédio de juntas rotativas ou prismáticas. Uma das extremidades do manipulador encontra-se rigidamente ligada a uma base, enquanto que a extremidade oposta suporta o órgão terminal, podendo mover-se livremente no espaço (LOPES, 2002).

Todo robô manipulador tem em algum ponto da sua estrutura física um dispositivo chamado de efetuador. Este dispositivo tem como função operar sobre o objeto a ser manipulado, e pode ser uma ferramenta, como uma ponta de solda, por exemplo, destinada a soldar uma superfície. Em geral, trata-se de algum tipo de garra capaz de segurar uma peça com o intuito de deslocá-la pelo espaço de trabalho do robô. Em particular, os braços mecânicos costumam ter uma garra como efetuador, embora a maioria dos braços industriais permitam trocar esse dispositivo efetuador com facilidade (PAZOS, 2002).

Uma expressão importante e muito utilizada na robótica é “graus de liberdade do robô” (graus de movimento). Estes estão relacionados ao número total de juntas (articulações) existentes no manipulador.

Classificação dos robôs

Pazos (ibidem) afirma que existem diferentes configurações físicas nos robôs manipuladores. Essas configurações estão determinadas pelos movimentos relativos das três primeiras juntas, destinadas ao posicionamento do efetuador.

Efetivamente, elas podem ser prismáticas, de revolução, ou combinação de ambas. Para cada combinação possível existirá uma configuração física diferente. A configuração física independe do tamanho dos elos, pois eles determinarão em todo caso o tamanho do espaço de trabalho, mas não sua forma.

As configurações físicas, então, estão caracterizadas pelas coordenadas de movimento das três primeiras juntas, ou pelas três primeiras coordenadas generalizadas, que são as variáveis que representam o movimento delas.

Existem quatro tipos de configurações básicas de robôs manipuladores industriais:

1. Coordenadas cartesianas.
2. Coordenadas cilíndricas.
3. Coordenadas esféricas ou polares.
4. Coordenadas de revolução.

Como neste projeto o objetivo é a construção e a simulação de um robô de coordenadas cartesianas, será apenas especificado este tipo de manipulador.

No robô de coordenadas cartesianas as três primeiras juntas são prismáticas, isto é, cada um dos elos tem um movimento de deslocamento linear com respeito ao anterior, ou à base no caso do primeiro elo. A forma dos elos pode mudar muito entre um robô e outro, o que interessa é que cada um se deslocará linearmente com respeito ao anterior, permitindo ao efetuador se deslocar ao longo de três eixos perpendiculares entre eles (PAZOS, 2002).

A Figura 3 representa um esquema de braço robótico de coordenadas cartesianas.

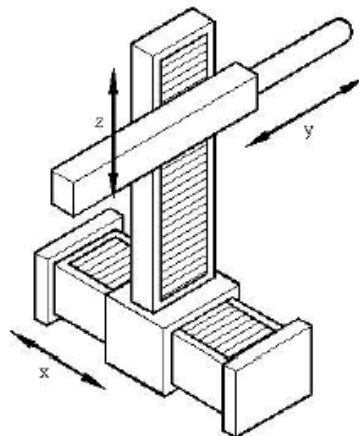


Figura 3 – Representação de um braço robótico cartesiano.

Fonte: PAZOS (2002).

Se for suposto no centro da base a origem de três eixos cartesianos ortogonais, chamados de x, y e z, fica claro que cada junta permite ao efetuador se movimentar ao longo de cada um desses três eixos, perpendiculares entre eles. Assim, a posição do efetuador com respeito a esse sistema de coordenadas estará determinado pelas três primeiras coordenadas generalizadas. A posição do efetuador no espaço das juntas, portanto, coincide com a posição no espaço de trabalho (PAZOS, 2002).

Neste tipo de manipulador, o ambiente de trabalho tem a forma de um prisma retangular e eles são muito utilizados quando é necessário atingir uma grande área. Uma vantagem é a facilidade de programação, pois é comum que o programador especifique uma trajetória do efetuador dentro do espaço de trabalho, trajetória que neste caso coincidirá com a especificada no espaço das juntas.

O protótipo

Para a construção do protótipo, foram utilizados uma chapa PS de poliestireno, cujas dimensões eram 2 m de comprimento, 1 m de largura e 2 mm de espessura, e três pares de seringas para a movimentação dos elos e juntas.

Após os dimensionamentos das juntas prismáticas, a chapa foi recortada para montar três juntas e dois elos. Cada junta foi construída com as seguintes medidas:

- Junta do eixo X: Sendo 4 retângulos com dimensões de 21 mm de largura, 26 mm de altura e 160 mm de comprimento. A união destes foi feita com a utilização de uma cola específica para o material de poliestireno, formando um retângulo prismático.
- Junta do eixo Y: Utilizando o mesmo princípio da junta X, tem-se 4 retângulos, porém com dimensões de 19 mm de largura, 25 mm de altura e 155 mm de comprimento, unindo-os é formado outro retângulo prismático.
- Junta do eixo Z: A maior de todas, foram utilizados 4 retângulos com dimensões de 30 mm de largura, 35 mm de comprimento e 475 mm de altura. Unindo esses retângulos com a cola, formou-se outro retângulo prismático.

Já os elos foram construídos com os seguintes dimensionamentos:

- Elo XZ: Sendo 4 retângulos com dimensões de 90 mm de largura, 90 mm de altura e 125 mm de comprimento. Unindo-os com cola, forma-se um retângulo prismático.
- Elo XY: Também foram utilizados 4 retângulos com dimensões de 85 mm de altura, 65 mm de largura e 65 mm de comprimento, que após unidos, formam um retângulo prismático.

Com a utilização do *software* Autodesk Inventor Pro 2016 foi feita a simulação do protótipo do braço robótico de coordenadas cartesianas, como pode ser vista na Figura 4.

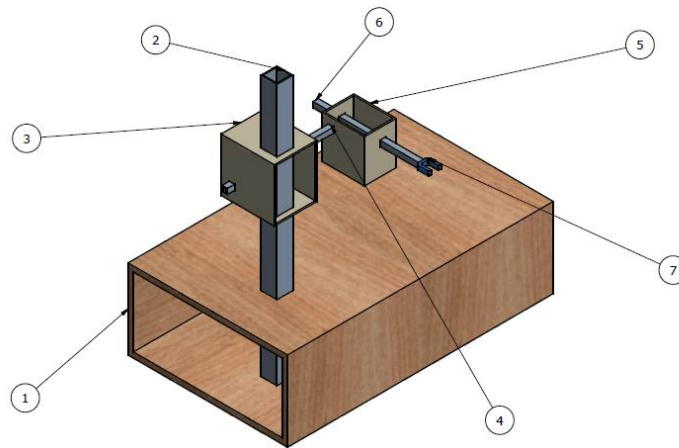


Figura 4 – Protótipo do braço robótico cartesiano projetado no Inventor 2016.
Fonte: Próprio Autor.

A Tabela 1, representa todas as peças do protótipo do braço robótico cartesiano.

Tabela 1 – Lista de peças.

Lista de Peças					
Item	Qtd	Nome da Peça	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)
1	1	Base	35	15	50
2	1	Junta Z	30	475	35
3	1	Elo XZ	90	90	125
4	1	Junta X	21	26	160
5	1	Elo XY	65	85	65
6	1	Junta Y	19	25	155
7	1	Atuador	7,5	2	7

Fonte: Autores.

A Figura 5 representa as projeções ortogonais do 3º diedro, ou seja, as vistas frontal, lateral esquerda e superior. Já a Figura 6, representa uma vista explodida do protótipo, para uma melhor visualização e entendimento do mesmo.

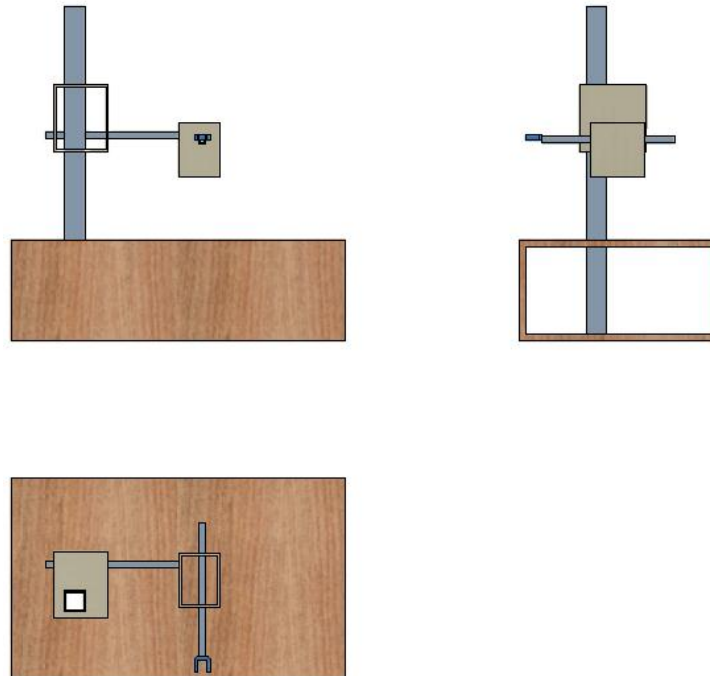


Figura 5 – Vistas do 3º Diedro: Frontal, Lateral Esquerda e Superior.
Fonte: autores



Figura 6 – Vista Explodida. Fonte: autores.

O braço robótico cartesiano será movimentado por um sistema de transmissão de força hidráulica, onde será utilizado mecanismos com seringas para simular as bombas hidráulicas e seus respectivos atuadores, além de mangueiras transparentes representando as mangueiras hidráulicas.

Um conceito básico e muito importante comumente usado no campo da hidráulica é a palavra Pressão. Esta é definida como força por unidade de área. No Brasil, a unidade de medida usada é a do Sistema Internacional de Unidades (SI), métrica, o Pascal (Pa) equivalente a um newton por metro quadrado (STEWART, 1981).

$$P = F/A \text{ [N/m}^2\text{]}$$

Brunetti (2008) ressalta que, a força aplicada sobre uma superfície pode ser decomposta em dois efeitos: um tangencial, que origina tensões de cisalhamento, e outro normal, que dará origem às pressões.

Além disso, uma lei que apresenta uma grande importância em problemas de dispositivos que transmitem e ampliam uma força através da pressão aplicada em um fluido é a Lei de Pascal. Esta define que a pressão aplicada em um ponto de um fluido em repouso transmite-se integralmente a todos os pontos do fluido (BRUNETTI, 2008).

Assim, com todos esses conceitos, foi possível a movimentação do protótipo do braço cartesiano. A junta prismática do eixo Z é fixa, contudo o elo XZ será deslocado por um par de seringas de volume 60 ml, ambas conectadas por uma mangueira de 2 mm de espessura e 6 mm de diâmetro interno. Já as juntas dos eixos X e Y serão deslocadas, respectivamente, por pares de seringas cujo volume é de 20 ml e conectadas por uma mangueira de 1 mm de espessura e 4 mm de diâmetro interno.

Através do *software* Festo Fluidsim Hydraulic foi feita uma simulação de como seria o movimento de avanço e recuo da seringa no protótipo. O sistema hidráulico (bomba hidráulica, filtro e reservatório) representa cada seringa de sua respectiva junta, bem como os atuadores (cilindros de dupla ação) representam as seringas que proporcionaram os movimentos do braço robótico cartesiano. A Figura 7 representa essa simulação.

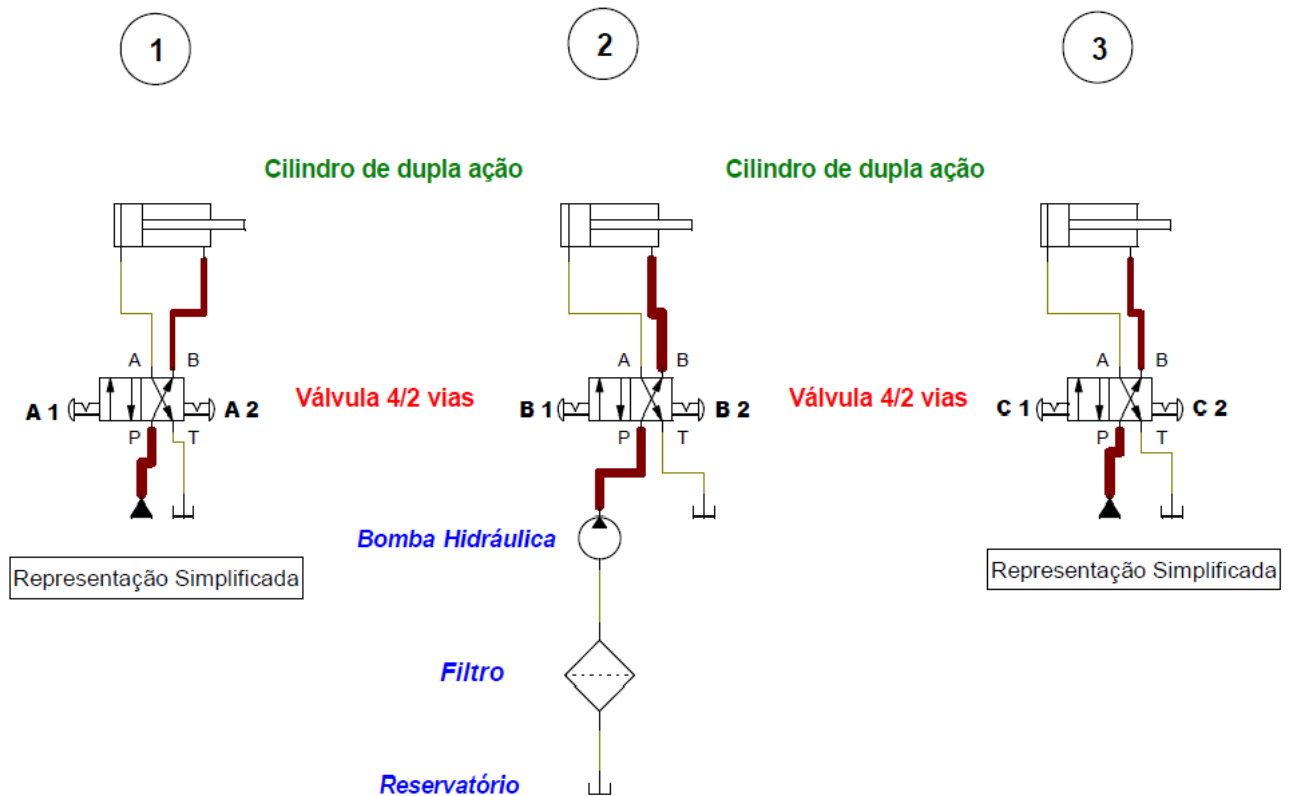


Figura 7 – Simulação dos movimentos de avanço e retorno da seringa através do Fluidsim. Fonte: autores.

De acordo com a simulação, o circuito 2 representa o sistema hidráulico do eixo X. Ao acionar o botão B1, ocorre o avanço do cilindro, no caso do protótipo, o avanço da seringa, devido ao deslocamento volumétrico causado pela bomba, representada por outra seringa. Isso faz com que haja um deslocamento no sentido positivo do eixo X. Ao acionar o botão B2, temos o recuo do cilindro (seringa), provocando um deslocamento no sentido negativo de X.

Os circuitos 1 e 3 têm o mesmo princípio de funcionamento descrito acima. No entanto, o circuito 1 representa o sistema hidráulico do eixo Y, enquanto o circuito 3 representa o sistema hidráulico do eixo Z. Vale ressaltar que, no eixo Z, a junta é fixa, portanto é o elo XZ que será deslocado no sentido positivo e negativo de Z.

Discussão

Após a simulação do braço robótico cartesiano nos *softwares* Autodesk Inventor Pro 2016 e Festo Fluidsim Hydraulic, bem como a construção do protótipo, foram obtidos alguns resultados.

Em relação aos movimentos nos eixos X, Y e Z, as seringas do eixo X promovem um deslocamento de 50 mm, enquanto no eixo Y um deslocamento de 40 mm e no eixo Z um deslocamento de 110 mm.

Além disso, com a aplicação de uma força de 2 Kgf (19,6 N) no êmbolo de cada seringa, e através da fórmula que define que pressão é força por unidade de área ($P = F/A$), sabendo os diâmetros do êmbolo de cada seringa, consegue-se determinar a pressão. A seringa de 60 ml possui um diâmetro interno de 28 mm enquanto as seringas de 20 ml possuem 21 mm de diâmetro.

Para calcular a área do êmbolo da seringa, utilizou-se o conceito de área de uma circunferência, ou seja, esta é determinada por: $A = \pi r^2$. Assim, determina-se que a pressão nas seringas dos eixos X e Y é de $5,62E-2 \text{ N/mm}^2$ e a pressão na seringa do eixo Z é de $3,18E-2 \text{ N/mm}^2$.

Como, de acordo com a Lei de Pascal, a pressão aplicada em um ponto de um fluido em repouso transmite-se integralmente a todos os pontos do fluido, determina-se que a força exercida pela seringa que desloca o elo XZ é de também 2 Kgf, já que ambas as seringas são iguais. Essa mesma força também será aplicada pelas seringas que deslocam as juntas prismáticas X e Y. As figuras 8 e 9 representam a montagem do protótipo do robô manipulador cartesiano.

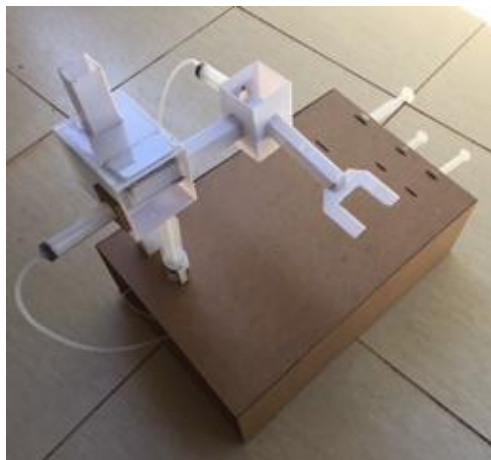


Figura 8 – Protótipo do robô cartesiano. Fonte: autores.



Figura 9 – Montagem do protótipo do manipulador cartesiano. Fonte: autores.

Considerações finais

Com a realização deste projeto chegou-se à conclusão de que a utilização da robótica está aumentando gradativamente com o passar dos anos. Isso porque em muitas aplicações nas indústrias, principalmente as metalúrgicas e de montagem de componentes ou partes em geral, a vantagem da automação é evidente.

Existem muitas razões óbvias para a utilização de robôs na produção industrial ou em outras aplicações, tais como:

- Redução de custos;
- Aumento da produtividade;
- Melhoria e consistência na qualidade final do produto;
- Minimizações de operações;
- Operações em ambientes hostis ou com materiais perigosos, além de operar em tarefas desagradáveis e repetitivas;
- Capacidade de trabalho por longos períodos sem interrupção.

Contudo, o uso da robótica gera consequências sociais. É evidente que a automação nas indústrias gera desemprego. Milhares de tarefas, principalmente nas linhas de produção, que antes eram executadas por operários de certa qualificação, agora são executadas por robôs. Alguma parte dessa mão de obra pode ser capacitada e reaproveitada na própria indústria, mesmo assim a mão de obra

necessária é muito menor que a empregada antigamente, quando utilizados métodos de produção manuais.

Além disso, pode-se concluir que o braço robótico de coordenadas cartesianas, apesar de atingir uma grande área de atuação e ser facilmente programável, ele é bem limitado por possuir poucos graus de liberdade, ou seja, suas juntas prismáticas só permitem movimentos lineares.

Devido à simplicidade do controle e a rigidez mecânica, os robôs manipuladores cartesianos são utilizados para transporte e armazenamento de cargas. Um exemplo de robô desta classe utilizado na automação de armazéns é o robô transelevador, utilizado para alocação e extração de objetos em armazéns verticais.

Através do protótipo pôde-se entender melhor seu funcionamento e características nele desenvolvidas, de acordo com cada elo e junta através das coordenadas x , y e z .

Referências

BRUNETTI, Franco. *Mecânica dos Fluidos*. 2ª edição – revisada. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2008.

CRAIG, John J. *Robótica*. 3ª edição. São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil, 2012.

LOPES, António M. *Modelação cinemática e dinâmica de manipuladores de estruturas em série*. 2002. Dissertação (Mestrado em automação, instrumentação e controle) – Universidade do Porto, FEUP, Porto.

PAZOS, Fernando. *Automação de sistemas & Robótica*. Rio de Janeiro: Editora Axcel Books do Brasil, 2002.

STEWART, H. L. *Pneumática & Hidráulica*. 3ª. edição São Paulo: Editora Hemus, 1981.

Braço Robótico TRR de Acionamento Hidráulico

Robotic Manipulator TRR Hydraulic Drive

Bruno dos Santos Marques¹
Felipe Camargo Marinho²
Prof. Me. Paulo Sérgio Barbosa dos Santos³

Resumo

O presente trabalho tem como finalidade a construção de um braço robótico de três graus de liberdade do tipo TRR de acionamento hidráulico realizados com seringas. O objetivo da realização do projeto é a demonstração de juntas e graus de liberdade, com a proposta de construção de um dispositivo fácil de ser montado, se utilizando de materiais simples e baratos. O artigo abordará a fundamentação teórica demonstrando os principais tipos de juntas existentes em manipuladores e suas configurações físicas. Serão mostradas as características da configuração utilizada, e as variáveis envolvidas para o cálculo da cinemática direta do projeto. Serão apresentados os resultados obtidos quanto à área de trabalho do manipulador e as dificuldades encontradas, apresentando proposta para trabalhos futuros.

Palavras-chave: Braço Robótico, Manipulador, Acionamento Hidráulico, Graus de liberdade, Cinemática Direta.

Abstract

The present work aims to build a robotic arm of three degrees of freedom of the TRR type hydraulic drive with syringes. The goal of the realization of the project is the demonstration of joints and degrees of freedom, with the proposed construction of a device easy to be mounted, using simple and inexpensive materials. This article will be discussed the theoretical basis for demonstrating the main types of joints in handlers and their physical settings. Will be shown the characteristics of the setting used, and the variables involved for the calculation of the direct kinematics of the project. Will be

¹ Acadêmico do 9º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, bruno_santos_marques@hotmail.com

² Acadêmico do 9º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, fcm.eng@hotmail.com

³ Engenheiro de Controle e Automação, Mestre em Engenharia Mecânica pela UNESP. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, engpaulo.sbs@gmail.com

presented the results obtained as to handler and the difficulties encountered, showing a proposal for further work.

Key words: Robotic Arm, Manipulator, Hydraulic Drive, Degrees of Freedom, Direct Kinematics.

Introdução

Robôs são definidos como manipuladores multifuncionais, capazes de realizarem diversas tarefas através de programação. Eles são desenvolvidos para serem capazes de manipular diversos objetos, como materiais, dispositivos específicos e ferramentas para realização dessas tarefas.

Esses manipuladores possuem diversas nomenclaturas como: robôs, manipuladores mecânicos, braços robóticos entre outros. E são projetados para a realização de trabalhos que seriam feitos por humanos, que sejam desgastantes, repetitivos, ou em ambientes insalubres que ofereçam riscos a saúde das pessoas.

Os braços robóticos para seu desenvolvimento, operação e manutenção, faz grande uso da mecatrônica, que é a junção de diversas áreas como mecânica elétrica e informática. Sua concepção está intimamente envolvida na área da automação que em um contexto industrial pode ser definida como a tecnologia que se ocupa da utilização de sistemas mecânicos, eletroeletrônicos e computacionais na operação de controle da produção (PAZOS, 2002).

Visando demonstrar e aprimorar os conhecimentos na área da robótica, surgiu à ideia de confecção de um braço robótico do tipo TRR com três graus de liberdade, com acionamento através de seringas comuns com um líquido confinado para realizar a transmissão da força exercida, convertendo essa força aplicada em movimento dos elos.

O objetivo da construção do manipulador é o apelo didático para a demonstração e compreensão dos graus de liberdades, tipos de junta e cinemática direta que envolve um manipulador desse modelo.

Tem como propósito também a realização do projeto, uma maneira simples e dinâmica de construção de tal dispositivo, se utilizando de materiais simples e de baixo custo.

Fundamentação Teórica

Os manipuladores são constituídos de corpos rígidos, que não devem sofrer deformações decorrentes das forças que são aplicadas sobre ele. Esses corpos são chamados de elos e geralmente são confeccionados em aço ou materiais que possuem alta resistência em relação a essas forças exercidas.

Os elos são interligados por juntas, que permitem movimentos relativos entre eles, conforma-se assim uma cadeia cinemática aberta de elos interligados por juntas (PAZOS, 2002).

A figura 1 a seguir ilustra a cadeia de elos e juntas.

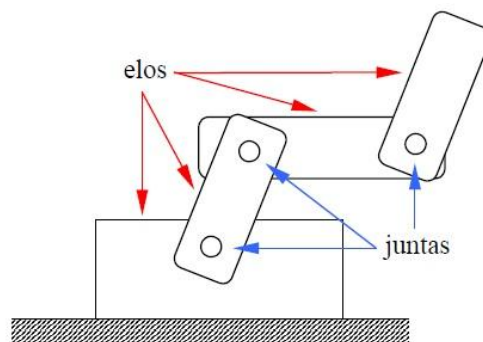


Figura 1 – Elos e Juntas. Fonte: Carrara (2014).

Essas juntas podem ser de vários tipos dependendo de inúmeros fatores como a geometria e disposição dos elos e os movimentos necessários que o braço precisa realizar. Conforme os movimento que as juntas iram realizar elas podem ser rotacional, cilíndrica, prismática, esférica, parafuso e planar. A figura 2 a seguir ilustra os principais tipos de juntas.

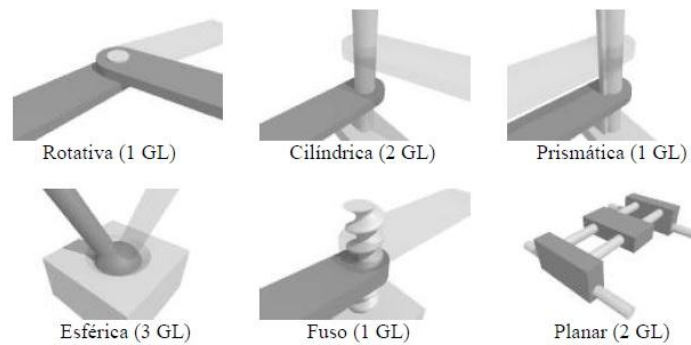


Figura 2 – Tipos de juntas. Fonte Carrara (2014).

As juntas mais utilizadas no meio industrial para braços robóticos em geral são apenas as prismáticas e as juntas rotativas, sendo a junta planar nada mais que uma junção de duas juntas prismáticas.

As juntas rotativas ainda podem ser classificadas de acordo com a direção do elo de entrada em relação ao eixo de rotação, podendo ser: Rotativa de torção ou torcional (T), no qual os elos de entrada e de saída possuem a mesma direção do eixo da junta; Rotativa rotacional, cujos elos de entrada e os elos de saída são perpendiculares ao eixo de rotação da junta; e a Rotativa revolvente (V), em que o elo de entrada possui a mesma direção do eixo de rotação da junta, porém é perpendicular ao elo de saída. A figura 3 representa as classificações das juntas rotativas.

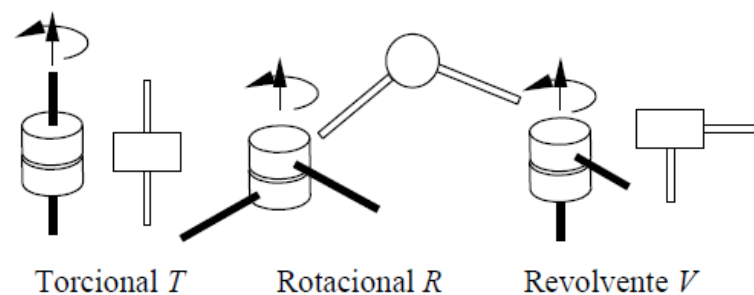


Figura 3 – Tipos de juntas rotativas. Fonte: Carrara (2014).

Os Graus de liberdade de um manipulador são definidos como o número total de movimentos independentes que um dispositivo pode efetuar (SANTOS, 2004). Sendo assim os graus de liberdades é uma somatória do número total de juntas que um manipulador possui.

Geralmente um manipulador convencional possui entre cinco e seis graus de liberdade para obter sua mobilidade total. Com menos de cinco graus de liberdade o manipulador poderia ter sua posição de trabalho reduzida, porém quanto maior for o número de graus de liberdade que esse manipulador tiver, mais complexa será sua dinâmica e sua cinemática.

O espaço de trabalho do manipulador é o termo que se refere ao espaço dentro do qual ele pode movimentar o efetuador. Ele é definido como o volume total conformado pelo percurso do extremo do último elo, o punho, quando o manipulador efetua todas as suas trajetórias possíveis (PAZOS, 2002).

Geralmente, para definir o volume do manipulador não é considerada a presença do efetuador, pois ele iria variar muito conforme o tipo de efetuador utilizado. Por exemplo, o volume de trabalho iria variar dependendo se o efetuador fosse uma garra, ou um eletrodo. A figura 4 a seguir ilustra diversos volumes de trabalhos.

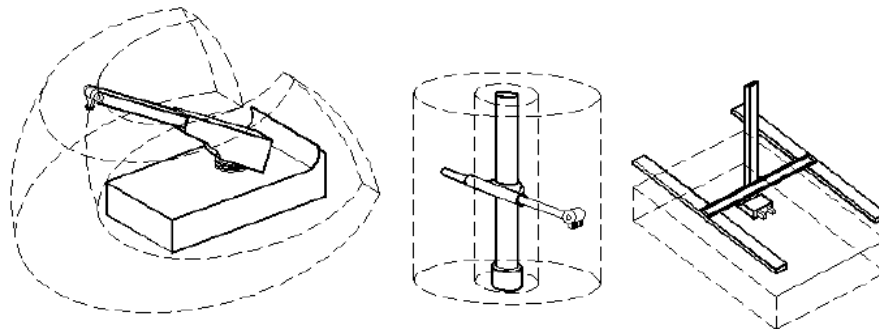


Figura 4 – Diversos volumes de trabalhos. Fonte: Pazos (2002).

De acordo com o número e os tipos de juntas que um manipulador possui, se dará sua anatomia que será utilizada em alguma aplicação específica. Essas configurações estão determinadas pelos movimentos relativos das três primeiras juntas, destinadas ao posicionamento do efetuador (PAZOS, 2002). Essas juntas podem ser prismáticas, de revolução, ou a combinação de ambas. Para cada tipo de combinação possível existirá uma anatomia diferente.

As configurações físicas estão caracterizadas pelas coordenadas de movimento das três primeiras juntas, ou pelas coordenadas generalizadas, que são as variáveis que representam o movimento delas (PAZOS, 2002).

Os manipuladores em relação as suas coordenadas são classificados basicamente em: Coordenadas cartesianas; Coordenadas cilíndricas; Coordenadas esféricas ou polares; e coordenadas de revolução. A figura 5 a seguir ilustra o esquema dessas quatro configurações.

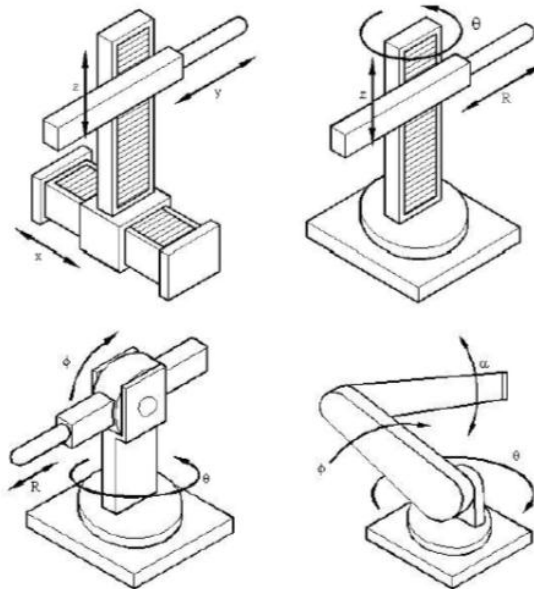


Figura 5 – Configurações dos manipuladores. Fonte: Pazos (2002).

O manipulador de coordenadas de revolução, que no caso é o adotado no projeto em questão, possui três juntas rotativas, que permite ao manipulador grande mobilidade em um curto espaço. As juntas desse manipulador possuem ângulos de abertura, que serão essenciais para os cálculos da cinemática do braço, e o volume de trabalho gerado por ele será de uma semiesfera devido a limites mecânicos no ângulo de giro de cada junta. A figura 6 a seguir ilustra um braço revoluto.

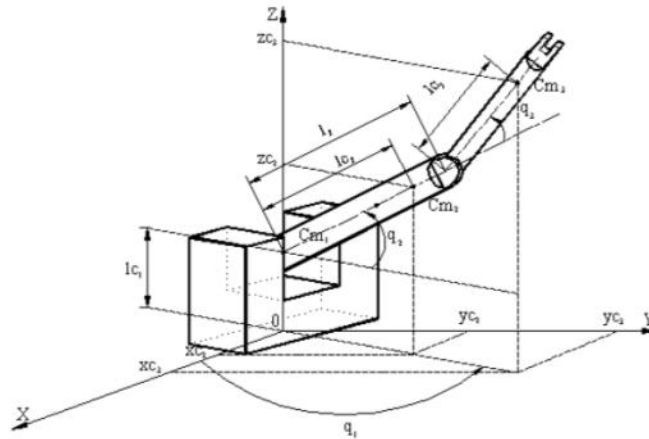


Figura 6 – Braço robótico de coordenadas de revolução. Fonte: Pazos (2002).

A cinemática trata do estudo dos movimentos dos robôs sem considerar as causas que lhe dão origem (GROOVER, 1988). Para tratar dos movimentos dos manipuladores é necessário desenvolver técnicas para calcular e representar a posição desse manipulador no espaço, adotando então coordenadas cartesianas em x , y e z . A figura 7 a seguir ilustra o braço no espaço.

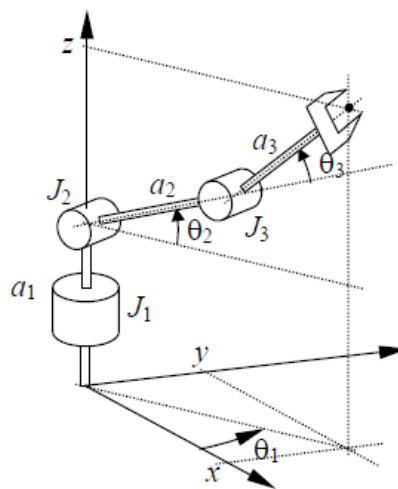


Figura 7 – Representação do braço no espaço. Fonte: Carrara (2014).

Para se visualizar os movimentos e os ângulos, é necessária a criação de duas vistas esquemáticas do braço: uma lateral para se observar os movimentos verticais e uma superior para se observar os movimentos horizontais. Essas vistas mostram esquematicamente as principais medidas a serem obtidas por relações geométricas. A figura 8 a seguir ilustra as vistas superior e lateral.

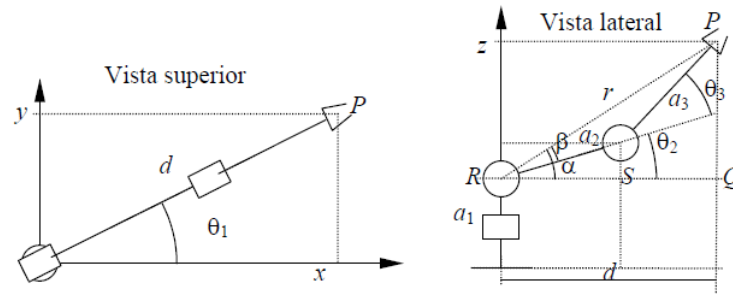


Figura 8 – Vista Superior e Vista lateral do manipulador. Fonte: Carrara (2014).

A projeção do ponto P no órgão terminal sobre o plano xy fornece a distância horizontal “d”, que corresponde ao comprimento x. Esta distância pode ser obtida pelas projeções dos elos a_2 e a_3 , resultando na equação:

$$d = a_2 \cos \theta_2 + a_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) \text{ (CARRARA, 2014).}$$

Da vista superior, percebe-se que a distância d é a hipotenusa de um triângulo retângulo, o que permite então a decomposição em x y e z da seguinte maneira:

$$x = d \cos \theta_1 = [a_2 \cos \theta_2 + a_3 \cos(\theta_2 + \theta_3)] \cos \theta_1 ;$$

$$y = d \sin \theta_1 = [a_2 \cos \theta_2 + a_3 \cos(\theta_2 + \theta_3)] \sin \theta_1 ;$$

$$z = a_1 + a_2 \sin \theta_2 + a_3 \sin(\theta_2 + \theta_3).$$

Um efetuador, ou órgão terminal é um dispositivo que é fixado no final do último elo do manipulador e que permite ao robô realizar uma tarefa específica (PAZOS, 2002). Geralmente esses dispositivos são projetados especificamente para uma tarefa, mas existem dispositivos gerais que se enquadram na realização de diversas tarefas. Esse efetuador é destinado ao manuseio concreto da peça a ser manipulada, através de sua movimentação adequada.

Existem inúmeros tipos de efetuadores para as mais variadas funções de trabalho, dividindo se essencialmente entre garras, ou ferramentas específicas. A figura 9 a seguir ilustra alguns modelos de garras.

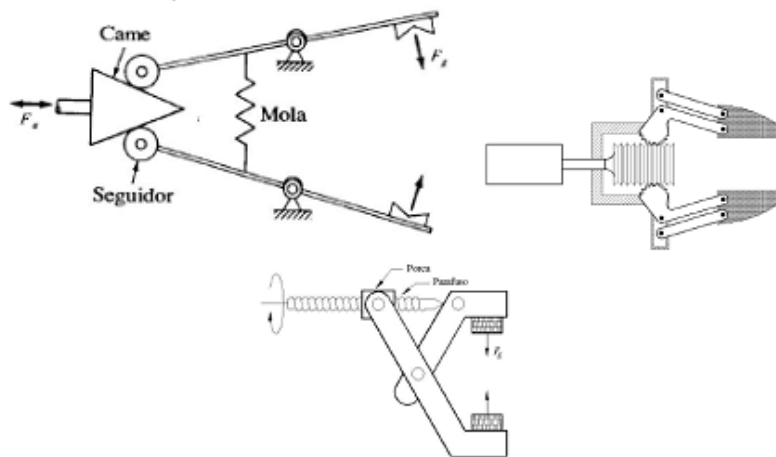


Figura 9 – Modelos de garras. Fonte: Pazos (2002).

Para o acionamento real do protótipo utilizamos seringas comuns, com água em seu interior transmitindo a força exercida em uma das seringas para a outra se baseando no princípio de pascal.

Blaise Pascal que foi um físico e matemático, propôs que o acréscimo (ou diminuição) de pressão, produzido em um ponto de um líquido em equilíbrio, se transmite integralmente para todos os pontos do líquido. Tendo em vista esse fundamento, foi possível a criação de um dispositivo mecânico, que funciona como um elevador hidráulico, constituído de dois cilindros, que no caso são as seringas, ao qual é exercida uma força sobre a primeira seringa que é transmitida para a outra. Essa relação entre forças é descrita pela fórmula:

$$\frac{F1}{A1} = \frac{F2}{A2}$$

Onde F1 é a força exercida sobre a área 1, que é igual a força F2 exercida sobre a área 2. E através desse princípio que foi possível realizar a movimentação dos elos. A figura 10 ilustra o princípio de pascal.

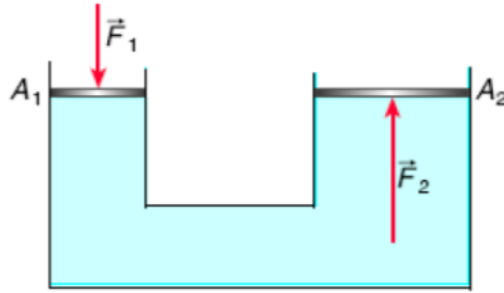


Figura 10 – Princípio de Pascal. Fonte: Marques (2009).

Materiais e Métodos

No caso deste projeto foi utilizado placas de MDF, que tem como principais características ser leve, de baixo custo, além de ser um material fácil de trabalhar se tratando dos quesitos corte e furos a serem realizados.

O modelo de junta adotado foi do tipo rotativa, por ser um tipo de junta muito versátil e fácil de confeccionar em vista a ideia de fácil fabricação do dispositivo. A junta foi obtida através da fixação dos elos por parafusos, que proporciona a rotação relativa dos elos entre si. A figura 11 ilustra o modelo de juntas utilizadas no projeto.

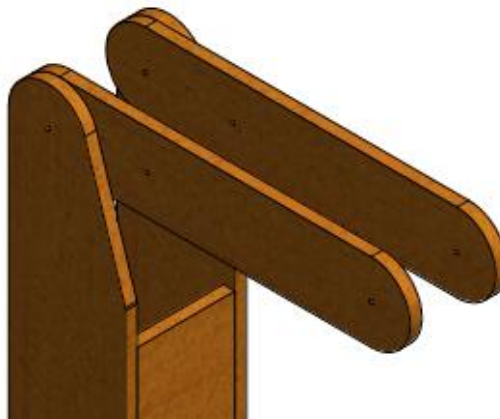


Figura 11 – Tipo de junta utilizado no projeto. Fonte: autores.

Para atender os propósitos do projeto utilizamos um modelo de três graus de liberdade proveniente das três juntas rotacionais. Devido o braço robótico em questão possuir uma junta rotativa torcional e duas rotativas rotacionais é

atribuído a ele a configuração de manipulador articulado vertical TRR, que é uma configuração que possibilita grande mobilidade a robôs, assemelhando seus movimentos a um braço humano. . A figura 12 a seguir ilustra os graus de liberdade do projeto.

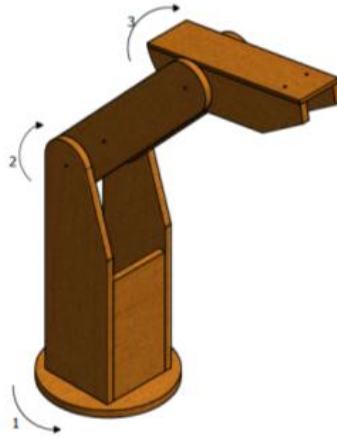


Figura 12 – Graus de liberdade do projeto. Fonte: autores.

Para realização deste projeto optamos como efetuator as garras, que são definidos como efetutores destinados a pegar e segurar objetos para seu deslocamento dentro do espaço do manipulador (PAZOS, 2002). As garras do projeto são semelhantes a duas pinças, que foram baseadas em diversos modelos diferentes, se enquadrando no propósito do projeto. A figura 13 a seguir ilustra as garras do projeto.

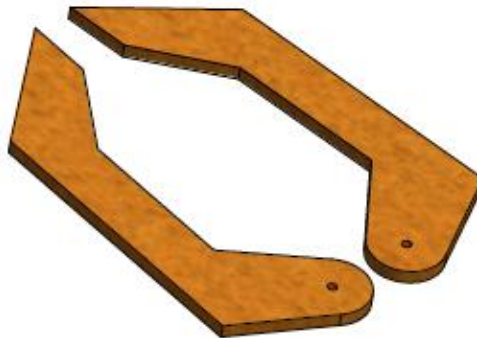


Figura 13 – Garras do projeto. Fonte: autores.

Para realização dos movimentos do braço robótico foram utilizadas oito seringas de 10 ml, fixadas aos elos com abraçadeiras plásticas. A realização da movimentação dos elos e da garra tem como base as leis de Pascal, transmitindo o movimento realizado de uma para outra através de um fluido comprimido, que no caso do projeto é água, através de mangueiras transparentes e flexíveis.

Através da movimentação dos elos proporcionada pelas seringas utilizadas, foi possível se extrair os ângulos de movimentação de cada elo, que em conjuntos com outros dados como tamanho dos mesmos foi possível à realização do cálculo da cinemática direta do braço robótico. A Figura 14 ilustra as dimensões adquiridas.

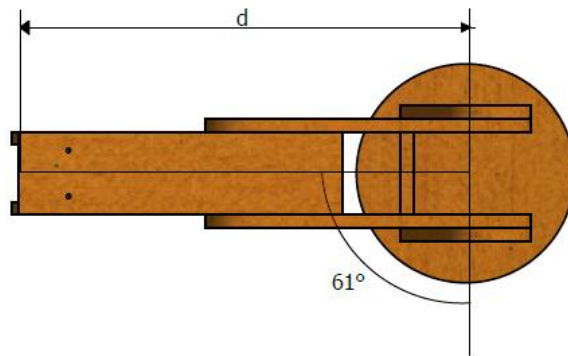


Figura 14 (a) – Dimensões para cálculo da cinemática direta. Fonte: autores.

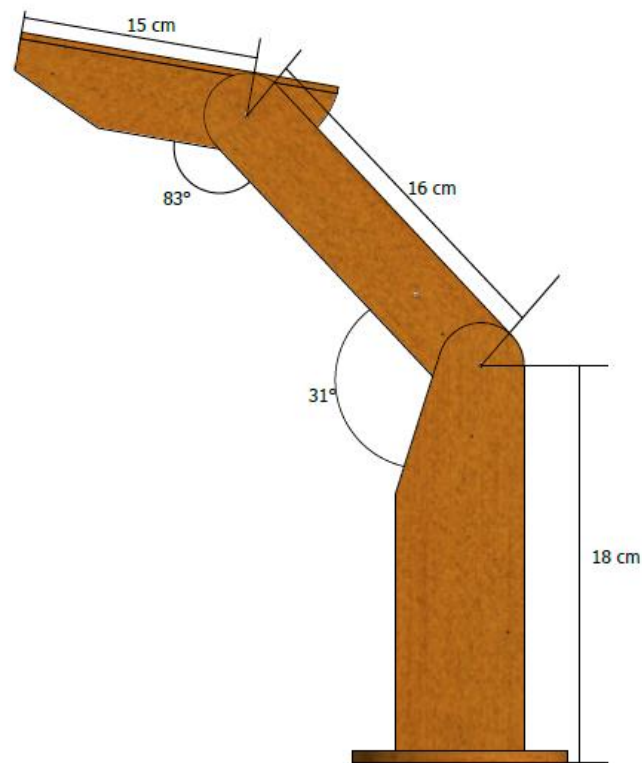


Figura 14 (b) – Dimensões para cálculo da cinemática direta. Fonte: autores.

De posse dos ângulos e medidas dos elos foi possível calcular a variável “d” de acordo com o que já foi fundamentado anteriormente.

$$d = a_2 \cos \theta_2 + a_3 \cos(\theta_2 + \theta_3)$$

$$d = 16 \cos(31) + 15 \cos(31 + 83)$$

$$d = 13,71 - 6,10$$

$$d = 7,60 \text{ cm}$$

Por fim, com o valor da variável “d” encontrado, partimos então para o cálculo da decomposição das coordenadas no plano x, y e z.

$$x = d \cos \theta_1 = [a_2 \cos \theta_2 + a_3 \cos(\theta_2 + \theta_3)] \cos \theta_1$$

$$x = 7,60 \cos(61) = 3,68 \text{ cm}$$

$$y = d \sin \theta_1 = [a_2 \cos \theta_2 + a_3 \cos(\theta_2 + \theta_3)] \sin \theta_1$$

$$y = 7,60 \sin(61) = 6,64 \text{ cm}$$

$$z = a_1 + a_2 \sin \theta_2 + a_3 \sin(\theta_2 + \theta_3)$$

$$z = 18 + 16 \operatorname{sen}(31) + 15 \operatorname{sen}(31 + 82)$$

$$z = 18 + 8,24 + 13,70 = 39,94 \text{ cm}$$

$$x = 3,68 \text{ cm}$$

$$y = 6,64 \text{ cm}$$

$$z = 39,94 \text{ cm}$$

Discussão

Com a realização do protótipo e cálculos da cinemática direta dele, obtivemos como resultado de espaço de trabalho parte de uma semiesfera, que se torna satisfatória tendo em vista as limitações proporcionadas pela utilização das seringas para a movimentação do dispositivo. A figura 15 ilustra o espaço de trabalho do manipulador.

