



Portal de Anais Eletrônicos  
**UniEVANGÉLICA**

**I SINACEN**

**Simpósio Nacional de Ciências e Engenharias**

**20 a 22 de Outubro de 2016**

Volume 01, Número 01, 2016

**UniEVANGÉLICA**  
CENTRO UNIVERSITÁRIO

# **Centro Universitario de Anápolis - UniEVANGÉLICA**

## **Associação Educativa Evangélica**

Conselho de Administração

Presidente – Ernei de oliveira Pina

1º Vice-Presidente – Cicílio Alves de Moraes

2º Vice-Presidente – Ivan Gonçalves da Rocha

1º Secretário – Geraldo Henrique Ferreira Espíndola

2º Secretário – Francisco Barbosa de Alencar

1º Tesoureiro – Augusto César da Rocha Ventura

2º Tesoureiro – Djalma Maciel Lima

## **Centro Universitário de Anápolis**

Chanceler – Ernei de Oliveira Pina

Reitor – Carlos Hassel Mendes da Silva

Pró-Reitor Acadêmico – Marcelo Mello Barbosa

Pró-Reitor de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Ação Comunitária – Sandro Dutra e Silva

Coordenadora da Pesquisa e Inovação – Lúcia Coelho Garcia Pereira

Coordenador de Extensão e Ação Comunitária – Fábio Fernandes Rodrigues

## **Portal de Anais da UniEVANGÉLICA**

Natasha Sophie Perreira

Eduardo Ferreira de Souza

Anderson Dutra e Silva

## **Equipe Editorial**

Diretor do Curso de Engenharia Mecânica - Hélio de Souza Queiroz

Diretor do Curso de Engenharia Elétrica - Márcio José Dias

Coordenador Pedagógico do Curso de Engenharia Mecânica - Ricardo Wobeto

Coordenador do Centro Tecnológico do Curso de Engenharia Mecânica - Sérgio Mateus Brandão

Coordenador de Pesquisa do Curso de Engenharia Mecânica - Rosemberg Fortes Nunes Rodrigues

## Sumário

RESUMOS SIMPLES .....	5
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO ÁCIDO FOSFÓRICO NA CORROSÃO DO FERRO FUNDIDO FC 250 .....	5
APLICAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM AMBIENTES DE APRENDIZAGEM NO CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIEVANGÉLICA.....	6
EFICIÊNCIA DE EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POLUENTES EM RELAÇÃO A OUTROS EQUIPAMENTOS AO PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO.....	7
ELABORAÇÃO DE METODOLOGIA DE ENSAIO DE PORTÂNCIA EM PAINÉIS TÉRMICOS MODELO ISOJOINT® FRIGO PUR .....	8
ENCADEAMENTO DO MEIO AMBIENTE COM RELAÇÃO AO DESUSO DOS PNEUS INSERVÍVEIS E SUAS DESTINAÇÕES QUANTO AO REAPROVEITAMENTO.....	9
ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS BIOMATERIAIS.....	10
BENEFÍCIOS DO USO DE TURBO COMPRESSORES EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA CICLO OTTO .....	11
ENERGIA FOTOVOLTAICA: UMA FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA .....	12
TRABALHO DE MELHORIA NOS PLANOS DE LUBRIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS TRANSPORTADORES.....	14
RESUMOS EXPANDIDOS .....	15
ACEITABILIDADE ACADÊMICA COM APLICAÇÕES DE DOMÓTICA.....	15
ANÁLISE DA FORÇA DE SUSTENTAÇÃO EM UMA AERONAVE DE ASAS ROTATIVAS E DEMONSTRAÇÃO DO VOO DE UM AEROMODELO ALIGN TREX-450 HELICOPTER.....	18
ANÁLISE POR MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DE PISTÃO REVESTIDO POR CERÂMICA COMO BARREIRA TÉRMICA PARA MELHORIA DE RENDIMENTO DE MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA.....	23
APLICAÇÃO DE MÉTODOS NUMÉRICOS COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE DE PROCESSO .....	26
AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE E ALTERAÇÃO DO TIPO DE COMBUSTÍVEL DE UMA CALDEIRA FLAMOTUBULAR .....	34
EFEITO DA CORROSÃO DO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304 EM MEIO COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS .....	38
ESTUDO DAS PROPRIEDADES E APLICAÇÕES DO AÇO PH 13-8Mo.....	42
VIABILIDADE DO USO DO ETANOL E BIODIESEL COMO COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA .....	45

## **Apresentação**

O Simpósio Nacional de Ciências e Engenharias (SINACEN) é um evento de âmbito acadêmico, voltado para o desenvolvimento do pensamento científico e tecnológico, visando à iniciação a pesquisa científica e tecnológica de estudantes da graduação e pós-graduação.