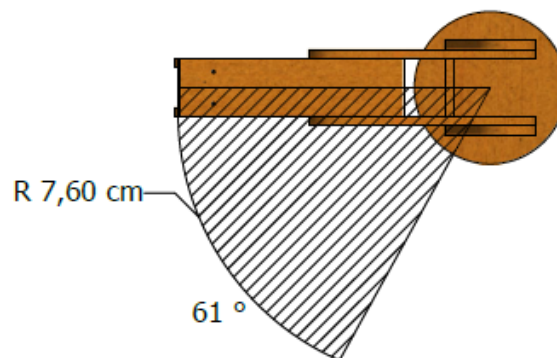


Figura 15 (a) – Espaço de trabalho do manipulador. Fonte: autores.

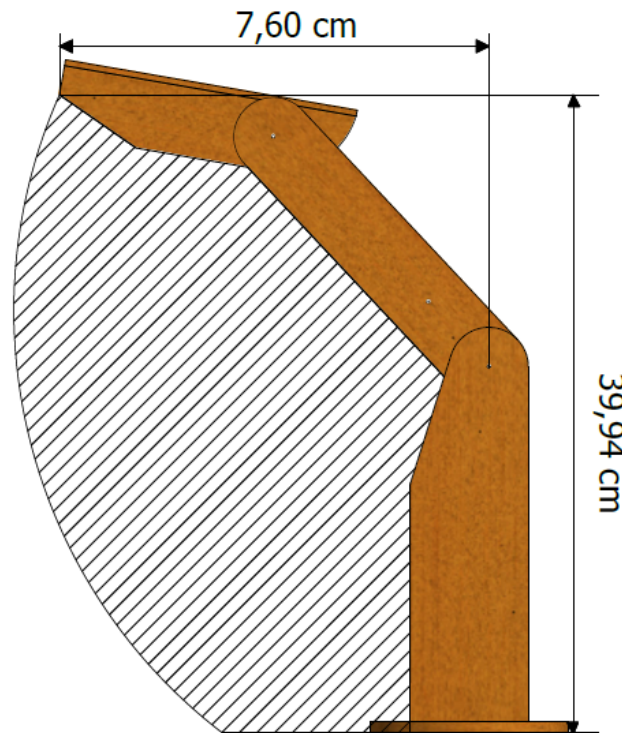


Figura 15 (b) – Espaço de trabalho do manipulador. Fonte: autores.

Considerações Finais

Através dos resultados obtidos, podemos concluir que o propósito do trabalho foi alcançado, que era a realização e confecção de projeto de um braço robótico do tipo TRR, com acionamento hidráulico através de seringas. Como foi proposta sua montagem é relativamente simples, com materiais baratos e fáceis de serem encontrados.

O braço possui uma boa movimentação e para fins didáticos de representação de juntas e demonstração de graus de liberdade ele atende bem o propósito.

Foi constatado que o manipulador possui limitações no giro da primeira junta, devido à dificuldade de transformação do movimento linear da seringa para o movimento rotacional da base.

Para trabalhos futuros, fica a oportunidade de melhoria no sistema de giro da base do manipulador, através de um mecanismo que aproveite melhor o movimento linear da seringa, aumentando o giro da primeira junta. Com isso será

agregada uma maior mobilidade ao mesmo, melhorando e aumentando significativamente seu espaço de trabalho.

Referências

CARRARA, Valdemir. *Apostila de Robótica*. Universidade Braz Cubas, 2014. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/2467940-Universidade-braz-cubas-area-de-ciencias-exatas-engenharia-mecanica-engenharia-de-controle-e-automacao-apostila-de-robotica.html>> acesso dia 30/03/2016.

GROOVER, Groover, M. P.; Weiss, M.; Nagel, R. N.; Odrey, N. G. *Robótica. Tecnologia e Programação*. McGraw-Hill, São Paulo, 1989. (Edicao esgotada).

MARQUES, Nelson Luiz Reyes. *Apostila Mecânica dos Fluidos*. Universidade do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <<http://www.nelsonreyes.com.br/Fluidos.pdf>> acesso dia 13/05/2016.

PAZOS, Fernando. *Automação de Sistemas e Robótica*, Rio de Janeiro, Axcel books,r, 2002.

QUARESMA, Bruno J.C, *Projeto mecânico de construção de um manipulador robótico articulado de baixo custo para fins didáticos*. Artigo acadêmico Institutos de estudo Superiores da Amazônia, Belém, 2012.

SANTOS, Vitor M.F. *Apostila Robótica industrial*. Universidade Aveiro, 2004. Disponível em: <<http://www.ece.ufrgs.br/~rventura/RoboticaIndustrial.pdf>> Acesso dia 30/06/2016.

Domótica: Automação para Residências

Domotics: Automation for homes

Caio Henrique Fiorin Bernabé¹
Gabriel Henrique Borges Castelli de Araújo¹
Prof. Me. Paulo Sérgio Barbosa dos Santos²

Resumo

O presente trabalho aborda a aplicação da domótica, voltada para automação residencial, tem como objetivo esclarecer sua aplicação, facilidade perante manuseio, abordar seus possíveis benefícios, definir e ressaltar que, a domótica não está muito longe da realidade atual, a cada dia avança de maneira forte e gritante, porém, ainda é desconhecida pela maior parte da população e vista como parte de ficção científica. No entanto, com o grande avanço da tecnologia e a compactação de componentes eletrônicos a automação residencial tende em muito a se popularizar pelas suas vantagens e privilégios.

Palavras-chave: Automação Residencial, Domus, Componentes, Tecnologia.

Abstract

This paper discusses the application of home automation, home automation, oriented aims to clarify its application, ease before handling, addressing their possible benefits, define and emphasize that, home automation is not far from the current reality, every day advances the way strong and striking, however, is still unknown to the majority of the population and seen as part of science fiction. However, with the great advancement of technology and the compression of electronic components to home automation tends in a lot to popularize the advantages and privileges.

Keywords: Home Automation, Domus, Components, Technology.

¹ Acadêmico do 9º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP.

¹ Acadêmico do 9º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP.

² Engenheiro de Controle e Automação, Mestre em Engenharia Mecânica pela UNESP. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, engpaulo.sbs@gmail.com

Introdução

Com a incessante busca por conforto, segurança e acessibilidade, cansado dos métodos tradicionais, surgiu um meio onde seria possível, executar uma atividade seja ela qual for, realizando o mínimo de esforço possível e por muitas vezes até mesmo sem a necessidade de qualquer comando, de tal forma a proporcionar ao usuário certa comodidade. Com o passar dos dias e com a intenção de se superar em cada um deles, o homem adquiriu grande aliada, a Domótica.

Segundo o site Sislite, Domótica é uma nova tecnologia, responsável pelo gerenciamento de recursos habitacionais. Tendo como origem a fusão entre as palavras, “Domus”, que significa casa e a palavra “Robótica”, que consiste no ato de automatizar, realizar de maneira automática.

Com o avanço da tecnologia, a compactação de componentes eletrônicos e a acessibilidade a meios de informação, permitiu que a domótica deixa-se de somente ser parte de filme de ficção científica e fosse empregada no dia-a-dia de milhões de pessoas.

A domótica fornece ao seu usuário um grande leque de opções, que por muitas vezes vem a reforçar sua segurança e conforto. Dentre todos o com maior destaque vem a ser o conforto, pois, tudo se torna possível com um simples clique, já não há a necessidade de levantar do sofá para pegar o controle ou ligar a televisão manualmente, muito menos apagar uma luz que esqueceu acesa, todos esses fatores já não se tornam mais um fardo e sim todos ao seu alcance, basta um click.

O trabalho visa a elaboração de uma maquete em MDF, representando uma residência com 06 cômodos, sendo eles, sala de estar, sala de jantar, cozinha, dormitório, banheiro e garagem, composto por um sistema de iluminação, sistema de segurança com sensores e alarme e um sistema de controle para abrir e fechar o portão da garagem, todos com a finalidade destacar a simplicidade da instalação e os benefícios que a mesma possibilita.

A Figura 1, ilustra planta da residência elaborada para o projeto.

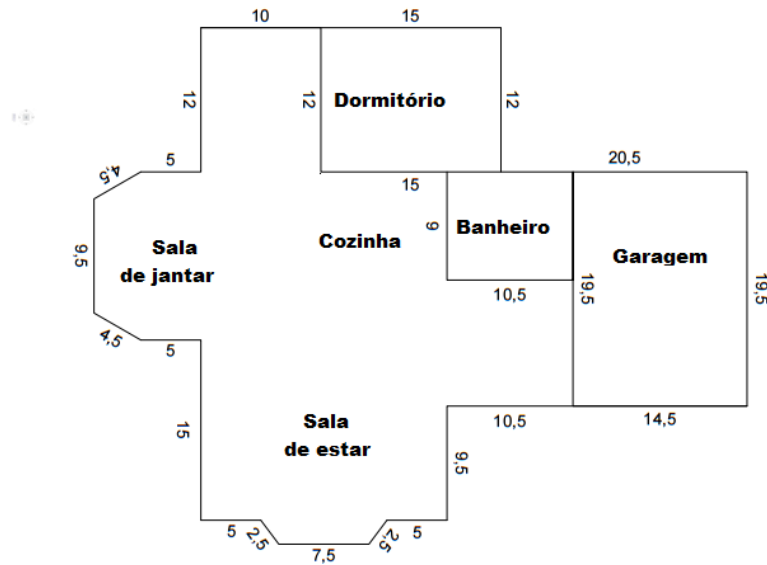


Figura 1 – Planta da residência em centímetros. Fonte autores.

Metodologia

Com o objetivo de demonstrar a aplicação da domótica, preocupou-se em desenvolver um projeto, onde fosse possível ver em tempo real o funcionamento e a comodidade que o mesmo possibilita ao usuário.

A Figura 2, ilustra maquete em MDF, sem acabamento.

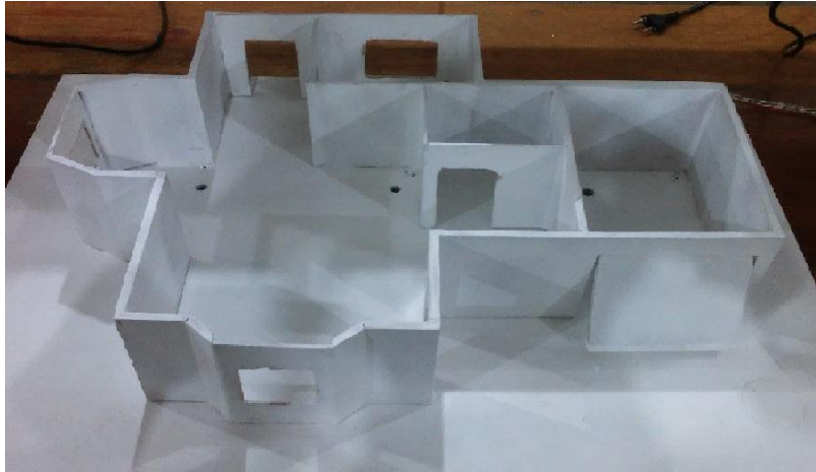


Figura 2 – Maquete em MDF. Fonte: autores.

Para isso fora elaborado uma maquete com base em MDF, de uma residência com 0,344 m² de terreno, 0,149 m² de área construída, em escala de um para mil, sendo composta por seis cômodos, sendo eles, sala de estar, sala de jantar, cozinha, banheiro, dormitório e garagem, onde se tornou possível visualizar, o controle de iluminação, controle de abertura do portão da garagem e atuação dos sensores de presença/movimento.

Para representação das lâmpadas, foi utilizado leds, porém, para provar que o sistema é capaz de acender uma lâmpada comum, junto à maquete foi anexado um painel com seis soquetes de porcelana, 06 lâmpadas 110 volts/12watts e uma placa com reles Shield, a fim de que, quando acionado o mesmo ascenda não somente os leds, más também as lâmpadas.

A Figura 3, ilustra o Painel auxiliar com soquete para lâmpadas do projeto.

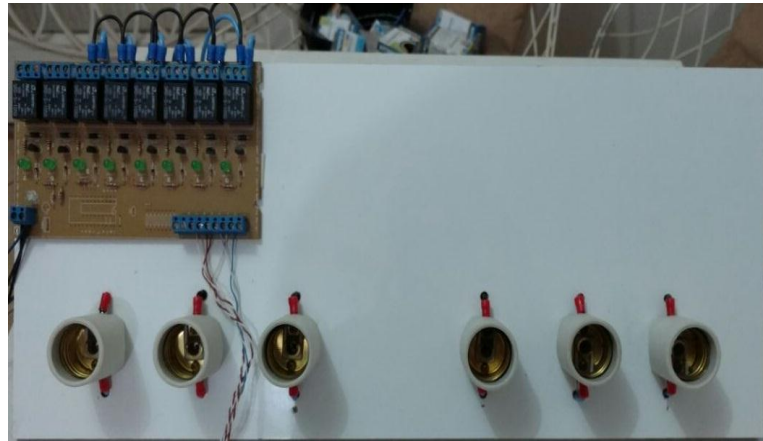


Figura 3 – Painel auxiliar com soquete para lâmpadas. Fonte: autores.

O componente escolhido foi o Arduíno Mega, dois mil, quinhentos e sessenta, com programação em C, Firmware, onde o mesmo recebe os dados e disponibiliza para o Software com programação em html, para que seja feito o gerenciamento dos dados.

Uma das preocupações foi desenvolver um mecanismo, que fosse capaz de abrir e fechar o portão sem ultrapassar seus limites, empregando um servo motor angular, este veio a permitir através do software, que determinássemos o ângulo desejado enviando para o firmware, onde fora transformado em movimento.

Outra preocupação foi a de possibilitar um acesso remoto, simples e fácil, porém, com gerenciamento para impedir ou não o acesso de pessoas não autorizadas, combinando o software para trabalhar juntamente com o Arduino e pelo fato do mesmo ser multi-plataforma, possibilitou uma ampla variedade perante o modo de acesso e permitiu criar limitações para o mesmo.

Com o sistema em funcionamento, fica evidente a função de cada componente, permitindo associa-los, conforto e comodidade ao acender e apagar as luzes, sem sair do lugar, abrir o portão sem a necessidade de esforço e/ou sair do carro, e plena segurança com os sensores espalhados pela residência.

Funcionamento

Utilizando uma fonte de 12 volts, a mesma alimenta todo o sistema, onde primeiramente o micro controlador reseta sua memória, a fim de garantir pleno funcionamento, sem a intervenção de problemas ou danos já ocorridos anteriormente.

É necessário à hospedagem do software em um computador, pois, através do mesmo é possível, desenvolver e/ou determinar uma função, e até mesmo gerar um link, para acesso remoto de terceiros.

Com a programação html para o software e a programação em C, para o firmware, trabalhando com as portas digitais do arduíno, fica determinado que, ao ser acionado a tecla A, o software comunica ao firmware, para que execute a função, acendendo a lâmpada, ou seja, ao acionar a tecla A, acende um led na sala de estar e uma lâmpada correspondente no painel.

Ao acionar a tecla B, apaga o led e a lâmpada referente á sala de estar, e acende o led da sala de jantar e a lâmpada correspondente no painel.

Ao acionar a tecla C, apaga o led e a lâmpada referente á sala de jantar, e acende o led da cozinha e a lâmpada correspondente no painel.

Ao acionar a tecla D, apaga o led e a lâmpada referente á cozinha, e acende o led do dormitório e a lâmpada correspondente no painel.

Ao acionar a tecla E, apaga o led e a lâmpada referente ao dormitório, e acende o led do banheiro e a lâmpada correspondente no painel.

Ao acionar a tecla F, apaga o LED e a lâmpada referente ao banheiro, e acende o led da garagem e a lâmpada correspondente no painel.

Por fim, ao acionar a tecla G, é possível acender todas juntas.

Com os sensores, ao detectar a presença e ou movimento de algo ou alguém, o firmware registra o valor um para presença e/ou movimento e zero caso não tenha, informando este valor ao software, o mesmo ao receber o valor um, emite um sinal ao firmware, para que acione o *buzzer*, emitindo um sinal de alerta.

Ao determinar a abertura do portão, fica registrado no firmware que o ângulo máximo que o servo motor pode gerar é de 90°C tanto quando ao abrir ou

fechar. Acionando a tecla P, o mesmo venha á abrir e ao acionar a tecla O, venha á fechar, tal comunicação é feita através do data do servo motor.

Componentes

- Placa de MDF, fibra de média densidade, composto por fibra de madeira e resina sintética, a fim de servir como base de sustentação e dar forma a residência.
- Fonte de 12 volts, para alimentar o sistema.
- Placa pronta, Arduíno Mega dois mil, quinhentos e sessenta, micro controlada, com programação em C, firmware, composto por portas digitais variando de zero á um, ligado/desligado, 0 a 5 volts, responsável por enviar e ler sinais, e portas analógicas podendo variar entre zero virgula um, zero virgula dois, zero virgula três por diante e também de 0 a 5 volts.
- Software, responsável por receber sinais do firmware e gerencia-los a fim de gerar e dividir funções.
- Sensor de infravermelho, ao capturar um movimento, gera um sinal, onde após sua leitura o firmware envia ao software que define logo em seguida sua reação, ou seja, efetua o disparo do *buzzer*.
- *Buzzer*, após violado o perímetro da residência, o mesmo emite um sinal de alerta.
- Relés *shield*, placa composta por oito relés, onde apenas seis estão em uso, tem como finalidade efetuar o chaveamento eletrônico/automático, ao ser energizado o mesmo permite a passagem de energia, para determinada parte do sistema onde se é desejada.
- Soquete de porcelana, 110 volts para acoplar lâmpadas no painel auxiliar.
- Lâmpadas 110 volts/12 watts, para comprovar que o sistema e capaz de funcionar em situação real.

- LEDs alto brilho, para representar a iluminação interna e externa da residência.
- Resistores de 220 ohms, a fim de garantir a integridade dos LEDs evitando que os mesmos venham a queimar devido a tensão no sistema ser superior.
- Conectores plásticos, macho e fêmea, para garantir perfeita conexão possível evitando mau contato.

A Figura 4, ilustra a placa com relés *shield* fixa no painel auxiliar do projeto.



Figura 4 – Placa com relés *shield*. Fonte: autores.

Discussão

Segundo o site *Foneplan*, a domótica pode ser entendida como uma rede que integra e controla a habitação digital, de forma a adequar as necessidades das pessoas e aperfeiçoar as funções elétricas, tecnológicas e sustentáveis, a fim de que trabalhem sozinhos ou sob o comando de um usuário.

O investimento para aplicação deste recurso não é acessível a todos, porém, um baixo custo dos componentes eletrônicos, e acessibilidade a meios de informação, possibilitou a maior divulgação e atualmente, a utilização da Domótica

em sistemas de comunicação, que pode ser acessado via painel telefone ou internet.

Analisando a automação residencial, voltada para a iluminação, pode se concluir que é um meio eficiente de economizar. É possível reduzir custos com a iluminação residencial, programando lâmpadas e luminárias para acenderem somente quando necessário, pelo tempo necessário, evitando a possibilidade da mesma permanecer acesa, caso o usuário venha a esquecer.

Considerações Finais

Imagine-se chegando em casa após um dia muito cansativo de trabalho, ao entrar em sua residência, de imediato é acionado o ar condicionado, ligado um aparelho de rádio ou televisão e até mesmo, no meio da noite, ao ouvir um barulho na parte externa da residência, sem se levantar da cama, possa olhar pelo celular, tablete ou notebook o que de fato aconteceu, todos esse fatores são possíveis graças a domótica.

Se for levado em conta o fato da domótica ainda ser desconhecida por muitos, assusta ao afirmar que a domótica em si, já esta ultrapassada. Atualmente já é possível contar com a domótica inteligente, ou seja, uma interface com sistema inteligente e vida própria, que interpreta o ser humano e seu ambiente, seja ele de trabalho e ou doméstico, como o mesmo age e reage a diversas circunstancias, sempre aprimorando para que possa proporcionar cada vez mais, conforto, segurança e acessibilidade.

Referências

Automação residencial, iluminação residencial. Disponível em <http://foneplan.com.br/blog/automacao-residencial/iluminacao-residencial/5-beneficios-da-automacao-de-iluminacao-residencial/>. Acessado em 13/05/2016.

ANGEL, P. M. *Introducción a la domótica - Domótica: controle e automação*. Escuela Brasileño-Argentina de Informática. EBAI. (1993).

Automação Residencial, a tecnologia invade a sua casa. Disponível em <http://www.tecmundo.com.br/casas/9907>. Acessado em 27/04/2016.

BOLZANI, C.A.M. *Desenvolvimento de um simulador de controle de dispositivos residenciais inteligentes: uma introdução aos sistemas domóticos*. Dissertação (mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo. (2004).

Domótica, Disponível em <http://www.sislite.pt/domus.htm>. Acessado em 23/04/2016.

Introdução a Domótica. Disponível em <http://www.din.uem.br/ia/intelige/domotica/int.htm>. Acessado em 18/04/2016.

MICHALSKI, R.S., BRATKO, I., KUBAT M. *Machine Learning and Data Mining. Methods and Applications*. Wiley & Sons Ltd., EE.UU. 1998.

MURATORI, J.R. *As tendências do mercado de Automação Residencial*. Congresso Habitar - Congresso de Automação Residencial e Tecnologias para Habitação, São Paulo. 2005.

TONIDANDEL, F., TAKIUCHI, M., MELO, E. *Domótica Inteligente: Automação baseada em comportamento*. Congresso Brasileiro de Automática. 2004.

Automação de prensa de tijolos pneumática

Pneumatic brick press automation

Antonio Carlos de Souza Leme¹

Prof. Me. Paulo Sérgio Barbosa dos Santos²

Resumo

Será realizado um trabalho de automatização de uma máquina de prensar tijolos pneumática, será feito de acordo com norma estabelecidas, visando aumentar a velocidade do processo de prensa dos tijolos, assim como a sua rentabilidade, o processo de automatização irá utilizar de mecanismos como CLP, Sensores e botões de acionamento e segurança.

Palavras-chave: Prensa, Tijolos, Pneumática, Automação, CLP.

Abstract

An automation work in a machine press pneumatic bricks will be done, will be done in accordance with established standards, to increase the speed of the brick press process as well as its profitability, process automation will use mechanisms such as PLC, sensors and drive and safety buttons.

Key words: Press, Brick, Pneumatics, Automation, PLC.

Introdução

Automação é uma tecnologia que faz uso de sistemas mecânicos, elétricos, eletrônicos e de computação para efetuar controle de processos produtivos. Alguns exemplos de processos de automação nas indústrias são: linhas de montagem

¹ Engenheiro de Controle e Automação, Mestre em Engenharia Mecânica pela UNESP. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, engpaulo.sbs@gmail.com

² Engenheiro de Controle e Automação, Mestre em Engenharia Mecânica pela UNESP. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, engpaulo.sbs@gmail.com

automotiva integração de motores – linha “transfer” máquinas operatrizes do tipo CNC robôs. Pode-se identificar três formas distintas de automação industrial: automação fixa, automação flexível, automação programável.

Nesse trabalho será usado a automação fixa, na automação fixa as máquinas são específicas para o produto a ser produzido. Elas produzem grande quantidade de um único produto, ou produtos com pequenas variações entre eles. O volume de produção é elevado, e o custo da máquina é elevado, pois é projetada para um produto específico. Por outro lado, como o volume de produção é alto, o custo do produto em geral é baixo. Tais máquinas são encontradas em linhas transfer de motores, produção de lâmpadas, fabricação de papel e de garrafas. Neste tipo de automação, deve-se ter cuidado com o preço final do produto, pois, como o investimento de aquisição da máquina é alto, a amortização só acontece com vendas elevadas. Além disso, se o produto sair do mercado por obsolescência, perde-se o investimento. (GROOVER 1998)

As energias pneumáticas provem da compressão do ar atmosférico em um reservatório, transformando-o em ar comprimido a uma dada pressão de trabalho. O equipamento que executa esse processo é chamado de Compressor.

Atualmente, cada vez mais observamos a combinação de várias formas de energia em processo de fabricação industrial. (BONACORSO 2013).

Nesse caso será combinado a energia elétrica com a energia pneumática, um sistema eletropneumático automatizado, com isso teremos um incremento na produção com investimento relativamente pequeno, redução no custo operacional, rapidez no processo de fabricação, e redução no número de acidentes.

Em todas as intervenções em instalações elétricas devem ser adotadas medidas preventivas de controle do risco elétrico e de outros riscos adicionais, mediante técnicas de análise de risco, de forma a garantir a saúde e segurança no trabalho. (SZABÓ JUNIOR 2015).

Método

Para esse trabalho de pesquisa foi usado como métodos de pesquisa livros que abordam a matéria em questão, sites e também programas para execução de desenvolvimento final da máquina em questão.

Parte do estudo está dedicado ao conhecimento de automação, pneumática, eletropneumática e normas, a fim de realizar um equipamento que funcione de forma a estar dentro dos padrões estabelecidos e gerar o funcionamento esperado.

Os programas usados foram software FluidSim para simulação elétrica e pneumática, além do layout do desenho, software Weg para programação do CLP Weg e livro para pesquisa que abordam os seguintes temas Automação Industrial 2013, Automação Eletropneumática 2013, Automação Pneumática e Manual de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho 2015, foram consultados e realizados downloads pelo site www.smcb.com.br/produtos e www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Drives/CLPs-e-Controle-de-processos/CLIC02 para determinar equipamentos e descrições, a fim um melhor entendimento de trabalho.

Os livros consultados deram base para realização do trabalho, além de assegurar que o equipamento fosse feito de forma segura para o fabricante e usuário.

Material

Para realização da automação será necessário a utilização de uma lista de componentes.

- Mangueira PU 10mm;
- Compressor de Ar Monofásico 2 hp 10 pés 100 litros, 110/220 Volts – NCA100L2HP – Nogano Profissional;
- 2 Pistões Series MB Air Cylinder 50 e 100mm;
- Conector ½" x 10 mm;
- Derivação T tubo;
- Válvula Solenoide 4/2, acionada por solenoide de um rolamento 24Vcc com retorno por rolete;
- Válvula Solenoide 4/2, acionada por solenoide e retorno por solenoide com um rolamento 24Vcc;

- CLP Clio Weg Alimentação em 12 Vcc, 24 Vcc ou 110/220 Vca (50/60Hz);
- Caixa para acomodação dos acessórios elétricos linha light 39x46x12mm;
- Fio de cobre isolado de 1mm com capacidade de 14A para ligação elétrica do circuito;
- Mini disjuntor corrente nominal de 6A conforme NR10;
- Botão tipo soco para segurança conforme NR12;
- Botão impulsão para acionamento;
- Sensor Capacitivo para tampa da máquina;

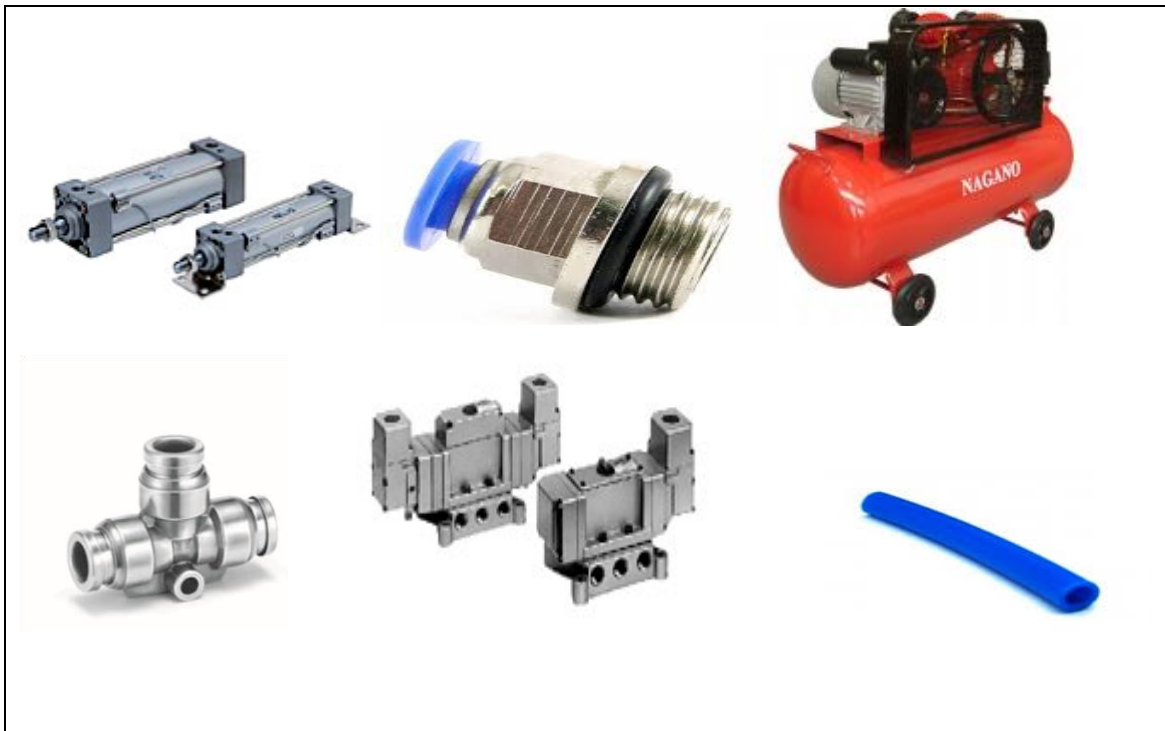


Figura 1: acessórios que fazem parte da pneumática retirado do site dos fabricantes.

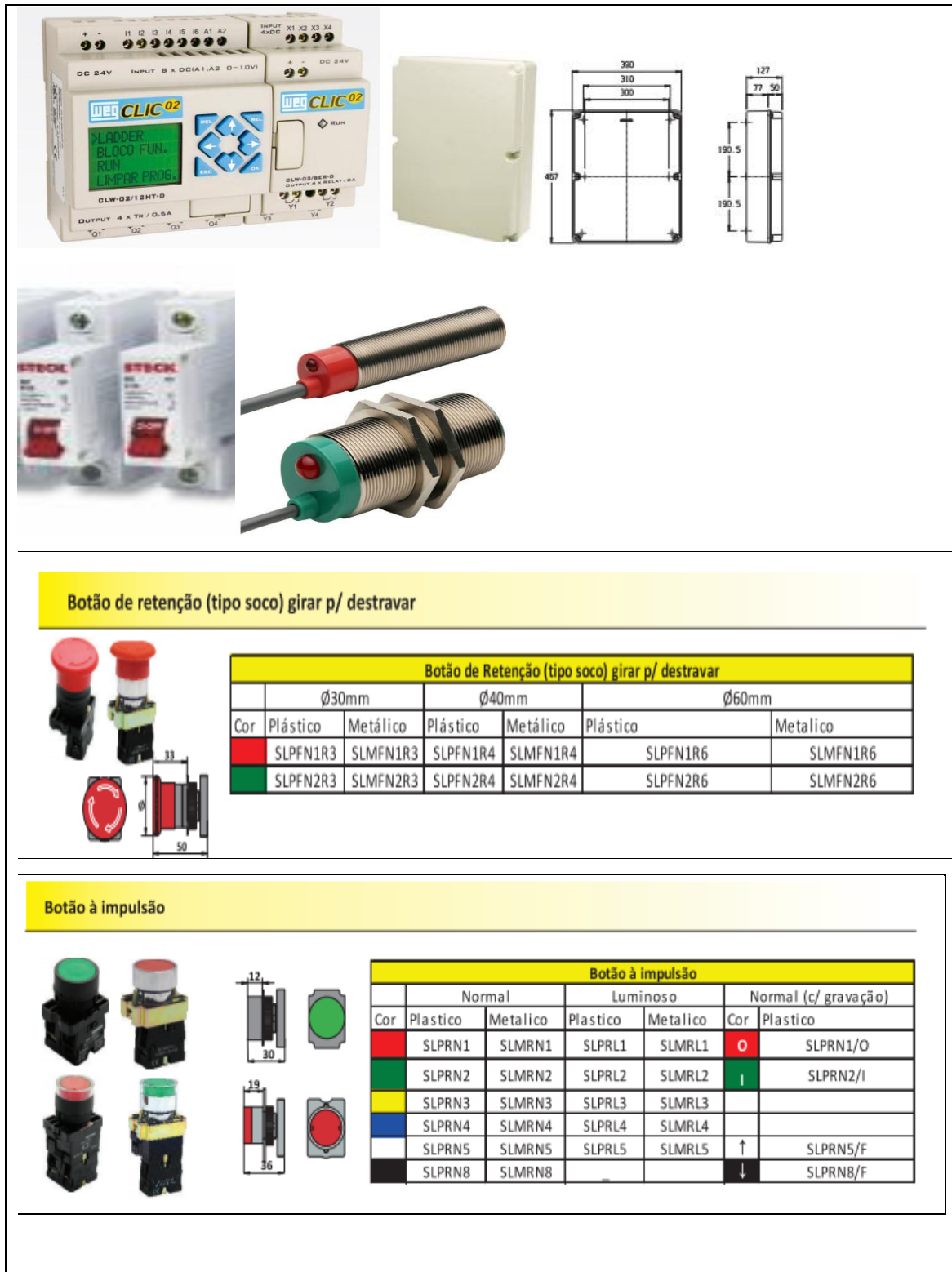


Figura 2: acessórios que fazem parte do sistema elétrico retirado do site dos fabricantes.

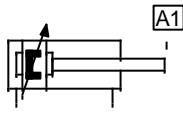
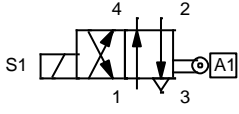
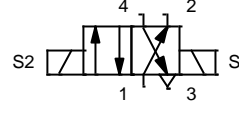
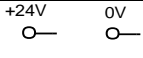
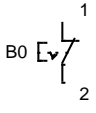
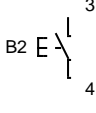
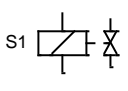
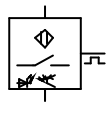
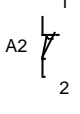
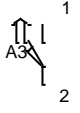
	<p>Pistão Serie MB Air Cylinder.</p>
	<p>Válvula Solenoide 4/2, acionada por solenoide de um rolamento 24Vcc com retorno por rolete</p>
	<p>Válvula Solenoide 4/2, acionada por solenoide e retorno por solenoide com um rolamento 24Vcc</p>
	<p>Entrada e saída de tensão (transformador 24Vcc)</p>
	<p>Botão tipo soco para segurança conforme NR12</p>
	<p>Botão impulsão para acionamento</p>
	<p>Simbologia do solenoide para elétrica.</p>
	<p>Sensor Capacitivo para tampa da máquina</p>
	<p>Contato NF do sensor capacitivo</p>
	<p>Contato NA do sensor capacitivo</p>

Figura 3: Simbologia usada no diagrama eletropneumático FluidSim.

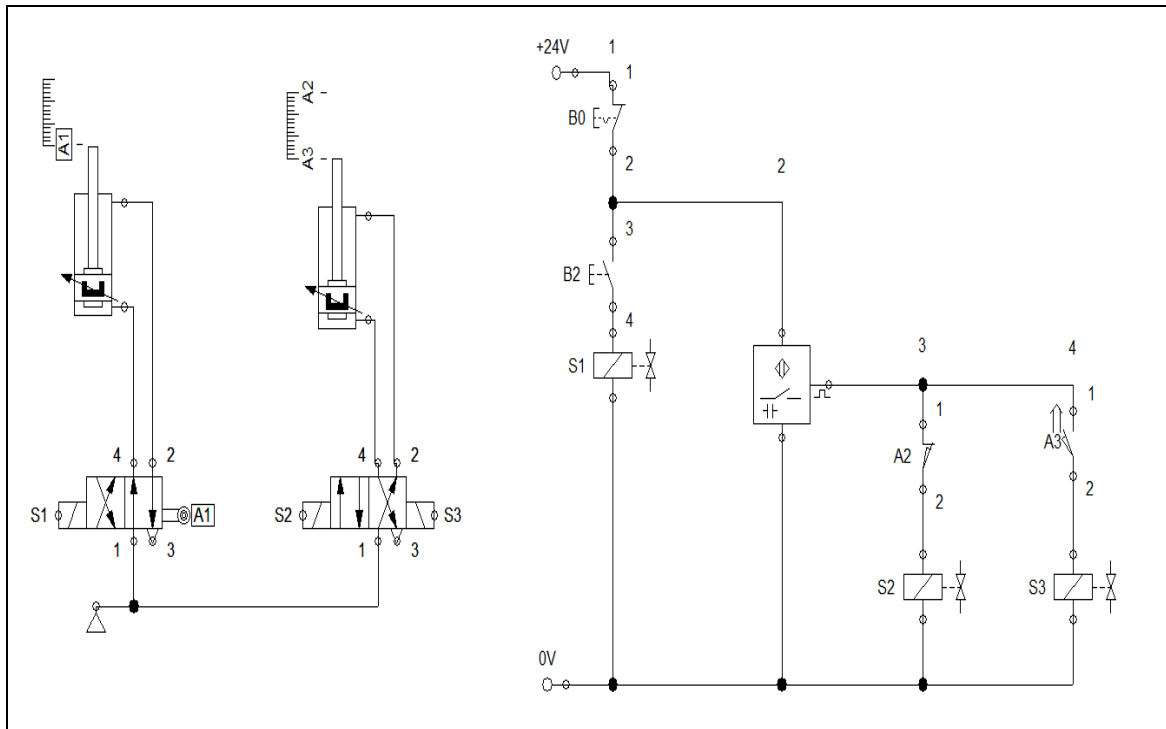


Figura 4: Diagrama eletropneumático FluidSim.



Figura 5: Sinalização de segurança.

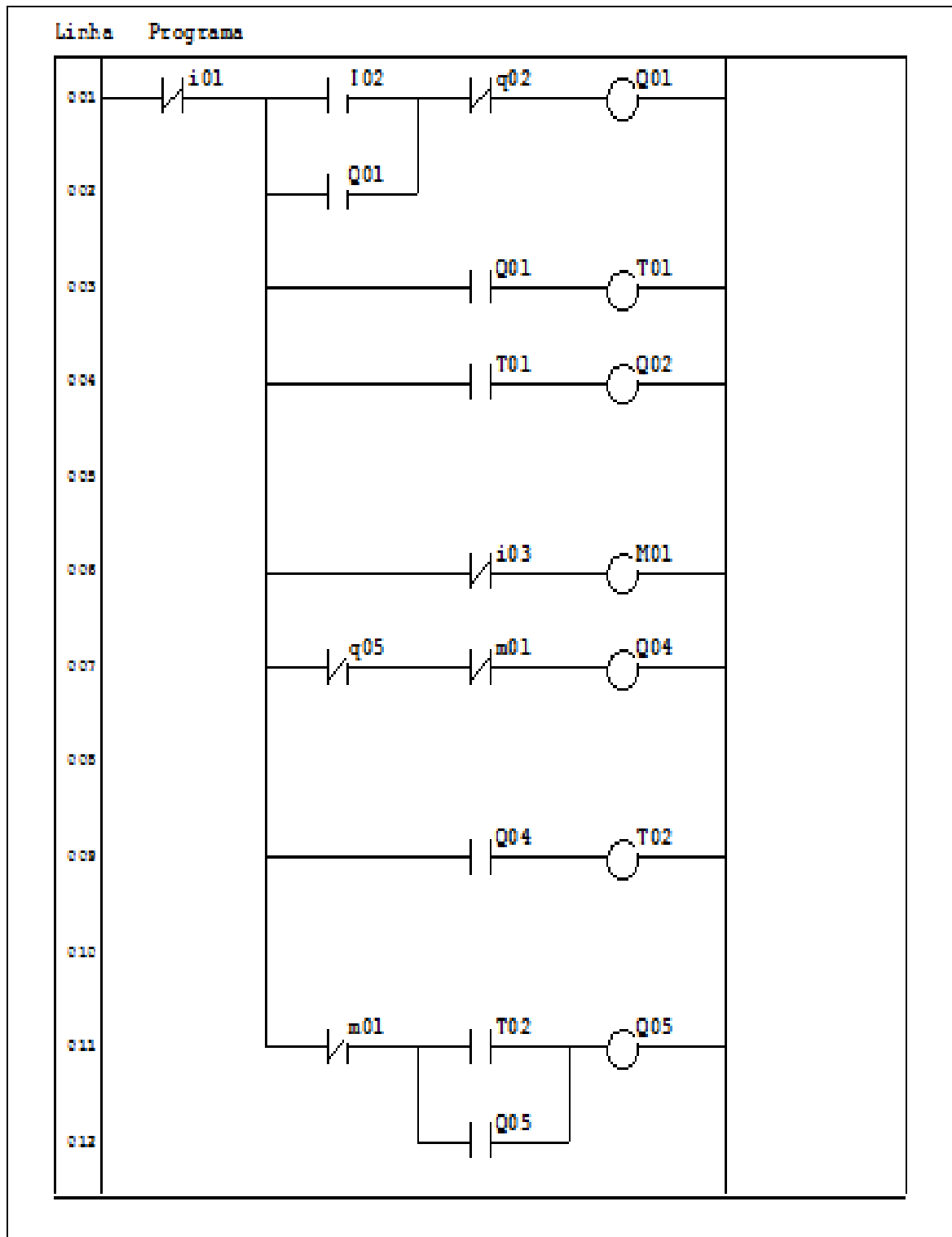


Figura 5: Diagrama de programação do CLP. Fonte: autores.

Discussão

Atualmente no Brasil existem vários tipos de prensas de tijolos ecológicos, tanto hidráulicas como mecânicas, mas a disparidade entre as duas é muito grande, pois as mecânicas apesar de serem mais acessíveis geram um desgaste nos operadores e não possui uma produção grande, já as hidráulicas possuem uma produção relativamente grande, mas seus preços não são tão acessíveis. Com isso, as prensas pneumáticas automatizadas seriam uma boa alternativa para esse meio da sustentabilidade. Além de ser mais baratas do que as Hidráulicas, são mais rápidas que as Manuais.

Possui um sistema seguro que respeita todas as NRs que correspondem ao seu processo de fabricação e funcionamento.

Considerações Finais

Nesse trabalho, após realizar as pesquisas necessárias, foi constatado a necessidade da automação fixa ou não para toda a área da indústria, apesar de ter sido realizado a automação de um único equipamento, observei a necessidade de uma área que só tem a crescer, a automação traz vários benefícios para a indústria em geral como a redução de mão de obra, aumento de produção, redução em acidentes de trabalho, etc.

A junção de várias áreas de funcionamento de equipamentos faz a transformação da automação, para se automatizar um equipamento é necessário o conhecimento ou a pesquisa, com base no estudo realizado pude realizar a automação da máquina em questão.

Foi utilizado para a automatização dessa máquina o CLP, outra forma de se fazer o mesmo poderia ser através de uma placa com Micro Controlador e programação lógica, ou até mesmo outro tipo de linguem dentro do próprio CLP, como por ex: Bloco de funções (FBD), funções sequenciadas (SFC), lista de instruções (STL) e linguagem estruturada (SCL), ou através de sensores óticos, capacitivos e indutivos associados com as solenoides e válvulas, resumindo existe várias formas de se automatizar uma máquina ou um grupo de máquinas.

Referências

AGROTAMA. Disponível em:< <http://www.agrotama.com.br/>>. Acesso em: 17 de Maio de 2016.

BELLOWS, S. *Automação pneumática*. Centro Didático de Automação.

BONACORSO, N.G.; NOLL, V. *Automação eletropneumatica*. São Paulo: Editora Érica, 2004.

NATALE, F. *Automação industrial*. São Paulo: Editora Érica, 2013.

SIL. Disponível em:< <http://www.sil.com.br/pt/eletricista/tabelas.aspx>>. Acesso em: 12 de Abril de 2016.

SMC BR. Disponível em:< <http://www.smcbr.com.br/produtos/>>. Acesso em: 03 de Maio de 2016.

STECK. Disponível em:< <http://www.steck.com.br/>>. Acesso em: 23 de Maio de 2016.

SZABÓ JÚNIOR, A.M. *Manual de segurança, higiene e medicina do trabalho*. 9ª ed. São Paulo: Editora Rideel, 2015.

WEG. Disponível em:< <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Drives/CLPs-e-Controle-de-Processos/CLIC02>>. Acesso em: 26 de Abril de 2016.

Construção de um Braço Robótico Cilíndrico

Building cylindrical robotic arm

Gabriel Coelho Rodrigues Alvares¹
Robinson Douglas Tardivo de Moraes²
Prof. Me. Paulo Sérgio Barbosa dos Santos³

Resumo

O presente artigo aborda a construção de um braço robótico cilíndrico e explica suas principais características. Após sua construção foram verificados alguns de seus parâmetros como, por exemplo, seu alcance. Ele realizou com perfeição todos os movimentos aos quais deveria realizar usufruindo ao máximo de todos os seus graus de liberdade. Sua programação foi realizada dividindo suas ações em movimentos específicos. Sua confecção realizada por meio de objetos cotidianos como limpadores de para-brisas, por exemplo, torna a atividade muito mais fácil e prática.

Palavras-chave: Braço Robótico Cilíndrico, Parâmetros, Movimentos, Graus de Liberdade, Programação.

Abstract

This article discusses the construction of a cylindrical robotic arm and explains its main features. After its construction were verified some of its parameters, for example, reach. It performed with perfection all the movements which should perform enjoying the most of all its degrees of freedom. Its programming was carried out by dividing their actions in specific movements. His preparation accomplished through everyday objects such as windscreen wipers, for example, makes it much easier and practical activity.

Key words: Cylindrical Robotic Arm, Parameters, Movements, Degrees of Freedom, Programming.

¹ Acadêmico do 9º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, gabriel_zaca@hotmail.com

² Acadêmico do 9º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, robinsondtm@hotmail.com

³ Engenheiro de Controle e Automação, Mestre em Engenharia Mecânica pela UNESP. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, engpaulo.sbs@gmail.com

Introdução

O presente artigo vem apresentar um estudo sobre uma variação dos braços robóticos, o braço robótico cilíndrico. Com base no estudo será realizada a construção do protótipo verificando seus aspectos característicos, como por exemplo, seus graus de liberdade, seu raio de atuação, seus limites máximos e se ele é capaz de realizar adequadamente um trabalho de movimentação de um corpo de prova que, consiste em uma bolinha de aço 1045 de diâmetro de 10 mm. Há a hipótese de a indução não ser suficiente para atrair a bolinha ou de o braço não realizar um movimento rotatório. As juntas devem executar com precisão os movimentos para que o braço não seja inutilizado ou danificado, isso tendo a disposição uma programação bem realizada em software.

Para comprovações dos resultados serão realizados testes e os valores alcançados serão exibidos por meio de tabelas. Figuras e imagens ajudarão na ilustração do design final do projeto.

Material e Método

Um braço robótico é um robô que contém aplicações e conceitos de mecânica, elétrica, mecatrônica e computação. Foi projetado e idealizado para realizar movimentos simples similares aos praticados pelos seres humanos visando claro, atuações no mercado de trabalho e assim por consequência substituí-los em muitas práticas no futuro. Podem executar trabalhos pesados, cansativos e repetitivos tornando-os mais viáveis do que pessoas em certas aplicações simplesmente pelo fato de alcançarem uma produção maior, entregar um produto final com maior qualidade, não realizarem interrupções e intervalos, capacidade de trabalhar em turnos durante todo o dia e executarem exatamente o que foi programado. São encontrados nas mais diversas áreas, como por exemplo, indústrias e linhas de produção, áreas de saúde, hospitalares, áreas militares e de busca e resgate. A Figura 1 ilustra um braço robótico cilíndrico, o assunto destacado neste artigo.

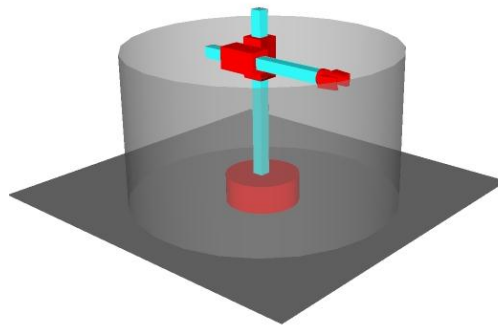


Figura 1 – Ilustração do volume de trabalho de um braço cilíndrico.

Fonte: Disponível em: <<http://www.guridaautomacao.com/>>

O braço robótico cilíndrico ou robô de coordenadas cilíndricas é um robô que é utilizado para substituir as ações realizadas por seres humanos e produz um volume final de trabalho de formato cilíndrico (PAZOS, 2002).

Um braço robótico é composto por diversos elementos que unidos entre si formam o conjunto final. Podemos destacar os elos que são as ligações entre uma junta e outra, as juntas são elementos que unem esses elos e que oferecem diferentes graus de liberdade a cada robô especificamente. Alguns braços robóticos têm sua ativação iniciada por um motor de passo conectado a cada junção e alguns braços maiores utilizam sistemas hidráulicos e pneumáticos. Esses motores de passo permitem que o braço robótico exerça suas movimentações de forma exata e repetindo o movimento várias vezes consecutivas. O robô utiliza sensores de movimento para atuar corretamente conforme desejado. Desta forma todo o conjunto se move para executar a tarefa. Na extremidade oposta do elo há uma ferramenta de atuação que pode ser uma garra mecânica, spray de pintura, ferramenta de soldagem, ferramenta de furação ou etc.

Graus de liberdade

Grau de liberdade é a possibilidade de movimentação que o braço robótico dispõe. Essa possibilidade se atribui a junta de ligação dos elos. O braço robótico cilíndrico dispõe de alguns graus de liberdade, de três especificamente. Em sua configuração mais básica possui duas juntas prismáticas e uma junta rotativa que resultam em uma área de trabalho maior que de robôs cartesianos simples, por

exemplo. Seu volume de trabalho é cilíndrico. A Tabela 1 a seguir representa quais juntas e quantos graus de liberdade cada robô dispõe.

Tabela 1 – Tipos de juntas e graus de liberdade respectivos a cada robô.

Tipo de robô	Tipos de juntas	Graus de liberdade
Coordenadas cartesianas	3 prismáticas	3
Coordenadas cilíndricas	2 prismáticas e 1 rotativa	3
Coordenadas esféricas	1 prismática e 2 rotativas	3
Articulado horizontal	1 prismática e 2 rotativas	3
Articulado vertical	3 rotativas	3

Fonte: PAZOS, 2002.

Relação de peças e componentes

A construção de um protótipo de braço robótico cilíndrico requer a miscigenação de alguns conceitos de mecânica, elétrica e até computação. Fato que envolve também vários componentes de diversas características e utilidades. É necessário construir um apoio, uma base onde serão fixados todos os componentes. Este apoio consiste em um caixote de madeira com 400 mm de largura, 560 mm de comprimento e 130 mm de altura totalizando assim um volume de 29120000 cm³. Nesse caixote foi fixada a primeira junta do braço robótico, o primeiro motor utilizado. A Figura 2 ilustra o protótipo fixado no caixote de madeira.



Figura 2 – Protótipo fixado no caixote de madeira. Fonte: autores.

A primeira junta é a junta rotacional que será responsável por toda a movimentação giratória do robô. Ela fará com que ele gire em determinado sentido e depois refaça seu caminho de volta até o ponto de partida e de reinício da seqüência. Este primeiro motor é um motor de limpador de para-brisas automotivo com um valor de tensão de corrente de 12 volts e operação em corrente contínua. A Figura 3 contém a ilustração da primeira junta instalado no protótipo.



Figura 3 – Junta rotacional atuante na base do braço robótico. Fonte: autores.

A segunda junta está representada por um motor de trava elétrica automobilístico com uma tensão equivalente a 12 V e um sensor de fim de curso. Esta trava elétrica é responsável pelo movimento prismático vertical do braço robótico, ou seja, ela atua de forma a movimentar o braço para cima e para baixo. A Figura 4 ilustra a segunda junta do projeto.



Figura 4 – Junta prismática que exerce as funções de elevação e descida.
Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.1, 2017.

Fonte: autores.

E por fim, a terceira junta, representada também por um motor de trava elétrica automobilístico que opera com tensão de 12 V e com sensor de fim de curso, fica responsável pelo movimento prismático de avanço e recuo da ferramenta de atuação. A Figura 5 contém a imagem da terceira junta.



Figura 5 – Junta prismática que exerce o avanço e o recuo do braço. Fonte: autores.

Os sensores de fim de curso são muito importantes já que ajudam no controle dos envios de sinais elétricos. No momento em que o atuador chega ao seu limite e isso é detectado pelo sensor de fim de curso, é enviado ao circuito um sinal elétrico para que o motor seja desligado e não realize seus movimentos de forma contínua, preservando assim sua integridade e conservando-o por mais tempo.

O atuador final, ou seja, a ferramenta que realizará o contato direto com material é um eletroímã de solenóide de partida a frio automobilístico de tensão de corrente de 12 V. De estrutura geral bem simples, sua escolha foi baseada em sua boa capacidade de atração magnética e também por ser um componente de fácil acesso, sendo possível encontrá-lo em lojas e empresas que comercializem acessórios e peças veiculares. A Figura 6 exhibe uma fotografia focalizada deste atuador.



Figura 6 – Ferramenta de contato com o material. Fonte: autores.

No âmbito do circuito eletrônico há também componentes muito importantes que são primordiais para a boa execução da tarefa. O primeiro deles é o PIC16F628A. Microcontrolador com oito portas de entradas e oito portas de saída. Ele possibilita a inserção dos dados programados e recebe as informações de associação das portas de entrada e saída. (SOUZA, 2011).

Ele está implantado em uma placa para microcontrolador com saída para relê, placa que já foi montada com componentes apropriados para execução de várias atividades diferentes, podendo ser utilizada em outras aplicações além do já citado braço robótico cilíndrico. É uma placa de várias utilidades.

Durante a construção do restante do circuito foram utilizados 8 relês automobilísticos com tensão de corrente de 12 V e um valor de corrente de 40 A. Possui ainda cinco terminais com bobinas de acionamento e contatos normalmente abertos e normalmente fechados. Estes relês foram associados em três duplas e dois individuais. Cada dupla de relês ficou responsável pelo chaveamento de sinais que determinam os movimentos dos três motores. Uma dupla está associada aos movimentos giratórios da junta rotacional para esquerda e para direita. Outra dupla está encarregada dos movimentos da junta prismática que executa as ações de subida e descida. E finalmente a dupla restante executa os movimentos de avanço e recuo da terceira junta que é prismática também. Os dois relês individuais também receberam funções de associação. O primeiro está responsável pelo acionamento e pelo desacionamento do eletroímã, e por fim, o último relê que controla a velocidade de atuação do braço robótico.

No circuito também houve a fixação de um resistor de grandes capacidades, para 1,2 Ohms. Esse resistor está regulando a tensão de corrente que é encaminhada até os motores de atuação, evitando assim uma sobrecarga e um eventual dano de um desses componentes. A Figura 7 é uma ilustração de como ficou o circuito eletrônico.

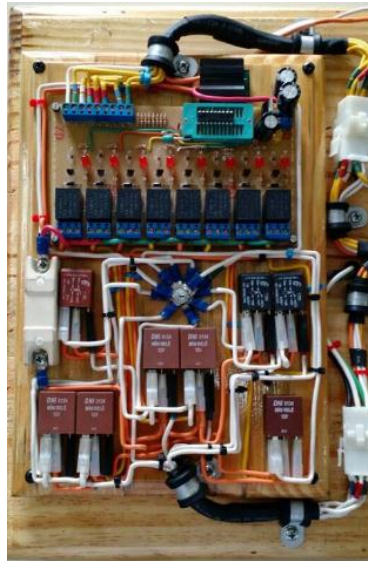


Figura 7 – Circuito eletrônico do protótipo. Fonte: autores.

Na base do braço, mais especificamente no entorno da junta rotacional foram instalados dois botões de fim de curso que também são responsáveis pelo sensoriamento do final de ação dessa respectiva junta. Com a fixação de duas abraçadeiras dobradas, é possível realizar uma atuação mecânica de sensoriamento. Com o giro da junta essas abraçadeiras tocam uma em cada botão de fim de curso que realiza a detecção do fim do movimento. A Figura 8 ilustra a imagem desses sensores.



Figura 8 – Botões que realizam o sensoriamento da rotação. Fonte: autores.

Outros componentes menores foram utilizados para a confecção básica e design final do circuito e do braço. Podemos destacar as abraçadeiras de nylon de 10 cm, responsável por organizar de forma mais adequada os fios e mangueiras corrugadas utilizadas na confecção. Fios de instalações elétricas de bitola de 1,5 mm nas cores branca, amarela e laranja para diferenciação adequada das saídas e entradas, positivos e negativos.

Associações de portas de saída

O PIC16F628A possui oito portas de saída de dados. São elas RB0, RB1, RB2, RB3, RB4, RB5, RB6, e por fim RB7. Essas saídas foram associadas a cada movimento assim como os relês, para que se pudesse estabelecer uma programação correta do circuito final. A saída RB0 está diretamente ligada ao eletroímã, sendo determinante na sua atuação. A saída RB1 controla o avanço e a RB2 o recuo do braço. A saída RB3 controla a elevação e a RB4 a descida do braço. A saída RB5 controla a rotação em sentido anti-horário e a saída RB6 controla a rotação no sentido horário da base. A saída RB7 é responsável pelo controle da velocidade. No circuito há leds vermelhos que realizam a sinalização de qual está sendo o movimento e qual relê está sendo acionado.

Seqüência de movimentos do protótipo

A seqüência de movimentos e ações do braço segue uma linha de prioridades. Primeiramente o braço avança e desce para se aproximar do produto a ser movimentado. O eletroímã é ligado e a peça é atraída até o atuador. Após realizar esta atração, o braço sobe e recua. Em seguida ele realiza um giro de 270° no sentido anti-horário em configuração padrão. Após o giro o braço avança e desce, desativando em seguida o eletroímã e deixando o objeto em nova posição. O braço robótico então é elevado novamente e realiza outro recuo. Por fim, ele gira novamente em 270° graus, porém, dessa vez em sentido horário até sua posição inicial. Neste momento se encerra um ciclo e se inicia outro exatamente igual ao primeiro. A Figura 9 ilustra o protótipo totalmente construído nos que diz respeito a sua estrutura.

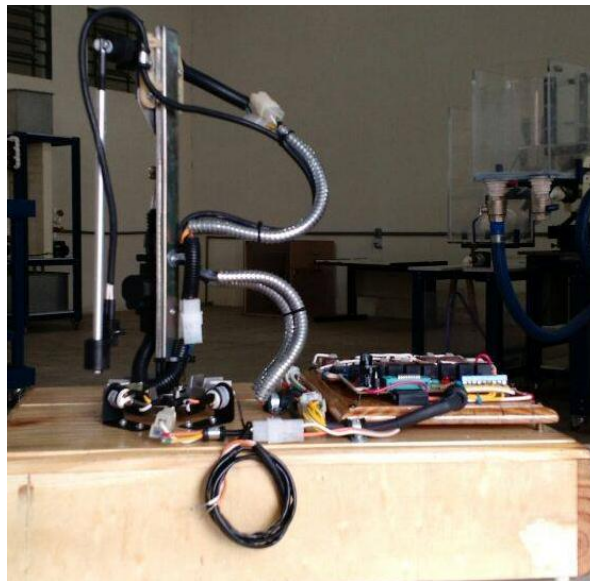


Figura 9 – Protótipo totalmente fixado. Fonte: autores.

Para a execução dos movimentos é necessário uma programação bem feita e correta. Através do software MikroBasic distribuído pela empresa MikroEletronika gratuitamente pela internet foi realizada a programação de todo o ciclo. As seqüências foram divididas em movimentos para que o robô executasse tudo de forma correta e organizada. Cada movimento do robô recebeu um **delay** específico em relação ao seu subsequente. Desta forma fica possível visualizar bem cada movimento do protótipo. Logo os processos de programação foram realizados de acordo com as características necessárias unindo necessidade e conceitos de

programação, lembrando que o dispositivo PIC16F628A é um dispositivo capaz de armazenar e executar dados programados. (ZANCO, 2007).

Discussão dos números atingidos

Com a construção do braço robótico cilíndrico foi possível diagnosticar o quanto ele pode alcançar em termos de distância e amplitude. Apesar de ser configurado como um protótipo fica evidenciado que em proporções maiores pode-se obter distâncias maiores também. A Tabela 2 representa as medidas dele em repouso e em atuação. É importante ressaltar que para avanço e recuo foram consideradas as medidas a partir do eixo central do atuador respectivo. Já referente à elevação e descida foi considerado como ponto zero para medição de resultados a face superior do caixote de madeira.

Tabela 2 – Tabela com as dimensões mínimas e máximas alcançadas pelo protótipo.

Posição do braço	Distância a partir do ponto zero (mm)
Avançado	110
Recuado	90
Elevado	410
Sem elevação	390

Fonte: Autores.

Como é possível verificar através dos dados contidos na Tabela 2 em ambas as situações os atuadores prismáticos são capazes de estender em até 20 mm a amplitude de atuação do braço robótico. A distância atingida pela extremidade da terceira junta em relação ao seu ponto base pode ser considerada também como seu raio de atuação. Se tal valor for multiplicado por 2 obtém-se então seu diâmetro de trabalho em avanço e recuo. A Tabela 3 dispõe desses resultados.

Tabela 3 – Tabela contendo os valores do diâmetro de trabalho.

Posição do braço	Diâmetro de trabalho (mm)
Avançado	220
Recuado	180

Fonte: Autores.

A Tabela 4 contém dados que exibem a altura que o eletroímã atinge em relação a sua base de fixação quando o atuador está elevado e quando não está.

Tabela 4 – Tabela contendo os valores do diâmetro de trabalho.

Posição do braço	Altura do eletroímã até a base (mm)
Elevado	60
Sem elevado	40

Fonte: Autores.

Com a Tabela 4 ficou evidenciado que na posição vertical o protótipo do braço robótico cilíndrico consegue se deslocar em até 20 mm ou 2 cm se houver conversão de unidades de medida. Em funcionamento seu eletroímã foi capaz de atrair o corpo de prova. Esse corpo de prova consistia em uma esfera de aço 1045 de 10 mm de diâmetro. O atuador provou ter indução suficiente para atração de um objeto em até 60 mm de distância. Foi também provado que o braço robótico cilíndrico realmente tem três graus de liberdade, já que o protótipo realizou com perfeição as rotações, avanços e recuos, elevações e descidas sem deixar o corpo de prova separar-se do atuador.

Considerações Finais

Como visto durante o artigo é possível realizar a construção de um braço robótico cilíndrico em dimensões menores do que um braço robótico industrial, por exemplo. Em uma indústria o mecanismo deve suprir uma necessidade em forma de prestação de serviço ou atividade realizada. Na construção do braço robótico a intenção era verificar se sua atividade poderia ampliar de forma efetiva seu alcance em relação as suas posições iniciais e sua necessidade de trabalho.

Além disso, era muito importante verificar se o eletroímã teria capacidade de atração viável nas proporções do equipamento. Ele conseguiu atrair um corpo de prova de pequena massa através de uma distância de 40 mm ou 4 cm em valores convertidos. É uma distância até mesmo superior a distância de amplitude atingida pelo atuador, ponto este bastante significativo, já que evidencia que em

determinadas situações com determinados equipamentos não há a necessidade de muito deslocamento mecânica se houverem outras formas de realizar a atividade.

Todo esse experimento mostra o quanto é poderosa a força de indução e atração. Sendo capazes de superar distâncias entre um objeto e outro mesmo que essas distâncias pareçam elevadas.

Uma possibilidade para continuação deste estudo de caso seria o aumento das dimensões de estudo. Aumentar o tamanho da haste central onde fica concentrado o movimento vertical é uma alteração que oferece outro resultado e conseqüentemente também aumenta a distância do eletroímã em relação à base, isso claro, se a construção do protótipo também possuir uma garra no sentido da base.

Aumentar essa distância ou altura influenciaria também na escolha do material a ser movimentado já que sua massa poderia ser um empecilho. Uma massa muito elevada poderia não ser capaz de ser içada por um eletroímã do porte do presente no protótipo. O autor deveria verificar então a possibilidade e qual a massa máxima seria capaz de ser elevada pelo braço para que não houvesse falhas na execução. Desta forma uma eventual transição de protótipo para produto real de construção não apresentaria falhas de desempenho em ambiente de trabalho. Deve-se atentar também para a velocidade do processo. Na programação do protótipo foi utilizado um pequeno delay entre as ações para que se pudessem ver claramente todos os movimentos e como forma de estudo. Mas em uma máquina presente em indústrias e linhas de produção, ou braços atuadores em sistemas de transporte e movimentação de carga é necessário certo dinamismo e velocidade que torne o processo muito rápido e viável economicamente. Desta forma obtém-se um rendimento ótimo e uma atividade realizada em segurança, sem expor funcionários a riscos em caso de movimentação de cargas maiores. Construções deste porte poderiam gerar um impacto social como, por exemplo, desemprego, pelo fato de substituir trabalhadores humanos na atividade com mais agilidade e cuidado na movimentação.

Referências

PAZOS, Fernando. *Automação de sistemas & robótica*. 1. ed. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2002.

SOUZA, David J. de. *Desbravando o PIC*. 12. ed. São Paulo: Érica, 2011.

ZANCO, Wagner da S. *Microcontroladores PIC16F628A/648A*. 2. ed. São Paulo: Érica, 2007.

Desenvolvimento de um Sistema Parabólico Reflexivo Automatizado

Development of an Automated Reflective Parabolic System

Guilherme Fehlauer Hammes¹
Luiz Guilherme Mazeto²
Vinicius Araujo Pereira³
Prof. Me. Paulo Sérgio Barbosa dos Santos⁴

Resumo

O presente trabalho trata do desenvolvimento de um sistema que mantenha o foco de reflexão de uma parabólica reflexiva sempre no mesmo ponto de uma máquina. Para isto o sistema deve acompanhar o movimento do sol mantendo sempre o mesmo ângulo de incidência sobre o espelho côncavo. Este objetivo deve ser alcançado utilizando-se um sistema de motores controlados por um Arduino e resistores dependentes de luz. A movimentação deve ser feita utilizando o princípio de funcionamento de um braço robótico com duas juntas rotacionais. O braço com o painel deve acompanhar o movimento do sol movimentando o painel na direção de maior incidência de luz que for detectada pelo sistema de controle.

Palavras-chave: Ângulo de Incidência, Braço Robótico, Movimento do Sol, Parabólica Reflexiva, Resistores Dependentes de Luz.

Abstract

This paper deals with the development of a system to keep the reflection focus of a reflective parabolic always at the same point of the machine. For this purpose, the system must track the sun's movement while maintaining the same angle of incidence on the concave mirror. This goal should be achieved by using an engine system controlled by an Arduino and light dependent resistors. The moving must be made using the operating principle of a robotic

¹ Acadêmico do 9º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, guifhammes@hotmail.com

² Acadêmico do 9º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, lguilhermemazeto@live.com

³ Acadêmico do 9º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, vncs.ata@gmail.com

⁴ Engenheiro de Controle e Automação, Mestre em Engenharia Mecânica pela UNESP. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, engpaulo.sbs@gmail.com

arm with two rotational joints. The arm with the panel must track the sun's movement by moving the panel toward greater incidence of light that is detected by the control system.

Key words: Angle of Incidence, Light Dependent Resistor, Reflective Parabolic, Robotic Arm, Sun's Movement.

Introdução

O presente artigo traz como principal objetivo o desenvolvimento de um sistema de reflexão e focalização da luz solar e a manutenção do foco em um ponto durante o decorrer do dia. Este objetivo se deve a necessidade de fazer-se o uso da energia térmica resultante do aquecimento de um elemento localizado no ponto focal, quando irradiado pela luz solar, transformando esta energia térmica em energia elétrica, tema do próximo artigo a ser desenvolvido pela equipe.

Como deseja-se que se tenha o máximo de energia no ponto focal do equipamento e como o sol está em constante movimento, faz-se necessário o uso de um sistema que consiga manter o ponto focal no mesmo ponto do equipamento, para isso é necessário que a parabólica reflexiva acompanhe o movimento do sol.

A maneira mais simples para se fazer a movimentação da parabólica se dá através do controle da incidência de luz sobre a mesma. Para isto devem ser utilizados sensores, mais especificamente, resistores dependentes de luz e um sistema micro controlado, um Arduino. O sistema de movimentação segue o princípio de um braço robótico de duas juntas rotacionais, ou seja, ele deverá ter duas juntas rotacionais dispostas perpendicularmente entre si. Fornecendo uma *range* de movimentação parecida com a de uma esfera com raio fixo.

O sistema de acompanhamento do sol é bastante utilizado em painéis solares fotovoltaicos, com a intenção de aumento da eficiência do painel. A diferença se deve ao fato de que o sistema a ser acoplado a este projeto deve funcionar se o foco não estiver na posição correta, dando uma margem de erro muito pequena para trabalho. Porém o sistema a ser acoplado a este refletor poderá vir a ser até mesmo mais eficiente do que estes painéis, mas depende bastante da manutenção da fonte de calor que é o ponto focal.

Logo nota-se que este trabalho se desenvolve com objetivo de servir de base para o desenvolvimento de outro projeto, o qual não é possível sem um sistema reflexivo eficiente e de precisão.

Materiais e Métodos

O primeiro passo em busca do objetivo se deu estabelecendo os temas e tópicos que deveriam ser pesquisados e que seriam necessários para a realização do projeto. Um dos primeiros tópicos a ser abordados e pesquisados foi como definir-se o ângulo de incidência de um raio de luz, neste caso, a luz do sol e o ângulo de reflexão desse raio em um espelho côncavo.

Para calcular-se a posição que o sol estará em relação ao equipamento necessita-se entender alguns dados que influenciam o movimento solar em relação a um ponto da Terra, são eles: a latitude (L), o ângulo horário (H), a declinação solar (δ) e a altitude solar (β) (STOECKER; JONES, 1985).

A latitude é a distância angular da posição na Terra medida a partir da linha do equador, é expressa nas fórmulas pela letra " L ". O ângulo horário nada mais é que a hora do dia transformada em ângulo de rotação da terra, logo, se a terra gira 360° em 24 horas, cada hora corresponderá a $360^\circ/24h$ que será igual a 15° por hora, desta forma converte-se a hora do dia em ângulo horário para utilização nas equações apresentadas mais à frente. O ângulo horário se apresenta pela letra " H " nas equações (STOECKER; JONES, 1985).

A declinação solar é o ângulo entre os raios solares ao plano do equador. Essa declinação varia de acordo com a posição da Terra ao redor do sol e por isso calcula-se ele através da Equação 1. Onde " N " se refere ao dia do ano contado a partir de 1 de janeiro (STOECKER; JONES, 1985).

$$\delta = 23,47 \times \sin \frac{360 \times (284 + N)}{365} \quad \text{(Equação 1)}$$

Adicionalmente precisa-se calcular a posição efetiva do sol em relação a superfície de onde está localizado o equipamento, para isto precisa-se calcular o azimute solar conforme a Equação 2 e a altitude solar conforme a Equação 3. Ambos são medidas angulares medidas conforme a Figura 1 (STOECKER; JONES, 1985).

$$\sin \varphi = \frac{\sin H \times \cos \delta}{\cos \beta} \quad \text{(Equação 2)}$$

$$\sin \beta = \cos L \times \cos H \times \cos \delta + \sin L \times \sin \delta \quad \text{(Equação 3)}$$

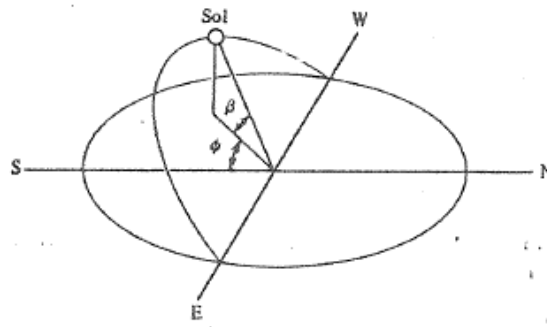


Figura 1 – Altitude solar e azimute solar. Fonte: Stoecker; Jones (1985).

Então, de posse das equações referentes ao posicionamento do sol, pode-se seguir em frente e entender como se dá a reflexão de raios de luz em espelhos côncavos.

A parabólica utilizada como refletor tem o formato de um pedaço de uma esfera, por isso pode-se utilizar os princípios apresentados a seguir para calcular a posição na qual os raios de luz solar irão refletir.

Espelhos côncavos são aqueles onde o raio de curvatura fica do lado que irá refletir. Primeiramente tem-se de entender como os raios de luz se comportam ao serem refletidos por essa superfície. Imagina-se um espelho côncavo, ele em uma vista de corte possuirá um centro, da onde parte o seu raio de curvatura, e também um foco, por definição o foco é a metade da distância do raio de curvatura, conforme pode-se observar na Figura 2 (HALLIDAY; RESNICK; JEARL WALKER, 2009).

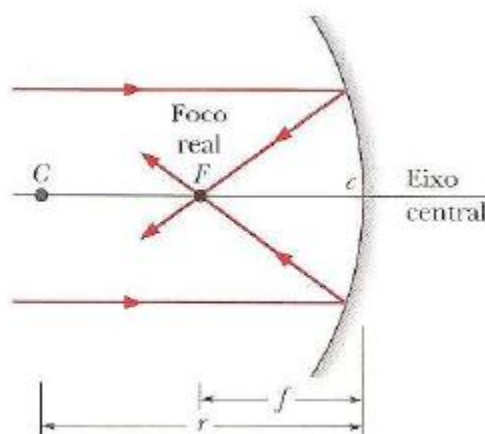


Figura 2 – Espelho côncavo. Fonte: Halliday; Resnick; Jearl Walker (2009).

Como pode-se observar um objeto que estiver localizado no eixo central do espelho, porém a uma distância muito grande terá refletira luz como se os raios

estivessem paralelos, e todo raio que incide paralelo ao eixo central do espelho côncavo reflete sobre o foco do mesmo (HALLIDAY; RESNICK; JEARL WALKER, 2009).

Desta forma tomando por base o caso onde o sol encontra-se a uma distância muito grande do equipamento os raios solares podem ser considerados paralelos e para deixar-se eles paralelos ao eixo central tudo que deve se fazer é alinhar o eixo central com o ângulo de incidência dos raios solares sobre o equipamento, tendo assim todos os raios refletidos sobre um mesmo ponto, o foco do espelho.

Logo, percebe-se que é fundamental que o sistema siga o movimento solar afim de manter o eixo sempre alinhado ao ângulo de incidência dos raios solares sobre o mesmo. Para isso trabalhou-se com um sistema com duas juntas rotacionais afim de proporcionar o movimento na direção do azimute solar e da altitude solar.

Também se pensou em outra possibilidade que em caso do objeto que receberá a luz no ponto focal acabar por ter uma dimensão maior, o mesmo poderia bloquear uma parte da luz que estaria atingindo o refletor caso o mesmo estiver localizado exatamente no eixo central do espelho. Pensando nesta possibilidade, também foi pesquisada uma solução em caso de isto vir a ser um problema no decorrer do projeto, a solução seria encontrar um outro ponto de encontro dos raios de luz, de modo que o sol estaria situado em um ponto acima do eixo central do espelho conforme a Figura 3, ter-se-ia um outro local de convergência dos raios e para isto deve-se pensar que para manter este ponto da mesma forma que anteriormente a única coisa que precisa-se fazer é manter o ângulo entre a altitude solar e o eixo central.

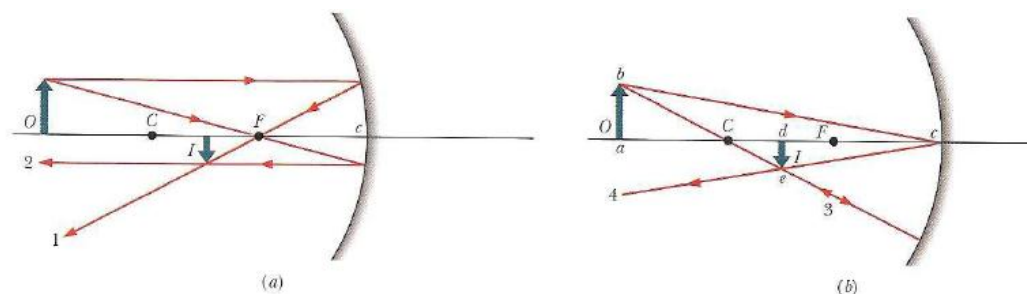


Figura 3 – (a,b) Raios refletidos sobre um espelho côncavo. Fonte: Halliday; Resnick; Jearl Walker (2009).

Pode se observar na Figura 3 que um raio partindo de um objeto situado não no eixo central obedece alguns princípios de reflexão. No raio 1 mostrado na Figura 3 (a) pode-se ver que um raio que cruza pelo foco reflete paralelo ao eixo vertical,

assim como no raio 2 um raio que incide paralelo reflete pelo foco. Na Figura 3 (b) pode-se observar outros dois raios, o raio 3 mostra que um raio que cruza pelo centro de curvatura reflete sobre ele mesmo e no raio 4 pode-se ver que um raio que incide sobre o centro do espelho reflete com mesmo ângulo de incidência (HALLIDAY; RESNICK; JEARL WALKER, 2009).

Vê-se ainda que se analisados estes quatro tipos de raios, em um mesmo plano, ve-se que haverá um determinado ponto onde eles irão se encontrar, e é este o objetivo em caso da primeira opção analisada se tornar inviável devido ao tamanho do futuro motor a ser projetado.

Sistema de Movimentação

Uma vez que se sabe para onde direcionar a parabólica reflexiva precisa-se então projetar um sistema que possibilite manter essa direção mesmo com o movimento solar. Para isto precisa-se de um sistema que faça uma rotação no sentido de rotação da terra, em um plano cartesiano poderíamos imaginar como sendo uma rotação em torno do eixo z, e, para mantermos o eixo central do espelho alinhado ou em um ângulo específico em relação ao ângulo da altitude solar, precisa-se de uma rotação em um sentido perpendicular ao primeiro.

Vendo as características do sistema que são necessárias pode-se ver que existe uma grande semelhança com os sistemas de braços robóticos. Sendo assim, viu-se o que são esses braços robóticos e como pode-se construir um.

Um braço robótico é um sistema construído com a finalidade de movimentar ou deslocar sua estrutura ou um objeto a ser manipulado. Sua estrutura consiste basicamente de corpos rígidos denominados elos, os quais por si só não permitiriam movimentos entre si, e juntas que unem os elos e permitem a movimentação entre eles.

Os elos podem ter variados tamanhos e formatos. As juntas também podem ter variados formatos e tamanhos e podem permitir movimentos de várias maneiras, seja em uma direção, duas direções ou até mesmo três direções. As duas juntas rotacionais utilizadas no projeto podem ser classificadas como uma junta rotacional torcional, junta inferior, e uma junta rotacional revolvente, junta superior (PAZOS, 2002).

A quantidade de direção dos movimentos que uma junta permite é o que se define como grau de liberdade. A quantidade de graus de liberdade de um braço robótico nada mais é que a soma dos graus de liberdade de suas juntas (PAZOS, 2002).

A partir de uma base pode-se ter uma sequência de juntas e elos de ligação para construir um braço robótico. Conhecendo as grandezas físicas de referência de cada junta, em juntas rotacionais o ângulo de rotação e em juntas prismáticas a distância, pode-se situar a posição desse braço no espaço (PAZOS, 2002).

No braço robótico necessário para o projeto tem-se a necessidade de apenas duas juntas rotacionais perpendiculares entre si e a partir da angulação dessas pode-se determinar a direção na qual a parabólica reflexiva estará direcionada.

Um braço robótico delimita um espaço de trabalho, que nada mais é que a área por onde o braço terá a capacidade de se movimentar (PAZOS, 2002). No sistema projetado o espaço de trabalho seria muito parecido com a configuração de um braço robótico de coordenadas esféricas, porém, sem a última junta prismática. Isso traz um espaço de trabalho esférico, porém de raio fixo. Conforme pode-se ver na Figura 4.

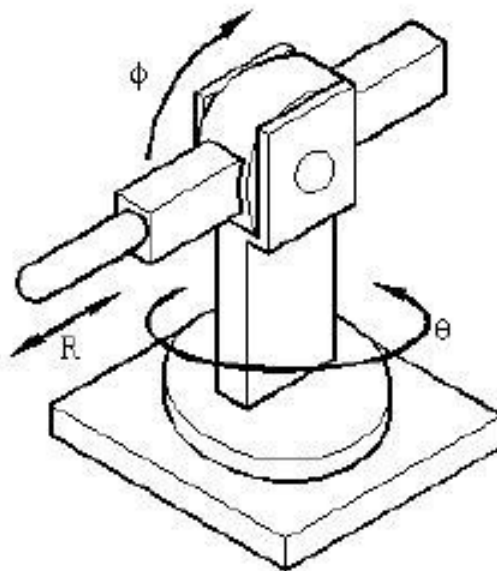


Figura 4 – Representação de um braço robótico de coordenadas esféricas.
Fonte: Pazos (2002).

Tendo a base de como deve-se fazer a construção do sistema partiu-se para o projeto da parte mecânica do braço robótico. Para isso utilizou-se o software *SolidWorks* e com base nos materiais que foram doados, materiais de descarte de

empresas, entre eles tubos redondos, tubos quadrados e chapas. E ainda se baseando em outras peças que foram emprestadas, como a antena parabólica e os motores para movimentação do sistema.

Com isso, fez-se o projeto da parabólica reflexiva, e do sistema que deve suportá-la e o futuro motor a ser instalado. Como pode-se ver na Figura 5. A parabólica reflexiva poderia ser um espelho côncavo, mas por motivos de menor custo de fabricação do protótipo utilizou-se uma antena parabólica de 700mm de diâmetro revestida com uma película automotiva espelhada. A concepção do projeto se deu através da reunião dos conhecimentos e experiências dos membros da equipe que, após um *brainstorm*, escolheram as melhores ideias e opções discutidas.

Na Figura 5 observa-se o sistema projetado pela equipe, ele se apresenta dividido em três partes: a parte do refletor e que se movimenta conforme seta indicada (parte amarela), a parte do meio (parte verde) que é basicamente o elo de ligação entre as duas juntas que se movimentam, movimentando também a parte superior, no sentido rotacional da junta inferior, conforme as setas indicativas, e a base do sistema (parte em azul) que é a parte a ser fixada no chão e que dará sustentação a toda a estrutura.

Outras observações podem ser acrescentadas ao analisar-se a Figura 5, nota-se que o refletor não se encontra localizado diretamente na junta de ligação, ele encontra-se deslocado o que aumentaria o momento gerado em cima do motor, porém, isto foi projetado de maneira proposital para que quando adicionado o motor que deverá ficar na parte oposta ao refletor tenha-se um equilíbrio do sistema e um menor esforço no motor.

Cada uma das juntas projetadas tem dois rolamentos rígidos de esfera, o que torna o movimento leve e não requisita muito esforço do motor, uma vez que o peso do sistema esteja equilibrado e não chega a nem 10% da carga nominal dos rolamentos utilizados. Os rolamentos utilizados foram utilizados devido ao melhor custo benefício encontrado e análise das cargas atuantes sobre eles. Um fator que também foi importante na escolha dos mesmos foi a disponibilidade dos mesmos na cidade.

As engrenagens foram projetadas para trabalharem com as engrenagens dos motores que já possuíam engrenagens, nos quais, como foram empréstimos, não poder-se-ia fazer qualquer alteração.

A construção das peças deu-se uma parte de forma terceirizada em empresas da região e outra parte pelos membros da equipe, técnicos nas áreas de ferramentaria e usinagem, no próprio UNISALESIANO. A montagem, soldagem e testes também foram realizadas no campus.

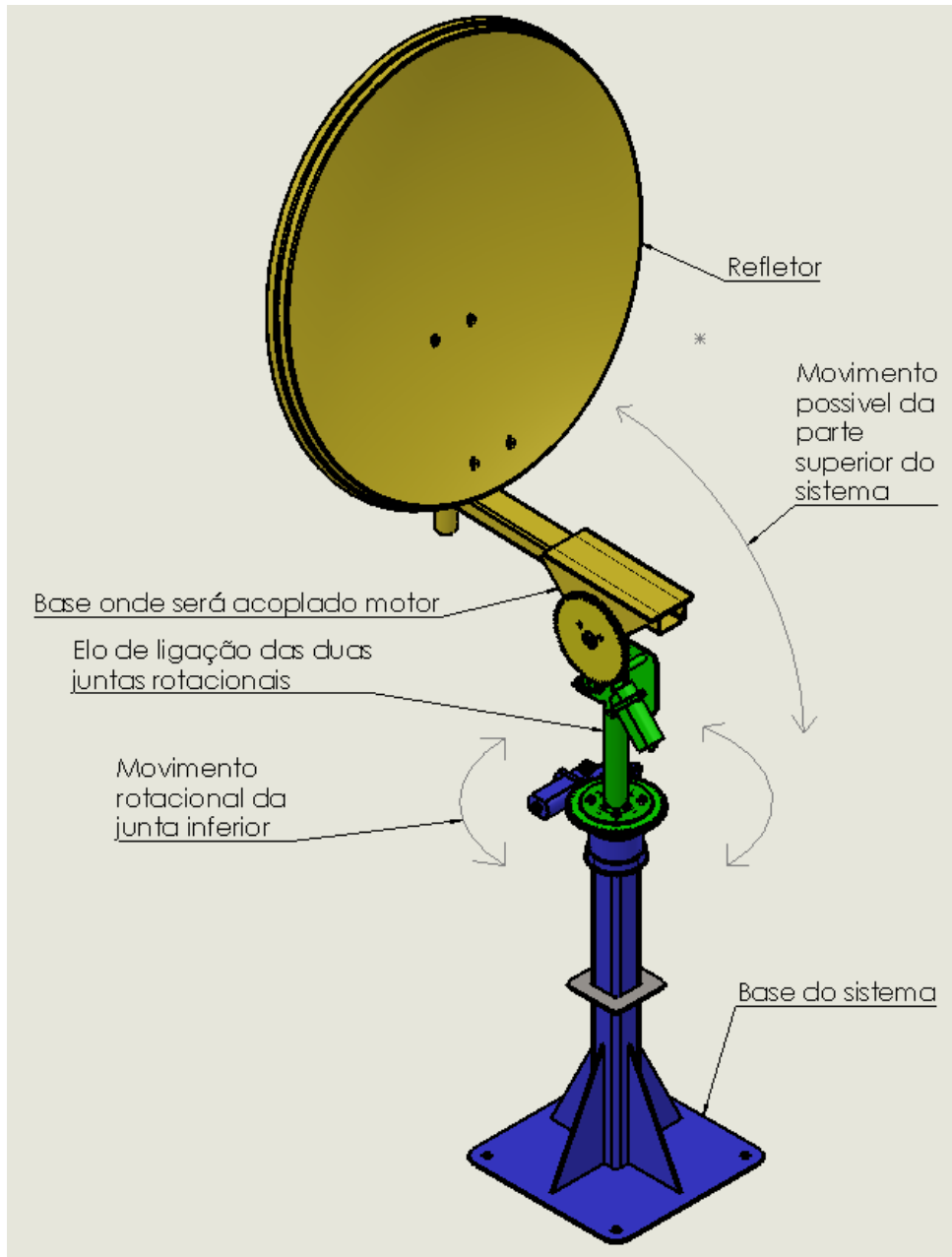


Figura 5 – Sistema desenvolvido pela equipe e suas respectivas partes.

Fonte: autores.

Após pensar-se em como fazer a movimentação do sistema e definido o tipo de construção do sistema, precisou-se pensar em como esse sistema seria controlado e automatizado. Para isso foram pesquisados alguns livros e projetos experimentais e constatou-se que poder-se-ia seguir de duas maneiras: fazendo o

controle do posicionamento através de sensores de luz para determinar o ponto de maior incidência da luz e alinhar-se com a parabólica e a programação de um trajeto pré-definido que o sol deveria seguir. A segunda ideia se mostrou meio inviável devido ao complexo cálculo que deveria ser feito para cada local de instalação, se os cálculos não fossem feitos da maneira adequada resultaria numa total ineficiência do sistema.

Para a implementação da segunda ideia ter-se-ia de criar um algoritmo que calculasse a posição solar, de acordo com as fórmulas anteriormente apresentadas, em função do local de instalação, da hora do dia e do dia do ano.

Já na primeira ideia, já utilizada em outros trabalhos também pesquisados, tem-se um meio de controle simples que dá a posição ideal independentemente do local de instalação, como ele faz a leitura dos sensores e sempre encontra o ponto ótimo de localização dificilmente apresentará erros, os erros encontrados neste tipo de sistema seriam apenas decorrentes de problemas com os sensores. E, por se tratar de um projeto experimental, controlar esses sensores se torna mais fácil e viável.

O sistema de controle desse projeto é constituído basicamente de dois dispositivos eletrônicos principais, os sensores que serão resistores dependentes de luz (*LDR's*) e um micro controlador, um *arduino*.

Um *arduino* nada mais é do que uma placa com entradas e saídas e um conjunto de hardwares com um micro controlador e um software próprio para programação. O software consiste em uma linguagem de programação parecida com a linguagem *c++*, porém com adição de algumas rotinas pré-definidas que simplificam ainda mais a programação. Basicamente, o hardware de um *arduino* é composto por um microprocessador, um cristal ou oscilador, um regulador linear de 5 volts, saídas e entradas analógicas e digitais e uma entrada *usb* para conexão com o computador, conforme pode-se ver na Figura 6 (MCROBERTS, 2011).

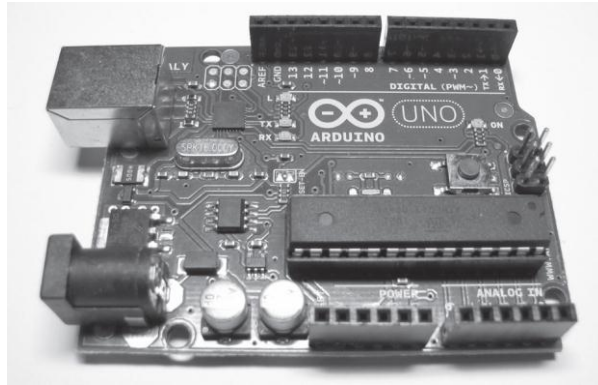


Figura 6 – Arduino. Fonte: McRoberts (2011).

Os sensores do sistema são os resistores dependentes de luz, ou também conhecidos como fotorresistores, que são resistores que variam sua resistência com a incidência de luz (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012).

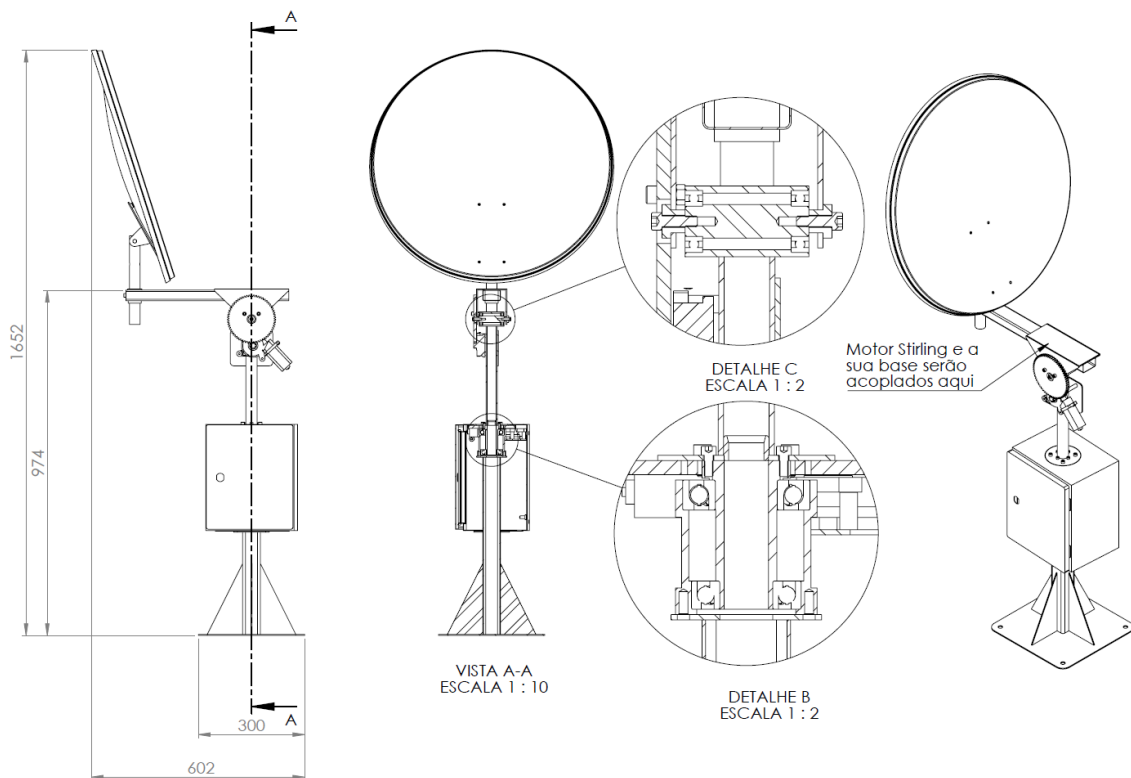


Figura 7 – Sistema projetado pela equipe. Fonte: autores.

A programação de controle do sistema foi feita com base na comparação da leitura da voltagem retornada ao sistema pelos *LDR's*, uma vez que a resistência deles varia com a incidência de luz, a tensão que ele retorna nas entradas analógicas do Arduino também variam, deste modo, comparam-se os valores deles e o sistema

irá movimentar-se para o lado que estiver com maior luminosidade até que todos *LDR's* estejam recebendo a mesma quantidade de luz. Devido a dificuldade de igualar a resistência dos *LDR's* foi estabelecida uma tolerância de 10%, ou seja, o sistema só irá se movimentar quando a diferença de tensão decorrente da incidência de luz for maior que 10% do valor, fazendo com que o sistema se estabilize mais facilmente e não comprometendo o funcionamento do mesmo.

Após a definição e montagem dos componentes do sistema foram realizados testes com os componentes e as programações. Na Figura 7 tem-se o sistema projetado pela equipe.

Discussão

Os testes realizados consistiram em, com o sistema fixado em um determinado local, verificar se o mesmo seguiria o movimento do sol e manteria seu ponto de convergência dos raios solares em um determinado ponto do equipamento. Adicionalmente utilizou-se uma placa de aço para verificar se o ponto de convergência. O ponto de foco foi medido e localizado no projeto do sistema para posterior utilização no projeto do motor que será acoplado ao projeto.

Tabela 1 – Teste dos ângulos de azimute e altitude solar.

Data	24/05/2016	Latitude	21° 12' 32" S	
Hora	H	δ	β	φ
9:00	135°	21,62°	29°	17
10:00	150°	21,62°	38°	14
11:00	165°	21,62°	45°	8
12:00	180°	21,62°	47°	0
13:00	195°	21,62°	45°	-8
14:00	210°	21,62°	38°	-14
15:00	225°	21,62°	29°	-17

Fonte: autores.

O teste realizado provou que a trajetória calculada condiz com o que foi evidenciado, e sobretudo o teste serviu para verificar se todo o sistema funcionaria conforme o projetado.

O teste começou com a localização do ponto focal e seguiu-se com a manutenção do mesmo sendo medidos os deslocamentos angulares do sistema a partir do ponto inicial. Os ângulos foram medidos em relação ao número de dentes que a engrenagem se deslocou, utilizando-se a mesma como se fosse um transferidor.

O ponto focal foi definido a 525 mm do centro da parabólica, seguindo eixo central. O movimento dos motores basicamente fez-se de um ângulo de no máximo 40°, no caso de um dia inteiro. Os 40° são equivalentes a 7 voltas do eixo do motor, o que nos dá um total de aproximadamente 5 minutos e 15 segundos de acionamento do motor.