Durante o SINACEN foram realizados seminários e palestras relacionados à pesquisa de graduação e pós-graduação. Este evento tem por objetivos: Promover a divulgação científico-tecnológica e de inovação a fim de estimular o debate de questões relevantes nas diferentes áreas do conhecimento; Divulgar e incentivar o desenvolvimento de trabalhos com cunho científico, tecnológico e de inovação relacionados às atividades de ensino, pesquisa e extensão; Estimular a participação de alunos, ex-alunos, docentes, servidores, pesquisadores e comunidade em geral em palestras e apresentação de trabalhos; Estimular pesquisadores produtivos a engajarem estudantes de graduação nos programas de iniciação científicas como PBIC, PIBITI e PVIC e Possibilitar a apresentação de forma abrangente dos resultados de recentes pesquisas.

Equipe Editorial

## RESUMOS SIMPLES

# ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO ÁCIDO FOSFÓRICO NA CORROSÃO DO FERRO FUNDIDO FC 250

SENA, L. F.<sup>1</sup>; REIS, R., C.<sup>2</sup>; MONTEIRO, A., A.<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>larianesena@hotmail.com; <sup>1</sup>rafaelaeng.05@gmail.com; <sup>2</sup>alinealcamin@yahoo.com.br<sup>3</sup>  
Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, Engenharia Mecânica

### Resumo

O estudo contra a corrosão de metais por ácido fosfórico vem sendo crescente pelo seu grande uso em processos industriais como, a produção de fertilizantes e produtos alimentícios. Cerca de 5% do lucro de nações industrializadas são gastos no combate à corrosão. Compreendem ligas de ferro os que contém mais de 2% de carbono e 1%, ou mais, de silício. Sendo estes materiais complexos que possuem fases estável e metaestável com elementos em sua solução que influenciam o grau de estabilidade e as propriedades desejadas obtidas através de outras ligas. A maior parte do carbono no ferro fundido cinzento se encontra na forma de rede contínua de plaquetas de grafite em flocos, em que estão dispersos na matriz de metal. O ácido fosfórico é amplamente empregado na limpeza e polimento de diversos materiais ferrosos, assim como em decapagens delicadas na qual a ferrugem deve ser evitada. Vários estudos foram realizados para determinação do comportamento corrosivo de ferro fundido em meios ácidos e básicos, mas a resistência à corrosão em ácido fosfórico são bem limitados. Este trabalho visa analisar os efeitos do ácido fosfórico na corrosão do ferro fundido FC 250, serão feitas análises de perda mássica e micrografia. Os estudos serão realizados após amostras de FC 250 serem imersas em soluções de ácido fosfórico com porcentagens de 1, 2 e 3% de teor durante 24 e 48 horas. Pretende-se verificar o quanto o ácido pode comprometer a estrutura do material em estudo.

### Palavras-Chave:

Corrosão; Ácido Fosfórico; Ferro Fundido; Imersão; Micrografia.

### Referências

- Deepa, P.; Padmalatha, R. Coriandrum sativum L. A novel green inhibitor for the corrosion inhibition of aluminium in 1.0 M phosphoric acid solution. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 1, 676-683, 2013.
- Ogundare, O. et al. Comparative Study of Corrosion Sensitivity of Selected Ferrous Metals in Crude Oil. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, Vol. 11, No.6, 559-568, 2012.
- HALEEM, A. H.; JABAR, F.; MOHAMMED, N. Corrosion Behavior of Cast Iron in Different Aqueous Salt Solutions. Yump.2013.
- SHERIF, E. M.; ABDO, H. S.; ALMAJID, A. A. Corrosion Behavior of Cast Iron in Freely Aerated Stagnant Arabian Gulf Seawater. *Materials*, 8, 2127-2138, 2015.
- Deepa, P.; Padmalatha, R. Corrosion behaviour of 6063 aluminium alloy in acidic and in alkaline media. *Arabian Journal of Chemistry*, 2014.
- EL MAY, M. et al. Effect of corrosion on the low-cycle fatigue strength of steels used in frequent start-up power generation steam turbine. *Procedia Engineering*, 133 (2015), 528-534, 2015.
- KRUIZENGA, A.; GILL, D. Corrosion of iron stainless steels in molten nitrate salt. *Energy Procedia*, 49 (2014), 878-887, 2013.
- Ukoba, O.K, Oke, P.K, 2Ibegbulam, M.C. Corrosion Behaviour of Ductile Iron in Different Environment. *International Journal of Science and Technology*, V.2 N.9, 2012.
- OLAWALE, J., O. et al. Evaluation of Corrosion Behaviour of Grey Cast Iron and Low Alloy Steel in Cocoa Liquor and Well Water. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 1, 44 - 48. 2013.
- YARO, A., S.; KHADOM, A., A.; WAEL R., K. Apricot juice as green corrosion inhibitor of mild steel in phosphoric acid. *Alexandria Engineering Journal* (2013) 52, 129-135, 2013.

# APLICAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM AMBIENTES DE APRENDIZAGEM NO CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIEVANGÉLICA.

EL MANN, W., G.<sup>1</sup>; SOUZA, L., M.<sup>2</sup>; BRANDÃO, S., M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>william.engenharia@live.com, <sup>2</sup>lucasengmecanica64@gmail.com, <sup>3</sup>sergio.brandao@unievangelica.edu.br  
Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA  
Engenharia Mecânica

## Resumo

A tarefa de implementar um sistema de gestão de manutenção requer do profissional a sensibilidade de identificar de maneira abrangente particularidades como desconhecimento de falhas dos mecanismos, histórico de paradas inexistentes e outras variáveis que dificultam e afetam a implantação de um sistema de gestão de manutenção. O profissional com o papel de gestor de PCM (Planejamento e Controle da Manutenção) deve estabelecer uma estratégia que se baseia no uso combinado dos diversos tipos de manutenção: corretiva, preventiva, preditiva e da filosofia de TPM (Manutenção, Produtiva Total), capacitação da equipe, adequação das instalações, novas técnicas e melhorias na manutenção, introdução de programas de qualidade e de reengenharia. Em ambientes de aprendizagem existem diversos equipamentos que há a possibilidade de avanços na gestão da manutenção, e no Centro Universitário não é diferente. Neste trabalho serão utilizados como base para aplicação de um sistema de manutenção os equipamentos instalados nos laboratórios do Centro Tecnológico e nos blocos H e I. Os ambientes possuem diversos tipos de equipamentos, sistemas de refrigeração e geradores. O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de sistema de gestão de manutenção aplicado no Centro Tecnológico e nos blocos H, I, utilizando o software Sigma® na informatização. A informatização do PCM será baseada em informações técnicas fornecidas pelos manuais dos fabricantes e históricos de manutenções dos ativos disponíveis. A realização deste trabalho permitirá entender e suprir as carências do processo e proporcionará também aos envolvidos no processo se capacitarem para enfrentar desafios futuros.

## Palavras-chave:

Gestão de Manutenção, Informatização, Ambientes de Aprendizagem

## Referências

- FILHO, G. B. A organização, o planejamento e o controle da manutenção. Rio de Janeiro; Editora Ciência Moderna Ltda, 2008.
- VIANA, H. R. G. Planejamento e controle de manutenção. Rio de Janeiro; Qualitymark editora, 2002.
- PINTO, A. K.; LAFRAIA, J. R. Gestão estratégica e confiabilidade. Rio de Janeiro; Qualitymark editora, 2002.
- Interface do Software Sigma. Disponível em < <http://www.sigmaxoftware.com.br>>. Acesso em 18/10/2016.

# EFICIÊNCIA DE EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POLUENTES EM RELAÇÃO A OUTROS EQUIPAMENTOS AO PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

CHAGAS, L., W., J., <sup>1</sup>; MENDES, S. A. J.<sup>2</sup>; DIAS, M. J., <sup>3</sup>

<sup>1</sup>junior.wellington2@gmail.com, <sup>2</sup>sylvio.alves@gmail.com, <sup>3</sup>marciojosedias78@gmail.com

Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica  
Engenharia Mecânica

## Resumo

O Precipitador Eletrostático é um equipamento de controle de poluente (ECP) classificado entre os de controle de material particulado, junto com os Separadores ciclônicos, Separadores úmidos, e filtros manga. Nosso objetivo será fazer um estudo da concentração de fumaça proveniente da queima de combustíveis, incineradores, ou de outros processos que possam apresentar emissões de particulado, embora sejam de diferentes características quanto a dimensões, densidade das partículas, concentração, etc. Qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos e que possam tornar o ar impróprio, nocivo à saúde, e são considerados segundo o Ministério do Meio Ambiente, emissões atmosféricas na resolução CONAMA nº 003 de 28 de junho de 1990. Dentre os equipamentos comumente utilizados para a remoção de material particulado do fluxo gasoso propagado em fontes fixas, pretendemos analisar a melhor tecnologia aplicada na contagens de volume, velocidade, eficiência e algumas características peculiar destas técnicas e também de equipamentos segundo os estudos de seus respectivos funcionamento. Nossa metodologia determina apreciação técnica de fabricantes, estudos científicos comprovados. Para o projeto ciclones a metodologia de Licht, 1980, metodologia de Calvert proposto na eficiência de separação em lavador tipo Venturi de Licht, 1988, e (Theodore & Buonicore, 1988) e o método de Yung et al. (1978), em precipitadores eletrostático com cortesia da United McGill e Lodge Sturtevant.