O acionamento dos motores provou-se mais eficaz sendo feito somente de um em um minuto, ou seja, o motor movimenta-se somente uma vez a cada minuto,

porém a verificação da intensidade de luz é feita a cada 10 segundos. Esta medida foi adotada visando a diminuição do consumo de energia pelo motor, visto que o mesmo estaria entrando em operação, mesmo que por pouquíssimo tempo, várias vezes em um minuto, o que poderia ocasionar sobrecarga nos condutores ou até mesmo no próprio motor e o consumo excessivo de energia, uma vez que o maior consumo se dá no acionamento do motor. O acionamento mesmo que feito a cada um minuto não chega a causar problemas de deslocamento do ponto focal, visto que, não sai do círculo de diâmetro de 63 mm utilizado como referência.

Considerações Finais

De posse dos resultados obtidos durante os testes realizados e de posse da fundamentação estudada notou-se que os dados coletados pelos testes condizem com o esperado de acordo com a teoria estudada. Sobretudo, o movimento do sol fez-se conforme o estudado, revelando que, qualquer uma das duas opções de controle que for adotada, terá o resultado desejado.

Pode-se localizar os pontos de foco, e os pontos de operação do sistema, definindo-se o máximo de tempo que o motor poderia ficar sem acionamento para não sair do limite do foco estabelecido e, com isso, reduzir a quantidade de acionamentos dos motores, reduzindo o consumo de energia. Esta etapa não traz grandes diferenças neste primeiro projeto, mas será de fundamental importância no futuro projeto a ser continuado, pois o mesmo deverá gerar mais energia do que deverá gastar.

No ponto de vista dos futuros projetos a serem desenvolvidos o presente projeto atingiu seu objetivo e proporcionando assim condições para definir-se os pontos necessários para se começar o projeto do *motor stirling* que deverá ser acoplado ao sistema proporcionando a conversão da energia térmica do sol em energia mecânica e, posteriormente, elétrica.

Referências

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentos de Física, Volume 4: Óptica e Física Moderna*. 8^a.ed. Volume 4. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 4v.

KARVINEN, Kimmo; KARVINEN, Tero. *Make: Arduino Bots and Gadgets*. 1ª.ed. Canada: O'Reilly Media, 2011.

MCRBERTS, Michael. *Arduino Básico*. 1ª.ed. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

PAZOS, Fernando. *Automação de Sistemas & Robótica*. 1ª.ed. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2002.

PROVENZA, Francesco. *PROTEC: Projetista de Máquinas*. 71ª.ed. São Paulo: Editora F. Provenza, 1990.

PROVENZA, Francesco; *PROTEC: Desenhista de Máquinas*. 71ª.ed. São Paulo: Editora F. Provenza, 1990.

STOECKER, Wilbert F.; JONES, Jerold W. *Energia Solar*. In: *Refrigeração e Ar Condicionado*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985. p. 416-438.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro U. B.; *Sensores Industriais, Fundamentos e Aplicações*. 4ª.ed. São Paulo: Erica, 2011.

Mesa coordenada no plano cartesiano para processo de corte de chapas utilizando plasma

Coordinate table in the cartesian plane for sheet metal cutting process using plasma

Eduardo Bregagnoli da Silva¹
Rodrigo Guimarães de Poli¹
Saulo Mateus de Brito Miranda¹
Odilon Caldeira Filho²
Thiago Santana Aranha³

RESUMO

Este trabalho apresenta o projeto, desenvolvimento e a construção de uma máquina ferramenta com movimentação nos eixos cartesianos que é controlada por um sistema computacional que trabalha em conjunto com softwares específicos introduzidos para auxiliar etapas de manufatura com custo acessível para as pequenas e médias empresa. Sua aplicação será para o processo de corte chapas de metal que utiliza como processo de corte a Plasma. Processos de corte de chapa normalmente são feitos manualmente, o que gera irregularidade e imprecisão, além de perda de material. Por isso existe a necessidade da automatização desse processo para aumento da produtividade.

Ao longo do projeto, foram necessários cálculos e o auxílio de software para elaboração de desenhos técnicos e simulação visando o correto dimensionamento da estrutura e os componentes que integram o equipamento, isto tudo para alcançar o melhor desempenho para cada situação e atingir um custo benefício satisfatório em sua construção, além de sistemas CAD, CAM e CNC para auxiliar a etapa do processo de corte. Outro ponto a ser destacado também, foi a preocupação com a segurança do operador na máquina ferramenta seguindo as instruções das normas que regulamentam a segurança no trabalho nas máquinas e equipamentos.

Palavras-Chave: corte de chapa, processo de fabricação, comando numérico

ABSTRACT

This paper will present the design, development and construction of a machine tool that has its movement in Cartesian axes, which is controlled by a computer system

that works in conjunction with specific softwares that were introduced to assist the manufacturing stages with affordable cost for small and medium business. To which its application will be in the process of cutting sheet metal and used as cutting process the Plasma. These plate-cutting processes are typically done manually, which produces inaccuracy and irregularity and loss of material. So there is the need to automate this process to increase productivity. Throughout the project, were required calculations and software assistance for preparation of technical drawings and simulation aiming at the correct dimensioning of the structure and the components that make up the equipment, all this to achieve the best performance for each situation and achieve a satisfactory cost benefit in its construction, in addition CAD, CAM and CNC systems to aid the cutting process. Another point to be highlighted was the concern about the safety of the operator on the machine-tool following the instructions of the standard that regulatory norm the safety at work in machinery and equipments.

Keywords: cutting plate, manufacturing process, numerical control

Introdução

Conforme Souza e Ulbrich (2013), as primeiras aplicações de computadores para auxiliar as etapas de engenharia tiveram início na década de 1950, quando o Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), EUA, iniciou a discussão sobre a tecnologia comando numérico (CN).

O comando numérico é um sistema eletrônico capaz de receber informações através de inserção própria de dados, interpretá-las e transmiti-las em forma de comando à máquina-ferramenta de modo que está, sem a intervenção do operador, realize as operações desejadas baseando-se em eixos de um sistema de coordenadas.

Nas palavras de Souza e Ulbrich (2013, p.51),

O comando numérico refere-se ao acionamento ou uma ação de comando, utilizando a forma numérica, estes equipamentos empregam o sistema de coordenadas cartesianas para quantificar uma ação específica, como a movimentação de uma máquina.

Inicialmente, estas informações numéricas eram passadas para a máquina com fitas perfuradas e cada furação representava um comando ativo ou não,

conforme furação ou sem furação. Graças ao desenvolvimento tecnológico, estas informações são armazenadas e gerenciadas por um computador que faz parte do equipamento. Desta forma passou a ser chamado de comando numérico computadorizado (CNC)

O corte de chapas de metal é uma etapa e, um processo de fabricação, muito recorrente e necessário no setor industrial devido a este tipo de material ser muito utilizado na manufatura de produtos.

E pensando na necessidade de aumentar a produtividade e padronização nos processos de corte de chapas, foi desenvolvida uma máquina-ferramenta interligada ao sistema de comando numérico computadorizado, abordado anteriormente, que faz todo o processo de forma automatizada e possui uma alta capacidade de repetição aliado a uma boa flexibilidade de geometrias de corte com o uso de softwares *CAD*¹ e *CAM*².

Com o grande aumento da competitividade e concorrência entre as empresas, torna-se imprescindível e muito viável, a longo prazo, a aquisição de um sistema automatizado para o processo de corte de chapas para que se reduza tempos de produção, custos e possa alcançar uma boa produtividade.

Entretanto, devido ao custo da implantação deste sistema ser muito elevado, ainda há muitos segmentos na indústria que apenas utilizam-se do processo manual para cortar chapas utilizando a habilidade de um operador e com auxílio de gabaritos.

Este processo realizado manualmente, depende de muitos fatores como a habilidade do operador, equipamento e até mesmo aspectos subjetivos como o humor podem afetar o processo de forma negativa e, em muitos dos casos, ocasiona uma falta de padronização nos cortes, tempos elevados e baixa qualidade, assim, gerando atrasos na linha de produção em consequência dos retrabalhos.

O presente trabalho se dedica ao desenvolvimento de uma máquina ferramenta, Figura 1 a seguir, com um custo acessível para as empresas que não

¹ Computer Aided Design, ou desenho auxiliado por computador (CAD), é o uso de tecnologia para projetar e documentar projetos. O software CAD substitui o rascunho manual por um processo automatizado. Disponível em < <http://www.autodesk.com.br/solutions/cad-software>> Acesso em: 7 de Outubro de 2016

² Computer Aided Manufacturing, ou manufatura auxiliada por computador (CAM), é o uso da tecnologia para gerar programas em uma linguagem que as máquinas ferramentas compreendam para executar as peças.

Disponível em < https://web.fe.up.pt/~ee00073/documents/Manuais/RESPIFE_CGER_v1.pdf > Acesso em: 7 de Outubro de 2016

possuem poder aquisitivo tão alto quanto as grandes companhias, para a utilização do processo de corte de chapa de aço utilizando plasma e com área útil de 1250 x 1000 mm, com intuito de eliminar ou diminuir os problemas devido ao processo manual de corte de chapas e que permita que seja realizada uma grande quantidade de operação no processo de corte de chapas com uma boa produtividade e qualidade.

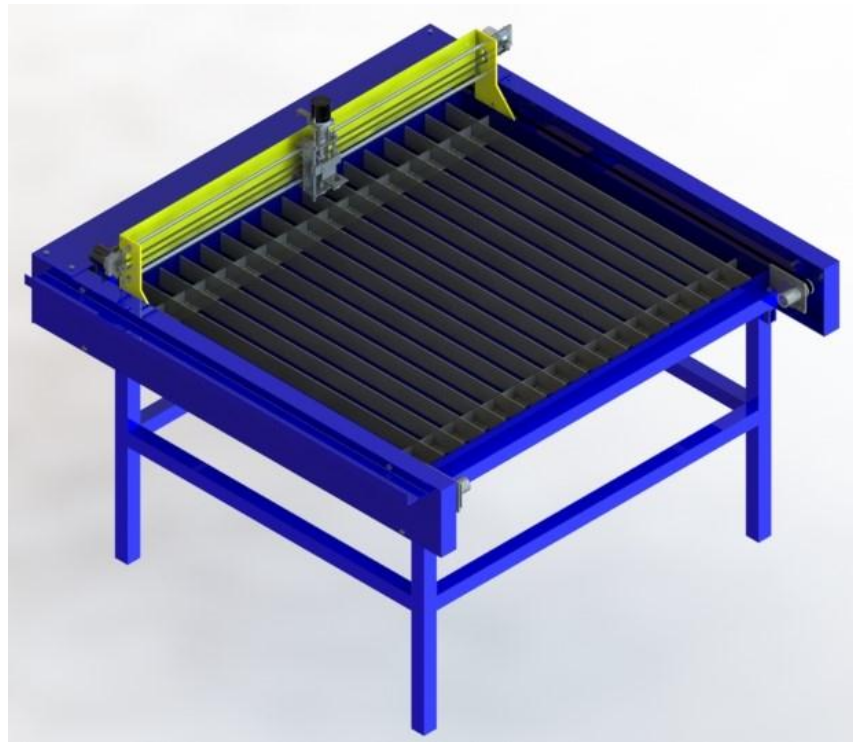


Figura 01 - Croqui do equipamento. Fonte: autores.

Metodologia

Como o objetivo do projeto é conferir a mesa de coordenadas cartesianas uma boa precisão e produtividade no processo de corte de chapas de metal utilizando plasma, foram analisados cada componente separadamente a fim de dimensioná-los e obter o melhor custo benefício para o equipamento. Todas as suas partes foram projetadas sempre levando em consideração as normas técnicas

vigentes para que seja alcançada os requisitos mínimos exigidos de segurança e qualidade.

A escolha do processo de corte a Plasma é devida o plasma utilizar um gás de alta temperatura, eletricamente condutor para cortar qualquer material que possa conduzir eletricidade. Ele é adequado para materiais ferrosos e não ferrosos e metais em qualquer estado, mesmo oxidados, pintados ou raspados e ter uma eficiência na velocidade de corte, em geral, ele corta espessuras com bitolas de até 50 mm e outro fator importante por ser mais fácil e seguro para operar porque funciona a ar comprimido.

Em sua parte estrutural, com o intuito de conhecer os esforços e tensões admissíveis, foram utilizados cálculos de resistências dos materiais e simulações feitas no *Software SolidWorks 2015*. Também, não só visando economia e gastos desnecessários em sua parte estrutural através do dimensionamento realizado, foi adicionado um fator de segurança para que o usuário do equipamento mesmo excedendo o limite pré-estabelecido não danifique a estabilidade da estrutura da mesa e, com isso, traga perigos para si mesmo.

Em sua fase inicial, o objetivo do projeto era de utilizar em seu sistema de movimentação fuso de esferas, devido ao fato desse componente ser preciso e eliminar consideravelmente as folgas presentes. Porém, por motivos de custos, foi analisado qual tipo poderia ser utilizado nos deslocamentos da mesa que atingisse praticamente a mesma qualidade.

E, após inúmeras pesquisas de sistemas de deslocamentos alternativos para implantar no equipamento, o escolhido para a movimentação dos eixos 'x' e 'y' da mesa foi através de correias dentadas ligadas às polias sincronizadoras.

No eixo 'z', o sistema de movimentação escolhido foi através de um fuso triangular cuja sua função é apenas o deslocamento da tocha de plasma no momento do processo de corte, na extremidade do fuso

Os atuadores escolhidos para serem responsáveis pelos deslocamentos de cada eixo, foram motores de passo, devido à sua boa rotação, bom torque e facilidade de posicionamento.

A mesa necessita que os deslocamentos atinjam uma certa faixa de velocidade para que o processo de corte através do plasma tenha não só produtividade, mas também qualidade. Para isso, foram feitos cálculos para

determinar qual o torque do motor de passo que seria necessário para que rotacionasse as polias e alcançasse a velocidade necessária no processo.

Para o dimensionamento do motor, foi considerado, a velocidade necessária nos deslocamentos, os esforços referentes a carga de arrasto da estrutura e o atrito presente entre os *Pillow blocks* e os guias lineares.

Os *Pillow blocks* basicamente são mancais com rolamentos de esferas em seu interior para diminuir o atrito presente no momento dos deslocamentos e que fazem a função de carro de guia para as estruturas.

Preocupou-se também em definir quais os diâmetros dos guias que iriam ser utilizados no equipamento para darem suporte e estabilidade nos deslocamentos dos eixos.

Para estabelecer este parâmetro referente ao eixo longitudinal, as cargas consideradas foram as provenientes da estrutura transversal juntamente com a estrutura do eixo 'z,' ou seja, a estrutura que é responsável pela descida da tocha. Já para o eixo transversal, foram consideradas apenas as cargas resultante da estrutura do eixo 'z'.

Para o perfeito funcionamento da máquina ferramenta, foi necessário a escolha de alguns softwares que auxiliam o processo de corte, no qual cada um tem um papel muito importante em cada fase.

Para a primeira etapa, foi preciso escolher um software do tipo *CAD* para auxiliar na elaboração de desenho técnico e que é utilizado para definir todas as informações geométricas da peça que é desenhada na chapa.

Atualmente, existe um grande número de sistemas *CAD* disponíveis no mercado, variando, em uma primeira classificação, entre sistemas 2D e 3D, como o processo de corte necessita apenas de geometrias no plano em duas dimensões, a primeira classificação de sistema já atende os requisitos.

O software escolhido para integrar o projeto e auxiliar esta etapa, foi o *AutoCad 2015* desenvolvido pela fabricante Autodesk, bastante conhecido da engenharia e de vários outros ramos da indústria.

Para a segunda parte do processo, foi necessário a escolha de um software do tipo *CAM*. Sua função é transformar o arquivo *CAD* em *Programa CNC* para que a máquina ferramenta reconheça e interprete todos os parâmetros referente a fabricação da peça, tudo isso devido ao fato de que equipamentos de comando

numérico computadorizado apenas reconhecem comandos de ações escritas em uma linguagem específica denominada *Código G*³. O selecionado para fazer parte desta etapa, foi o *ArtCAM 2015*, também desenvolvido pela Autodesk.

Há a necessidade também de um *software* para a última etapa do processo, do tipo *CNC*, sendo sua principal função se comunicar com o sistema eletrônico e enviar o *Programa CNC* à máquina ferramenta para que ela inicie o processo de corte de acordo com parâmetros inseridos. O programa escolhido para se comunicar com o sistema eletrônico, foi o *Mach3 2016* desenvolvido pela ArtSoft CNC.

O sistema de controle eletrônico do equipamento consiste em uma placa controladora que é ligada a 3 *driver* referente a cada motor de passo dos eixos 'x', 'y' e 'z'.

Como o projeto necessita de uma boa produtividade em seus processos de corte, preocupou-se em calcular os parâmetros de cada componente para que o sistema não viesse futuramente a se sobrecarregar e danificar.

Outro ponto importante, foi a calibração do equipamento a fim de assegurar a confiabilidade e a qualidade do resultado final da peça. Para esta etapa, foi utilizado o instrumento de medição relógio comparador e o auxílio de uma ferramenta inserida no Software Mach3 própria para calibração de equipamentos CNC's.

Todas as partes que compõem o projeto, foi devidamente instalada de acordo com a Norma Regulamentadora NR-12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos do MTE – Ministério do Trabalho e Emprego.

Funcionamento

O conjunto e interligação de todas as partes da mesa são vitais para seu funcionamento, desde o começo até o fim do processo de corte, todas as partes devem estar funcionando em perfeita sincronia para obter um bom resultado, e todo esse conjunto que compõe a mesa pode ser dividido respectivamente em três sistemas:

- Sistema de Software;

³ Nome comum para a linguagem de programação que comanda máquinas operatrizes de Controle Numérico Computadorizado. (Souza e Ulbrich, 2013)

- Sistema eletrônico;
- Sistema mecânico.

Antes de tudo, é preciso definir qual a geometria de corte, para isso é necessário a utilização do software tipo CAD. Após elaborado a geometria desejada, é preciso utilizar o software do tipo CAM.

Basicamente calcula as trajetórias da ferramenta para realizar o processo de corte, além de simular a movimentação da máquina para certificação e gerar os programas CNC para a fabricação da peça.

O principal conteúdo de um Programa CNC é sem dúvida a trajetória da ferramenta de corte. Entretanto, comandos secundários, dentre outros, são necessários durante o processo. Outro ponto importante também a ser destacado é que, a linguagem CNC é padronizada de acordo com a norma vigente ISO 6983-1:2009 – Controle Numérico de Máquinas.

Conforme Souza e Ulbrich (2013, p.233),

Um programa CNC é composto por comandos de acionamento e preparação empregando uma linguagem em sintaxe padrão ASCII. É formado por várias linhas (blocos) contendo as informações. Na programação CNC existem comandos com funções distintas, como funções preparatórias, que representam o principal conteúdo de um programa e são iniciadas pela letra G e funções miscelâneas, que são ações e definições complementares ao processo de fabricação, iniciadas pela letra M.

Gerado o Programa CNC, o próximo passo é utilizar um *software do tipo CNC* que será responsável por transmitir esses dados para os atuadores, ou seja, para os motores de passo da máquina ferramenta e fazer com que atuem de acordo com os parâmetros inseridos no arquivo e de forma ininterrupta até que se tenha finalizado o processo de corte.

Quando se inicia o processo da máquina ferramenta, são enviadas para a placa controladora todas as coordenadas e parâmetros referente a geometria de corte desejada, que são convertidas em pulsos elétricos, estes são enviados para cada *drive* dos motores de passo que tem a função de amplificar os sinais para que possam rotacionar conforme as especificações advindas do programa em linguagem CNC.

Já com todos os dados fornecidos, entra em processo o sistema mecânico propriamente dito.

Conforme o motor de passo do eixo 'x' rotaciona a polia motriz ligada à correia dentada, a mesma conectada à uma polia que faz o papel de movida e que tem como principal função rotacionar o eixo fixado no início da estrutura, há polias sincronizadoras em suas extremidades que rotacionam uniformemente e deslocam a estrutura transversal devido ao sistema de fixação entre a correia dentada transformando o movimento rotativo em linear.

O sistema de movimentação empregado no eixo 'y' segue o mesmo princípio, porém, com um número menor de polias sincronizadoras.

À medida que o motor de passo do eixo 'y' rotaciona a polia motriz sincronizadora que está ligada a uma correia dentada, esta, por sua vez, conectada à uma polia movida sincronizadora fixada na outra extremidade da estrutura, a correia se desloca, assim, move a estrutura vertical responsável pelos deslocamentos do eixo 'y' devido ao sistema de fixação entre a correia e a estrutura.

Há também, um terceiro deslocamento do eixo 'z', mas este não altera a forma do desenho, é apenas para o auxílio de aproximação da tocha do plasma até a chapa, para efetuar o corte.

A movimentação do eixo 'z' é através de um fuso triangular paralelo aos guias no qual é acoplado em sua extremidade por um motor de passo, o movimento rotativo é transformado em linear deslocando verticalmente a tocha de plasma acoplada ao suporte conforme a necessidade do processo.

O início do processo de corte com o plasma começa com este deslocamento, não é necessário o contato direto com a chapa, apenas ao aproximar a tocha faltando aproximadamente três milímetros para tocar, são iniciados o arco elétrico e o corte.

As partes se deslocam de acordo com as geometrias do desenho e parâmetros de corte elaborados nos softwares partindo de uma referência do ponto-zero da máquina (zero-máquina). É necessário que haja sincronismo em todos deslocamentos, para que o corte saia conforme o desenho especificado.

Componentes do equipamento

A mesa de coordenadas cartesianas tem como componentes principal a estrutura da mesa longitudinal projetada em aço SAE 1020 com espessura de 4,76 mm. Possui área útil de corte de 1250 x 1000 mm. Para conservar e evitar a fadiga

da própria mesa no momento do corte a plasma, possui um reservatório para adicionar água com profundidade de 100 mm.

Na mesma estrutura, foram instaladas chapas de desgaste transversalmente e longitudinalmente, fabricadas em aço SAE1020, que servem de base para as chapas que são cortadas e que podem ser trocadas a qualquer momento, tudo isso para manter a conservação do equipamento.

Também projetado com o mesmo material da mesa longitudinal, o carro transversal é o responsável pelos deslocamentos do eixo 'x' do equipamento. Sua sustentação se dá através de dois guias lineares cilíndricos fabricados em aço SAE 1045 para dar maior estabilidade e que são fixados paralelamente à estrutura principal.

A fixação da estrutura transversal aos guias é feita através de *Pillow blocks*, que consiste em um mancal fabricado em nylon contendo em seu interior rolamento linear de esferas que visa diminuir o atrito presente no sistema, já a fixação entre a correia dentada e a estrutura, é feita a partir de um sistema de fixação fabricado em aço SAE 1020 através do processo de fabricação de fresagem que consiste em uma peça que possui o mesmo passo da correia para que ela possa ser fixada.

Na própria estrutura transversal, há a estrutura que é responsável pelos deslocamentos no eixo 'y', fabricada com o mesmo material da estrutura principal, sendo a fixação da correia dentada a mesma utilizada na estrutura transversal e sua sustentação através de guias lineares cilíndricos fabricados em aço SAE 1020.

Nesta mesma estrutura, há o suporte da tocha do plasma que possui movimentação na vertical, guias lineares cilíndricos e o fuso triangular usinado em aço SAE 1020 responsável pelo deslocamento da tocha⁴.

Para que a tocha de plasma mantenha a distância necessária referente a chapa a ser cortada, foi instalado o sensor fim de curso na mesma para que ao iniciar o deslocamento vertical o próprio sistema identifique qual a distância correta que a tocha deve permanecer da chapa a ser cortada para que o processo seja eficiente.

Também foram instalados sensores de fim de curso nos eixos 'x' e 'y' por questões de segurança, assim, caso ocorra alguma falha no sistema não danifique os atuadores.

⁴ Plasma Powermax modelo Hypetherm 65 com capacidade de corte de chapas de aço de até 32 mm

A mesa possui também dispositivo de parada de emergência introduzido no painel de comando que pode ser acionado a qualquer momento para o desligamento total do equipamento, seguindo as orientações da NR-12.

Ainda visando a segurança do equipamento e do usuário, no local em que são deslocadas as polias, correias dentadas, há uma chapa de proteção vedando todo o ambiente para evitar qualquer tipo de acidente. O controle eletrônico do motor de passo é realizado através da *placa controladora HY-JK02-M⁵* que é ligada ao seu respectivo *driver TB6560⁶* dos eixos 'x', 'y' e 'z'. A função da placa controladora é de converter as coordenadas em forma de programa CNC que são recebidas do *Software Mach3* em pulsos elétricos e enviar aos driver, este por sua vez, tendo como função amplificar este sinal de comando emitido pela placa controladora em sinal de potência de micro passo e aplicar a quantidade de tensão para que o motor de passo se desloque uma distância pré-definida, tudo isso devido ao fato de que esse tipo de atuador funciona através de sinais de pulso.

A estimativa do custo total para o desenvolvimento do projeto foi de R\$ 5.861,99

Considerações finais

Analisando todas etapas desde a concepção até a concretização do projeto, pode se concluir que os objetivos foram todos alcançados com sucesso. Tudo isso devido a boa base de conhecimento e conceitos que foram transmitidos ao longo do curso e que permitiu que fossem aplicados e executados.

Após vários testes, a mesa de coordenadas no plano cartesiano apresentou uma precisão de 0,02 mm, a mesma precisão de mesas de corte CNC a plasma bem mais robustas e um custo benefício satisfatório em relação as máquinas existentes no mercado que chegam a custar R\$ 50.000,00, tornando possível a aquisição deste equipamento para pequenas e microempresas.

A construção do projeto, permitiu agregar conhecimentos em diversas áreas e que certamente serão de muita importância para projetos futuros.

⁵ Dispositivo eletrônico responsável pela comunicação *do Software CNC* e os atuadores e sensores do equipamento (KOLLMORGEN, 2016)

⁶ Dispositivo eletrônico projetado para converter uma única entrada de pulso em micropassos e enviá-los ao motor de passo com a finalidade de conferir-lhe precisão na execução das tarefas (METALTEX, 2016)

Referência bibliográfica

BUDYNAS, R. G. J.; NISBETT, J. K. *Elementos de Máquinas de Shigley*. 8ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BDC, *Bdc Oxigênio. Processo de corte a plasma*. Disponível em: <<http://guias.oxigenio.com/o-que-e-o-processo-de-corte-de-chapas-por-plasma>> Acesso em: 10 abr. 2016.

BRITES, Felipe Gonçalves. *Motor de passo*. Disponível em: <<https://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/stepmotor/stepmotor2k81119.pdf>> Acesso em: 9 jul. 2016.

CHIAVERINI, V. *Tecnologia mecânica: Processos de fabricação e tratamento*. 2ª Edição. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

COLLINS, J. A. *Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas: Uma Perspectiva de Prevenção de Falha*. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

ESAB. *Catálogo de consumíveis*, 2013. Disponível em: <<http://www.esab.com.br/br/pt/support/documentation/upload/catalogo-consumiveis-esab.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2016.

FITZPATRICK, M. *Introdução aos processos de usinagem*. 1ª. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

HEARN, E.J. *Mechanics of Materials*. 3ª. ed. Boston: Butterworth-Heineman, 1997.

HIBBELER, R. C. *Resistencia dos materiais*. 7ª Edição. São Paulo: Prentice Hall Brasil, 2010.

HIBBELER, R. C. *Estática - Mecânica para engenharia*. 12ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

HYPERTHERM, Hypertherm Shaping Possibility 2016. *Visão geral do processo de corte*. Disponível em: < <https://www.hypertherm.com/pt/learn/cutting-education/cutting-process-overview/>> Acesso em: 20 abr. 2016.

JUVINALL, R. C.; MARSHEK, K. M. *Fundamento do Projeto de Componentes de Máquinas*. 4ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

KOLLMORGEN, Kollmorgen, 2016. *Drivers de passo*. Disponível em: < <http://www.kollmorgen.com/pt-br/products/drives/stepper/drives-de-passo/>> Acesso em: 15 jul. 2016.

NORTON, R. L. *Projeto de máquinas: Uma abordagem integrada*. 4ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2013.

METALICA, Portal Metalica, 2016. *O Processo de Corte de Metais por Plasma*. Disponível em: < <http://www.metalica.com.br/o-processo-de-corte-de-metais-por-plasma>> Acesso em: 15 abr. 2016.

METALTEX, Metaltex, 2016. *Driver para motor de passo*. Disponível em: <<http://www.metaltex.com.br/produto/db6630/db6630-drive-para-motor-de-passo-6a>> Acesso em: 9 jul. 2016.

PROVENZA, F. *Desenhista de máquinas*. 1ª. ed. São Paulo: F. Provenza, 1960.

SENAI. *Apostila de Atualização Tecnológica de Técnicas de Controle*. Porto Alegre - RS, 2014.

SOUZA, A. F.; ULBRICH, C. B. L. *Engenharia integrada por computadores e sistemas*. 1ª Edição. São Paulo: ArtLiber, 2013.

SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C.R.; BUDYNAS, R. G. *Projeto de engenharia mecânica*. 7^a Edição. Porto Alegre: Bookman, 2005.

SHIGLEY, J. E. *Applied Mechanics of Materials*. 1^a. ed. US: McGraw-Hill, 1976.

Desenvolvimento de um sistema de filtragem para colhedora de sementes de capim

Development of a filtering system for a grass seed harvester

João Vitor Fenille Lozano¹

Leandro José Albertti²

Murilo Augusto dos Santos Bonfietti³

Rodolfo Oliveira Cantieri⁴

Rogério Freitas Maria de Souza⁵

Prof. Eng. Me. Odilon Caldeira Filho⁶

Prof. Eng. Me. Paulo Sérgio Barbosa dos Santos⁷

Resumo

Observando o processo mecanizado da colheita de sementes de capim na região de Auriflora no estado de São Paulo, decidiu-se tomar uma providência a fim de evitar a contaminação do ar. Pensando no bem-estar do trabalhador, da fauna e flora próximos, e na conservação de máquinas e equipamentos envolvidos, direta ou indiretamente, na colheita da semente de capim, foi elaborado um sistema de filtragem com o intuito de reduzir o material particulado lançado na atmosfera, sem interferir no funcionamento e/ou eficiência da máquina. Após pesquisas realizadas, definiu-se uma alternativa para solução do problema. Depois de listados vários tipos de sistemas de filtragem, verificou-se o que traria um melhor custo/benefício, sendo escolhido o separador inercial do tipo ciclone, também conhecido com filtro ciclone. Assim, através de dados coletados em campo, foi possível o dimensionamento do filtro ciclone, assim como a determinação de sua eficiência, modelagem gráfica, testes em ambiente computacional, construção do protótipo, análises e resultados.

Palavras-chave: colheita mecanizada, contaminação do ar, filtro ciclone, material particulado, semente de capim.

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, jvfenille@gmail.com

² Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, leandrojosealbertti@hotmail.com

³ Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, muriloasbonfietti@gmail.com

⁴ Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, rodolfo.cantieri@gmail.com

⁵ Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, rogerio_brturboms@hotmail.com

⁶ Engenheiro, mestre e professor no curso de Engenharia Mecânica e Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP e orientador do presente trabalho de conclusão de curso odiloncal@gmail.com

⁷ Engenheiro de Controle e Automação, Mestre em Engenharia Mecânica pela UNESP. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP e coorientador do presente trabalho de conclusão de curso, engpaulo.sbs@gmail.com

Abstract

By observing the mechanized process of grass seed harvest in Auriflama region, in the state of São Paulo, it was decided to take action in order to prevent air pollution. Thinking about the worker's welfare, the nearby fauna and flora, and conservation of the machinery and equipment involved, directly or indirectly, in the process of harvesting grass seed, a filtration system was designed to reduce the amount of particulate material been released into the atmosphere, without interfering with the operation and / or machine efficiency. After conducting research, it was designed an alternative to solve the problem. A list of several types of filtration systems was made, then it was verified which would bring a better cost / benefit, with the inertial separator cyclone, also known as cyclone filter, been chosen. Therefore, through the data collected in the field, the cyclone filter design was made possible, including the determination of its efficiency, graphical modeling, computing test environment, prototype construction, analysis and results.

Key words: mechanized harvest, air pollution, cyclone filter, particulate material, grass seed.

Introdução

A poluição atmosférica é um problema cotidiano que afeta quase todas as pessoas do mundo. A má qualidade do ar provinda de emissões de gases nos processos indústrias, processos agrícolas, geração de energia, queimadas, veículos automotores, dentre outras atividades, colaboram para a poluição atmosférica. Tal poluição é nociva ou imprópria à saúde, sendo um inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora, prejudicando, de certa forma, a segurança, e a qualidade de vida das pessoas da comunidade.

Com a crescente preocupação na área de segurança e saúde no trabalho, com normas e programas cada vez mais presentes nas empresas. Na colheita de

sementes de capim mecanizada, há uma enorme dispersão de terra na atmosfera, um exemplo que pode ser visto na figura 1, levando sujeira a áreas próximas a colheita, gerando incômodo, causando danos às máquinas como tratores, caminhões próximos, inclusive à própria máquina colhedora, pois a grande quantidade de terra nos filtros, partes móveis e outras partes dos equipamentos causam troca prematura, desgaste de peças móveis e até entupimento de dutos de alimentação de combustíveis e de ar em alguns casos, além de trazer problemas de saúde às pessoas envolvidas direta ou indiretamente na colheita. Há casos, também, em que estradas próximas necessitam de apoio da polícia, pois, a quantidade de material particulado é tão grande que não há visibilidade suficiente para o tráfego seguro. Segundo Faria (2004), devido a exposição intensa a poeiras os agricultores apresentam uma elevação de mais de 70% no risco de sintomas de asma e doenças respiratórias crônicas.

Segundo Macintyre (1990) é pelas vias respiratórias que um grande número de agentes contaminantes entra no organismo, muitas dessas substâncias são absorvidas no fluxo sanguíneo, levadas a linfa ou às células fagocitárias que fazem parte do mecanismo de defesa do organismo. Há substâncias, porém, como a sílica, o berilo, o amianto e outras, que resistem à solubilização e remoção e que provocam, no pulmão, irritação, inflamação, fibrose, silicose, sensibilidade alérgica e alterações malignas. Algumas dessas substâncias que vão para a corrente sanguínea provocam grande esforço no coração quando exposto a temperaturas, geralmente, acima de 30° C.



Figura 1 - Colhedora de semente de capim trabalhando.

Fonte: Autores.

Consequências como as descritas por Faria (2004) e como as apresentadas anteriormente, motivou este estudo para uma solução, ou redução, da terra jogada na atmosfera pela colhedora apresentada, através de um sistema de filtragem.

Após pesquisa e discussões sobre várias formas de separar material particulado do ar, como filtros autolimpantes, filtros manga, entre outros, escolheu-se o filtro ciclone, equipamentos utilizados para separar e coletar partículas do ar ou para limpeza de gases de processo por meio de ação de força centrífuga, por seu tamanho, facilidade de instalação e manutenção, como a melhor opção para o caso.

Foram usados artigos científicos pesquisados através de meios eletrônicos, livros, vídeo aulas e outros projetos. Com base na teoria de Macintyre, foram coletados dados, como velocidade do fluxo na saída da chaminé da máquina, dimensões do duto de escape, rotação de trabalho da máquina, altura do duto e a vazão foi calculada através dos dados coletados. Valores de granulometria dos componentes do solo foram encontrados em outras literaturas, assim como seu peso específico do ar e solo e o volume específico.

Com os dados em mãos foram efetuados os cálculos de dimensionamento do filtro ciclone, perda de carga, eficiência de captura fracional e global, diâmetro mínimo da partícula, velocidade tangencial máxima. Foi usado o Software de

engenharia mecânica e CAD 3D Inventor 2016, da Autodesk, para desenhar cada componente do filtro ciclone a ser fabricado em ambiente 3D e 2D, como desenho técnico, plotado e enviado para a produção. Contudo, antes do filtro ciclone final a ser fabricado foram feitos vários testes computacionais com o software CFD 2016 (*Computational Fluid Dynamics*) também da Autodesk, onde foram feitas análises do comportamento do fluido dentro do filtro ciclone e cálculos analíticos.

Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é a redução do problema relatado, ou seja, reduzir ao máximo a emissão de material particulado na atmosfera sem interferir no funcionamento da máquina e/ou prejudicar a colheita de outra forma. Utilizando de um filtro tipo ciclone, modelo muito usado nas indústrias moveleira, de ferro e aço, químicas, de produtos minerais e outras onde existe a necessidade da separação do material particulado do gás (ar) tanto para o uso de um como de outro ou para simples emissão do gás na atmosfera evitando poluição, como em indústria automotiva na parte de pintura. Neste caso, a máquina colhedora de semente de capim precisa de um meio de liberar na atmosfera o mínimo possível de material particulado, evitando vários problemas no meio ambiente, máquinas, animais e pessoas envolvidas na colheita ou nas proximidades.

Além da funcionalidade do sistema, o projeto visa a redução significativa da quantidade de material particulado emitido na atmosfera, qualidade, praticidade na instalação e a baixa manutenção do equipamento a fim de manter a máquina trabalhando o máximo de tempo possível, para otimizar a colheita de semente de capim, sem ônus às partes envolvidas.

Objetivos específicos

- Redução do material particulado (terra) lançado na atmosfera;
- Exposição dos problemas causados na colheita da semente de capim;
- Escolha do melhor método (filtro) para a remoção do material particulado do ar;
- Desenvolvimento e execução do projeto;

- Testes em campo;
- Exposição dos resultados obtidos.

Problemas causados pelo material particulado na atmosfera

A sílica, que junto com os minerais silicatados representam cerca de 95% dos constituintes da crosta terrestre, segundo Pomerol (2013), em nosso organismo pode causar uma doença chamada silicose que afeta o pulmão, principalmente, podendo causar a morte e também pode causar inúmeros problemas respiratórios.

O material particulado depositado sobre a folhagem de pastos próximos aos locais de colheita pode fazer com que o animal não se alimente adequadamente, pois alguns podem não comer devido à quantidade de terra no pasto, e os que comem têm seus dentes e gengivas desgastados devido ao atrito, causando-lhes dor e forçando-os a parar de comer. Essa ingestão pode causar vários problemas no sistema digestivo do animal, assim como o material suspenso, que pode levar a problemas respiratórios nos animais.

As máquinas envolvidas no processo da colheita são as mais afetadas por essa poluição, causando obstruções em dutos de ventilação e filtros, assim como desgaste de partes móveis, acúmulo de sujeira em painéis e outros. Tratores com 1.200 horas de trabalho, considerados novos, tem seus dutos de ar e filtros comparados a máquinas de muito mais horas.

Em um dos tratores envolvidos diretamente na colheita, com apenas 1.194 horas, constatou-se que todo sistema de dutos, tanto do sistema de admissão do motor, quanto sistema de ar condicionado estava totalmente contaminado por uma grossa camada de terra, assim como o interior da cabine. Isso em tratores com mais tempo de uso é muito pior, podendo causar sérios problemas no sistema de ar condicionado, motor e em outras partes do trator.

Descrição do filtro ciclone

O filtro ciclone pode ser dividido em 3 partes principais, a entrada tangencial, onde o fluxo já começa o movimento rotacional tangencial, o corpo do filtro, onde

ocorre a maior parte do processo e o funil, parte inferior do filtro, onde ocorre o processo de retorno do gás para o centro e também a saída do material particulado.

Funcionamento do filtro ciclone

Na saída da chaminé o gás, junto às partículas, é captado por um duto ligado na entrada tangencial, formando um movimento rotacional ao redor do cilindro de diâmetro “s”, conforme ilustra a figura 2, localizado na parte superior, criando um fluxo helicoidal próximo a parede interna com um movimento descendente, fazendo com que parte das partículas sólidas, devido a força centrífuga, percam velocidade e escoem pela saída inferior junto com parte do ar, outra parte dessas partículas são eliminadas pelo movimento descendente do vórtice e uma terceira parte das partículas sólidas, com diâmetros menores, é forçada para o centro do vórtice saindo pela saída superior do filtro.

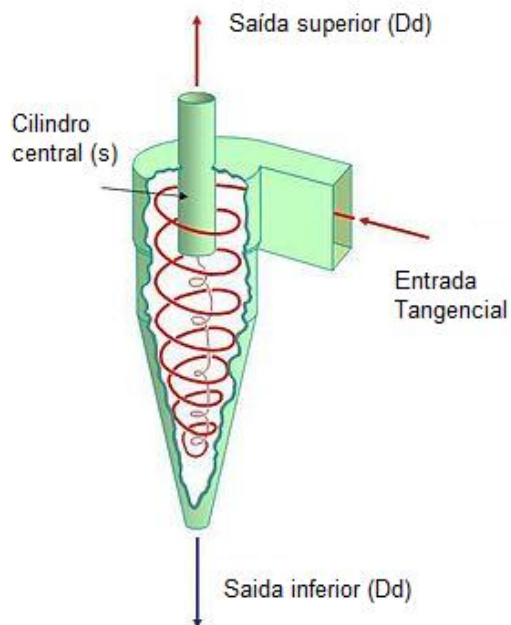


Figura 2 - Funcionamento do filtro ciclone.

Fonte: Wikipédia, Separador ciclônico, 2015.

Máquina colhedora de sementes de capim Hercules CS – 3500

A máquina colhedora de semente de capim abordada para fins de estudo, dentre os mais diversos tipos de marcas e modelos, foi a da marca Matsuda, modelo CS3500 Hercules, devido ao fácil acesso a mesma.

A colhedora é arrastada através da ligação nos braços hidráulicos do trator e acoplada na tomada de força, que fornece o torque para todo o sistema mecânico.

O sistema de coleta, composto por escovões de aço, entra em contato com o chão, girando em movimento divergente em relação ao sentido do movimento de arrasto do equipamento, retirando grande quantidade de terra, juntamente com a semente que já se soltou do cacho após seu ciclo de produção estar completo.

O fluxo de ar com o material particulado ganha velocidade através de um exaustor, que separa as sementes e a terra.

Modelos matemáticos

Várias teorias foram desenvolvidas para determinar a performance dos filtros ciclones, portanto é sugerido por alguns autores utilizar sempre ciclones que já tenha sido determinada ou verificada os parâmetros de dimensionamento. As mais conhecidas são a família Lapple e Stairmand, e neste foi utilizado da família Stairmand.

Segundo Macintyre (1990, p. 314), é determinado dois tipos de ciclone-padrão, onde A é de alta eficiência e ciclone-padrão B, de média eficiência.

O tamanho do grão que irá ser filtrado está entre 1 e 10 micrometros que de acordo com Macintyre (1990) o ciclone de alta eficiência (A) é o que se encaixa aos parâmetros.

Para o dimensionamento do mesmo foi necessário calcular o diâmetro “d”, que é o maior diâmetro do filtro ciclone, que também é o fator multiplicativo para determinar as outras medidas do ciclone.

Para o cálculo de “d” se tem a fórmula dada por Macintyre (1990):

$$Q = 300 \times d^2$$

$$d = \sqrt[2]{\frac{Q}{300}}$$

Antes de se calcular “d”, é necessário o valor de “Q” que é a vazão dada em pés cúbicos por minuto calculada a partir da velocidade de saída do fluido na chaminé e a área da seção. Foram realizadas várias amostras da velocidade do fluido na saída da chaminé da máquina colhedora, o aparelho utilizado foi o anemômetro da marca *Speedtech Instruments*, modelo WindMate-350, e a partir desses testes realizados com diferentes tipos de rotações do equipamento, foi utilizado para cálculos a velocidade de 105,5 quilômetros por hora com rotação de 1600 rpm, que é a rotação de trabalho da máquina.

Com o auxílio de um paquímetro, se anotou as medidas da saída da chaminé de secção retangular com 273 milímetros de comprimento por 148 milímetros de largura, e a partir destas se cálculos a área que é 0,040 metros quadrados. Com isso se calculou a vazão de 71,058 metros cúbicos por minuto. Como o coeficiente na fórmula de “d” é dado a partir do sistema europeu se transformou a vazão para 2.509,339 cfm (*cubic feet per minute*).

A partir da vazão se calculou “d”, e em seguida calculadas todas as medidas necessárias no dimensionamento do filtro ciclone de padrão A. Os valores aproximados utilizados na modelagem gráfica de cada dimensão do filtro ciclone são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Dimensões do filtro ciclone calculadas a partir de Q.

Parâmetro	d	h	l	s	Dd	L	L'	Db
Valor da cota (mm)	880	440	176	440	440	1320	2200	330

Fonte: Autores.

Também foram calculados a perda de carga dentro do filtro que é de 157,46 milímetros de coluna d’água, a eficiência de captura global e fracional, diâmetro mínimo da partícula que o filtro retém de 4,675 micrometros e a velocidade tangencial máxima dentro do filtro de 87,07 quilômetros por hora.

MODELAGEM GRÁFICA

Para a modelagem gráfica, foi utilizado o software de Engenharia e CAD 3D Inventor 2017 da Autodesk. Com os valores obtidos dos diâmetros e comprimentos, o filtro ciclone foi modelado em ambiente 3D. A primeira modelagem foi do filtro inteiro, a fim de ser testado, em ambiente computacional, antes de prosseguir com o projeto. Com isso, foi descoberto um problema de turbulência na entrada do filtro, onde o fluxo já em rotação se mistura com o fluxo que está entrando causando perda de eficiência na colhedora, já que o fluxo retornava para ela nesse processo. Então, viu-se necessária uma modificação na dimensão do arco de entrada do filtro possibilitando o material já em rotação iniciar o movimento descendente, diminuindo consideravelmente o choque entre as partículas que causavam o transtorno. Isso foi feito deslocando a entrada 176 milímetros para a esquerda, retirando ela do corpo do filtro ciclone e aumentando o comprimento do arco de entrada, possibilitando o fluxo entrar em movimento descendente antes de retornar no ponto de entrada. Foi modelado, então, um segundo filtro que atingiu os resultados esperados nos testes computacionais e a partir dele foram feitas as peças separadamente para a plotagem, corte e calandragem das mesmas.

O filtro foi dividido em 6 partes, chamadas de entrada lateral, tampa inferior, tampa superior, superior funil e saída superior, todo o filtro foi projetado com chapa de aço SAE 1020 de 1,5 milímetros de espessura, devido a sua ótima plasticidade e soldabilidade. Se iniciou pela peça superior, que tem 880 milímetros de diâmetro interno e 1320 milímetros de altura, com uma abertura retangular que é por onde entra o fluxo através da entrada lateral. O funil consiste em uma peça cônica com 880 milímetros de diâmetro na parte superior, 330 milímetros na parte inferior e altura de 2200 milímetros.

O filtro terminado teria 3730 milímetros de altura, 1266 milímetros na parte superior e 333 milímetros na parte inferior, pesando aproximadamente 135 quilogramas.

Também foi desenhado o suporte do filtro e o duto que liga a chaminé ao filtro ciclone a partir do protótipo pronto. A figura 3 ilustra o filtro terminado em 3D no Inventor.

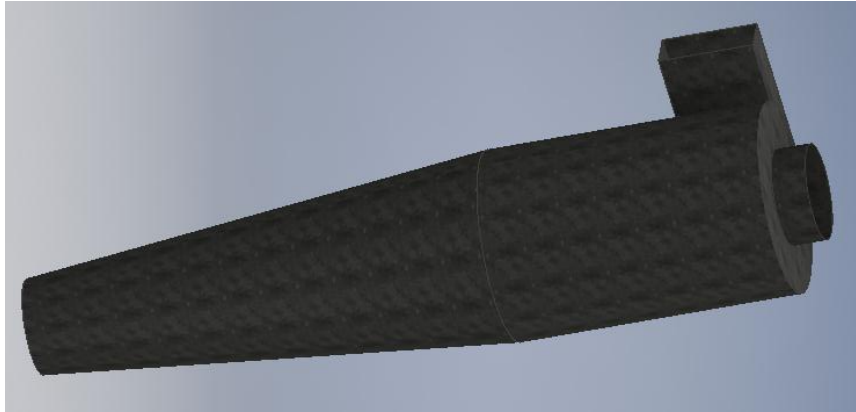


Figura 3 - Desenho em 3D do filtro ciclone.
Fonte: Autores.

Fluidodinâmica Computacional

Após os cálculos e a modelagem do filtro em ambiente computacional, visando diminuir custos de produção, testes operacionais e a validação do filtro dimensionado para a colhedora, foi utilizado software especializado de simulação fluidodinâmica, o CFD - *Computational Fluid Dynamics* (Dinâmica de Fluidos Computacional, em tradução livre do inglês).

Diversas simulações foram feitas utilizando-se os parâmetros indicados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros das simulações no CFD.

Dados necessários para a simulação computacional	
Vazão de entrada (Q ou Qm1)	71,058 [m ³ /min] ou 1.426,77 [g/s]
Número de interações	200
Modelo de turbulência	SST k-omega RC (Smirnov-Menter)
Pressões de saída	0 [Pa]
Sentido do vetor da gravidade	(0,0,-1)

Fonte: Autores.

Assim, comparando as as vazões nas saídas superior e inferior do filtro ciclone, observou-se que a maior parte da vazão está na saída superior, com 826,7342 g/s, enquanto na saída inferior, com 597,8658 g/s, houve uma menor vazão de acordo com as simulações. Logo, sendo os resultados das simulações compatíveis com a teoria de Macintyre (1990), constatou-se que a construção prática do filtro seria viável, sem muitas modificações a serem feitas.

Fabricação e instalação do filtro ciclone em escala 1:1

Com os desenhos técnicos prontos a partir da modelagem gráfica se cortou as chapas de aço 1020 e 1,5 milímetros de espessura, então foi feita a calandra das mesmas e união com solda MIG e pintado com tinta zarcão para proteger contra ferrugem. O suporte foi produzido a partir de cantoneiras de aço 1020 com 1.1/2 polegadas de largura por 1/8 de polegada de espessura. O duto foi feito com aço SAE 1020 e 1,2 milímetros de espessura. A fixação na máquina foi feita com cantoneiras e parafusos.

Após instalado, o filtro ciclone, foi pintado de amarelo, a mesma cor da máquina já que ele é considerado um implemento da máquina.

Testes e resultados

Procurou-se uma forma de medir ou quantificar a quantidade de material particulado emitido sem e com o sistema de filtragem e se encontrou um aparelho que mensura a quantidade de sílica livre no ambiente de trabalho por um determinado tempo, utilizado em saúde e segurança do trabalho, contudo nesse caso a quantidade de partículas é muito superior à capacidade do aparelho, então se optou por testes e análises visuais.

Decidiu-se então analisar a quantidade de material particulado que se prenderia em um tecido branco durante um tempo cronometrado de 10 segundos de exposição, ou seja, um tecido branco de algodão seria colocado na saída superior da máquina durante o processo de colheita por 10 segundos sem o sistema de filtragem e com o sistema de filtragem.

Com o uso de um cabo extensor de 5 metros, foram feitos testes com o tecido seco e úmido, os dois testes podem ser conferidos nas figuras 3 e 4, onde fica evidente a diferença na quantidade de material particulado emitido antes e depois do uso do filtro ciclone.

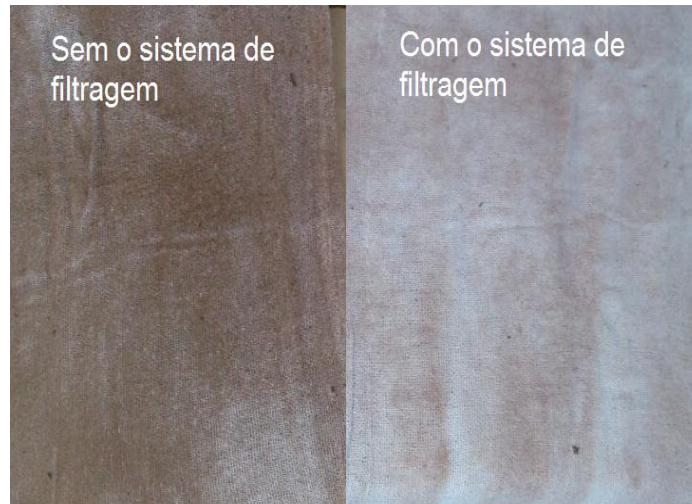


Figura 3 - Análise de emissão de material particulado com tecido de algodão branco e seco.

Fonte: Autores.



Figura 4 - Análise de emissão de material particulado com tecido de algodão branco e umedecido.

Fonte: Autores.

Se fez, também, a comparação com vídeos, onde a máquina foi filmada trabalhando sem o sistema de filtragem e com o sistema de filtragem e rodados ao mesmo tempo comparando a quantidade material particulado e também a altura alcançada em cada uma das situações, essa altura passa de 24 metros sem o sistema e 12 metros com o sistema, porém a quantidade de partículas é muito inferior e volta rapidamente ao solo como pode ser visto na Figura 5.



Figura 5 - Análise visual através das fotos da máquina trabalhando com rotação de 1600 rpm, sem o sistema de filtragem à esquerda e com o sistema à direita.

Fonte: Autores.

Considerações Finais

Com a conclusão do presente trabalho se comprovou através de análises visuais, tanto por observação direta quanto por fotos e vídeos, a eficácia do sistema de filtragem em vários aspectos. Contudo seu tamanho e posicionamento se mostraram uma limitação, já que a altura da máquina com o filtro instalado é de 4,80 metros, dificultando o estacionamento e estabilidade. O local de deposição do material removido, na frente da máquina, pode causar a sobrecarga do sistema de limpeza da mesma, reduzindo a sua eficiência. Para melhoria do projeto se pensou na possibilidade de se dividir o fluxo com um duto em Y onde seriam dimensionados dois filtros menores e instalados em paralelo na máquina, equilibrando a colhedora, possibilitando também a instalação de um sistema de dutos ou roscas sem fim para direcionar o material particulado para parte de trás da máquina, mantendo a qualidade do sistema de limpeza e a eficácia do filtro.

O objetivo de reduzir a quantidade de material particulado dispersado na atmosfera foi alcançado. Ainda que haja terra não capturada pelo filtro sendo lançada a atmosfera, esta sai com velocidade muito inferior à anterior, o que evita que alcance grandes alturas e, devido a isso, faz com que desça rapidamente ao solo

evitando o deslocamento por quilômetros junto ao vento como antes. Também foi visto a importância do uso de simulações em programas como o CFD, a fim de evitar desperdício de tempo e dinheiro, sendo uma ótima forma de ver o comportamento do fluido.

Referências

AUTODESK. *Autodesk CFD 2014 - Learning Guide*. Disponível em <<https://knowledge.autodesk.com/support/cfd/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/ENU/SimCFD/files/GUID-A124B012-DFE2-4A01-8815-24CA229DE852-htm.html>>. Acesso em 09 de julho de 2016.

BRITO, Paula Fernandes. *Vigilância do Câncer Relacionado ao Trabalho e ao Ambiente*. Rio de Janeiro, INCA, Instituto Nacional de Câncer, 2006. Disponível em <http://www1.inca.gov.br/vigilancia/docs/ex_ocup_ambient2006.pdf>. Acesso em 17 de outubro de 2016.

BRUNETTI, Franco. *Mecânica dos Fluidos*. 2ª.ed.rev. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

BUFFALO. *Fan engineering*. 7ª.ed. New York: BUFFALO FORGE COMPANY, 1970.

FARIA, Neice M. X.; FACCHINI, Luiz A.; FASSA, Anaclaudia G.; TOMASI, Elaine. *Trabalho rural, exposição a poeiras e sintomas respiratórios entre agricultores*. Rev. Saúde Pública, 2006;40(5):827-36. Pelotas-RS. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v40n5/ao-5254.pdf>>. Acesso em 27 de maio de 2016.

MACINTYRE, Archibald J. *Ventilação industrial e controle da poluição*. 2ª.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

MAREK, Ralph Wagner. *Segurança com a TDP - Tomada de Potência de seu trator*. Disponível em:

<http://www.focorural.com/detalhes/n/n/850/Seguranca_com_a_TDP_Tomada_de_Potencia_de_seu_trator.html>. Acesso em 02 de agosto de 2016.

MAURÍCIO, Pedro; SILVA, Pedro. *Um algoritmo para dimensionamento de ciclones*. Disponível em: <<http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/539/1/40-51FCT2006-4.pdf>>. Acesso em 13 de junho 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Qualidade do ar*. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>>. Acesso em 06 de maio de 2016.

NORTON, Robert L. *Introdução ao projeto*. In: *Projeto de máquinas – uma abordagem integrada*. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2004, p. 33,409.

POMEROL, Charles. *Princípios da Geologia*. 14 ed. Porto Alegre: Bookman 2013

RECRIA, *Equipamentos*. Disponível em: <http://recria.com.br/matsuda-equipamento/linha-colheita-colheitadeira-racing-3500-hercules/>. Acesso em 01 de agosto de 2016.

SEVERINO, Daniel. <<http://www.danielseverino.com/>>. Acesso em: 13 de agosto de 2016.

WYLEN, Gordon V.; SONNTAG, Richard; BORGNAKKE, Claus. *Fundamentos da Termodinâmica Clássica*. 4^a.ed. São Paulo: Blucher, 2013, p. 541, 557.

ZANGEROLAMO, Vanderson. *Simulando com o Autodesk Inventor e Autodesk MAPData Tecnologia Inf. e Com. Ltda.* (2009). Disponível em <http://static-wd.autodesk.net/content/dam/au/Brasil-2014/documents/materialapoio/2011/AUBR_82-

Simulando%20com%20o%20Autodesk%20Inventor%20e%20Autodesk%20Simulation.pdf>. Acesso em 29 de abril de 2016.

ZIENKIEWICZ, Olgierd C.; TAYLOR, Robert L. *The Finite Element Method*. 5ª Ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.

Extrator e instalador pneumático de buchas do braço oscilante da suspensão automotiva

Extractor and installer pneumatic bushings of the swingarm automotive suspension

Adriano Correa Bordan¹
Bruno Gines¹
Carlos Henrique Soares Gardenal¹
Elder Carlos dos Santos¹
Lucas Chacon Gonzaga¹
Tiago Henrique Teixeira¹
Prof. Me. Odilon Caldeira Filho²
Prof. Me. Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares³
Prof. Thiago Santana Aranha⁴

Resumo

O presente trabalho consiste no desenvolvimento de um equipamento pneumático que auxilia no processo de extração e instalação de buchas do braço oscilante de automóveis, com objetivo de trazer maior facilidade para esta tarefa, a fim de eliminar o esforço físico do profissional mecânico e reduzir consideravelmente o tempo dessa atividade, além de expor os principais métodos envolvidos durante este processo. Atualmente, os métodos e ferramentas existentes que efetuam a substituição de buchas demandam grande tempo de serviço e necessitam de meios de força física, no entanto, com o equipamento pneumático é possível eliminar as dificuldades encontradas durante essa atividade, pois através de um simples acionamento manual o atuador realizará a força necessária para substituir as buchas.

Palavras-chave: Atuador pneumático, Braço oscilante, Buchas, Extrator e instalador.

Abstracts

This work is the development of a pneumatic device that helps in processes extraction and installation of the bushing from swinging arm, in order to bring greater ease to make this task in order to eliminate the physical effort of the mechanical work and greatly reduce time of activity, besides exposing the main methods involved in the process. Currently,

¹ Acadêmico de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

² Engenheiro, mestre e professor do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba e orientador do presente trabalho.

³ Engenheiro, mestre e professor do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba e coorientador do presente trabalho.

⁴ Engenheiro e professor do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba e coorientador do presente trabalho.

existing methods and tools to replace bushings require an extensive worktime and require much physical strength, however, with the pneumatic is possible to eliminate the difficulties encountered during this activity, with a simple manual override, the actuator will hold the strength to replace the bushings.

Key words: bushings, pneumatic actuator, puller and installer, swingarm.

Introdução

No início do século XX, na indústria automotiva, as suspensões utilizadas nos veículos eram bastante simplificadas quando comparadas com as atuais, constituídas apenas por feixes de molas com a principal finalidade de fixar os eixos à carroceria do veículo e reduzir a transferência de impactos provenientes das ondulações nas vias para o chassi do veículo proporcionando pouco conforto aos passageiros (EUGENIO, 2006).

Com o passar dos anos, os veículos passaram por grandes transformações. Através da adoção de motores mais potentes e mudanças nas estruturas do veículo, tais alterações provocaram a necessidade de substituir aquele sistema simples com feixes de molas por um sistema de suspensão mais eficiente, oferecendo maior conforto e segurança aos ocupantes.

O sistema de suspensão de um veículo é formado por um conjunto de componentes mecânicos que trabalham em movimento contínuo como forma de absorver as irregularidades do terreno, evitando que esses movimentos sejam transferidos para a estrutura do veículo e contribuindo para a estabilidade e desempenho do automóvel. Assim, um dos componentes de maior importância da suspensão é o braço oscilante, também conhecido como “bandeja da suspensão”, que trabalha de forma articulável interligando o chassi até às rodas do automóvel.

Através da figura 1 é possível observar os principais componentes que integram o sistema de suspensão de um automóvel, juntamente ao braço oscilante.

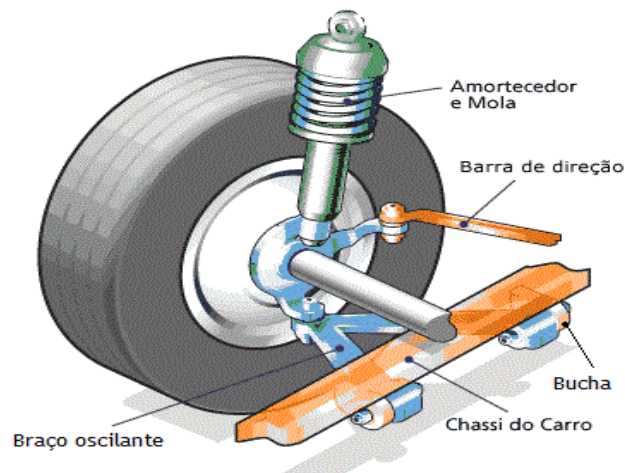


Figura 1 – Esquema de identificação dos componentes da suspensão.
Fonte: Martins – 2012.

A principal função do braço oscilante é trabalhar em conjunto com os demais componentes recebendo toda movimentação proveniente da articulação que as rodas transmitem durante o trajeto percorrido, a fim de absorver os impactos e vibrações decorrentes das irregularidades do terreno. De tal forma, parte desse impacto sofrido é transmitido ao braço oscilante e amortecido pela bucha, evitando que o chassi ou o monobloco do veículo sejam afetados.

Denota-se que na falta das buchas, a estrutura do braço oscilante teria contato direto com os demais componentes ocasionando um acoplamento fixo, sem nenhum tipo de amortecimento, acarretando ruídos e vibrações excessivas.

Devido à sua capacidade de absorção de impactos e vibrações, normalmente, a maioria dos braços oscilantes possui uma ou duas buchas que podem ser de material de poliuretano ou borracha. Mas, com o decorrer do tempo ou conseqüente aumento da quilometragem do veículo, as buchas acabam sofrendo ressecamento, acúmulo de sujeiras e desgaste, havendo a necessidade de serem substituídas para que não prejudiquem os demais componentes que integram a suspensão.

Quando as buchas do braço oscilante estão ineficientes ou inaptas a uso, não há a devida absorção de impactos e vibrações prejudicando o contato das rodas com o solo, sobretudo nas curvas, podendo ocasionar acidentes decorrentes das variações na estabilidade do veículo, conferindo extrema importância à eficiência

ainda não alcançada do processo de substituição das buchas do braço oscilante da suspensão automotiva, uma vez que, os meios de realização do processo existentes nos dias atuais apresentam diversas adversidades que acabam dificultando o trabalho do operador, tais como: a existência de riscos de acidentes de trabalho, a demasia do tempo de execução do procedimento e a intensidade de esforço físico do operador, denotando assim, a necessidade do desenvolvimento de uma ferramenta que busque sanar os aspectos negativos relacionados para executar a referida tarefa.

Materiais e Métodos

Para o reconhecimento das características verdadeiramente necessárias ao equipamento a ser desenvolvido foi realizado, a priori, uma análise comparativa dos possíveis procedimentos de substituição das buchas do braço oscilante.

Dispositivos existentes para substituição das buchas

Para a substituição das buchas do braço oscilante é possível encontrar alguns dispositivos que auxiliam na troca, porém no mercado existem alguns modelos com princípios diferentes de funcionamento para a realização do referido procedimento.

A figura 2 ilustra uma das ferramentas que auxiliam na substituição das buchas fabricada pela empresa Raven Ferramentas Especiais. Este modelo consiste em um sistema de alavanca manual com um cano alongador para multiplicação da força exercida no movimento de retirada ou instalação da bucha. Para efetuar a substituição das buchas, alguns dispositivos conhecidos como copos adaptadores são utilizados para modelos específicos de braço oscilante e, para isso, a extração ou instalação da bucha é feita pelo movimento forçado da alavanca através da força humana.



Figura 2 – Ferramenta para substituição das buchas com acionamento por alavanca.

Fonte: Catálogo de ferramentas Raven (2014).

Esta ferramenta realiza a substituição das buchas nos modelos de veículos como o Gol, Parati, Saveiro e Voyage, fabricados até o ano 2013 pertencentes à montadora Volkswagen, além de outros modelos como Monza e Kadett da fabricante General Motors.

O modelo ilustrado na figura 3, também fabricado pela empresa Raven Ferramentas Especiais, baseia-se em um sistema de barra roscada semelhante a um parafuso com copos adaptadores que servem de apoio para substituir as buchas. O funcionamento deste modelo consiste em apertar uma porca e utilizar a força resultante deste aperto a fim de extrair e instalar a bucha. Existem algumas variações deste modelo, posto que cada ferramenta proporcione a substituição buchas de um modelo de braço oscilante específico, sendo necessário, portanto, uma ferramenta para cada modelo de veículo.



Figura 3 – Ferramenta manual para substituir buchas através do sistema de barra de rosca.

Fonte: Catálogo de ferramentas Casa do Mecânico (2016).

No caso, a ferramenta da figura 3 efetua a substituição somente da bucha do braço oscilante do Ford Fiesta do ano 1997 ao ano 2000.

De modo geral, os modelos de ferramentas apresentados exigem um dispendioso tempo para execução dessa atividade, além de proporcionar grande esforço físico ao mecânico. Observa-se também que essas ferramentas realizam a substituição em uma gama restrita de modelos de buchas ou dispõem de ferramentas individuais e específicas para cada automóvel, fomentando a necessidade de adquirir vários kits diferentes de ferramentas para substituição das buchas, tornando-se um procedimento dispendioso e ineficaz, fazendo com que os operadores do processo de substituição busquem por outros procedimentos como a utilização de ferramentas comuns e assim, efetuando métodos e adaptações não apropriadas para substituição das buchas, tais como:

- maçaricos: derrete-se a parte de borracha da bucha para facilitar sua extração. Esse método, porém, deforma a bandeja, além de alterar suas propriedades mecânicas podendo ocasionar trincas na estrutura depois de certo tempo, além da oxidação do metal no local aquecido;

- furadeiras: fura-se toda a borda da bucha com uma broca para facilitar na sua retirada, além de utilizar métodos de força física para concluir a remoção. É uma tarefa árdua, cansativa e que necessita de muito tempo de serviço;

- marreta e tarugo de aço: nesse método o braço oscilante é fixado em uma morsa e com o uso de uma marreta e tarugo metálico, introduz-se golpes na bucha com a finalidade de retirar a mesma. Desta maneira, o profissional pode danificar o braço oscilante através dos impactos, visto que sua estrutura não pode ser deformada, pois é um dos principais componentes da suspensão que mantem o alinhamento do automóvel dentro dos padrões do fabricante, ao passo que qualquer deformação prejudique o comportamento de condução do veículo comprometendo sua segurança.

Força necessária e método utilizado

Ante as adversidades averiguadas nos meios de substituição das buchas do braço oscilante e através do desenvolvimento deste projeto, buscou-se acelerar o processo de extração e instalação das referidas buchas a partir da elaboração de

um equipamento que torne essa dificultosa atividade em uma tarefa rápida, simples e sem danificar a estrutura do braço oscilante durante a substituição.

Para tanto, o início do processo de construção do equipamento se deu pela verificação de qual seria a carga exercida durante a extração da bucha, tendo como pressuposto que a maior dificuldade em relação à bucha é durante sua retirada devido às condições adversas entre os fenômenos físicos e químicos em relação ao contato entre os dois materiais que, no caso em apreço são: a borracha e o aço da estrutura.

Através da experiência empírica e análise investigativa realizada em oficina mecânica, foram escolhidos alguns tipos de braço oscilante cuja substituição da bucha exige maior dificuldade e esforço físico do profissional, bem como foram efetuados ensaios com materiais em condições extremas, optando por buchas e braços oscilantes com alguns anos de uso, ambos com grande composição de ferrugem e ressecamento, a fim de dificultar sua retirada.

Tal processo de pesquisa e busca por buchas com maior dificuldade de substituição apresenta-se como cerne estruturante deste projeto, posto que, a partir dos resultados dos estudos realizados, apurou-se qual a maior força exercida em uma bucha sobre essas condições buscando garantir a eficiência do equipamento desenvolvido, possibilitando que o mesmo tenha força suficiente para realizar a substituição mesmo em condições severas.

A figura 4 ilustra a prensa hidráulica para ensaio de compressão da marca EMIC, cujo modelo PCE 100C, com capacidade máxima de força de até 100 toneladas e possibilidade de curso de até 40 milímetros, fora utilizada para realização das análises de carga exercida sobre a bucha.



Figura 4 - Equipamento de ensaio de compressão. Fonte: autores.

As figuras (5 A) e (5 B) ilustram a execução dos testes de carga para retirar as buchas do braço oscilante.



(5 A) (5 B)
Figuras (5 A) e (5 B) – Análises de força para remoção das buchas.
 Fonte: autores.

Desta forma, os resultados obtidos durante as análises da carga exercida sobre a bucha são representados através da Tabela 1.

Tabela 2 – Resultados obtidos durante testes.

MARCA	VEÍCULO	CARGA EXERCIDA (kN)
Fiat	Palio/Strada	23,35
GM	Opala	14,52
Peugeot	206	17,63
Volkswagen	Gol/Saveiro	13,28

Fonte: autores.

Diante dos resultados da Tabela a, observa-se que a bucha que demandou maior carga para ser extraída resultou em 23,35 kN. Neste sentido, passou-se examinar qual método de transmissão de força seria implantado no equipamento capaz de desenvolver força necessária para exercer a carga máxima requerida, tendo como escopo a busca de um método adequado, simples e viável economicamente. Para tanto, foram analisados três sistemas chegando-se às seguintes constatações:

- sistema elétrico: para transmitir força mecânica, este sistema utilizaria um motor elétrico acoplado a um redutor específico a fim de elevar os meios de força, bem como componentes eletroeletrônicos para atingir a função desejada (uma vez

que o sistema consistiria em desenvolver rotações para ambos os lados para extrair e instalar as buchas), de modo que, tornariam o custo desse sistema elevado. Motivo pelo qual não foi utilizado;

- sistema hidráulico: o sistema hidráulico apresenta uma opção relativamente boa ao equipamento dispondo de ótima transmissão de força mecânica (um dos fatores primordiais para extrair e instalar as buchas). No entanto, para construção do equipamento utilizando o sistema hidráulico seria necessário à aquisição de um conjunto de motor elétrico acoplado a uma bomba de óleo que através do bombeamento acionaria o atuador hidráulico produzindo a força desejada. Contudo, para desenvolver tal circuito hidráulico, haveria a necessidade de criar um pequeno reservatório de óleo para funcionamento do conjunto bomba/atuador, além do indispensável uso de mangueiras, conexões e filtro, o que demandaria uma manutenção periódica desse sistema. Destarte, confrontando a eficiência do sistema com seu alto valor de implantação, o que ocasionaria o encarecimento do próprio equipamento desenvolvido, optou-se por não implantar o sistema hidráulico, levando em consideração as perspectivas de viabilidade do equipamento previamente estabelecidas;

- sistema pneumático: a energia contida no ar comprimido é convertida em trabalho através do atuador pneumático que, trabalhando na pressão adequada, possibilita um funcionamento eficiente dos equipamentos pneumáticos (STEWART, 1981). Assim, ante a recorrência das instalações pneumáticas em grande parte das oficinas mecânicas, seja por simplesmente realizar a limpeza e secagem de uma peça por um jato de ar ou também por utilizar uma ferramenta pneumática, o sistema pneumático proporciona maior simplicidade para ser implantado ao equipamento quando comparado aos sistemas analisados anteriormente, além de possuir bom desempenho na transmissão da força mecânica e dispor de conexões e mangueiras com valores inferiores às utilizadas no sistema hidráulico.

Deste modo, o sistema pneumático apresentou-se como o mais apropriado, portanto, escolhido para ser implantado ao equipamento devido aos seus aspectos positivos elencados, bem como por possuir simples manutenção e, sobretudo, por não provocar respingos ou vazamentos de óleo evitando a contaminação do meio ambiente.

Descrição do equipamento

O equipamento se trata de um dispositivo construído sob a estrutura de um “carrinho móvel”, moldado em chapa de aço SAE 1020 de 1 mm que possui 0,20% de carbono e apresenta baixo custo, boa ductilidade e resistência mecânica satisfatória (CHIAVERINI, 1978). Há ressaltar também que o equipamento possui dois compartimentos internos que possibilita o armazenamento de seus dispositivos (copos adaptadores) utilizados durante o processo de substituição das buchas.

A figura 6 ilustra o equipamento desenvolvido através do *software* AutoCAD versão 2014, fabricante Autodesk.

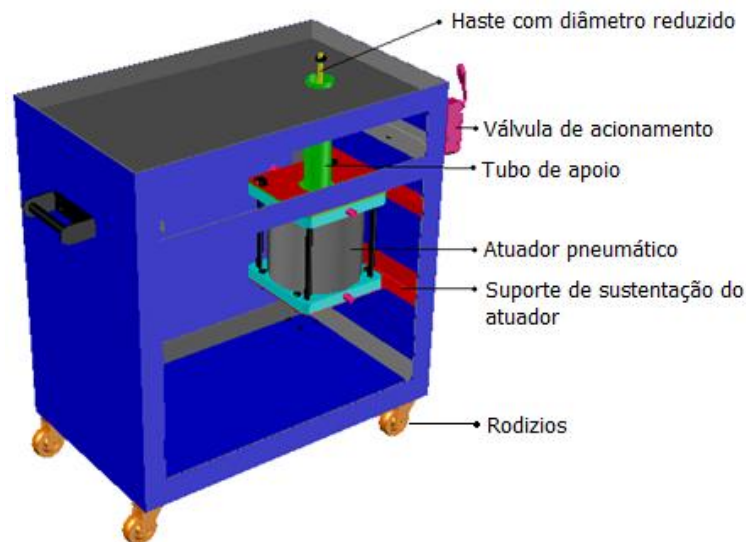


Figura 6 – Componentes do equipamento.

Fonte: autores.

O equipamento é composto por um atuador pneumático linear com diâmetro de 200 mm, dimensionado por meio das análises de forças contidas na tabela 1 que resultaram em uma carga máxima para substituir a bucha de 23,35 kN, assim, adotou-se uma margem de segurança para que o atuador atinja uma força considerável de 2500 kgf, trabalhando a uma pressão de 8 bar.

A fixação do atuador é feita por dois suportes, sendo um na parte inferior do atuador e outro na parte superior, parafusados à estrutura do carrinho conforme demonstrados na figura 6.

De acordo com Schott (2012), um atuador com diâmetro de 200 mm possui uma haste com 40 mm de diâmetro, assim como o diâmetro interno das buchas é de 10,1 mm, desenvolveu-se uma haste com diâmetro reduzido em 10 mm, a fim de ser acoplada na ponta da própria haste do atuador para proporcionar a passagem da mesma dentro o orifício interno da bucha durante o processo de substituição. Esta haste de redução é composta de aço SAE 1045 que possui 0,45% de carbono, apresentando dureza e resistência a tração (SHIGLEY, 2005).

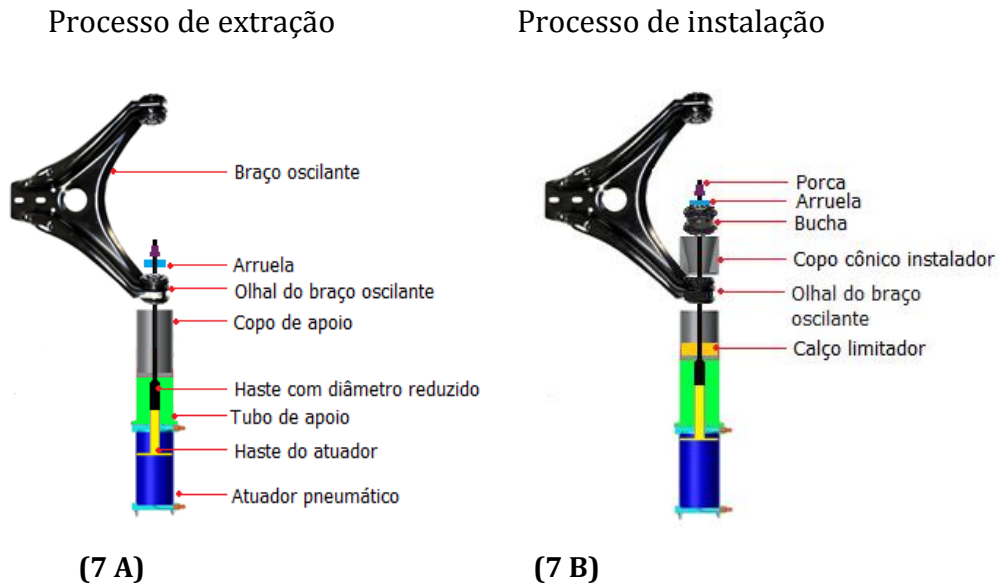
O sistema de acionamento do atuador pneumático é composto por uma válvula de acionamento manual 4/3 vias com retorno por mola, normalmente fechada, sendo que, o ar é conduzido através de mangueiras de poliuretano com diâmetro 12 mm.

Os copos adaptadores são dispositivos fundamentais que auxiliam durante o processo de substituição das buchas, com a função de centralizar o olhal do braço oscilante e apoiá-lo para que o mesmo não se mova quando a haste realizar o movimento durante o processo de substituição da bucha. Um dos copos adaptadores tem formato cônico, sendo utilizado somente para instalar a bucha, já o copo de apoio fica encaixado sob um tubo de aço SAE 1020 com diâmetro externo de 60 mm, espessura de 3 mm e 350 mm de comprimento, permanecendo apoiado através de uma base na face plana do cabeçote do atuador e fixado juntamente aos parafusos prisioneiros na lateral do cilindro. Esse tubo também é responsável por absolver parte da carga exercida quando a haste do atuador realiza o movimento de arrasto da bucha no instante da substituição.

Funcionamento

A primeira etapa do funcionamento consiste em conectar a entrada de ar do equipamento a uma rede de ar comprimido sob uma pressão de 8 bar. Para o processo de extração da bucha representado na figura (7 A), é necessário que o olhal do braço oscilante (local onde aloja a bucha) fique encaixado justamente no copo de apoio e que a haste passe internamente pelo orifício da bucha onde, através de uma arruela e porca possibilita o travamento da mesma, e assim quando o atuador for acionado provocará o arraste da bucha para baixo, fazendo com que a bucha seja totalmente retirada do olhal.

As Figuras (7 A) e (7 B) representam os principais componentes que integram o sistema durante o processo de extração e instalação da bucha do braço oscilante.



Figuras (7 A) e (7 B). Processos de extração e instalação da bucha.

Fonte: autores.

Para o processo de instalação, portanto, uma vez retirada a bucha, inicia-se o processo de instalação da nova bucha, colocando o calço limitador dentro do copo de apoio e permitindo com que a bucha não ultrapasse o local de acoplamento. Em seguida, o olhal do braço oscilante é apoiado sobre o copo de apoio, assim em sequência o copo cônico é posicionado na parte superior do olhal com a principal função de encaminhar a bucha ao local de acoplamento, portanto, quando o atuador for acionado sua haste puxará a bucha no local correto, conforme Figura (7 B).

As Figuras (8 A) e (8 B) ilustram o equipamento pneumático para extração e instalação de buchas do braço oscilante juntamente de seus dispositivos.

**(8 A)****(8 B)**

Figuras (8 A) e (8 B) – Equipamento pneumático de extração e instalação de buchas. Fonte: Os autores.

Análises e discussões

A partir da análise do processo de substituição das buchas, tornam-se evidentes algumas adversidades, tais como: dificuldades decorrentes do processo dando ensejo à necessidade em desenvolver um equipamento que sane os referidos problemas, buscando através dos pontos negativos encontrados nos métodos pré-existentes, uma alternativa a fim de tornar a substituição das buchas mais prática, rápida e eficiente.

Assim, para o desenvolvimento deste processo foram selecionados alguns modelos de braço oscilante que demandam maior dificuldade de substituição e qual bucha demandaria maior força para ser substituída. Esta seleção, no presente trabalho, se deu através de análises efetuadas por uma máquina de ensaio de compressão, onde foi possível encontrar os resultados da carga necessária para remoção da bucha, tais resultados fundamentais para o dimensionamento do atuador pneumático.

O equipamento desenvolvido para realizar a extração e instalação das buchas baseia-se em um sistema criado sobre um “carrinho” com rodízios para movimentar-se pelos pontos específicos de uma oficina, sendo introduzido a ele um circuito pneumático juntamente de um atuador, responsável por realizar as cargas necessárias para substituição das buchas.

Assim, com este sistema é possível eliminar os principais fatores negativos, como emprego de força física e demanda de tempo encontrado nos métodos comuns existentes. Isto é, o maior diferencial do projeto encontra-se em desempenhar facilidade na substituição das buchas, pois a força executada durante a substituição da mesma é totalmente realizada pelo atuador pneumático, portanto o equipamento elimina a força física, diminui o tempo de substituição e possibilita movimentar o equipamento para onde for necessário, desde que exista um sistema que forneça o ar comprimido.

Há ressaltar também que, embora a maioria das oficinas possua um local próprio para estoque das buchas, através dos compartimentos que o equipamento dispõe, há a possibilidade de armazená-las no próprio equipamento, obtendo um melhor aproveitamento do espaço disponível.

Através desses fatores é possível realizar a substituição das buchas do braço oscilante em um tempo médio de 12 minutos para cada veículo, porém quando essa tarefa é executada através dos métodos comuns descritos anteriormente, esse tempo pode chegar a 50 minutos, cumprindo observar que em modelos de braço oscilante complexos, com maior grau de dificuldade de substituição da bucha, esse tempo pode até dobrar.

Como a diminuição do tempo para execução das atividades nas oficinas mecânicas é um fator que contribui para aumentar a lucratividade, através desse equipamento é possível acelerar o processo de substituição das buchas e, portanto, influenciar na quantificação do ganho sem desprestigiar a qualidade do serviço prestado e sem dispor de esforço físico ao profissional mecânico. Contudo, levando em consideração que as oficinas de pequeno/médio substituam em média as buchas do braço oscilante de 5 veículos durante a semana, obterão uma economia referente ao tempo que o extrator e instalador pneumático consegue minimizar de R\$ 519,74. Desta forma, o valor estimado para venda do equipamento é de R\$ 4.000, portanto, o mesmo poderá ser pago em aproximadamente 2 meses de trabalho, o que mostra que este equipamento pneumático é altamente viável.

Considerações Finais

No que tange ao processo de extração e instalação das buchas, evidencia-se a existência de vários métodos comuns utilizados pelos profissionais que realizam a execução dessa tarefa de substituição. Porém, no mercado atual é possível encontrar ferramentas que auxiliam tal substituição, mas, por demandarem esforços físico, longo tempo para realizarem a substituição das buchas ou que podem até mesmo prejudicar a estrutura do braço oscilante, mostram-se ainda meios ineficientes.

Mediante tais fatores que se unem ao processo de extração e instalação de buchas, o presente projeto proporcionou desenvolver um equipamento pneumático que através de seus componentes alcançaram resultados satisfatórios, de forma que, os objetivos foram alcançados.

Assim, o grande diferencial do equipamento é sem dúvida, os benefícios trazidos em relação ao profissional que realiza a atividade de substituição das buchas, pois proporciona trabalhar de forma ergonômica e segura, eliminando os meios de força física e riscos de acidentes.

Outro fator relevante é a simplicidade que o sistema desenvolve no ato de extração e instalação da bucha, pois a força aplicada durante o processo é executada pelo atuador pneumático, fator esse que reduz drasticamente o tempo de substituição das buchas. Assim, através de cálculos em relação à média de tempo para substituição das buchas, o extrator e instalador pneumático mostrou ser 88,5% mais eficiente em relação ao tempo, quando comparado aos métodos comuns existentes.

Desta forma, compreende-se que através desse equipamento é possível executar um trabalho de substituição de buchas por um método prático e eliminando o esforço físico do profissional, além de favorecer na disponibilidade do veículo para o cliente e contribuir na diminuição do tempo para execução desta atividade, tornando o mesmo viável e eficaz.

Referências

CHIAVERINI, Vicente. *Tecnologia mecânica – Materiais de construção mecânica*. Vol. II. São Paulo. Editora Mc Graw-hill do Brasil. 1978.

EUGENIO, Marcelo L. *Contribuição ao desenvolvimento de uma bucha elastométrica para bandeja inferior de um veículo compacto*. 2006. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Automotiva). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARTINS, Ronaldo. *Suspensão McPherson – Diagrama*. 2012 Mar. Disponível em <<http://carrosemduvida.blogspot.com.br/2012/04/suspensao-mcpherson-diagrama.html>>. Acesso em: 07 agosto 2016.

MECÂNICO, Casa. *Catálogo de produtos*. Disponível em: <<http://www.casadomecanico.com.br/extrator-e-instalador-da-bucha-da-bandeja-da-suspensao-123003-raven-p1598/>>. Acesso em: 15 julho 2016.

RAVEN, Ferramentas. *Catálogo de ferramentas 2014*. Disponível em: <<http://www.ravenferramentas.com.br/produtos/ferramenta/.103008>>. Acesso em: 15 julho 2016.

SCHOTT, Werk. *Catálogo de cilindros pneumáticos 0101-16BR 2012*. Disponível em: <<http://www.werkrio.com.br/img/cilindros2012.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2016.

SHIGLEY, Joseph E. et al. *Projeto de engenharia mecânica*. 7.ed. Porto Alegre: Bookram, 2005.

STEWART, Harry L. *Pneumática & Hidráulica*. 3ª. edição. São Paulo: Editora Hemus, 1981.

Projeto e Construção de um Carro Tipo Fórmula

Design and Construction of a Formula Type Car

Caio Henrique Fiorin Bernabé¹
Gabriel Coelho Rodrigues Alvares¹
Gabriel Henrique Borges Castelli de Araújo¹
João Pèdro Pulzatto Frigério²
Robinson Douglas Tardivo de Moraes¹
Prof. Eng. Fernando Gabriel Eguia Soares Pereira³
Prof. Eng. Daniel Lucas de Oliveira⁴

Resumo

Um carro é uma máquina criada pelo homem para percorrer distâncias de forma mais confortável, um carro tipo fórmula é uma variação desta máquina com objetivos de competição. Projetar um carro desta categoria envolve várias áreas da engenharia e é isso que este artigo vem mostrar. Todo o projeto e construção foram realizados desde o ponto zero com o intuito de criar um produto final com alto padrão de qualidade, que desempenhasse todas as funções necessárias de forma eficiente e que aplicasse com perfeição todos os conceitos de engenharia. O resultado é um produto produzido nos moldes de um carro altamente tecnológico que envolve ainda um diferencial que é a troca de marcha automática por borboleta, algo inédito ainda nos protótipos similares produzidos nas demais universidades brasileiras.

Palavras-chave: Carro, Máquina, Engenharia, Conceitos, Protótipos.

Abstract

A car is a machine created by man to travel distances of more comfortable, a car type formula is a variation of this machine with competition objectives. Design a car of this category involves several areas of engineering and this is what this article is show. Any design and construction have been made since the zero point in order to create a final

¹ Acadêmicos do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, caiohrqfiorin@gmail.com, gabriel_zaca@hotmail.com, gasordi@hotmail.com, robinsondtm@hotmail.com

² Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecatrônica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, joaoppf8@hotmail.com

³ Engenheiro Mecânico, Mestre em Engenharia Mecânica pela UCDB, Docente no curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, fernando.egua@yahoo.com.br

⁴ Engenheiro Mecatrônico, Mestre em Engenharia Mecânica pela UNESP. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, danielucas@unisalesiano.com.br

product with high quality standard, which do all necessary functions efficiently and to implement with perfection all the engineering concepts. The result is a product produced in the mold of a high-tech car that still involves a differential that is the exchange of automatic gear for butterfly, something unheard of even in similar prototypes produced in other Brazilian universities.

Key words: Car, Machine, Engineering, Concepts, Prototypes.

Introdução

Um carro envolve muitas tecnologias e estudos da área da engenharia mecânica e mecatrônica. Várias são as disciplinas que são lecionadas e são aplicadas em sua construção, como por exemplo, resistência dos materiais, circuitos elétricos, eletrônica, mecânica dos fluídos, termodinâmica, elementos de máquinas, processos de fabricação entre outras.

E o presente artigo relata os principais pontos que devem ser abordados na construção de um carro tipo fórmula que envolve todos os aspectos mencionados acima e outros tantos mais. Um veículo tipo fórmula remete ao setor de competições automobilísticas que atualmente é um dos mais tecnológicos do mundo. Vários são os constantes estudos e pesquisas que são veiculadas através dos carros de corrida e em caso de sucesso acabam migrando para os veículos domésticos atuais aos qual a sociedade está acostumada.

A construção de um carro tipo fórmula envolve muitas subdivisões a serem devidamente projetadas e calculadas como, por exemplo, chassi e estrutura, sistema de suspensão, motor e seus periféricos, transmissão, sistema elétrico e eletrônico e sistema de freios.

O objetivo de sua construção é produzir um produto com qualidade e similaridade absoluta aos veículos de competição, realizando suas atividades com qualidade e ótimo desempenho, além de, competir na Fórmula SAE, evento realizado no final de novembro de 2016 em Piracicaba, São Paulo, que bota frente a frente carros tipo fórmula produzidos por diversas universidades do país. Portanto algumas das escolhas realizadas na construção do veículo foram baseadas no regulamento vigente da competição que sempre visa além de tudo, à segurança das equipes e pilotos.

Material e método

Os materiais utilizados na fabricação do protótipo envolvem componentes mecânicos, eletrônicos e elétricos adquiridos através de patrocínios, rifas e ajudas de colaboradores. Chapas de aço, motor e demais componentes entram nessa categoria. O método de configuração do veículo como citado é baseado nas regras da Fórmula SAE que possui algumas restrições e normas a serem observadas.

Chassi e estrutura

Os chassis estão incorporados ao sistema estrutural de todos os veículos, tanto esportivos, quanto domésticos ou comerciais. São definidos como a estrutura principal do carro onde os demais componentes do veículo são fixados como, por exemplo, suspensão, transmissão e o motor.

No projeto em questão algumas particularidades devem ser observadas e elas se referem às dimensões dos tubos de travamento que devem respeitar espessuras pré determinadas. Conforme estabelecido pelas regras da competição Fórmula SAE. A Figura 1 possui três cores para os tubos, a cor vermelha representa os tubos com espessura interna de parede de 3 mm, os tubos verdes representam as espessuras de 2 mm e os azuis representam as de 1,5 mm.

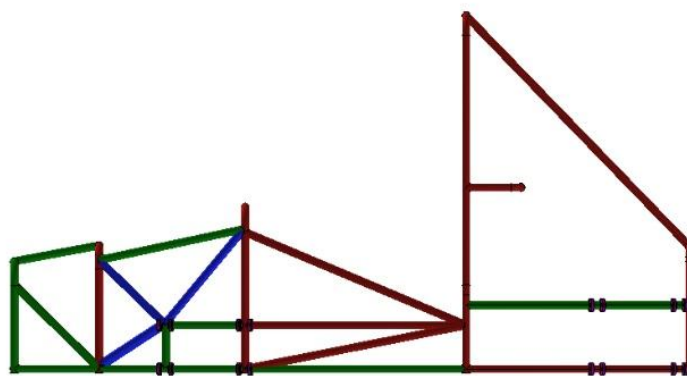


Figura 1 - Vista lateral do veículo. Fonte: Autores.

Segundo Canongia (2013) o chassi é o apoio de todos os componentes. E ele deve ser muito bem projetado porque irá receber muitos esforços sobre si e isso pode gerar tensões e rupturas.

Para união dos tubos foi utilizado o processo de soldagem MIG, que é a soldagem por gás inerte, onde, através de um arco elétrico entre a peça e o material consumível é gerada a fusão unindo ambas. Sua escolha foi realizada devido a qualidade de acabamento e rapidez de aplicação, pontos vitais quando não se dispõe de muito tempo para produção. Todos os projetos e desenhos técnicos foram realizados no *software Autodesk Inventor (2016)*.

Sistema de suspensão

Suspensão automotiva seria um conjunto de peças ou utensílios que em conjunto, adéquam uma determinada transmissão de energia de excitação de base, ou seja, uma lombada ou uma irregularidade em um caminho uniforme, além de também adequar a capacidade de aderência do veículo ao solo. Este trabalho é realizado por um conjunto de elementos conhecidos como mola, amortecedor, barra estabilizadora, pivô de suspensão e braço oscilante. Este trabalho tem como prioridade garantir a estabilidade do veículo funcionando como uma espécie de filtro aceitando ou rejeitando as diferentes faixas de excitação.

A Figura 2 exhibe o tipo de amortecedor utilizado na confecção do veículo.



Figura 2 - Amortecedor utilizado nas suspensões. Fonte: Autores.

As estruturas de suspensão recebem muitos esforços e tensões, e para isso, devem ser projetadas de modo que possam reverter essas excitações de forma positiva para o veículo. Pull Rod e Push Rod são tipos de configuração na construção de uma suspensão que possuem características diferentes para cada tipo de aplicação. A configuração Pull Rod foi utilizada na suspensão dianteira devido ao fato desta configuração dispor de mais resistência as movimentações e isso torna a realização dos movimentos bem mais segura. A configuração Push Rod, utilizada na suspensão traseira, oferece melhor movimentação e no caso deste projeto necessita de muito espaço para ser instalada, sendo possível assim, somente a instalação na parte traseira.

A Figura 3 vem exibir a configuração dianteira em sistema Pull Rod.



Figura 3 - Suspensão dianteira no sistema Pull Rod. Fonte: Autores.

As Figuras 4 e 5 vem mostrar respectivamente uma visão simplificada do projeto das suspensões dianteira e traseira.

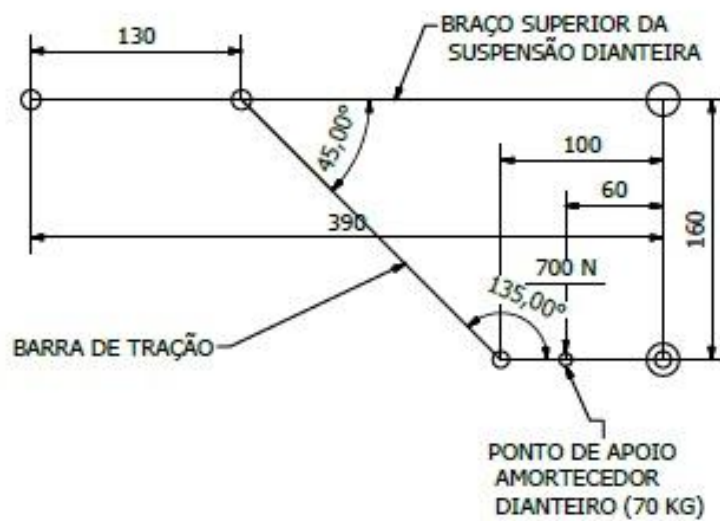


Figura 4 - Suspensão dianteira. Fonte: Autores.

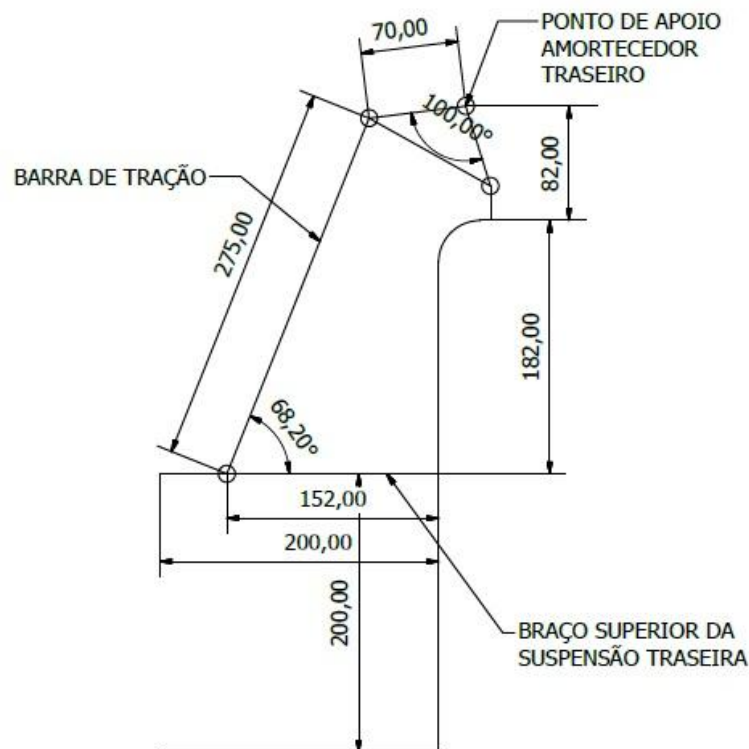


Figura 5 - Suspensão traseira. Fonte: Autores.

Inovação tecnológica

Um dos problemas muito graves que são encontrados em todos os carros ou praticamente todos os carro tipo fórmula universitários é referente à troca de marchas e isso se dá pelo sistema altamente obsoleto costumeiramente utilizado. A grande maioria dos projetos envolve um sistema de troca de marchas que utiliza alavancas para acionamento de sistema hidráulico e mais uma alavanca para seleção de marcha. Isso gera alguns pontos negativos a serem considerados. Primeiramente, o fato de o piloto ter de retirar uma das mãos do volante, o que pode causar acidentes em consequência da divisão de atenção ser necessária. Outro ponto negativo é a perda de tempo excessiva que tal processo gera, além de que, o piloto necessita de conhecer como deve ser o tempo adequado para realizar a troca.

O projeto presente neste artigo traz duas soluções para o problema. Primeiramente a troca de marcha por comando borboleta, isso porque atrás do volante está instalado um dispositivo que em formato de borboleta, realiza a troca

de marchas com um simples toque de dedos, não sendo necessário assim retirar as mãos do volante. Porém, a segunda solução é uma inovação no ramo automobilístico universitário e ela é a troca de marcha automática no avanço de marcha, ou seja, o piloto tem a opção através de acionamento se quer realizar o avanço de marchas de forma manual ou automática. No caso do avanço automático ele só precisa acelerar e depois se preocupar apenas quando quiser reduzir a marcha. Isso gera muito mais concentração na corrida e menos perdas de velocidade significativas.

A Figura 6 mostra como essa ligação foi feita.

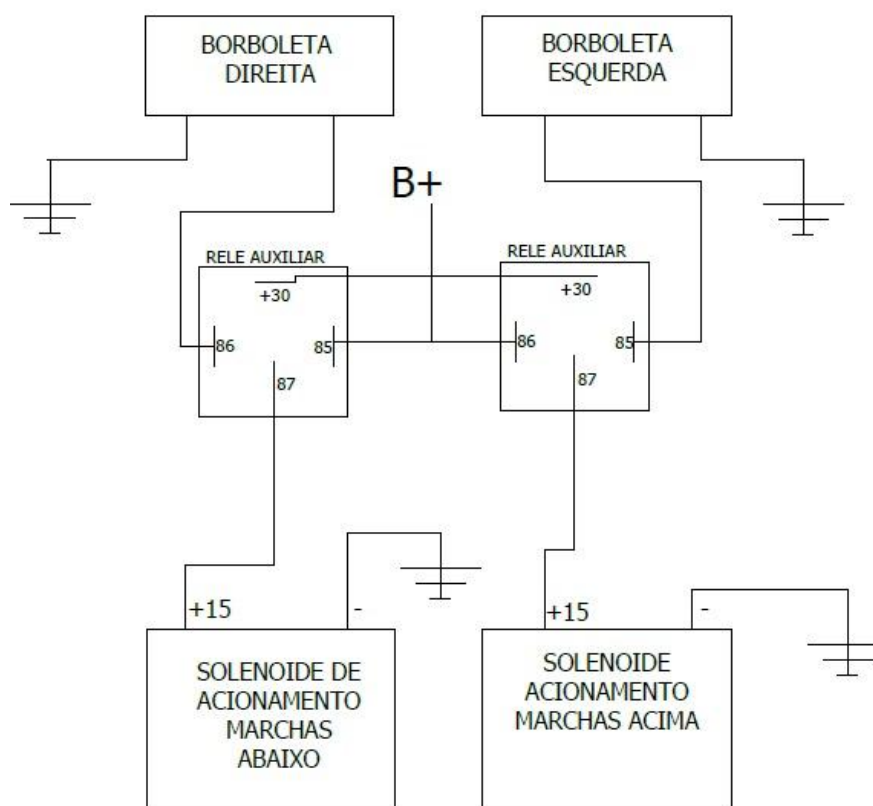


Figura 6 - Ligação da troca de marchas automáticas. Fonte: Autores.

Motor e seus periféricos

O motor é o responsável por gerar toda a força motriz do veículo, existindo diversas categorias e tipos de motores, na elaboração do projeto há algumas regras pré-estabelecidas e o motor possui uma específica no que se referem as suas especificações. Ele deve atuar com combustão interna, 4 tempos e realizar o ciclo

Otto, seu volume interno deve ser de no máximo 610 cm³. (FORMULA SAE RULES, 2016).

O motor mais indicado para a construção é o motor da motocicleta CB600 Hornet fabricado pela empresa Honda. Ele apresenta o melhor custo benefício da categoria além de uma ótima relação entre seu peso e potência. Junto ao motor uma caixa de câmbio acoplada juntamente com um conjunto de embreagem realiza a função de transferir a força motriz gerada pelo motor ao conjunto do diferencial. A Tabela 1 apresenta dados técnicos deste motor.

Tabela 1 - Especificações técnicas do motor CB600.

Motor:	DOHC; 4 cilindros; 4 tempos; refrigeração líquida.
Cilindradas:	599,36 cilindradas
Diâmetro x Curso:	67,00 mm x 42,50 mm
Taxa de compressão:	12,0: 1
Sistema de lubrificação:	Forçada por bomba trocoidal.
Sistema de partida:	Elétrica
Alimentação:	Injeção Eletrônica PGM - FI
Tipo de ignição:	Eletrônica
Potência máxima:	102 cv a 12.000 RPM
Torque máximo:	6,53 kgf.m a 10.500 RPM

Fonte: www.hondamotos.com.br/cb600 (2016).

Coletor de admissão

Um componente importante e que pode ser considerado um periférico do motor nesse tipo de projeto é o coletor de admissão. O coletor de admissão desempenha um papel importante na gestão de ar necessária para a melhor operação possível dos cilindros. Ele distribui uniformemente o fluxo de ar. No projeto em questão este coletor será personalizado de forma a garantir a melhor performance possível visando suprir suas necessidades e lhe dar muita capacidade em provas dinâmicas. Para um desempenho satisfatório é ideal que o dimensionamento de todo o coletor seja preciso, isso inclui os dutos por onde passara o ar admitido e o reservatório de ar. O comprimento dos dutos, que estão localizados entre o reservatório de ar e o cilindro do motor, foi calculado de acordo com o regulamento da competição.

A Figura 7 revela o layout seguido para fabricação do coletor.

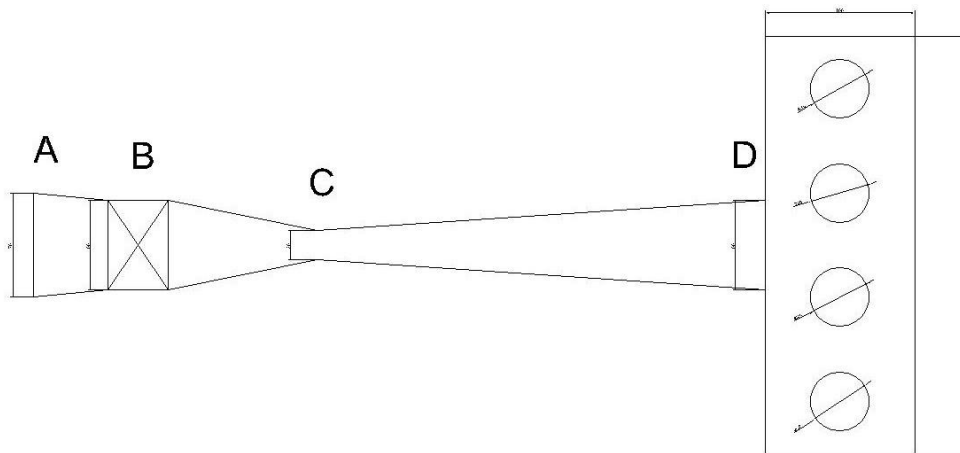


Figura 7 - Layout do coletor de admissão. Fonte: Vizard (2006).

O material utilizado para a fabricação do coletor foi o aço inox 304, devido à facilidade de manuseio e o peso leve do material. Além de possuir resistência a oxidação até 850 °C. Sua resistência a corrosão é garantida até 300 °C.

O dimensionamento do duto de admissão na configuração RAM foi baseado no fato de o ar que entra no reservatório de ar ser maior que a pressão atmosférica. A configuração RAM se baseia em um alongamento da entrada principal da admissão de ar de modo que o conduto por onde ele é admitido vá se afunilando até o seu final, aumentando assim a velocidade de passagem do ar. O resultado de ar admitido será mais denso e frio, e conterá mais oxigênio e combustível. Ou seja, o sistema causa o aumento da eficiência volumétrica e da relação da mistura ar-combustível resultando em maior explosão na combustão aumentando assim a potência.

Sistema de transmissão

Toda energia gerada pelo motor deve ser transportada até as rodas para que dessa forma, consiga-se locomover o veículo. Para que isso ocorra temos um sistema responsável por controlar a força motriz gerada. Nesse sistema há vários elementos que são essenciais para o perfeito funcionamento, podendo assim haver

um ótimo rendimento de todas as forças e evitando o desperdício de energia não utilizada do motor. Podemos destacar como componentes as caixas de engrenagens, embreagem, coroa, corrente, pinhão e juntas. Para um bom desempenho do veículo o sistema de transmissão tem que repassar corretamente e de forma bem precisa e calculada a força motriz para as rodas do automóvel. A Tabela 2 revela às reduções finais encontradas em cada marcha, e a Tabela 3 as velocidades máximas que podem ser alcançadas pelo veículo em cada marcha.

Tabela 2 - Reduções finais em cada marcha.

Reduções finais em cada marcha	
Marcha específica:	Redução final encontrada:
1ª marcha:	19,23
2ª marcha:	13,55
3ª marcha:	10,88
4ª marcha:	9,43
5ª marcha:	8,45
6ª marcha:	7,66

Fonte: Autores.

Tabela 3 - Velocidades máximas possíveis.

Velocidades máximas possíveis	
Marcha respectiva:	Velocidade máxima encontrada:
1ª marcha:	58,03 km/h
2ª marcha:	82,36 km/h
3ª marcha:	102,57 km/h
4ª marcha:	118,34 km/h
5ª marcha:	132,07 km/h
6ª marcha:	145,69 km/h

Fonte: Autores.

Através da tabela anterior pode-se ter uma noção de quão poderoso pode ser o veículo. A Figura 8 a seguir mostra o diferencial de transmissão instalado.



Figura 8 - Diferencial instalado. Fonte: Autores.

Sistema elétrico e eletrônico

O veículo possui uma parte muito importante a ser estudada e essa parte é o sistema que envolve componentes elétricos e eletrônicos. Esse sistema tem equipamentos que realizam funções importantíssimas em todo o processo e primeiramente se pode destacar o módulo de injeção eletrônica programável. Ele é o responsável pela leitura e gerenciamento eletrônico dos dados colhidos pelos sensores e atuadores instalados no veículo no que se refere à injeção eletrônica. A Figura 9 mostra este módulo de injeção eletrônica que também é responsável pelos mapas de inje



Figura 9 - Módulo de injeção eletrônica. Fonte: Autores.

Há ainda muitos outros sensores e dispositivos que juntamente com o módulo de injeção eletrônica são aptos a comandar o sistema eletrônico do carro, vão desde sensores de temperatura do ar até sensores de velocidade de roda.

A Figura 10 revela o mapa do sistema elétrico do projeto.

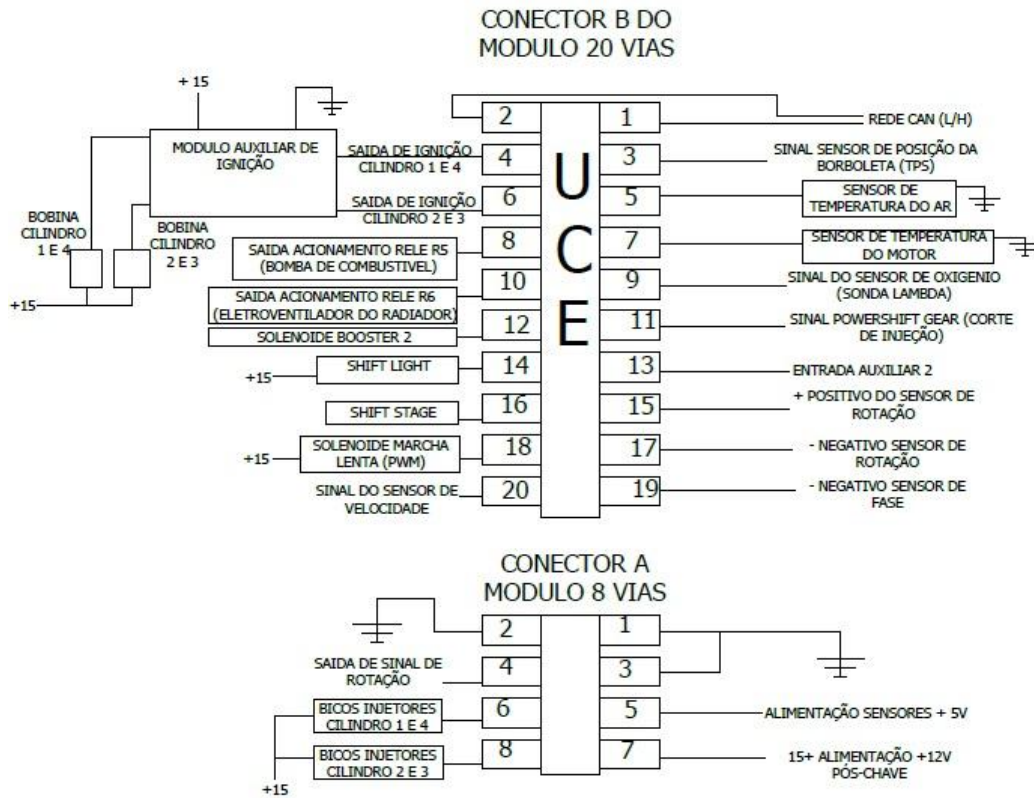


Figura 10 - Mapa do sistema elétrico do veículo. Fonte: Autores.

Sistema de freios

O freio é um componente muito importante, pois é onde se delimita a força de atrito capaz de parar o veículo em movimento gradativamente até que este por sua vez fique em completo repouso. Este sistema deve responder da melhor maneira possível já que representa a principal fonte mecânica de segurança. Falhas neste setor podem ser fatais. Os comandos realizados no projeto responderam prontamente ao que estava previsto, as pinças de freio acionam-se rapidamente e geram o atrito necessário para cessar todo o movimento.

Discussão

Diante de toda a pesquisa realizada, se podem obter algumas discussões sobre os temas abordados. Primeiramente sobre o chassi, onde toda sua construção praticamente foi baseada em regulamento vigente, visto que por ser um veículo que pode oferecer riscos deve ter uma estrutura forte e apta a receber esforços. Porém, é importante não permitir que a confecção da estrutura a torne pesada demais e acabe prejudicando o desempenho do veículo.

Em cálculos foi identificado que a suspensão traseira exerce uma força de 832,1 N em cada uma das duas estruturas traseiras de modo a empurrar o carro para cima. Na suspensão dianteira a força é de 280 N para cada um dos conjuntos. São valores muito bons e satisfatórios para o uso dos mesmos.

Sobre o motor e o coletor pode-se destacar o fato de desempenharem brilhantemente seus papéis oferecendo muita potência ao veículo. O motor dentro das limitações impostas por regulamento é o melhor em termos de custo benefício e o coletor oferece grande resistência com sua fabricação em inox.

A transmissão possibilita que o carro em 6^o marcha chegue a incríveis 145,69 km/h o que é uma respeitável velocidade em termos acadêmicos.

Finalizando, componentes eletrônicos, elétricos e sistemas de freio dão o toque final de classe ao veículo, sobre os componentes é interessante ressaltar o fato de serem da mais alta modernidade e responderem precisamente a tudo que é programado. Já os freios atuaram de forma precisa e realizando tudo que deles se espera. A Figura 11 exibe uma prévia do veículo durante sua montagem.



Figura 11 - Veículo em montagem. Fonte: Autores.

Considerações finais

Ao fim do projeto pudemos comprovar a qualidade do veículo produzido que responde perfeitamente a todas as solicitações a que foi exposto, tanto mecânicas, quanto mecatrônicas e eletrônicas. Gerou imenso conhecimento e aprendizagem todo este processo e o grupo têm a certeza que o produto final entregue é da melhor qualidade possível dentro das limitações. Fica como destaque a inovação da troca de marcha automática, algo que surpreenderá na competição em que o veículo entrará em disputa.

Referências Bibliográficas

2016, *Formula SAE Rules*. Disponível em:
http://students.sae.org/cds/formulaseries/rules/2015-16_fsae_rules.pdf.

Acessado em Março de 2016.

BRUNETTI, Franco. *Mecânica dos Fluídos* – 2. Ed. Ver. – São Paulo, Pearson, 2009.

CALCULATIONS, Runner Size. Disponível em:

<<http://hred.free.fr/Download/Articles%20Techniques/Runner%20Size%20Calculations.pdf>>. Acessado em Setembro de 2016.

HIBBELER, R. C. *Estática - Mecânica para engenharia*. 12^a. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

SANTOS, Marcos D. SILVA, George H. S. TAVARES, Hugo M. JR. KIELING, Antônio C. *Projeto de um Chassi Tipo Baja SAE e Análise de Colisões em Baixas Velocidades*. 2015. 04 fls. Apresentado no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC“ 2015. Fortaleza – CE. 2015.

WYLEN, Van. *Fundamentos da Termodinâmica Clássica* – 8 Ed. São Paulo. Blucher, 2013.

Desenvolvimento de uma máquina de prensar tijolos ecológicos eletropneumática automatizada

Development of a eletropneumatic automated machine to press ecological bricks

Aguinaldo Iglesias¹
Antônio Carlos de Souza Leme²
Bruno Augusto Baptista³
Felipe Saturnino Tonheiro Carlos⁴
Güido Alves Slavec⁵
Sandro Aparecido Pereira Faria⁶
Prof. Me. Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares⁷
Prof. Me. Odilon Caldeira Filho⁸

Resumo

O presente projeto tem como objetivo desenvolver e construir uma máquina de prensar tijolos ecológicos, com acionamento por sistema eletropneumático automatizado, através de um controlador lógico programável (CLP), visando inovação, evitar a fadiga física do operador, maior velocidade de produção, além de proporcionar melhor praticidade na fabricação de tijolos e garantir a segurança do operador durante toda a operação. O projeto teve início com o desenho da máquina, sendo esta, bem como as análises de sua estrutura, realizadas através do *software* Siemens Solid Edge ST8 2015. Os sistemas elétrico e pneumático foram simulados através do *software* Festo FluidSim Pneumatic 2015 e a programação em ladder do CLP foi realizada pelo *software* Weg Clic-02 versão 1.0. Após todas as simulações iniciaram-se o processo de fabricação da máquina.

¹ Acadêmico de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, aguinaldoigle@hotmail.com

² Acadêmico de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, leme.tonny@hotmail.com

³ Acadêmico de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, brunobaptista_engmec@hotmail.com

⁴ Acadêmico de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, felipe_satur@hotmail.com

⁵ Acadêmico de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, guidoslavec@gmail.com

⁶ Acadêmico de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, sandrofariagv@hotmail.com

⁷ Engenheiro Mecânico, Mestre em educação pela UCDB e Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP e orientador deste trabalho, fernando.eguaia@yahoo.com.br

⁸ Engenheiro Mecânico, Mestre em engenharia mecânica pela UNESP e Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP e coorientador deste trabalho, odiloncal@gmail.com

Palavras-chave: Automação, Prensa eletropneumática, Solo-cimento, Tijolo ecológico.

Abstract

This project aims to develop an eletropneumatic automated machine to press ecological bricks, whose the operation is by an eletropneumatic automated system, through a programmable logic controller (PLC), aiming innovation, avoid physical operator fatigue, a higher production speed, besides providing better convenience in the manufacture of bricks and ensure safety throughout the operation. The project was started with the design of the machine, and this, as well as the structure analysis, were performed by the software Siemens Solid Edge ST8 2015. The electric and pneumatic systems were simulated by Festo FluiSIM Pneumatic 2015 and the PLC in ladder programming was performed by the software Weg Clic-02 version 1.0. After all simulations started the machine manufacturing process.

Key words: Automation, Eletropneumatic press, Soil-cement, Ecological brick.

Introdução

O crescimento populacional e o elevado déficit habitacional em todo o mundo, sobretudo nos países em desenvolvimento, fazem com que um dos maiores desafios para o século XXI seja a necessidade de se obter materiais de construção com baixo consumo de energia.

A grande preocupação com os recursos finitos de nosso planeta faz com que cada vez mais profissionais busquem novos produtos e técnicas, para fabricação e produção, que provoquem o mínimo de impacto ambiental, visando também controlar os problemas causados pela busca descontrolada de matéria prima, pela emissão de gases poluentes durante os processos de fabricação e minimização de resíduos, no caso, durante o processo de construção (CASTRO; SILVA, 2009).

Pelo exposto, o tijolo solo-cimento vem ganhando espaço no mercado da construção civil, pelo fato de seu método de fabricação ser considerado ecologicamente correto.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver e construir uma máquina de prensar tijolos ecológicos, com acionamento é por sistema eletropneumático automatizado, através de um controlador lógico programável, visando a inovação, evitar a fadiga física do operador, uma maior velocidade de produção, além de

proporcionar uma melhor praticidade na fabricação de tijolos e garantir a segurança durante toda operação.

A escolha por um projeto de uma prensa de tijolos ecológicos eletropneumática automatizada foi motivada por vários fatores. Em primeiro lugar, referente ao maquinário, já existem no mercado modelos cujo acionamento é manual ou hidráulico. Em relação ao manual, este exige um determinado esforço do operador, o que implica na produção, pois esta estaria relacionada à boa vontade do mesmo. Além disso, a execução deste trabalho promove movimentos repetitivos, exigindo que a empresa tenha uma preocupação com os aspectos ergonômicos.

Já referente ao acionamento hidráulico, este, apesar de imprimir uma grande aplicação de força, o ambiente de trabalho em que esta máquina está sujeita pode trazer sérios danos aos componentes.

Em segundo lugar, a escolha pela produção de um tijolo ecológico tem a ver com a nossa preocupação com o meio ambiente. O tijolo comum, em seu processo de cura, precisa ficar em fornalhas. Estas têm como combustível a lenha proveniente do desmatamento de florestas, que com sua queima, liberam gases nocivos para o efeito estufa.

Já na fabricação do tijolo ecológico (solo-cimento ou modular) não há agregões ao meio ambiente, pois em seu processo de cura fica armazenado em um ambiente ventilado naturalmente, além de apresentar várias vantagens do ponto de vista da construção civil: assentamento prático, facilitando a construção da alvenaria; economia na construção da habitação e a alvenaria pode ser deixada a vista, evitando gastos com reboco.

Material e Método

Tijolo solo-cimento

A terra, como material de construção, surge no começo da História do Homem, há aproximadamente dez mil anos. Há evidências arqueológicas de que as construções com blocos de terra secos ao sol já eram comuns no final do período Neolítico: foi uma maneira encontrada pelo homem primitivo para a construção de abrigos eficientes contra o meio ambiente hostil, onde existiam dificuldades de manuseio de pedras e madeira (PEREIRA; PEZZUTO, 2010).

De acordo com a ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland, o solo-cimento é o produto resultante da mistura homogênea de solo, cimento Portland e água que, compactados ao teor ótimo de umidade e sob a máxima densidade, em proporções previamente estabelecidas, adquire resistência e durabilidade através das reações de hidratação do cimento.

O solo é o componente mais abundante no solo-cimento. Sahara (2001) ressalta que os solos mais apropriados são os que possuem teor de areia entre 50 e 70% e teor de argila entre 20 e 30%. Morett (2003), afirma que a constituição das propriedades da mistura de terra permite uma coesão interna, onde a argila age com a função de argamassa enquanto a areia age como um esqueleto interno, assim é indispensável uma quantidade mínima de argila na estrutura de terra.

O teor de cimento é obtido por uma metodologia de dosagem. Em geral, a ABCP recomenda que a dosagem de cimento, para a fabricação de tijolos prensados, se inicie em 10% em relação à massa de solo. A partir dessa determinação, deve-se realizar mais duas dosagens, sendo uma mais rica em cimento e outra mais pobre, em intervalos de 2% a 3% da dosagem inicial (GRANDE, 2003).

A quantidade de cimento na mistura tem como função estabilizar e conferir propriedades de resistência desejadas ao produto final. Para uma perfeita compactação e resistência do tijolo modular, a mistura deve ter de 4,5% até 10% de umidade. A umidade ótima de compactação depende da constituição granulométrica do solo, ou seja, solos arenosos consomem menos água até atingir o teor ótimo do que os solos argilosos, sendo assim, difícil estabelecer um teor de água que sirva para todos os casos (GRANDE, 2003).

Por questões ecológicas e de sustentabilidade, o tijolo modular está cada vez mais entrando no ambiente da construção civil, devido as várias vantagens que ele apresenta. Este, ao ficar exposto à umidade, aumenta mais a sua resistência ao invés de se degradar, e por sua qualidade, beleza e acabamento, pode ficar à vista. Durante a construção é utilizada uma camada de revestimento finíssima, pois a medida da largura dos módulos é precisa, formando assim, paredes com superfícies extremamente paralelas. Grande (2003) afirma que essas e outras características implicam em uma redução entre 34% e 65% no custo da obra.

Outras vantagens na utilização dos tijolos modulares são que os furos nesses tijolos, além de reduzir o peso da obra, formam câmaras termo acústicas que controlam a temperatura no interior da construção e ajudam a isolar ruídos. Além disso, os furos servem como condutores para as redes hidráulicas e elétricas, evitando assim, recortes nas paredes. Outra vantagem é o embutimento rápido e fácil das colunas de sustentação, o que gera uma economia de mão de obra de carpintaria e uma dispensa no uso excessivo de madeira.

É importante ressaltar que o sistema construtivo modular ajuda a manter o canteiro de obras mais limpo e organizado, além de que o solo, se de acordo com as características construtivas, pode ser extraído do próprio local da obra ou a uma curta distância do local da construção, evitando a poluição causada pelo transporte deste material (PEREIRA; PEZZUTO, 2010).

Como desvantagens na utilização dos tijolos ecológicos, podemos citar que o custo na aquisição deste material é relativamente mais alto do que comparado aos tijolos comuns, além de requerer pedreiro qualificado, com conhecimento de técnica de aplicação.

O projeto

O processo de fabricação da máquina de prensar tijolos ecológicos eletropneumática automatizada desenvolveu-se através de etapas, como: desenhos dos elementos estruturais (móveis e de fixação) e análises de estruturas, através do *software* Siemens Solid Edge ST8 2015; usinagem dos materiais; processos de soldagem; desbaste e montagem dos elementos da máquina ponto a ponto.

No processo de fabricação da parte estrutural da prensa, foram utilizadas cantoneira de aço SAE 1020* de 1 polegada x 1/8 polegada e barra chata de aço SAE 1020 de 1/8 polegada submetidas aos processos de corte, dobra e soldagem à arco elétrico com eletrodo revestido resultando no suporte para a caixa matriz e base para o pistão. Em seguida, foram utilizadas cantoneiras de aço SAE 1020 de 2 polegadas x 1/4 polegada com 1000 mm de comprimento, que submetidas ao processo de soldagem, uniram o suporte da caixa matriz na base para o pistão.

Para fabricação da tampa da prensa utilizou-se chapa de aço SAE 1045**. Na tampa foi soldada uma bucha, enquanto que no suporte da caixa matriz foram soldadas duas. Assim, afim de formar uma dobradiça, passou-se um pino no interior de ambas as buchas.

Nas hastes de travamento da tampa foram utilizadas duas barras de aço SAE 1020 com espessura de 2 polegadas e comprimento de 1200 mm unidas uma a outra por um tubo retangular utilizando o processo de soldagem.

Depois de realizados os processos acima, o pistão pneumático foi fixado no lugar adequado com parafusos e na sua extremidade superior foi fixado um guia linear para um avanço retilíneo.

Já no processo de fabricação da gaveta abastecedora, reservatório e suporte para o pistão da gaveta abastecedora foram utilizadas chapas de aço galvanizado*** de espessura 1,20 mm, submetidas ao processo de corte e dobra por comando numérico computadorizado (CNC) e soldadas pelo processo de soldagem TIG. Para um melhor deslocamento da gaveta foram soldadas duas barras chatas de aço SAE

* SAE 1020 é a classificação dada ao aço-carbono com teor baixo de C, nesse caso 0,20% em sua composição. É um dos aços mais utilizados na indústria mecânica, devido a sua baixa temperabilidade, excelentes forjabilidade e soldabilidade, além de apresentar excelente relação custo benefício comparado com aços mais ligados para o mesmo propósito. É um aço altamente tenaz podendo ser aplicado de diversas formas com cementação (tratamento térmico).

** SAE 1045 é a denominação dada ao aço-carbono com teor médio de C, nesse caso 0,45% em sua composição. É utilizado na indústria mecânica em geral, principalmente em componentes e estruturas onde seja necessária uma resistência mecânica superior aos aços de baixo carbono convencionais. Este tipo de aço apresenta boa resistência a tração, baixa temperabilidade e excelente soldabilidade.

*** O aço galvanizado (chapa zincada) recebe um revestimento de zinco que tem a função de formar um denso e aderente filme de produto a corrosão, o qual inibe a corrosão metálica posterior. Neste caso, a matéria-prima utilizada contém umidade, e caso não haja proteção contra a mesma, ocorre o processo de corrosão das chapas, o que pode acarretar em sérios danos à máquina.

1020 de 1 polegada x 1/8 polegada na base da estrutura formando-se então dois trilhos. Para a fixação do reservatório utilizou-se de cantoneira de 1 polegada x 1/8 polegada com comprimento de 600 mm. Após a fixação do reservatório foi soldado o suporte para o pistão de alimentação e por fim com auxílio de parafusos fixou-se o pistão.

A figura 1 a seguir representa o desenho da montagem da máquina, enquanto que a figura 2 representa uma vista explodida da mesma.

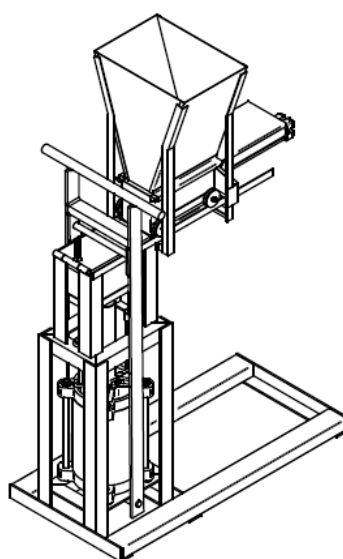


Figura 1 – Desenho do projeto da máquina. Fonte: autores.

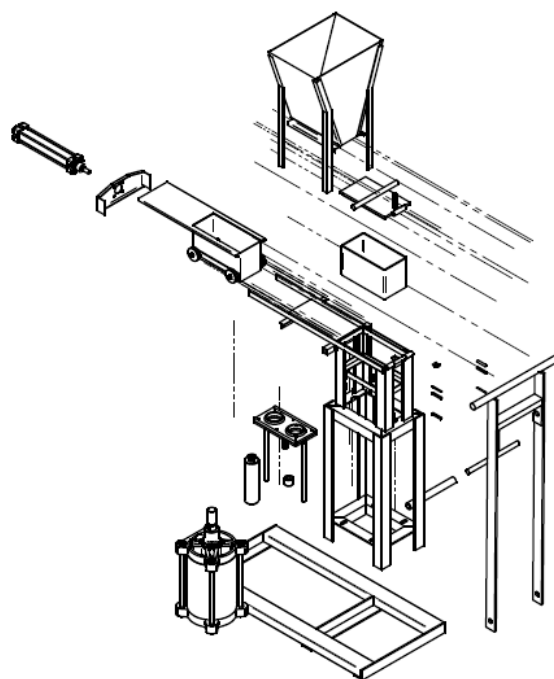


Figura 2 – Vista explodida do desenho da máquina. Fonte: autores.

Automação e segurança

A automação é uma tecnologia que faz uso de sistemas mecânicos, elétricos, eletrônicos e de computação para efetuar controle de processos produtivos. Pode-se identificar três formas distintas de automação industrial: automação fixa, automação flexível e automação programável.

Neste projeto é usada a automação fixa, nesta, as máquinas são específicas para o produto a ser produzido. Elas produzem grande quantidade de um único produto, ou produtos com pequenas variações entre eles. O volume de produção é elevado e o custo da máquina é elevado, pois é projetada para um produto específico. Por outro lado, como o volume de produção é alto, o custo do produto em geral é baixo.

Neste tipo de automação, deve-se ter cuidado com o preço final do produto, pois, como o investimento de aquisição da máquina é alto, a amortização só acontece com vendas elevadas. Além disso, se o produto sair do mercado por obsolescência, perde-se o investimento. (GROOVER, 2010).

Bonacorso (2013) ressalta que, as energias pneumáticas provem da compressão do ar atmosférico em um reservatório, transformando-o em ar comprimido a uma dada pressão de trabalho. O equipamento que executa esse processo é chamado de compressor. Atualmente, o ar comprimido é indispensável na indústria e, para a sua utilização nos mais diferentes processos de fabricação, são instalados equipamentos pneumáticos específicos.

Hoje, com o avanço tecnológico dos sistemas de automação da manufatura, a pneumática é utilizada em larga escala em células automáticas de produção, na indústria gráfica, têxtil, de embalagem, alimentícia, farmacêutica, aeronáutica, de extração mineral, construção civil, em processos contínuos de produção, enfim, em praticamente todos os tipos de máquinas, equipamentos e dispositivos industriais e automotivos (SENAI, 2006, p.4).

Nesse projeto é combinada a energia elétrica com a energia pneumática, formando-se um sistema eletropneumático automatizado. Para a realização da automação, foram necessários à utilização de alguns *softwares*: Festo FluiSIM Pneumatic 2015, para simulação elétrica e pneumática, e o Weg Clic-02 versão 1.0 para a programação em ladder do controlador lógico programável (CLP).

Já em relação à segurança, pode-se dizer que a segurança do trabalho corresponde ao conjunto de ciências e tecnologias que tem por objetivo proteger o trabalhador em seu ambiente de trabalho, buscando minimizar e/ou evitar acidentes de trabalho e doenças ocupacionais. Assim, dentre as principais atividades da segurança do trabalho, pode-se citar: prevenção de acidentes decorrentes dos fatores de riscos ocupacionais e promoção da saúde.

Ainda em relação a este assunto, o grande aliado da segurança do trabalho são as Normas Regulamentadoras. Estas são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos de administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregador regido pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).

A fim de atender a legislação, o projeto da máquina de prensar tijolos ecológicos eletropneumática automatizada foi desenvolvido em conformidade com as Normas Regulamentadoras (NR's), tais como a NR 26 - Sinalização de segurança e NR 17 - Ergonomia, porém dando destaque principalmente para a NR 12, cujo título é: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Dentro desta norma, foram destacados itens cruciais, tais como: proteção das partes móveis; utilização de dispositivos de parada de emergência; posicionamento correto das partes pressurizadas para evitar acidentes em caso de problemas; e sinalização de segurança na máquina para advertir os operadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos.

Discussão

Com base nas informações adquiridas durante o processo de montagem do projeto foi analisado o desempenho de atuação do sistema pneumático e sua fácil implantação.

Foi discutido a necessidade da utilização de uma bucha niveladora para permitir a regulagem da altura dos tijolos, já que com a troca dos moldes, podem ser feitos outros tipos de tijolos. Essa bucha também tem a função de promover um deslocamento preciso no ato da prensagem. Além disso observou-se que era necessário a implantação de trilhos para diminuir o atrito da gaveta abastecedora.

Para um processo de fabricação de tijolos mais ágil, focando evitar a fadiga física do operador foi discutido e implantado um sistema automatizado eletropneumático atendendo a Norma Regulamentadora 12.

As figuras 3 e 4 a seguir representam a máquina fabricada.



Figura 3 – Máquina de prensar tijolos ecológicos. Fonte: autores.

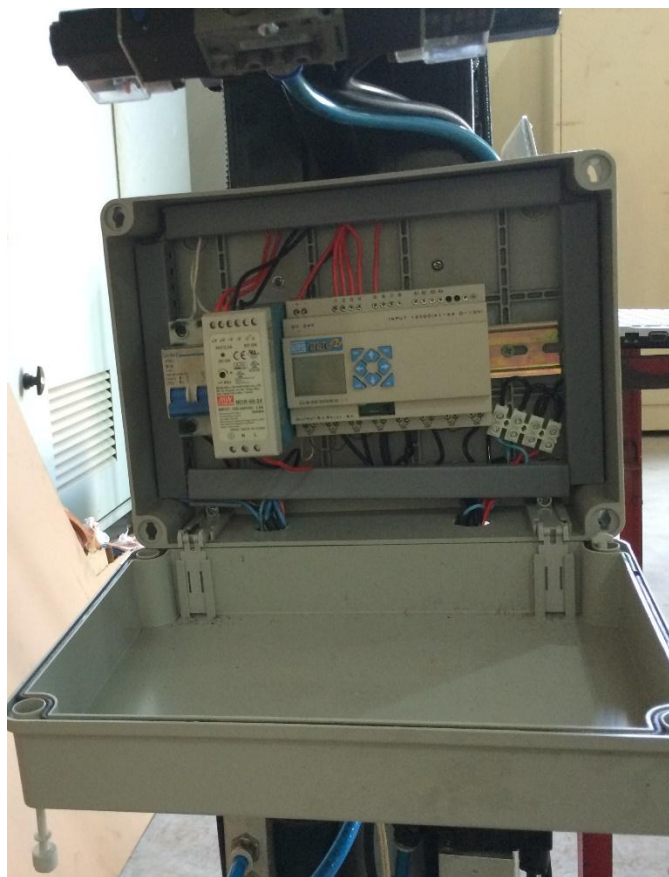


Figura 4 – Automação em detalhe da máquina. Fonte: autores.

O funcionamento da máquina consiste da seguinte maneira: com a tampa da prensa aberta o operador pressiona um botão, então o pistão da gaveta abastecedora será atuado enchendo a caixa matriz com mistura a ser compactada e retornando a sua posição inicial. Em seguida, o operador precisa fechar a tampa para fazer com que o atuador de prensagem seja acionado automaticamente compactando o material, resultando em tijolo, e após um tempo pré-estabelecido será aliviada a pressão permitindo a abertura da tampa. Esta estando aberta, automaticamente o atuador será acionado permitindo a retirada do tijolo da prensa e após um tempo pré-estabelecido recua na sua posição inicial, encerrando o ciclo. Assim, o operador deve reapertar o botão iniciando o ciclo novamente.

Após o funcionamento da máquina, foram realizados ensaios de compressão do tijolo produzido, de acordo com as Normas Brasileiras ABNT NBR 8491: 2012 e NBR 8492: 2012. Os ensaios de compressão foram realizados em uma máquina para testes de compressão no UniSALESIANO – Araçatuba – SP.

A tabela 6 a seguir mostra os resultados das análises de compressão.

Tabela 1 – Resultados obtidos das análises de compressão.

Traço (1:m)	Resistência à compressão (MPa)	
	Período de 15 dias	Período de 28 dias
1:10	1,2	1,9
1:12	1,6	2,4

Fonte: autores.

Assim, pode-se perceber que os tijolos produzidos ultrapassaram o valor mínimo de resistência a compressão quando ultrapassados o período de 28 dias. No entanto, a fim de maiores detalhes, essa análise deve ser feita por profissionais da área para realmente comprovarem a qualidade dos tijolos solo-cimento.

Considerações finais

Neste trabalho foi possível colocar em prática todo nosso conhecimento que foi adquirido ao longo desses cinco anos de formação acadêmica, onde os desafios e a gana de demonstrar aos nossos professores e colegas, o quão capaz nós somos, nos motivou na nossa entrega e empenho para superar mais este desafio.

Logo no início do trabalho vieram os primeiros desafios, pois nossa ideia de projeto não havia uma linha de raciocínio definida, ocasionando na perda de tempo, mas isso não nos desanimou, ao contrário, nos motivou ainda mais para que nos empenhássemos e solucionasse esse problema, afinal, engenheiro é para essas coisas.

No decorrer do trabalho, percebemos que é impossível alguém saber de tudo e resolver tudo sozinho, foi assim que sobressaíram as especialidades de cada um, onde houve a entrega de todos para o desenvolvimento de projeto. Mas é claro que com várias ideias e pensamentos diferentes, houve algumas discussões, mas tudo visando um algo melhor para o andamento do projeto, e é claro que deu resultado, afinal, desenvolvemos e montamos nosso projeto. Com tudo isso, percebemos que nossas vidas são movidas a desafios e são eles que nos proporcionam um crescimento profissional e pessoal para podermos superar as barreiras.

O protótipo apresentou bom funcionamento e transcendeu as expectativas iniciais do trabalho, quanto no abastecimento da caixa e compactação do solo-cimento.

Em relação aos ensaios de compressão, como não era o foco principal do trabalho, apesar dos tijolos terem ultrapassados os valores mínimos de resistência à compressão conforme as Normas Brasileiras (ABNT), sugere-se que nossa máquina seja utilizada em trabalhos futuros, principalmente na área da engenharia civil onde o foco na resistência à compressão seria o objetivo principal.

Além disso, como prosseguimento para trabalhos que virão, recomenda-se o desenvolvimento de uma esteira para o transporte da mistura solo-cimento até o reservatório, e um sistema totalmente automatizado, no qual o operador só terá que empilhar os tijolos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. *Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio*. Publicações ABCP, 1980, São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. *Guia básico de utilização do cimento portland*. 7ª. edição. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8491: Tijolo de solo-cimento - Requisitos*. Rio de Janeiro. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8492: Tijolo de solo-cimento - Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de ensaio*. Rio de Janeiro. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10833: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento*. Rio de Janeiro. 2012.

BONACORSO, N.G.; NOLL, V. *Automação eletropneumatica*. São Paulo: Editora Érica, 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos*. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2010. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/nr12atualizada2016.pdf>>. Acesso em: 17 de agosto de 2016.

CASTRO, A. P. A. S; SILVA, F. S. *Incentivo ao uso de produtos de baixo impacto ambiental através da disciplina de materiais de construção civil*. 2009. Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio, CEUNSP, São Paulo.

Catálogo SAHARA: *Tecnologia Máquinas e Equipamentos Ltda. Brick 2001. O tijolo ecológico e o sistema construtivo modular*. Sahara, São Paulo, 2001.

Catálogo SAHARA: *Tecnologia Máquinas e Equipamentos Ltda. Brick e Brikito. O solo-cimento na fabricação de tijolo modular*. Sahara, São Paulo, 2001.

GRANDE, F. M. *Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa*. 2003. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

GROOVER P.M. *Automação industrial e sistemas de manufatura*. 3ª. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

MORETT, H. T. *A importância da inserção dos sistemas construtivos de solo-cimento no processo de industrialização da construção*. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, PROARQ/FAU, Rio de Janeiro.

PEREIRA, D. B; PEZZUTO, C. C. *Estudo do solo-cimento para a fabricação de tijolos ecológicos*. 2010. Anais do XV Encontro de Iniciação Científica da PUC-Campinas, PUC, Campinas.

SENAI. *Sistemas Pneumáticos*. 1ª. edição. São Paulo: Editora Senai, 2006.

STEWART, H.L. *Pneumática & Hidráulica*. 3ª. edição. São Paulo: Editora Hemus, 1981.

Desenvolvimento de uma Máquina para Análise Comparativa da Eficiência de Óleos Lubrificantes

Development of a machine for Analysis Oil Efficiency Comparative Lubricants

André Vieira Trecente¹
Bruna de Sá Char¹
Elton Gomes de Matos¹
Hélio Paes¹
Jorge Luiz Cardoso¹
Rodrigo Alcântara Moelas¹
Wesley Farias¹
Prof. Eng. Daniel Lucas de Oliveira²

Resumo

Uma forma de avaliar a eficiência de um lubrificante ou de um processo onde haja atrito entre dois corpos, é através de um tribômetro. O tribômetro é uma máquina que realiza um movimento relativo entre duas superfícies, permitindo a medição de atrito entre elas, o tribômetro pino sob disco, obtêm vantagem sobre outros tipos de sistemas devido sua simplicidade e variação no sentido de deslizamento, o qual permite uma diversidade maior de testes. Com foco neste cenário o presente trabalho propõe o projeto e desenvolvimento de um tribômetro, para analisar a eficiência dos óleos lubrificantes, o qual se baseia em um corpo de prova acoplado a um sensor de força, que permite a medição de atrito e desgaste entre ambos.

Palavras-chave: Eficiência, Lubrificante, Tribômetro, Atrito, Desgaste.

Abstract

One way to evaluate the efficiency either of a lubricant, or of a process which involves friction between two parts, is through a tribometer. A tribometer is a machine that enables a relative movement of their friction. One of the advantages of using a pin on disc tribometer is due to its simplicity, as well as, the variation of direction it slides, which provides a greater

¹ Acadêmicos do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, andrétrecente@hotmail.com, bruna.desa@live.com, elton@plisved.com.br, helio.paes@asperbras.com, jorgebta@bol.com.br, rodrigo.moelas@hotmail.com, wesleyfarias_@hotmail.com

² Engenheiro Mecatrônico, Mestre em Engenharia Mecânica pela UNESP. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, engmeca.daniel@gmail.com

diversity on test. This thesis focuses on a project development of a tribometer to analyze the efficiency of lubricant oil, that is based on a specimen attached to a force sensor, enabling the measurement of its friction and wear between both parts.

Key words: Efficiency, Lubricant, Tribometer, Friction, Wear.

Introdução

O desempenho de muitas máquinas presentes em nosso dia a dia, como carros, aviões, trens, robôs, turbinas e compressores, depende de superfícies de contato em movimento. Com frequência, essas superfícies precisam ser lubrificadas para terem a durabilidade e a eficiência energética adequadas. Sem lubrificação, o desgaste e o dano que elas sofrem precisam ser contidos para atingir os parâmetros de desempenho projetados. O conhecimento necessário para fazer tudo isso faz parte do ramo da ciência conhecido como "Tribologia".

O termo tribologia, que vem do grego Τριβο (Tribo - esfregar) e Λογος (Logos - estudo) foi utilizado, oficialmente, pela primeira vez em 1966 em um relatório feito por H. Peter Jost para o comitê do departamento inglês de educação e ciência. Neste relatório, o termo foi definido como a "ciência e tecnologia de superfícies interativas em movimento relativo e dos assuntos e práticas relacionados" (JOST, 1990). Conforme Sinatora (1960), Jost foi o primeiro a estudar os impactos econômicos devido à utilização dos conhecimentos de tribologia. Este estudo é considerado o marco de criação da tribologia.

Alves (2014), ressalta que o estudo do atrito e desgaste é essencial para engenharia, no qual é possível obter informações que auxiliam na elaboração de projetos, no desenvolvimento de novos materiais e controle de qualidade dos elementos em operação. Relata ainda, que um tribômetro cuidadosamente selecionado pode simular várias características de um problema de desgaste ou atrito, sem as dificuldades associadas à experimentação em equipamento real, podendo ainda através destes evitar que o equipamento sofra a falha ou desgaste, aumentando sua eficiência e desempenho. Relata ainda que, todo tribômetro deve

conter um material atritando e desgastando, que é o núcleo do equipamento e também alguns dispositivos auxiliares que forneçam movimento, carga, lubrificante e até atmosferas especiais.

Para Gonçalves (2012), os tribômetros são ferramentas de extrema importância para o estudo destes fenômenos, que tem como principal função proporcionar simulações de atrito e desgaste sob condições controladas. Ensaios de desgastes através de tribômetros são de elevada importância, pois é possível simular a degradação que ocorreria em um equipamento durante um longo período de utilização, em um tempo relativamente menor.

Material e Método

Com foco neste cenário, o presente trabalho tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma máquina para a análise comparativa da eficiência de lubrificantes, um tribômetro.

Existem uma grande gama de métodos para realização de ensaios tribológicos.

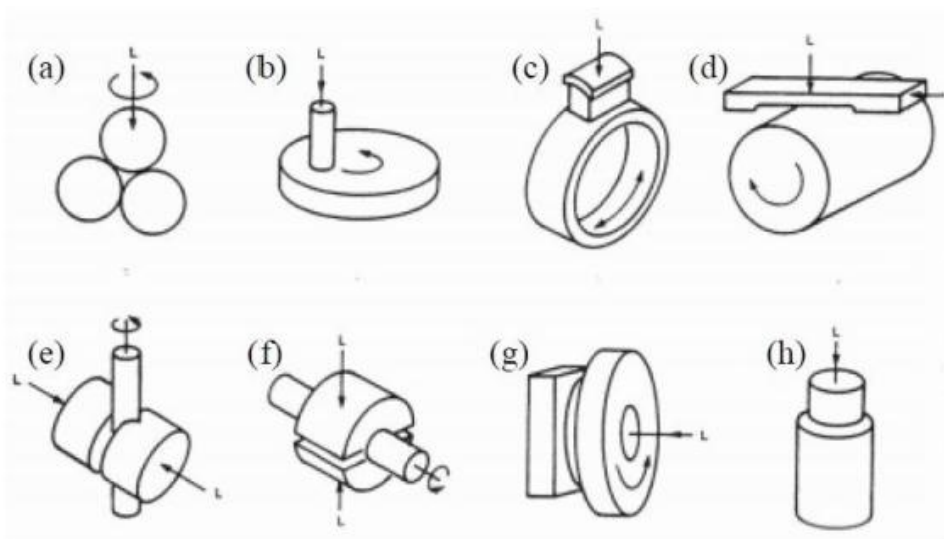


Figura 01 - Representação esquemática de algumas configurações de tribômetros

Fonte: Farias (2005).

A Figura 01 representa algumas das configurações mais utilizadas para simular estes fenômenos, a configuração "(a)" representa o ensaio "Four-Ball", onde uma esfera é posta a girar contra outras três esferas estacionárias, são

utilizados para ensaios de extrema pressão de lubrificantes. A "(b)" mostra o dispositivo pino-sobre-disco, que consiste em aplicar uma carga sobre um pino em contato com um disco que gira. A "(c)" é o "Timken Test", na qual consiste num disco que é atritado contra um bloco, havendo a possibilidade de testar vários materiais, lubrificantes, cargas e velocidades de rotação. Na "(d)" é apresentado um ensaio onde um cilindro é posto a atritar contra uma lâmina, que é pressionada sobre o mesmo. A "(e)" é chamada de ensaio "Falex", onde dois blocos com formato em "V" são pressionados contra um pino girando, este teste consiste em determinar o limite de carregamento antes que o pino quebre por cisalhamento. Outro teste parecido com o "Falex" é mostrado na configuração "(f)", que consiste em duas metades de cilindro em contato com um pino central. A "(g)" está representado um teste de desgaste onde uma das faces de um disco girante é posta a atritar contra uma superfície plana. Por fim, a "(h)" mostra dois cilindros concêntricos, onde um é forçado a se deslizar por dentro do outro.

Visto que sistemas mecânicos distintos executam diferentes tipos de movimentos e existem uma grande gama de métodos para realização de ensaios tribológicos para atender cada situação, o tribômetro desenvolvido neste trabalho é uma máquina baseada no método pino-sobre-disco.

Este método é uma configuração, que consiste em aplicar uma carga sobre um pino em contato com um disco que gira, através do contato entre o pino e o disco rotativo ocorrerá o desgaste, sendo possível analisar a capacidade de resistência da película lubrificante sob a aplicação de uma força, a Figura 02 representa o método utilizado.

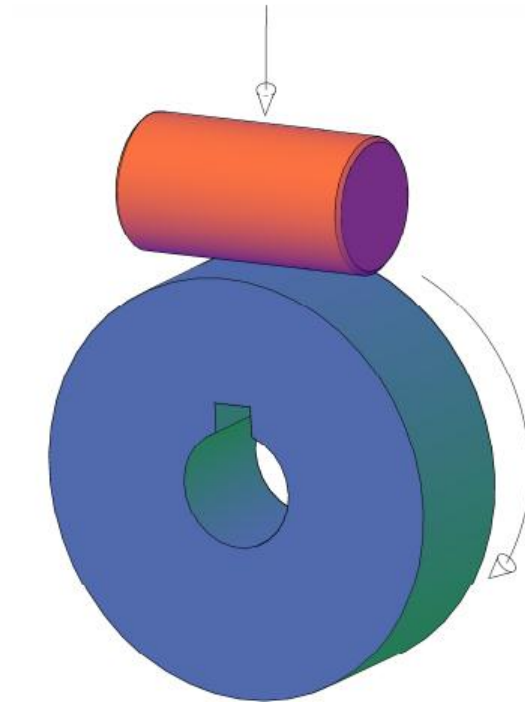


Figura 02 - Método pino-sobre-disco. Fonte: Autores.

O projeto da máquina foi todo executado nos *software Autodesk Auto Cad e Inventor* (2016). A Figura 03 representa a máquina desenvolvida e a configuração para a realização dos ensaios tribológicos.

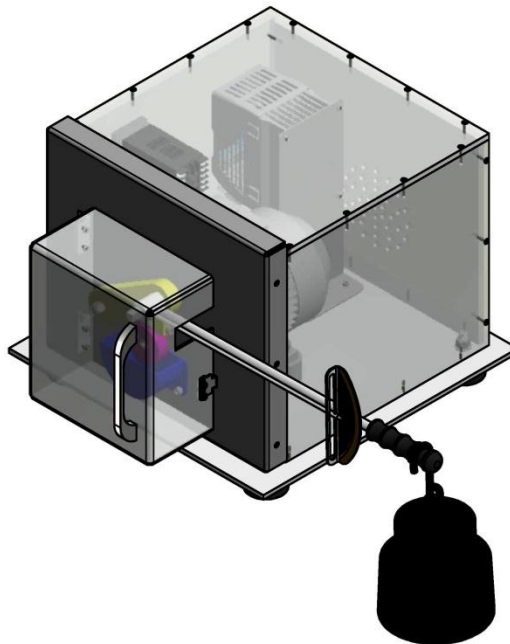


Figura 03 - Máquina desenvolvida. Fonte: Autores.

A máquina desenvolvida é composta por 22 (vinte e dois) componentes, conforme ilustra a Figura 04 em vista explodida:

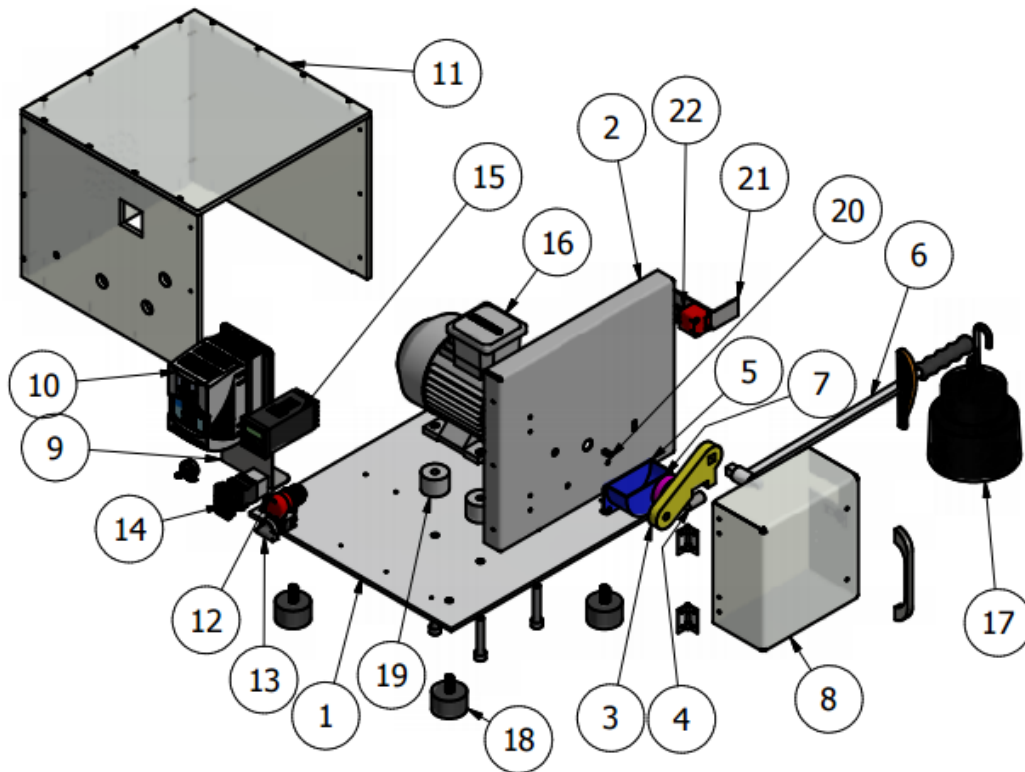


Figura 04 - Vista explodida da máquina. Fonte: Autores.

Descrição:

1. Base Principal
2. Chapa Frontal
3. Suporte do Corpo de Prova
4. Corpo de Prova
5. Carter
6. Torquimetro
7. Disco Principal
8. Acrílico de Proteção Frontal
9. Suporte para o Inversor
10. Inversor
11. Acrílico de Proteção do Sistema
12. Dispositivo de Parada de Emergência

13. Chave de Inversão
14. Botão Liga/Desliga
15. Contator e Temporizador
16. Motor
17. Carga de Ensaio
18. Coxim para Sustentação do Sistema
19. Calço para Fixação do Motor
20. Chaveta
21. Suporte para a Chave de Segurança
22. Chave de Segurança

Funcionamento da Máquina

Para a execução dos ensaios, primeiramente devem ser definidas algumas variáveis, tais como, material do corpo de prova, lubrificante utilizado, carga e tempo de ensaio.

Após a definição destas variáveis, o corpo de prova deve ser fixado no suporte através do parafuso de fixação, assim que fixado, o lubrificante deve ser inserido no cárter até que atinja uma quantidade suficiente para lubrificação do disco rotativo.

Com o torquímetro na posição horizontal e o CP em contato com o disco, deve-se aplicar a carga de ensaio selecionada sobre o torquímetro.

Assim que estes procedimentos forem concluídos pelo operador, o mesmo deve informar o tempo de ensaio desejado ao timer, que é responsável pelo acionamento do sistema. Este componente executa o ensaio no tempo exato informado, desligando a máquina assim que o tempo é atingido. A Figura 05 representa a execução do ensaio na máquina desenvolvida.



Figura 05 - Execução do ensaio na máquina desenvolvida. Fonte: Autores (2016)

Realização dos Ensaios

Para a realização dos ensaios na máquina desenvolvida, foram estabelecidos, tempo, carga, velocidade de rotação e lubrificante a ser utilizado. Os lubrificantes selecionados foram o sintético, mineral e vegetal.

Através de testes iniciais, pôde-se perceber que o fenômeno de desgaste se dava pelo aumento da carga e pelo tempo de execução do ensaio. Visto isto, foram estabelecidos três tipos de ensaios para cada lubrificante, mantendo a velocidade de rotação fixa em 300 rpm, a carga em 10 kg e aumentando o tempo de realização do ensaio em 20 minutos para cada análise, iniciando-se o primeira em 20 minutos e finalizando a ultima com 60 minutos, isto para as 03 amostras de cada lubrificante.

O método utilizado para analisar a eficiência de lubrificação, foi a microscopia, utilizando-se um microscópio para analisar a quantidade de área desgastada, e para uma comprovação de tal desgaste também utilizou-se a análise em relação a quantidade de perda de massa, através da verificação do peso inicial e final do corpo de prova.

Valem ressaltar que existem vários tipos de análises para a eficiência de lubrificação, tais elas como, análise físico-química; análise de contaminações; espectrometria e ferrografia, porém como neste trabalho o objetivo era o desenvolvimento da máquina, o método de análise estabelecido, apresentou de

forma satisfatória os resultados, comprovando a eficiência da máquina na realização dos ensaios para cada lubrificante, sob a mesma condição de trabalho.

Discussão

A Tabela 1 representa os resultados obtidos na realização dos ensaios na máquina desenvolvida.

Tabela 1 – Resultados obtidos na máquina desenvolvida.

AMOSTRAS	TIPO LUBRIFICANTE	TEMPO (minutos)	ÁREA (mm ²)	MÉDIA ÁREA (mm ²)	PERDA DE MASSA (g)	MÉDIA PERDA DE MASSA (g)
CP 01	Óleo Sintético	20	3,5	8,0	0,0016	0,0075
CP 02		40	9,7		0,0061	
CP 03		60	10,9		0,0148	
CP 04	Óleo Mineral	20	5,2	6,4	0,0042	0,0078
CP 05		40	6,7		0,0089	
CP 06		60	7,3		0,0104	
CP 07	Óleo de Soja	20	15,4	25,0	0,0368	0,1497
CP 08		40	28,3		0,1643	
CP 09		60	31,3		0,2481	

Fonte: Autores.

A realização dos ensaios foi perfeitamente efetuada conforme especificado no trabalho, de forma igual para todos os lubrificantes, expondo cada amostra as mesmas condições de trabalho, aumentando o tempo de realização em 20 minutos, conforme apresentado na Tabela anteriormente.

Através da análise individual para cada lubrificante, pode observar que na execução de 20 minutos o lubrificante sintético obteve uma eficiência maior de lubrificação, resultando na menor perda de massa para esta condição.

Para a execução de 40 minutos, pode-se observar que o lubrificante sintético manteve sua eficiência sobre o mineral e o vegetal, porém com uma menor proporção, podendo-se observar que o mineral também apresentou uma boa eficiência na lubrificação, ficando bem próximo do sintético.

Para a execução de 60 minutos, ocorreu uma mudança na eficiência de lubrificação, sendo que o mineral para esta condição apresentou uma melhor eficiência, resultando na menor perda de massa.

Voltando a análise para a média de realizações dos ensaios, pôde-se observar que o lubrificante sintético apresentou nos ensaios a melhor eficiência de lubrificação, porém este resultado veio da média de resultados realizados.

Através das análises, verificou-se que a escolha do lubrificante deve ser feita de acordo com a condição de trabalho ao qual o equipamento ou máquina que necessita de lubrificação esteja sujeito, pois pelo que se verificaram nos ensaios, os lubrificantes conforme detalhado pelo fabricante, apresentam uma melhor eficiência a determinada condição ou temperatura de trabalho, sendo que através da análise individual pôde-se notar que para uma pequena parcela de tempo, o sintético foi o mais adequado, porém conforme o tempo de execução aumentava, o mineral apresentava uma melhor eficiência.

De forma geral, a escolha do lubrificante deve ser relativa a condição de trabalho da máquina ou equipamento, pois para cada condição de trabalho, os lubrificantes apresentam de forma alternada uma eficiência de lubrificação, sendo este o principal fator que irá influenciar na escolha do lubrificante.

Considerações Finais

A máquina projetada e desenvolvida apresentou de forma satisfatória os resultados, executou os ensaios tribológicos sobre o método pino-sobre-disco, de maneira constante e estável sem qualquer alteração.

Através da realização dos ensaios pôde-se observar a eficiência de lubrificação de cada lubrificante, sobre as mesmas condições, podendo ainda através dos ensaios analisar e obter o melhor desempenho e eficiência na lubrificação.

Através da máquina desenvolvida, pode-se atuar dentro de uma grande área da engenharia denominada manutenção, sendo possível identificar os primeiros sintomas de desgaste de um componente, além de permitir quantificar e traçar um perfil de desgaste do equipamento e componentes, elaborando através da máquina planos de manutenção preditiva para máquinas e equipamentos que necessitem de lubrificação.

O objetivo do trabalho foi atingido, pois através da máquina desenvolvida, a eficiência de lubrificação para um lubrificante pode ser analisada e a condição de

trabalho de uma determinada máquina ou equipamento pode ser simulada, sem que seja necessário que o equipamento sofresse a falha ou quebra durante o procedimento.

Referências

ALVES, Fernando Ribeiro. *Desenvolvimento de um tribômetro, tipo cilindro sob disco, para ensaios tribológicos em formulações com óleos vegetais*. (Dissertação de Mestrado), UNESP- Campus Ilha Solteira, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/111082>>. Acesso em 20 de Outubro de 2015.

ANDERSON, B.S. *Company perspective in vehicle tribology – Volvo*, In 17th Leeds-Lion Symposium on Tribology, Elsevier Science Pub Co, 1991. p. 503-506 (Elsevier Technology Series 18). Citado em: SINATORA, A., 2005, “Tribologia: um resgate histórico e o estado da arte”, Prova de Erudição, São Paulo. 1991.

ARATO, Junior, A. *Manutenção preditiva usando análise de vibrações*. 108 p, São Paulo: Manole, 2004.

BAYER, R.G. *Engineering Design for Wear*, CRC Press, 2ª edition, 2004.

BUZINELLI, Didiane V. *Dimensionamento de elementos estruturais em alumínio*, 2000, Dissertação de Mestrado à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/static/media/producao/2000ME_DidianeVictoriaBuzinelli.pdf> Acesso em 12 Março de 2016.

CHIAVERINI, Vicente. *Tecnologia Mecânica / Vicente Chiaverini* 2ª ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1986.

CHIAVERINI, Vicente. *Aços e Ferros Fundidos*- 7. Ed. ampl. e rev. – São Paulo, Associação Brasileira de Metalurgia e Materias, 2008.

DOWNSON, D. Persson. *History of tribology*, Professional Engineering Publish 759p, B.N.J., 1997.

FARIAS, Diogo Fontes. *Utilização da geometria disco-disco para investigação da capacidade de proteção ao desgaste de lubrificantes sob condições*

elastohidrodinâmicas. 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em <http://w2.files.scire.net.br/atricio/ufrjem_upl/THESIS/1152/pemufrij2005mscdiogofontesfarias.pdf> Acesso em 06 de jun. de 2015.

FSCHEIB, *Equipamentos Eletrônicos*. Disponível em <<http://www.fscheib.com.br/index.php/produtosfs-1201/>> Acesso em 23 de Março de 2016.

GONÇALVES, A. C. Padovese, L.R. *Vibration and oil analysis for monitoring problems related to water contamination in rolling bearing*. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA INTERNACIONAL DE TRIBOLOGIA – TriboBR 2010, 1, INTERNATIONAL TRIBOLOGY SYMPOSIUM OF IFTOMM, 2, 2010, Rio de Janeiro. Proceedings of the... Rio de Janeiro: [S.n.], 2010.

HALLING, J. *Principles of tribology*. New York: The Macmillan, 1975.

HIBBELER, R. C. *Resistência dos Materiais*. 7ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

HIBBELER, R. C. *Estática - Mecânica para engenharia*. 12ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

HUTCHINGS, I.M. *Tribology: friction and wear of engineering materials*. Londres: Edward, 1992.

JNG, *Produtos Eletrônicos*. Disponível em < <http://www.jng.com.br/produtos-detalhes.asp?idprod=22>.>. Acesso em 26 de Agosto de 2016.

JOST, H.P, 1966, *Lubrication (tribology) education and research*. Jost Rep., Department of Education and Science, HMSO, London, 1966, p.4. Citado em: SINATORA, A. *Tribologia: um resgate histórico e o estado da arte*. Prova de Erudição, São Paulo. 2005.

KATO, K. Adachi, K. *Wear Mechanisms*. MODERN TRIBOLOGY HANDBOOK, Ed. CRC Press LLC Vol.2Cap 22. 2001.

KIMURA, R. K. *Manutenção preditiva de redutores de velocidades e de motores de combustão interna, à diesel e biodiesel, através da análise do óleo*. 122 f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

LAGO, D. F. *Manutenção de redutores de velocidade pela integração das técnicas preditivas de análise de vibrações e análise de óleo lubrificante*. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

LAYARD, A.G., 1853, *Discoveries in the Ruins of Nineveh and Babylon, I and II*. John Murray, Albemarle Street, London. Citado por: Bhushan, B., Introduction - Measurement Techniques and Applications. Handbook of Micro/Nanotribology. Ed. Bharat Bhushan Boca Raton: CRC Press LLC, Cap. 1. 1999.

LIZA, *Industria e Comércio de Produtos Alimentícios, Brasil.*, 2016. Disponível em <<https://www.liza.com.br/>>. Acesso em 15 de Julho de 2016.

MARU, M. M. *Estudo do desgaste e atrito de um par metálico sob deslizamento lubrificado*. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.

MENDES, Mariane, *Força de Atrito*. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/forca-atrito.htm>>. Acesso em 29 de junho de 2016.

NEPOMUCENO, Lauro Xavier. *Técnicas de manutenção preditiva*. São Paulo: Edgar Blucher, 1989. Vol I e II.

NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. *NR-12, - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, NR-10 - Segurança em Instalações em Serviços em Eletricidade*. 2016

PESSOA, Adelmo Fernandes. *Tribologia Brasil*. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/tribologiabrasil>> - Acesso em 18/03/2016.

PETRONAS, Unidade Contagem, MG. Disponível em: <<https://www.pli-petronas.com/br/>>. Acesso em 15/07/2016.

RABINOWICZ, E. *Friction and wear of materials*. 2. ed. New York: John Willey and Sons, 1995.

ROLIM, Daniel G., HERNANDEZ, Gustavo M., PEREIRA, Yuri A. *Lubrificantes Industriais, Manutenção Industrial*. UNESP Campus Bauru-SP, , Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_16.pdf> Acesso em 15 de Abril de 2016.

SENAI, Departamento Regional do Espírito Santo, Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/docs/apostilas/mecanica-lubrificacao.pdf>>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2016.

SENAI, Escola Luiz Scavone. *Apostila Ensaios de Materiais*. Telecurso 2000.

SINATORA, A. *Tribologia: um resgate histórico e o estado da arte*. Prova de Erudição, São Paulo. 2005.

SHIMADZU: *Analytical and measuring instruments: espectrômetro de fluorescência de raios x por energia dispersiva*. Disponível em: <http://www.shimadzu.com.br/analitica/produtos/elemental/raios_x/eds/edx.shtml> Acesso em 05 de Abril 2016.

UBALDINO, Alvarez Macorim. *Tecnologia Prática Industrial – Vol. 1*. Editora Brasiliense.

VENNER, *Tribologia*. Disponível em: <<https://www.skf.com/pt/news-and-media/news-search/2013-10-25-tribology-a-moving-story.html>> Acesso em 18 de Março de 2016.

VOLCI, G. A. *Comportamento tribológico do anel de primeiro canaleta em motores*. 2007. Disponível em <http://www.pgmecc.ufpr.br/dissertacoes/dissertacao086_gustavo_augusto_volci.pdf> Acesso em: 23 de maio de 2015.

WEG, *Produtos e Serviços*. Disponível em <[http://www.weg.net/br/Media-Center/Central-de-Downloads/Resultado-da-Busca/\(group\)/4](http://www.weg.net/br/Media-Center/Central-de-Downloads/Resultado-da-Busca/(group)/4)> Acesso em 12 de Dezembro de 2015.

ZUM-GAHR, K-H., 1987. *Microstructure and Wear of Materials*. Tribology Series, 10, Elsevier, pp. 1-6, citado por: Suski, C.A., 2004, “Estudo do Efeito de Tratamentos e Revestimentos Superficiais na Vida de Ferramentas de Conformação Mecânica à Frio”, Dissertação de mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.

Análise preliminar para reconhecimento da frequência respiratório por meio de uma célula de carga

Preliminary analysis for knowledge of respiratory rate by means of a load cell

Freddy Franz Romero Calcina¹

Julio Atila Alves da Silva²

Francione Martins de Oliveira³

Nelson Ivan Oviedo Toscano⁴

Aline Emy Takiy de Oliveira⁵

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo realizar uma análise preliminar da frequência respiratória por meio de célula de carga. O estudo sugere ampliar a aplicabilidade das células de carga para monitoramento de sinais vitais em ambientes hospitalares. O projeto tem o objetivo de coletar dados para análise, não sendo um projeto para implementação definitiva. O projeto consiste em: uma célula de carga instalada em uma plataforma, um Hx711 Amplificador/Conversor de 24 bits e o Arduino Uno para a coleta e configuração da taxa de amostragem para análise de sinal, o estudo foi desenvolvido com softwares livres, o Python 3.4 e o GNU Octave 4.0 em plataforma Linux.

Palavras-chave: Sinais Vitais; Arduino; Célula de Carga.

¹ Graduando do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

² Graduando do Curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

³ Graduando do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

⁴ Coordenador de Inovação e Desenvolvimento Tecnológico do Departamento de Eletrônica da Hospimetal.

⁵ Doutora em Engenharia Elétrica na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira UNESP de Ilha Solteira. Docente no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium Araçatuba.

ABSTRACT

This study aims to carry out a preliminary analysis of respiratory rate by load cell. The study suggests expanding the applicability of load cells to monitor vital signs in hospital settings. The project aims to collect data for analysis and was not a project to final implementation. The project consists of: a load cell installed on a platform, a Hx711 Amplifier / 24-bit converter and the Arduino Uno to the collection and setting the sampling rate for signal analysis, the study was developed with free software, Python 3.4 and GNU Octave 4.0 on Linux platform.

Keywords: Vital Signs, Arduino, Load Cell.

Introdução

O custo elevado dos equipamentos e a mão-de-obra vêm sendo um grande problema para a área da saúde. Amenizar o problema com soluções acessíveis e de baixo custo é uma meta incontestável aos que visam um futuro simples e eficiente (LUNA, 2014).

No ano de 2012 foram constatados aproximadamente 194 milhões de internações em todo território brasileiro nos hospitais ligados ao SUS. Na maioria das internações são monitorados quatro sinais vitais principais, que são: frequência cardíaca, pressão arterial (PA), temperatura corporal e a respiração, na qual uma de suas características é a frequência respiratória, podendo obter, também, outros parâmetros dependendo do estado clínico do usuário (SIH/SUS).

Os leitos hospitalares, em sua maioria, não possuem em seus equipamentos de monitoramento de sinais vitais parâmetros que sejam analisados em conjunto. Observando esse ponto em que é possível simplificar e controlar simultaneamente mais de um processo de monitoramento com as tecnologias já existentes, verificou-se a possibilidade de unir os respectivos conceitos em um só, a partir da ideia de captar sinais vitais por meio de uma célula de carga instalada em camas hospitalares.

Algumas camas hospitalares possuem uma balança acoplada para se fazer o controle de ganho de massa do paciente em casos de internações consideradas graves. As variações periódicas de massa podem ser observadas através do estudo dos volumes de ar inspirado e expirado pelos pulmões. Por essa razão, desenvolve-se neste trabalho um sistema de aquisição e tratamento dos sinais detectados pela célula de carga, para se analisar a variação do volume respiratório de um paciente, em um primeiro estudo focando a respiração.

Materiais e Métodos

Para o funcionamento do sistema têm-se os seguintes materiais:

- Módulo conversor/amplificador HX711 que realiza a conversão dos valores de tensão do transdutor para valores binários, por meio do circuito ADC de 24bit. O aspecto mais importante do amplificador está no seu ganho de amplificação, configurado através do canal A, que pode ser programado com um ganho de 64 ou 128 vezes. Outro aspecto importante é sua taxa de amostragem que é selecionável sem necessidade de programação, na taxa de 10 ou 80 SPS. Esse amplificador é ideal para trabalhar com grande sensibilidade e por operar com tensão nominal de 5 (volts), essa tensão é fornecida pela maioria dos circuitos microcontrolados e ideal para balanças e controle de processos industriais (AVIA, 2015).

- *Co-Planar Beam Load Cell* é uma célula de carga, um transdutor com um design simples e que suporta uma carga que varia entre 7,5 kg a 150 kg. A célula de carga conta com quatro fios condutores que compõe seu diagrama esquemático, dois fios de excitação e dois de sinal. Esse transdutor é feito com uma estrutura de alumínio, a qual se deforma ao aplicar uma tensão de carga e volta ao seu estado inicial quando esta deixa de ser aplicada (VISHAY, 2014).

- Arduino Uno 10bits é uma placa de microcontrolador baseado ATmega328P livre para fins acadêmicos, com seu design pequeno e robusto, fornece capacidades imensas de oportunidades em seu uso. A placa fornece uma operação de 5 volts que facilita e possibilita o uso de pequenos componentes e seus pinos de entrada e saída que compõe seis pinos digitais e seis pinos analógicos e mais dois pinos para comunicação serial. Essa plataforma é um hardware/software que tem sua própria interface e a linguagem de programação é baseada em C/C++, é ideal para qualquer projeto à nível profissional.

- Python é uma linguagem de programação orientada a objetos de alto nível, de simples interpretação, de fácil compreensão humana. Esta linguagem foi criada por Guido Van Rossum em 1991. Com uma sintaxe muito simples e intuitiva a linguagem pode ser usada por toda classe de usuários (DOWNEY, ELKNER, MEYERS, 2010).

- GNU Octave é um software de cálculo científico que tem capacidade de resolver equações derivativas, integrais e traçar linhas de gráficos, por ser similar ao MATLAB e ser software livre, optou-se por usá-lo neste projeto, no processamento do sinal.

O estudo do reconhecimento de sinais vitais colhidos por meio de uma célula de carga busca introduzir uma nova metodologia de monitorização de sinais vitais de forma discreta, auxiliando na detecção dos sinais vitais do usuário em primeira instância. A célula de carga utilizada no estudo mede pesos de 7,5 kg a 150 kg, utilizada para coleta de amostras da fabricante Vishay modelo 380, os sinais adquiridos foram amplificados com ganho máximo e digitalizados com um amplificador/digitalizador operacional HX711 24bit ADC da Avia Semicondutor, o qual realiza o pré-processamento analógico filtrando ruídos provenientes da rede e fixando a taxa de amostragem em 10 SPS, após essa etapa é enviado ao computador os dados utilizando o Arduino modelo Uno, para armazenamento destes dados emitidos da célula de carga utilizou-se a linguagem Python na plataforma Linux. Essa linguagem de programação é adotada por ser de alto nível, multi-plataforma, interativa e livre, para a filtragem e processamento do sinal utilizou-se o GNU Octave.

O estudo é direcionado no comportamento da célula de carga sem estar integrado à cama hospitalar, este tipo de aplicação futuramente poderá ser aplicado em camas hospitalares que tenham a função de pesagem, não ocupando espaço, nem tão pouco tendo contato direto com o usuário que estiver com ela interagindo.

A Figura 1 mostra o caminho do sinal colhido da célula de carga até a análise com seus processos intermediários.

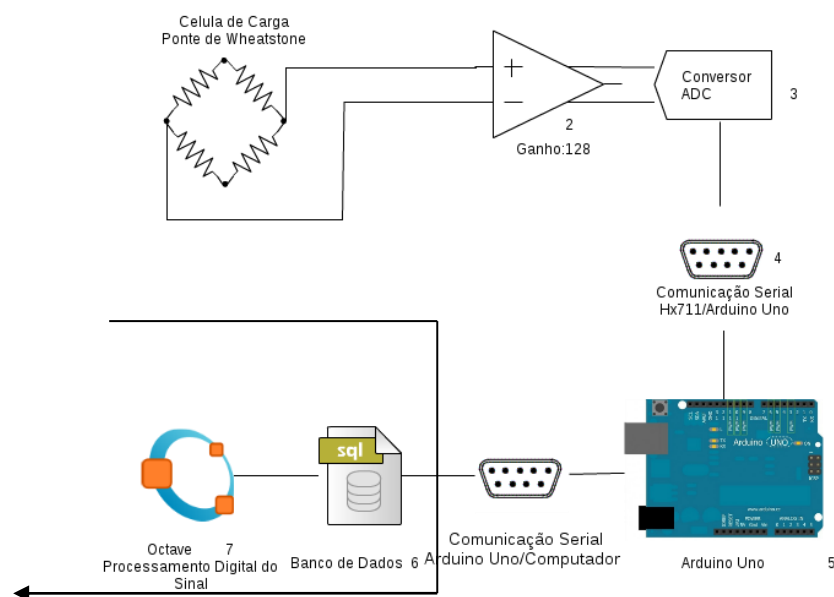


Figura 1 – Caminho do sinal até a análise no GNU Octave.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O sinal proveniente da Célula de Carga é amplificado, digitalizado, armazenado e futuramente tratado, analisado e filtrado.

A recepção do sinal proveniente do HX711 chega ao Arduino aonde apenas são recebidos valores binários e o Arduino tem a função de converter estes em dados decimais, e programar um ganho de 128 vezes no HX711, onde é alimentado pela porta do Arduino. Sua comunicação é feita pelos pinos digitais 7 e 8, sendo recepção RX e transmissão TX, respectivamente. A seguir tem-se o fluxograma da coleta do sinal e configuração do HX711 para ganho selecionável de 128 vezes no Arduino, ilustrado na Figura 2.



Figura 2 – Fluxograma do sinal digital no Arduino. Fonte: autores.

Análise do sinal

O principal aspecto do processamento de sinais é que ele se baseia em processamento de sequência de amostragens. O sinal é captado em sua continuidade no tempo e é convertido em amostras de um sinal discreto. Ao se processar um sinal, há a possibilidade de convertê-lo à sua origem, de continuidade no tempo, assim como diz Mello (2015, p.6) “Processamento de sinais lida com a representação, transformação e manipulação dos sinais e da informação que eles contêm”.

Na Figura 3 tem-se um teste feito com um usuário sentado na plataforma em repouso, coletando as amostras e salvando-as em arquivo texto, através do

Octave é plotado o sinal em função do tempo que mostra uma grande variação nas amostras em cada inspiração e expiração de seus pulmões. Entre as mudanças de estado pode-se notar que existem ruídos provenientes do ambiente e do usuário, foi possível detectar as variações de peso em função do volume de ar respirado, sua frequência respiratória foi de sete respirações por minuto segundo a análise do gráfico.

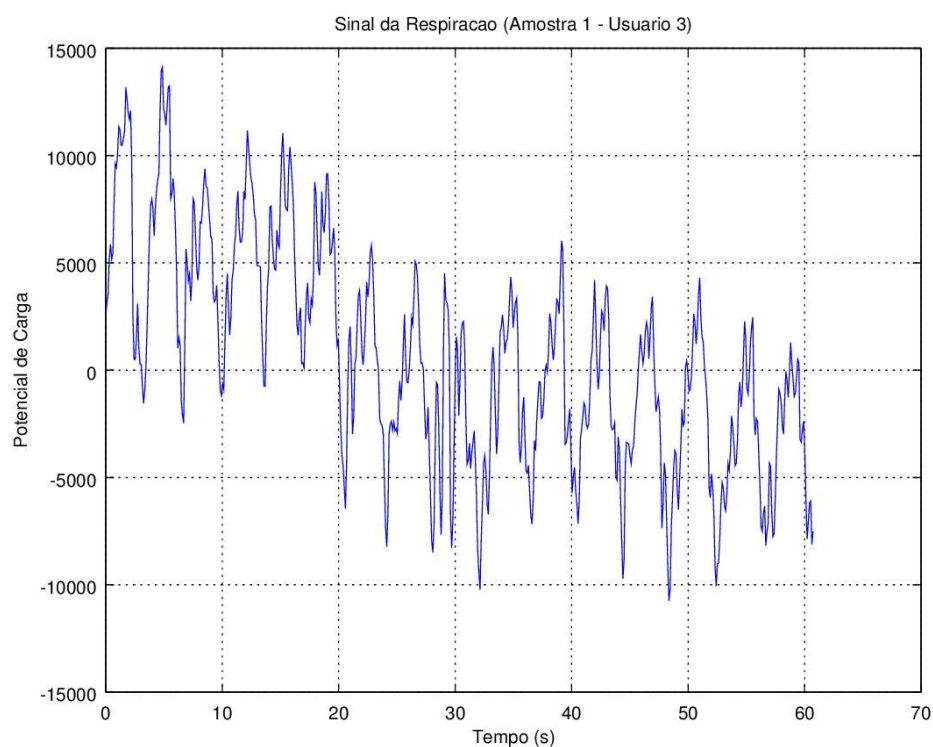


Figura 3 - Gráfico obtido pela célula de carga - variações do peso em função do volume respiratório do usuário.

Fonte: autores.

Aspectos fisiológicos

O estudo teórico sobre a possibilidade da detecção desses sinais vitais foi desenvolvido com base do estudo da fisiologia dos órgãos que geram esses sinais, para o monitoramento hemodinâmico do usuário.

Na respiração é feita as trocas gasosas, do oxigênio e do dióxido de carbono feitos pelos alvéolos pulmonares, essa troca gasosa gera variações de peso em função do volume desses gases. Um adulto normal em repouso respira confortavelmente 12 vezes por minuto, em volume corrente.

O volume corrente é o volume de ar inspirado ou expirado, em cada respiração normal e é cerca de 500 mililitros no homem adulto (GUYTON & HALL, 2011). O primeiro estudo foi acerca da respiração, para parametrização da frequência respiratória, sendo este um dos sinais vitais mais importantes da monitorização hemodinâmica. Na Figura 3 pode-se notar uma onda senoidal similar a da onda do volume corrente, ilustrada na Figura 4.

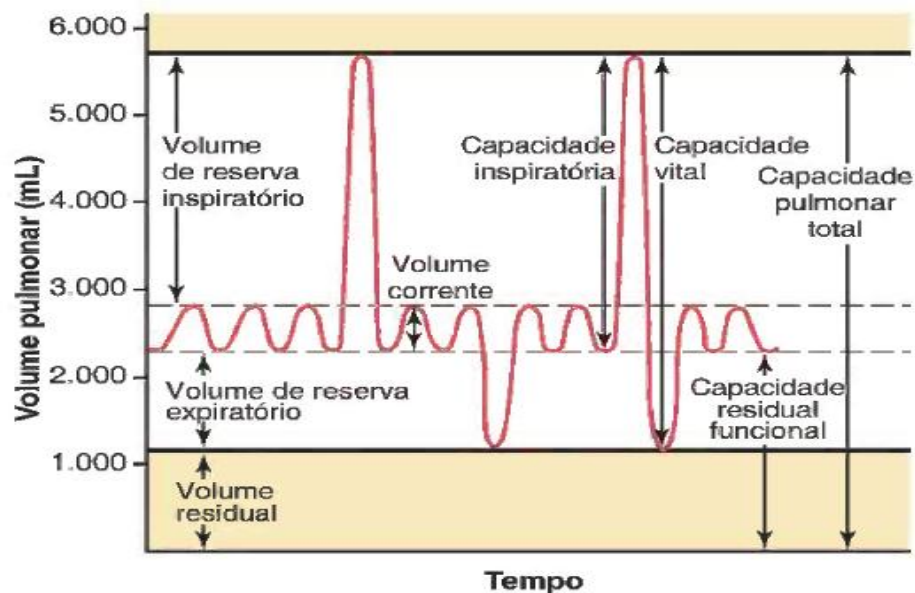


Figura 4 - Diagrama mostrando as excursões respiratórias durante respiração normal e durante inspiração e expiração máximas.

Fonte: Guyton & Hall, 2011.

Os cálculos teóricos utilizados para o peso da massa do ar respirado foi o da massa específica da física dos fluidos.

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V} \quad (1)$$

Para o cálculo do volume da respiração, considerou-se a massa específica do ar, sendo 1,21(g/L), á 20°C e 1 atm de pressão (HALLIDAY, RESNICK, 2009).

$$\Delta m = 1,21 \left(\frac{g}{L} \right) \cdot 0,5(L) \quad (2)$$

O peso do ar no fluxo do volume corrente é de 0,605 g.

O estudo também analisou outros volumes da respiração, tais como o volume de reserva inspiratório, que é o volume extra de ar que pode ser inspirado, além do volume corrente normal, quando a pessoa inspira com força total; geralmente, é cerca de 3000 mililitros, e o volume de reserva expiratório, que é o máximo volume extra de ar que pode ser expirado na expiração forçada, após o final de expiração corrente normal, normalmente é cerca de 1100 mililitros, ilustrados na Figura 4 (GUYTON, HALL, 2011).

O peso do volume de reserva inspiratório e o volume de reserva expiratório no estudo consideraram-se de 3,63 g e 1,331 g respectivamente.

ANÁLISE DO SINAL

No processamento do sinal digital foi analisado primeiro no domínio do tempo, em seguida se aplicou a FFT (Fast Fourier Transform) para análise no domínio da frequência, para aplicação do filtro passa-baixas FIR, ilustrado na Figura 5.

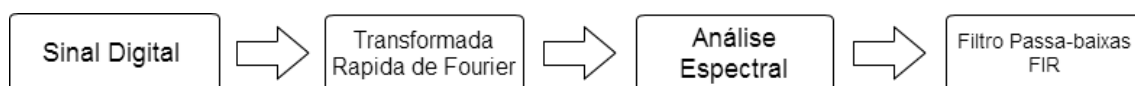


Figura 5 - Diagrama do processamento do sinal digital.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Foram-se analisadas inúmeras amostras, com diferentes amplitudes e frequências de respiração, na Figura 6, tem-se uma amostra feita com usuário sentado na plataforma em repouso, através do Octave foi plotado o sinal em função

do tempo que mostra uma grande variação na amostra em cada inspiração e expiração que o usuário realizou. Entre as mudanças de estado pode-se notar que existem ruídos provenientes do ambiente e do próprio usuário, sendo possível detectar 16 grandes picos de mesma frequência correspondente ao volume de ar respirado, o usuário realizou 16 respirações por minuto coincidindo com a análise do gráfico.

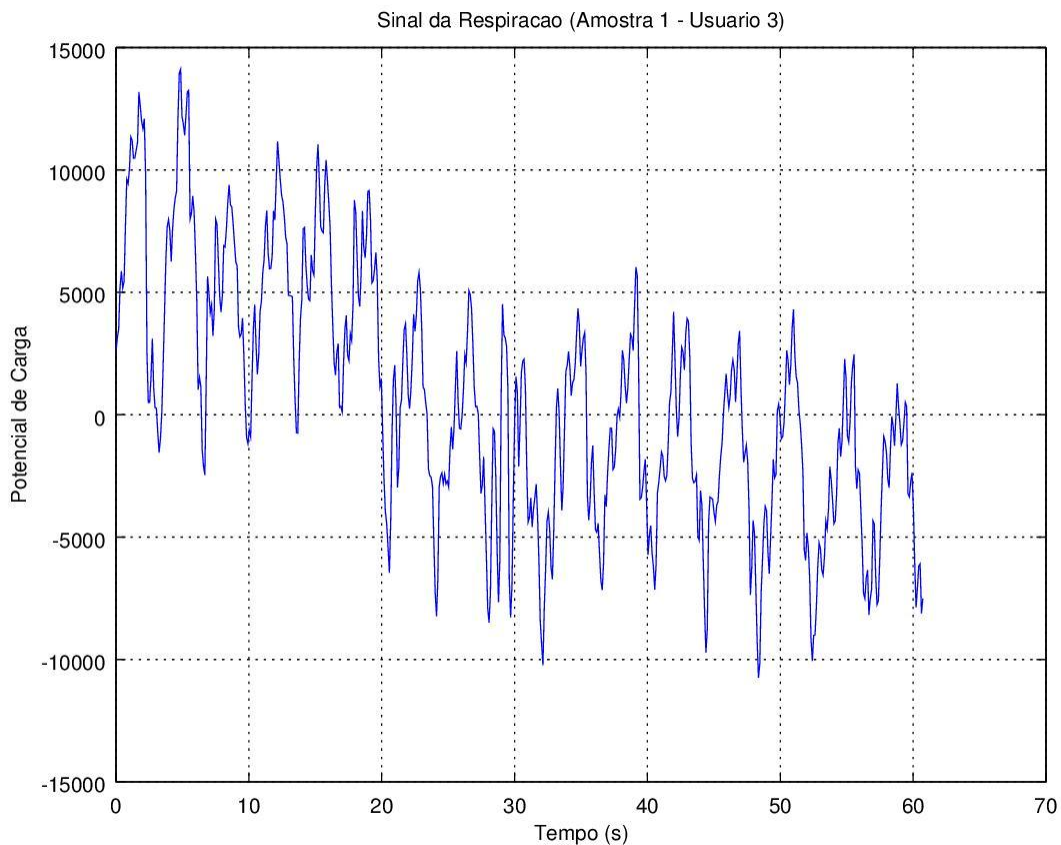


Figura 6 - Gráfico obtido pela célula de carga - variações em função do volume respiratório do usuário.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 7, o mesmo sinal é analisado no domínio da frequência, para constatação da frequência correspondente as 16 respirações realizadas, para aplicação do filtro passa-baixas FIR usando o método do janelamento de Hamming, eliminado frequências não desejadas.

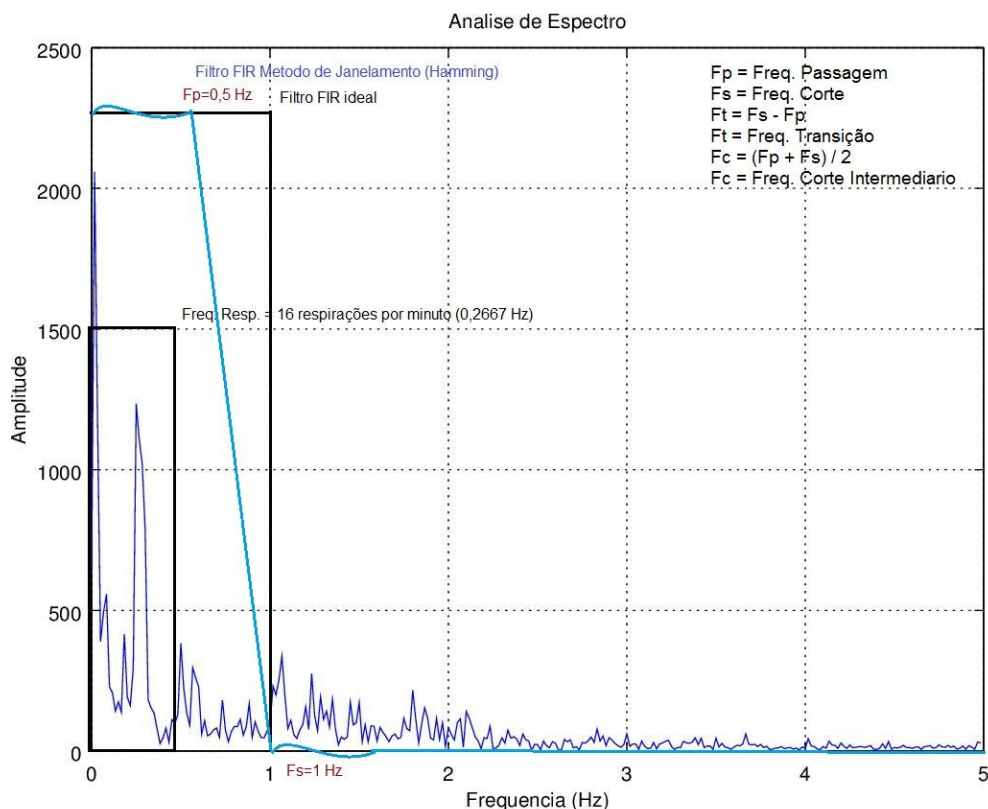


Figura 7 – Análise do espectro do sinal da amostra 1 - Usuário 3.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na última etapa para aplicação do filtro passa-baixas FIR pelo método de janelamento Hamming, eliminou-se as frequências acima de 1 Hz, definiu-se frequência de passagem igual a 0,5 Hz, frequência de corte igual a 1 Hz, uma vez que a frequência respiratória varia de 0,2 Hz a 0,34 Hz, considerando respirações normais de 12 a 20 excursões por minuto. As frequências de corte intermediário e de transição são para os cálculos do filtro passa-baixas FIR, aplicação essa que se observa na Figura 7.

A frequência da respiração em Hz é dada pela seguinte equação:

$$f_r = \frac{n^{\circ} \text{ de respirações}}{60} \text{ (Hz)} \quad (3)$$

Aplicando-se a equação 3, no número de respirações que o usuário realizou temos que a frequência do usuário é 0,26667 Hz, o mesmo observado na figura 8, com amplitude de 1000.

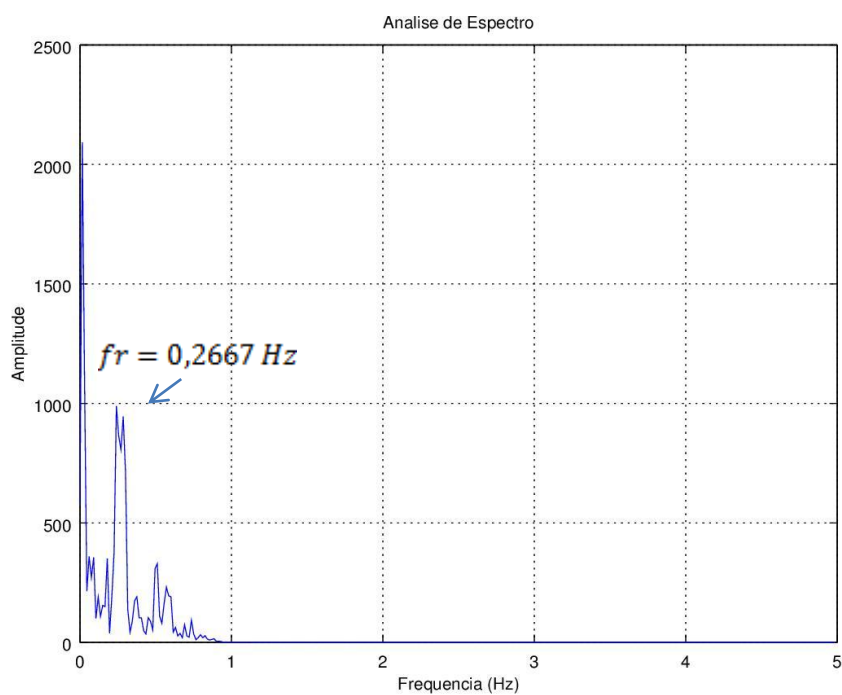


Figura 8 – Análise de Espectro com filtro de Hamming eliminando frequências acima de 1Hz.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 9, com o filtro passa-baixas FIR aplicado, observa-se que a frequência respiratória depois da filtragem esta mais evidente com sua forma de onda sem ruídos, e sua amplitude de 10000, diferente da análise sem usuário mostrado da Figura 10.

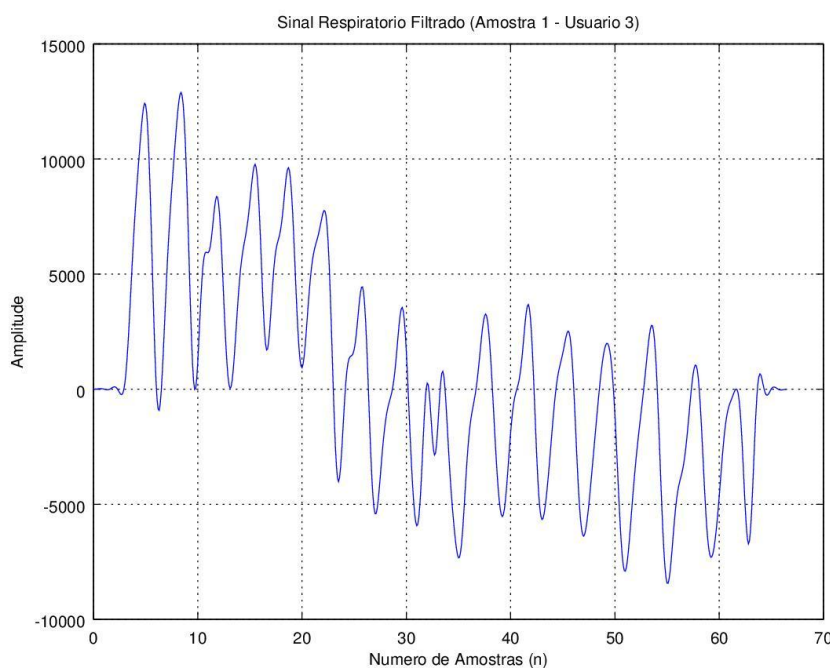


Figura 9 – Sinal Respiratório com filtro passa-baixas FIR – método de janelamento de Hamming.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O estudo também analisou o comportamento de célula de carga, sem usuário, para análise espectral, para certificar-se que as amplitudes não influenciam na captação da frequência respiratória.

Na Figura 10, observou-se que, mesmo que a célula de carga não tenha nenhuma carga sobre a plataforma, ela tem uma variação com próximo a 200 no domínio do tempo, para mais ou pra menos, amplitude pequena comparada às amplitudes captadas com o usuário sobre a plataforma.

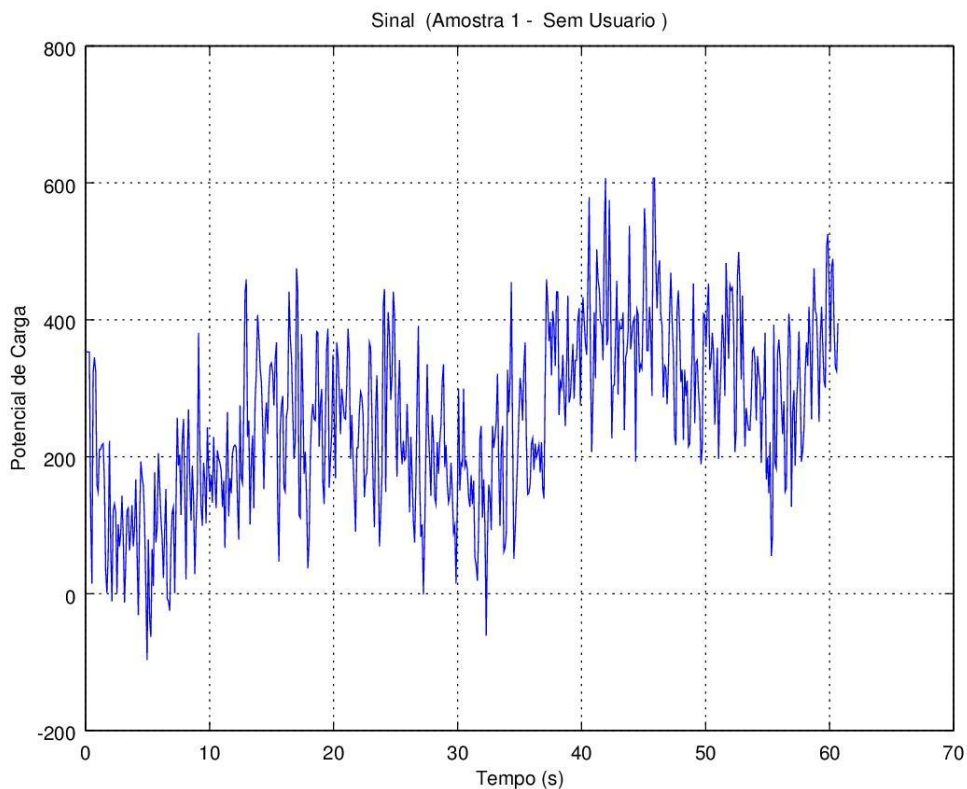


Figura 10 – Sinal sem usuário na balança.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 11 tem-se o sinal respiratório filtrado proveniente do usuário, coletado com 13 excursões por minuto. Observou-se uma forma de onda continua e satisfatória, na 7^a excursão o usuário fez uma expiração e inspiração total, que pôde ser medido um pico com mais de 10000 no potencial de carga.

Nota-se que a forma de onda da respiração é semelhante a da figura 4, que retrata os volumes corrente, residuais expiratórios e inspiratórios totais.

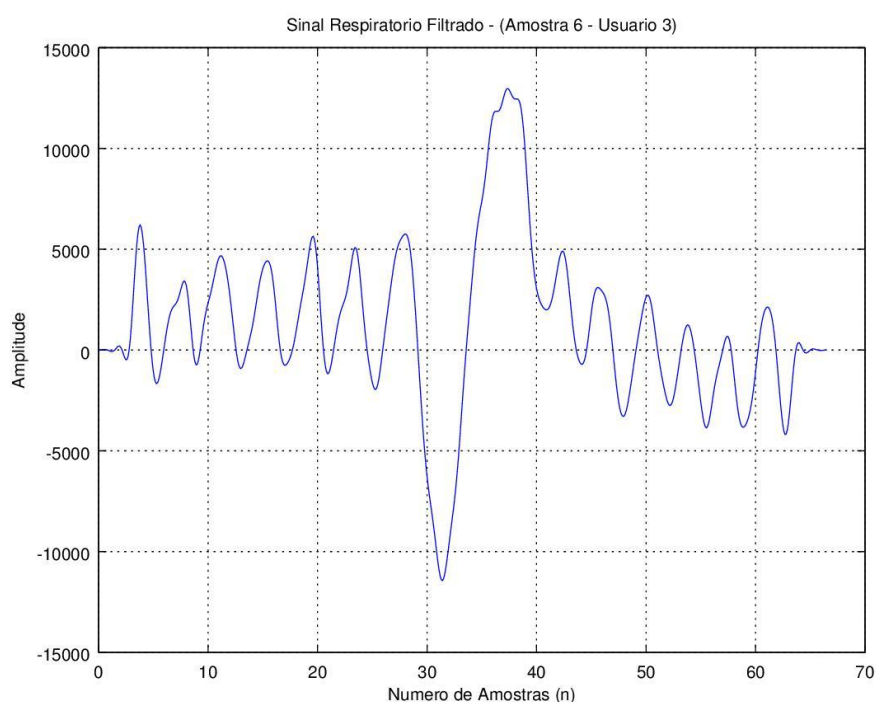


Figura 11 - Sinal respiratório com os volumes reservas inspiratório e expiratório total filtrado da amostra 6 - usuário 3.

Fonte: Elaborado pelo autor.

CONCLUSÃO

Neste estudo onde se obteve uma análise preliminar da frequência respiratória do usuário, viu-se que é possível o reconhecimento deste sinal, através de células de carga.

Sobre a análise do sinal sem usuário, observa-se que as amplitudes no domínio do tempo e da frequência são pequenas comparadas com a análise do sinal com usuário sobre a plataforma, com amplitude 10 vezes maior.

Nas amostras que foram analisadas com o usuário sobre a plataforma, aparecem as suas respectivas frequências respiratórias com ou sem filtro passa-baixas FIR, com tudo, a análise com filtro se fez mais evidente nas formas de onda

da respiração, sendo elas, o volume corrente e o volume residual inspiratório e expiratório totais, como se mostrou na ultima amostra da figura 29.

O estudo observou que também poderia ser possível uma análise do pulso cardíaco por meio de células de carga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVIA SEMICONDUTOR. *Datasheet: HX711 24-bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales*, 2014 .

BORGES, LUIZ E., *Python para desenvolvedores*, 1ª Ed, Rio de Janeiro, Brasil, 2010.

DINIZ, PAULO S. R.; DA SILVA, EDUARDO A. B.; NETTO, SERGIO L. *Processamento digital de sinais: projeto e análise de sistemas*, 2ª Ed, tradução Luiz W. P. Biscainho, Porto Alegre, Bookman, 2014.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 12ª ed. Rio de Janeiro, Elsevier Ed., 2011.

LUNA, E. *5 grandes Problemas Hospitalares para Investir Melhor*. Disponível em: <<https://hmdoctors.wordpress.com/2011/12/14/5-grandes-problemas-hospitalares-para-investir-melhor/>> Acesso em: 20 março 2015.

MINISTÉRIO DA SAÚDE/SE/Datasus - *Sistema de Informações Hospitalares do SUS - SIH/SUS*, 2012.

OPPENHEIN, ALAN V.; SCHAFER, RONALD W. *Processamento em tempo discreto de sinais*, 3ª Ed, tradução Daniel Vieira, São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2012.

VISHAY PRECISION GROUP, Disponível em: < <https://vpgsensors.com/>>, Acesso em: 18 de março de 2015.

Emprego da nanoindentação na predição das propriedades elásticas de compósitos cimentícios de alta resistência

Use of nanoindentation in the prediction of the elastic properties of high strength cementitious composites

Evandro Teixeira¹

Marcos Vinícius Hubner¹

Vitor Simon Palo¹

Edval Rodrigues de Viveiros²

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo principal apresentar os resultados experimentais envolvendo o emprego da nanotecnologia, mais precisamente da nanoindentação e predição de propriedades elásticas de macroescala de compósitos de cimento de alta resistência e desempenho. Foi realizado um embasamento teórico e técnico na parte de nanotecnologia para o desenvolvimento no mesmo, onde foram avaliadas diferentes escalas de comprimento por nanoindentação para designar a resistência e a elasticidade dos compósitos cimentícios. Foram obtidos resultados significativos com a inclusão dos nanotubos de carbono à matrizes cimentícias que criam grande expectativa na área da construção civil. Porém os estudos e pesquisas continuam para que cada vez mais a nanotecnologia na construção civil ganhe espaço no mercado.

Palavras-chave: Nanoindentação; compósitos cimentícios; alta resistência.

¹ Acadêmicos do 3º termo do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Unisalesiano de Araçatuba-SP. E-mail: vitorpalo@hotmail.com.

² Físico, Doutor e Mestre em Educação para a Ciência na Universidade Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências – Campus de Bauru e docente nos cursos de Engenharia Elétrica, Mecatrônica, Mecânica, Bioprocessos, Computação e Civil no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Unisalesiano de Araçatuba-SP. E-mail: edvalrv@ig.com.br.

Abstract

The present work has as main objective to show the experimental results involving the use of nanotechnology, more precisely the nanoindentation and prediction of the elastic properties of macroscale of high performance cement composites. A technical examination was carried out for the same development, where several length scales for the nanoindentation were evaluated to design a support and an elasticity of the cement composites. The results obtained are significant with an inclusion of carbon nanotubes in cementitious matrixes that create great expectation in the civil construction area. However, studies and research continue so that more and more nanotechnology in civil construction will gain space in the market.

Keywords: Nanoindentation; cementitious composites; high performance

Introdução

O concreto, material da construção mais utilizado pelo homem, tem características versáteis que permitem sua ampla utilização em construções dos mais variados tipos, com o passar do tempo o surgimento de novas necessidades do mercado levam a maiores exigências dessa importante opção para estruturas. (SANTOS, 2015 APUD PASSUELO, 2004).

A nanotecnologia é uma área que existe há algum tempo, mas continua dotada de grande potencial tecnológico e econômico. Ela está se tornando cada vez mais presente na vida das pessoas através de inovações em vários setores do conhecimento humano. Atualmente, na construção civil, uma de suas aplicações está na nanoindentação, auxiliando na inovação de compósitos cimentícios.

A nanoindentação corresponde a uma técnica única que permite obter as propriedades mecânicas de pequenos volumes de material a nível nano e micro. O seu princípio consiste em forçar uma ponta de diamante muito pequena na

superfície do material, enquanto as mudanças na carga aplicada e na profundidade de penetração são medidas simultaneamente. Utilizando este método, as propriedades do material, tais como o módulo elástico, a dureza, os parâmetros plásticos ou viscosos, podem ser obtidas a partir de leituras experimentais para um dado volume de material (SILVA, NĚMEČEK, ŠTEMBERK, 2012).

Esta técnica pode ser utilizada em conjunto de outras técnicas de medição (em níveis macro) para a captação dos módulos das propriedades dos materiais. Desta forma, definindo a ligação entre microestrutura, propriedades micromecânicas e desempenho mecânico macroscópico de tal composto, pode-se aperfeiçoar suas propriedades mecânicas de uma forma mais fácil e menos dispendiosa (ibidem, 2012).

Este trabalho demonstra o potencial que a nanotecnologia tem na área da construção civil, que com experimentos mais precisos, auxilia a indústria de concreto na obtenção de um compósito mais previsível, e por consequência diminui o custo de produção e aumenta a vida útil das obras.

Objetivos Gerais

- Estudar o potencial da nanotecnologia na construção civil.

Objetivos específicos

- Revelar de forma simples e objetiva, as características que tornam as partículas manométricas, substâncias tão fascinantes e almejadas em diversas aplicações na área da construção civil.

Justificativa

Tendo em vista a constante demanda por novos materiais na construção civil, e por ser a nanotecnologia relativamente nova, há uma grande necessidade de ser acessível aos profissionais da área.

Nessa área de materiais, a nanotecnologia e a nanociência apresentam um potencial enorme e que ainda não foi explorado. Novas cerâmicas, polímeros poderão ser desenvolvidos com propriedades superiores aos já existentes.

O estudo de um novo tipo de cimento, composto com nano partículas tão resistentes, abre espaço para uma nova era na engenharia de materiais. O controle da matéria pelo ser humano gerará enormes avanços no bem estar material das pessoas, na sua saúde e na redução do impacto da atividade industrial sobre o planeta, tanto pela produção de bens mais duráveis quanto pela maior eficiência na utilização de energia. Com relação ao concreto, espera-se que a adição de partículas em nanoescala melhore o controle de sua porosidade. Hoje, já se nota uma melhoria pela introdução de sílica ativa; mas com tamanhos bem menores, os nanotubos poderão preencher ainda mais os vazios presentes em concretos em argamassa.

Metodologia

Foram realizados levantamentos bibliográficos abordando conceitos, pesquisas e estudos existentes, bem como a expansão da nanotecnologia na construção civil. Foram realizadas pesquisas a arquivos físicos e virtuais. Por fim avaliou-se os prós e contras do uso da nanotecnologia, buscando realizar uma análise crítica de seu custo-benefício.

Para a análise específica da aplicação de nanotubos para Engenharia Civil, utilizou-se como referencial teórico o estudo de Silva, Němeček, Štemberk (2012).

Os materiais utilizados nos testes foram algumas misturas de argamassa CEM II/A-S 52,5 N e como agregado uma mistura de duas areias finas de quartzo. E as máquinas, de ensaio universal electromecânica (Testatron, Otto Wolpert-Werke GmbH) e a CSM Nanohardness tester, como ilustrado na tabela 1.

Tabela 1 – Composição Química.

Table 1 - Chemical composition of CEM II/A-S 52.5 N (wt.%)	
	%
CaO	57.6
SiO ₂	21.1
Al ₂ O ₃	6.2
Fe ₂ O ₃	3.6
MgO	1.7
Na ₂ O	0.40
K ₂ O	0.69
SO ₃	3.3
Cl ⁻	0.06
Loss on ignition	1.5
Insolubles	0.3

Fonte: Silva, Němeček, Štemberk, 2012

A partir desses compostos foi criado um corpo de prova cilíndrico de 30 mm de diâmetro que foi preparado para testes de nanoindentação. O espécime foi cortado da seção do meio de um volume maior usando uma serra de diamante de precisão. Em seguida, as superfícies secas foram trituradas com papéis SiC (grão # 2000 e # 4000) e polidas por pano com spray de diamante de 0,25 mm. Finalmente, as superfícies foram limpas por lavagem em álcool e banhos ultra-sônicos. A rugosidade da superfície resultante (quadrado médio da raiz) foi verificada com AFM para ser inferior a 20 nm na área de 5 × 5 μm. Conforme ilustrada na figura 1.

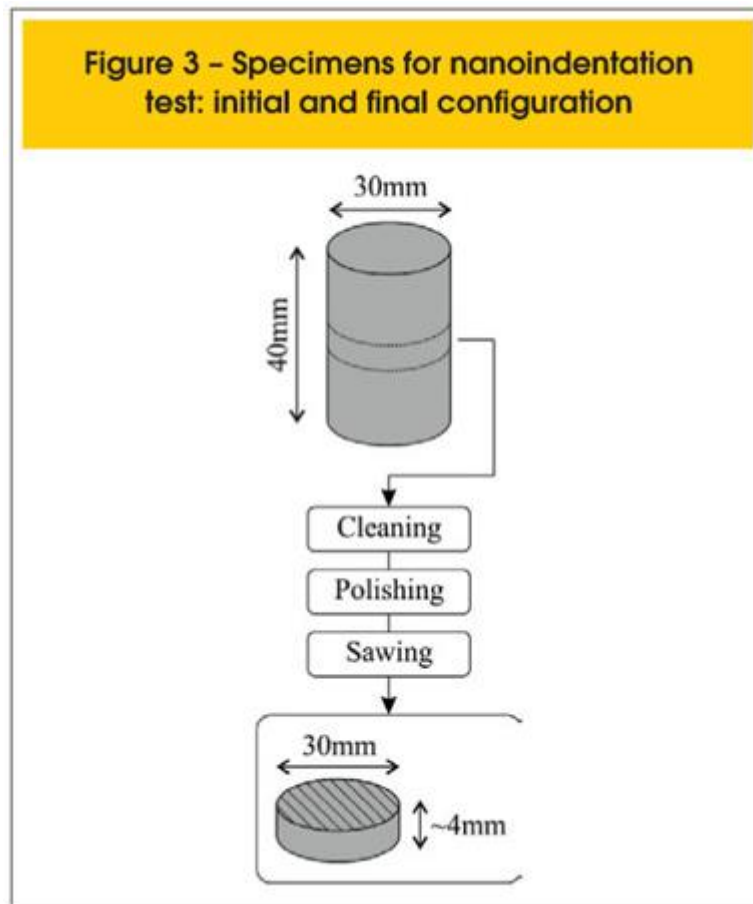


Figura 1 – Espécimes para teste de nanoindentação. Fonte: Silva, Němeček, Štemberk, 2012.

Resultados

Depois de efetuada a mistura do compósito e da moldagem das amostras com o mesmo, os testes para a verificação do módulo elástico e dureza a nível microescala e macroescala foram iniciados.

No nível macro foram realizados testes de compressão uniaxial utilizando uma máquina de ensaio universal eletromecânica (Testatron, Otto Wolpert-Werke GmbH). A carga foi medida por uma célula de carga de feixe (MTS 100 kN) ligada ao atuador eletromecânico. Dois extensômetros axiais com o comprimento de 50 mm foram utilizados para medir o deslocamento da amostra. A carga cêntrica foi verificada no início do ensaio e no caso de qualquer ocorrência de flexão, o teste foi parado e a amostra ajustada para a sua posição central. Foram realizados quatro

ciclos de carga em cada amostra para excluir a inelasticidade inicial. O módulo elástico foi calculado a partir da parte linear do último ciclo na curva tensão-deformação. O teste continuou até a carga final ser atingida de forma a obter a resistência à compressão de cada amostra.

No nível micro a amostra foi cortada na secção central de um volume maior utilizando uma serra diamantada de precisão. Em seguida, as superfícies secas foram trituradas com papel SiC e polidas por um pano com pulverização de diamante de 0,25 mm. Finalmente, as superfícies foram limpas por lavagem em álcool e banho de ultra-sons.

As medições de nanoindentação foram realizadas na máquina CSM Nanohardness tester®. A ponta do penetrador piramidal de três lados (Berkovich) foi usada para realizar uma grade maciça de 16×18 (288) recuos com a distância mútua de recortes de 8 μm . O local de indentação foi selecionado cuidadosamente por um microscópio óptico de alta ampliação antes do ensaio para assegurar que eles ficam longe do agregado grande. A microestrutura no local escolhido consistiu em todas as fases da matriz de cimento num teor suficiente. No entanto, na matriz densa de um HPCC a total exclusão de interações dificilmente pode ser alcançada uma vez que apresenta várias fases de rigidez diferente. O regime de carga de nanoindentação continha carga a 12 mN / min, mantendo-se durante 10 segundos e descarregando-se a 12 mN / min. O período de retenção de 10 segundos com força constante foi adicionado principalmente para minimizar os efeitos de fluência na descarga elástica.

Análise dos Resultados

A verificação dos resultados baseia-se na comparação do módulo de elasticidade obtido a partir da homogeneização dos testes macroscópicos. O erro relativo entre os resultados obtidos dos ensaios de módulo elástico de escala macroscópica e valores homogeneizados está na ordem das dezenas de por cento.

A avaliação dos testes não está isenta de erros, no caso HPCC, que consiste em uma matriz densa, na qual ocorrem várias fases de rigidez diferentes, a interação entre a matriz e essas diferentes fases pode afetar os resultados da nanoindentação. Por conseguinte, pode assumir-se que o erro apresentado é causado pelas interações de fase que influenciam os resultados da nanoindentação conforme ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Módulo elástico, homogeneização versus testes em macroescala.

Elastic modulus homogenization (GPa)	Elastic modulus macroscopic level-static (GPa)	Error (%)
46.2	39.0	18.5

Fonte: Reproduzido e adaptado de Silva, Němeček, Štemberk, 2012.

Apesar do erro, a utilização de testes de nanoindentação não pode ser descartada ou substituída, uma vez que corresponde à melhor técnica experimental que permite a avaliação direta das propriedades mecânicas dos volumes de material com dimensões na escala nanométrica, razão pela qual esta técnica foi escolhida na pesquisa apresentada.

Conclusão

Neste trabalho, medidas de nanoindentação foram aplicadas para a determinação de propriedades elásticas de escala macroscópica de HPCC com base em análise multiescala. Com base nos resultados obtidos, podem ser extraídas as seguintes conclusões.

Os resultados experimentais mostraram que o uso de nanoindentação de grade estatística, que foi aplicado para a análise mecânica no nível de microescala, pode ser realizado de forma muito efetiva e barata nos componentes da matriz e fornece estimativas confiáveis de sua rigidez.

Também provou-se que o uso de várias técnicas experimentais independentes e sua combinação nos procedimentos de homogeneização, oferece uma ferramenta econômica para testes virtuais de desempenho mecânico em macroescala da HPCC,

que é composta por uma mistura de diferentes fases químicas e mecânicas. Esta característica pode ser altamente atraente para a indústria de concreto, uma vez que o uso do método descrito reduziria drasticamente o volume total de trabalho experimental e, além disso, permitiria a produção de um compósito mais resistente, neste caso, um concreto de alto desempenho.

Referências Bibliográficas

FISCHER-CRIPPS, ANTHONY, C. *Nanoindentation*, ed.2. New York, Springer-Verlag, 2004.

SILVA, W. R. L.; NEMECEK, J.; STEMBERK, P. Nanotechnology and construction: use of nanoindentation measurements to predict macroscale elastic properties of high strength cementitious composites. *Rev. IBRACON de Estruturas e Materiais*, v.5, n.3. São Paulo, Jun de 2012, ISSN: 1983-4195.

YANG, S. *Nanoindentation on polymer materials*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciências de Materiais; Universidade Nacional de Singapura, 2003.

O Uso da Nanotecnologia em Materiais de Construção Civil

The use of nanotechnology in Civil Construction materials

Alex Olivares Dos Santos¹

Cid Murillo Leite Penteado ¹

Felipe Domingos Da Silva Moura ¹

João Vitor Pereira ¹

Paulo Ricardo Prado De Souza ¹

Edval Rodrigues de Viveiros²

RESUMO

Com a preocupação ambiental cada vez mais apurada, surgiu a necessidade de explorar novas tecnologias para que se aprimorasse as matérias primas, deixando-as também mais sustentáveis. A Física Quântica e a tecnologia dos microscópios avançaram e o Homem passou a explorar suas aplicações em uma escala cada vez menor, chegando até a nanotecnologia. O presente artigo busca sintetizar uma avaliação diminuta, porém significativa, sobre o estado da arte de como a nanotecnologia aliada na construção civil, trouxe materiais mais resistentes, mais leves. Com as propriedades das matérias primas aprimoradas, ganhou-se em termos econômicos e ambientais. Um exemplo dessas tecnologias são os nanotubos de carbono, nos quais se aplicam ao concreto de cimento Portland e obtém-se uma melhora significativa de suas propriedades de resistência, porém, aplicações como esta ainda carecem de uma série de estudos para que possam ser utilizadas em escala comercial.

PALAVRAS CHAVES: Nanotecnologia, Construção Civil, Nanotubo de Carbono, Cimento Portland

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Civil (4º. Termo) do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UniSALESIANO de Araçatuba.

² Docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UniSALESIANO de Araçatuba.

ABSTRACT

With the growing environmental concern, the need arose to explore new technologies to improve raw materials, making them more sustainable. Microscope technology has advanced, and man has come to exploit technology on an ever smaller scale, even to nanotechnology. The present article seeks to synthesize an assessment of the state of the art as the allied nanotechnology in civil construction, has brought more resilient, lighter materials. With the properties of the improved raw materials, gaining in economic and environmental terms. An example of such technologies are the carbon nanotubes, in which it is applied to Portland cement concrete and a significant improvement of its resistance properties is obtained, but it still faces a series of studies so that they can be used on a commercial scale.

KEY WORDS: Nanotechnology, Civil Construction, Carbon Nanotube, Portland Cement

INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é o estudo no qual novos materiais são criados a partir da manipulação da matéria em escala nanométrica, do qual só foi possível graças a inovações tecnológicas de outras áreas, como o desenvolvimento de microscópios mais potentes. Segundo Lamb, Silva, Sanomia e Dio (2012) “nano” é o prefixo que designa um bilionésimo, sendo assim, um nanômetro equivale a um bilionésimo de metro. Tendo como referência um fio de cabelo humano, este tem cerca de 30.000 nanômetros.

Os avanços da nanotecnologia beneficiaram inúmeras atividades durante os últimos anos, as suas aplicações ocorrem em diferentes áreas, desde a indústria até a Medicina. Com a construção civil não foi diferente. Nesse intervalo de tempo pesquisadores buscaram otimizar materiais usados à centenas de anos na Engenharia Civil, melhorando suas propriedades, trazendo maiores benefícios econômicos, maior qualidade nos materiais e também maiores benefícios para o

meio ambiente. Na construção civil a contribuição da nanotecnologia é extremamente importante pois, apesar de ser uma atividade vital para a sobrevivência e desenvolvimento do Homem, os materiais empregados atualmente são escassos e sua extração da natureza causa um impacto no meio ambiente. Portanto, melhorando a eficiência desses materiais, as obras puderam obter maior qualidade, além de terem seus custos reduzidos, como por exemplo o custo com energia, além disto, ocorrendo ainda uma redução da degradação do meio ambiente com obtenção de materiais.

Os nanotubos de carbono são constituídos por tubos formados por folhas de carbono de grafite em forma cilíndrica que se acoplam em suas extremidades. O nanotubo tem parede única geralmente 1-3 nm (nanômetro) de diâmetro e um comprimento de 300 nm a 1 micrômetro (ibidem, p.63)

O nanotubo de carbono foi descoberto pelo japonês Sumi Iijima, aplicando a nanotecnologia no concreto de cimento Portland, que é um dos materiais mais utilizados na construção civil, em forma de nanotubos de carbono, o que causaria uma considerável diminuição dos níveis de emissão de CO² comparado com a utilização do cimento comum, e também uma prevenção de fissuras decorrentes dos efeitos ambientais e do envelhecimento da estrutura.

Porém, ainda encontra-se certa dificuldade em sua utilização na indústria da construção civil.

A propagação ainda pouco expressiva deve-se a alguns obstáculos a serem vencidos, como o alto custo e a dificuldade de dispersão homogênea nas 11 matrizes. Tais matrizes podem ser de base cimentícia, polimérica, cerâmica ou mesmo aço (TAVARES, 2014).

Essa dispersão não homogênea poderia causar diminuição da qualidade do produto final, isso depende do modo que é feita a mistura, e além disso deve também ser feito um controle de qualidade para que seja obtido os resultados esperados. Isso mostra que apesar dos resultados promissores, a utilização em larga escala do nanotubo de carbono na construção civil e também em outras áreas, ainda enfrenta uma longa jornada de estudos. (BATISTON, 2007)

Segundo Ma, Guo, Sun, et al.(2017) outro material que podemos citar no que se refere a nanotecnologia na construção civil é a nano-sílica, que é empregada no reforço de estruturas de concreto, que apresenta melhoria considerável em termos de resistência e também alto desempenho econômico e ambiental.

2-OBJETIVO

Com referências bibliográficas e análise de dados, o presente trabalho, tem como objetivo elencar a utilização da nanotecnologia na Engenharia Civil, focando nas possíveis melhorias nas matérias primas mais usuais na construção civil e verificando aquelas já implantadas.

3-JUSTIFICATIVA

Esse trabalho tem como objetivo, realizar um levantamento bibliográfico sobre os materiais escolhidos, sendo eles nanotubo de carbono e fibra de nano-sílica, ambos aplicados no concreto de cimento Portland, visando destacar as melhorias nas características do concreto com e sem o uso da nanotecnologia, suas vantagens e desvantagens e uma breve visão dos estudos para que esses produtos sejam implantados no mercado como um concreto mais resistente e sustentável.

4- MATERIAIS E MÉTODOS

Este artigo foi realizado na forma de um levantamento bibliográfico, estudos e pesquisas existentes, abordando o uso da nanotecnologia na construção civil. Foram efetuadas pesquisas no meio virtual, considerando pesquisas práticas e teóricas dos autores consultados, realizando uma análise dos seus resultados.

Para esta análise, estudou-se o trabalho de Batiston (2007), o mesmo utilizou em sua metodologia ensaios experimentais para caracterização de argamassas e pastas de cimento Portland com adição de nanotubos de carbono. O mesmo utilizou 2 variáveis para os ensaios, a primeira é, a diferença de dois teores de nanotubos incorporados a argamassa com composição, sendo elas 0,25% e 0,5% em relação a massa de cimento. A segunda consiste na aplicação de 3 tipos de nanotubos, em diferentes dimensões.

Foram confeccionados corpos de prova de argamassa e pasta, usados como referência sem nanotubos na sua composição.

Os materiais utilizados para moldagem dos corpos de prova são descritos a seguir:

- Cimento: O cimento utilizado foi um CP V ARI 32-RS, da marca Votorantin.
- Aditivos superplastificante: usado na moldagem dos corpos de prova foi o Glenium 51 da MBT do Brasil. A dosagem foi determinada atendendo o maior teor de nanotubos, sendo assim mantida para as outras variações, foi feito isso para que todas as composições tenham efeitos causados pelo uso do material em questão constantes. A faixa utilizada foi entre 0,5 l e 1 l para 100kg de cimento conforme prescreve o fabricante.

Nanotubos de Carbono: os nanotubos de múltiplas camadas usados nos ensaios são provenientes da empresa “*Nanostructured & Amorphous Materials, Inc.*”. O autor elenca suas características na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos Nanotubos de carbono utilizadas nos ensaios, fornecidos pelo fabricante.

Tipo	Mat.	Densidade	Diâmetro interno	Diâmetro externo	Comprimento	Fator de Forma (L/d)	Pureza (%)
01	NTC	1,7 – 1,9 g/cm ³	5-10 nm	40-60 nm	0,5-2 µm	17-50	95-98
02	NTC	2,1 g/cm ³	5-40 nm	40-70 nm	5-15 µm	125-375	94
03	NTC ^s	1,9 g/cm ³	0.5-10 nm	240-500 nm	5-40 µm	10-166	95

Fonte: Batiston, 2007.

- MHEC: (metil hidroxil etil celulose) que foi usado na composição dos corpos de provas atua na retenção de água em argamassa. A sua adição teve como objetivo estabilizar a mistura da água e os nanotubos de carbono auxiliando principalmente na dispersão dos compostos na argamassa e pasta de cimento.

- Areia e Água: foi utilizada areia comum do IPT que segue o que prescreve a norma. A água da mistura foi destilada e deionizada para evitar quaisquer influências químicas e físicas que pudessem causar variação nos ensaios.

Os métodos utilizados pelo autor são:

- Os nanotubos foram quimicamente tratados com ácidos antes de serem adicionados ao cimento, melhorando assim sua dispersão na matriz cimentícia;
- Para a incorporação dos nanotubos nas pastas e argamassa, eles foram misturados com água de amassamento e o MHEC, por 30 segundos;
- Na moldagem dos corpos de prova de pasta de cimento foram utilizados o cimento, água, aditivo superplastificante, MHEC e nanotubos de carbono, com as especificações descritas acima, com dosagens descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição das pastas de cimento.

Lote	Cimento (g)	Água (g)	MHEC (g)	Aditivo SP.(g)	NTC (g)		
					Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Referência	1200	300	0,36	9,6	-	-	-
NTC tipo 1 0,25%	1200	300	0,36	9,6	3	-	-
NTC tipo 2 0,25%	1200	300	0,36	9,6	-	3	-
NTC tipo 3 0,25%	1200	300	0,36	9,6	-	-	3
NTC tipo 1 0,5%	1200	300	0,36	9,6	6	-	-
NTC tipo 2 0,5%	1200	300	0,36	9,6	-	6	-
NTC tipo 3 0,5%	1200	300	0,36	9,6	-	-	6

Fonte: Batiston, 2007.

Na moldagem dos corpos de prova de argamassa de cimento foram utilizados o cimento, água, aditivo superplastificante, MHEC e nanotubos de carbono, com as especificações descritas acima, com respectivas dosagens descritas na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição das argamassas de cimento.

Lote	Cimento (g)	Areia (g)	Água (g)	MHEC (g)	Aditivo SP. (g)	NTC (g)		
						Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Referência	800	1200	360	2,4	6,4	-	-	-
NTC tipo 2 0,25%	800	1200	360	2,4	6,4	-	2	-
NTC tipo 3 0,25%	800	1200	360	2,4	6,4	-	-	2
NTC tipo 1 0,5%	800	1200	360	2,4	6,4	4	-	-
NTC tipo 2 0,5%	800	1200	360	2,4	6,4	-	4	-
NTC tipo 3 0,5%	800	1200	360	2,4	6,4	-	-	4

Fonte: Batiston, 2007.

A moldagem dos corpos de prova de argamassa seguiu as especificações da norma ASTM C 348-02, que prescreve todo processo de moldagem e ensaio dos corpos de prova. Os mesmos têm dimensões 40x40x160mm³ Foram executados com duas camadas, sendo adensados com soquete padronizado, aplicando 12 golpes por camada. A cura foi feita em sala úmida por 24h. Após este período, os corpos de prova foram desmoldados e curados em tanque com água saturada em cal até a data do rompimento.

- ENSAIO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO: Para o ensaio de resistência à flexão foi utilizada uma prensa mecânica com controle de velocidade de deslocamento da mesa, marca Wikelhamn Farrance, que possui escala de velocidade de 0,00016 a 4 mm/min. A velocidade de avanço foi fixada em 0,1mm/min. . As cargas foram aplicadas utilizando-se um aparato rotulado de modo a concentrar a carga no centro do corpo de prova enquanto este estava bi apoiado conforme mostrado na Figura 1. Para o cálculo da resistência à flexão foi utilizada a equação 1 (Batiston,2007)

$$R_f = \frac{1,5F_1L}{bh^2} \quad (1)$$

Onde: “Rf” é a resistência à flexão; “F₁ “ é a carga máxima aplicada ao corpo de prova; L é o comprimento do corpo de prova; “b” é Largura do corpo de prova (média de três medidas); “h” é a altura do corpo de prova (média de três medidas).

- ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO: O ensaio de compressão foi efetuado segundo especificações da NBR 13279 “Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão (2005)”. O ensaio foi realizado em uma prensa da marca Shimatzu, com capacidade para 200 toneladas e precisão de 0,04 KN. A velocidade de carregamento foi de 0,6mm/min. . Foram realizados ensaios aos 7 dias com as metades dos corpos de prova submetidos ao ensaio de resistência à flexão. A resistência à compressão axial foi calculada através da equação 2. (Batiston,2007)

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (2)$$

Onde: “Rc” é a resistência à compressão, em MPa; “Fc” é a carga máxima aplicada, em N; 1600 é a área da seção, considerada quadrada, com 40x 40mm.

5- RESULTADOS

5.1-Ensaio de resistência a flexão: Foram ensaios 4 corpos de prova para cada tipo de mistura. A resistência dos corpos de prova com nanotubos em sua composição, foi maior que os corpos de prova ensaiados para referência, portanto, a diferença é pequena conforme apresenta a Figura 1.

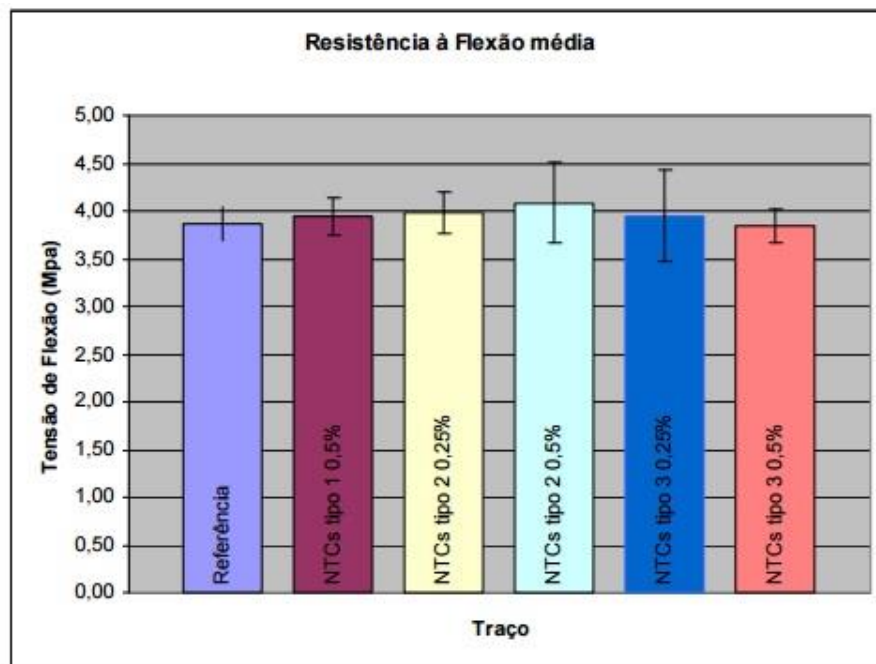


Figura 1 - Médias de resistência à flexão dos Corpos de prova. Fonte: Batiston,2007.

Tabela 4- Resistência à tração na flexão.

Composição	Tensão de Tração na Flexão (MPa)				Médias (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coef. Var. (%)
	CP A	CP B	CP C	CP D			
Referência	3,94	3,97	4,06	3,82	3,94	0,099	2,52
NTC tipo 1 0,5%	4,15	3,99	3,96	3,87	3,99	0,113	2,84
NTC tipo 2 0,5%	4,19	4,24	3,90	4,19	4,13	0,152	3,68
NTC tipo 3 0,5%	3,78	4,14	4,09	3,56	3,89	0,274	7,03
NTC tipo 2 0,25%	4,35	4,13	4,08	3,66	4,06	0,287	7,07
NTC tipo 3 0,25%	4,0	3,9	4,2	4,0	4,0	0,1057	2,63

Fonte: Batiston,2007.

5.2- ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O ensaio de compressão foi realizado de acordo com a norma NBR 13279 (2005), que sugere o rompimento das duas partes restantes dos corpos de prova rompidos à flexão. Na Figura 2 notou-se que os corpos de prova que tem os nanotubos em sua composição obtiveram acréscimos em suas resistências.

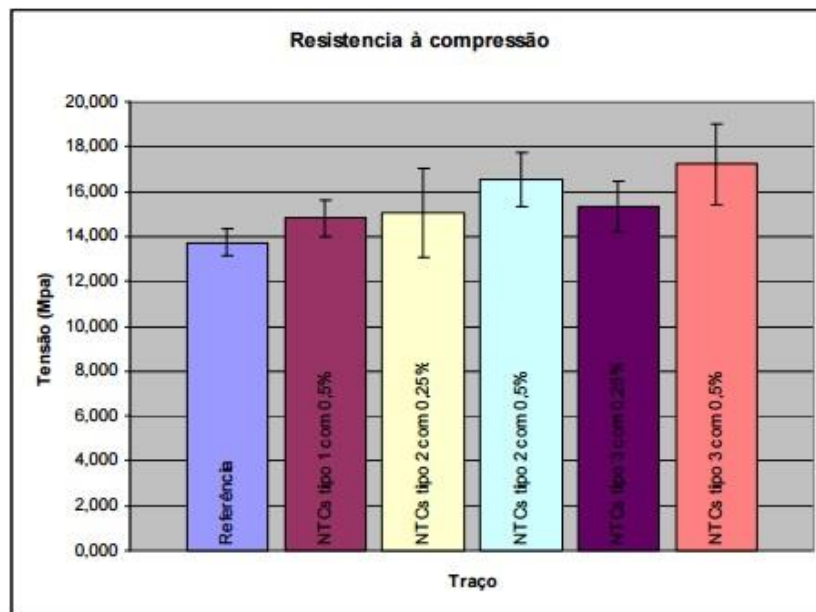


Figura 2 - Médias de resistência à compressão dos Corpos de prova. Fonte: Batiston, 2007.

6- ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1- Ensaio de Resistência a Flexão

O ensaio de resistência a flexão apresentou acréscimos de resistência nos corpos de prova moldados com nanotubos em suas composições, porém é pequena, diferente do que aponta outras bibliografias buscadas pelo autor dos ensaios, onde na bibliografia consultada pelo autor, mede-se um aumento de 25% da resistência a flexão. Para Batiston essa diferença de resultados podem estar condicionadas a diferença da relação comprimento(L) / Diâmetro (d) dos nanotubos utilizados nos ensaios.

Batiston ainda observa que se tem o maior ganho de resistência a flexão com o nanotubo do tipo 2, cerca de 5%, deixa evidente que a forma do nanotubo teria certa importância na resistência a flexão.

6.2- Ensaio de Resistência a Compressão

No ensaio verificou-se que todas as misturas com nanotubos em sua composição tiveram um acréscimo de 19% em sua resistência, o que reforça que a presença de nanotubos na composição dos corpos de prova, melhore sua resistência a compressão.

Nos ensaios realizados, os corpos de prova de argamassa com 0,5% de nanotubos de carbono do tipo 3 apresentaram as maiores resistências, quando comparamos com o corpo de prova da argamassa de referência.

7- CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos por Batiston (2007), conclui-se que na resistência à flexão, apesar das misturas com o nanotubo de carbono, terem alcançados valores superiores de até 5%, porém esses valores ainda não são valores significativos para resistências a compressão. Outros autores consultados por aquele pesquisador, apresentaram valores da ordem de 25% nesses ensaios, porém, essas diferenças de valores podem estar ligadas à forma dos nanotubos.

No que se refere à resistência a compressão, observou-se um 19% de acréscimo, quando comparado com o corpo de prova de referência.

Segundo Batiston (2007), os resultados obtidos nos ensaios são promissores, portanto, ainda existem fatores que precisam ser ajustados para que os resultados sejam mais significativos. Um desses fatores é a dispersão dos nanotubos nas matrizes, para que possam ser medidos de forma correta a sua influência e sua viabilidade, com relação ao reforço em elementos cimentícios

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTON, Eduardo R. *Estudo exploratório dos efeitos de nanotubos de carbono em matrizes de cimento portland*, 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

LAMB, R. G.; SILVA, S. A. S.; SANOMIA, L.H. et al. – Nanotecnologia aplicada ao concreto. *Revista de Ciências Exatas e da Terra Unigran*, Dourados, v. 1, p.62-66, jul. 2012. Disponível em: <http://www.unigran.br/ciencias_exatas/conteudo/ed1/artigos/07.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2017.

MA, Rui; GUO, Liping; SUN, Wei; LIU, Jiaping; ZONG, Jinyy. Strength-enhanced ecological ultra-high performance fibre-reinforced cementitious composites with nano-silica. *Materials And Structures*, v. 50, n. 2, p.76-94, abr. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-017-1031-9>.

TAVARES, Viviane E. *Aplicação Da Nanotecnologia Na Construção Civil: Uma Visão Geral De Suas Aplicações, Os Nanotubos De Carbono E As Novas Tecnologias Em Estudo*. 43 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.