**Palavras chave:** Poluentes, tecnologias, emissões atmosférica.

## Referências

- CALVERT, S., **Particle control by scrubbing**. HANDBOOK OF AIR POLLUTION TECHNOLOGY, pp 215-248, 1984.
- LICHT, W. **Air pollution control engineering. Basic calculations for particulate collection**. Edited by Marcel Dekker Inc., 1988, 478p.
- THEODORE, L., BUONICORE, A., **Air pollution control equipment**. Vol. 1 and II, Edited by CRC Press, 1988.
- YUNG, S. C., CALVERT, S. BARBARIKA, H. I., SPARKS, L. E., Venturi scrubber performance model. Environmental Science and technology, Vol. 12, pp. 456, 1978.

# ELABORAÇÃO DE METODOLOGIA DE ENSAIO DE PORTÂNCIA EM PAINÉIS TÉRMICOS MODELO ISOJOINT® FRIGO PUR

SILVA, E., G.<sup>1</sup>; SANTOS, G., B.<sup>2</sup>; CASTRO, P., V., V.<sup>3</sup>; BRANDÃO, S., M.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>edgar17gomes@hotmail.com; <sup>2</sup>g\_barbaresco@hotmail.com; <sup>3</sup>paulovps@hotmail.com; <sup>4</sup>sergio.brandao@unievangelica.edu.br

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA  
Engenharia Mecânica

## Resumo

Novas tecnologias e novos estudos buscam sempre melhorar resultados e diminuir custos no que se trata de materiais e métodos de execução. Neste contexto encontram-se os painéis sanduíche, denominados ISOJOINT® FRIGO PUR, fabricados pela ISOESTE, cuja estrutura é composta por duas placas de faces finas de metal, e um núcleo formado por um polímero. Tais painéis possuem larga aplicação, como câmaras frigoríficas, abatedouros, indústria de alimentos, entre outros. As estruturas sanduíche são comumente utilizadas na área civil como isolantes térmicos e acústicos, tendo ainda uma excelente capacidade de vencer grandes vãos de apoio, associadas há uma boa resistência a cargas distribuídas, impactos e ao fogo. Este trabalho tem por objetivo elaborar a metodologia do ensaio denominado “Ensaio de Portância” aplicado nesta determinada linha de painéis sanduíche, afim de obter os valores de carga que poderão ser submetidos em determinados vãos de apoio e com isso validar e divulgar a aplicação do produto em novas condições, possibilitando a redução de custos dos seus clientes na montagem das estruturas metálicas, se tornando produtos diferenciados neste mercado. A metodologia está baseada em ensaios de flexão com aplicação de cargas distribuídas, em variadas medidas de vão de apoio. Como carga são utilizados sacos de arroz de 5 kg, que são distribuídos uniformemente a cada medição. Com os resultados parciais, já se comprovou a resistência do painel com distancia entre apoios de 3150 mm, uma carga de 113,41 kg/m<sup>2</sup>, apresentando uma flecha de 24,62 mm no centro do painel. Segundo a NBR14762 esta flecha não deve ultrapassar 26,25mm com carga de 100 kg/m<sup>2</sup>.

## Palavras-chave:

Ensaio de flexão, Ensaio de Portância, Painéis sanduíche.

## Referências

- GLAGLIARDO, D.P.; MASCI, N. T. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 247-258, out./dez. 2010.
- JAVARONE, C.E.; GONÇALVES, R. M. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, n. 20, p. 149-178, 2002.
- DACOL, V. Influência da Densidade do Núcleo na Rigidez do Painel Sandwich Vitor Dacol 31JUL2014.
- ESCUSA, G.; ROCA, J.G.; ABDOLPOUR, H.; CRUZ, J.S.; BARROS, J.; VALENTE, I.; MARTINS, D.; CORREIA, J.R.; BRANCO, F.A.; JPEE 2014 – Caracterização experimental do comportamento mecânico de painéis sandwich com lâminas de GFRP e núcleo de poliuretano.
- DALCIM, GABRIELLI BORTOLI. Ensaio dos materiais, 2007 <[http://www.urisan.tche.br/~lemm/arquivos/ensaios\\_mecanicos.pdf](http://www.urisan.tche.br/~lemm/arquivos/ensaios_mecanicos.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2016.
- ALMEIDA, M. I. A. Comportamento estrutural de painéis sanduíche compósitos para aplicações na indústria da construção. 2009. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2009.
- ISOESTE. Catálogo PAINEL FRIGO. Disponível em: <[http://www.isoeste.com.br/catalogos/lamina\\_painel\\_frigo.pdf](http://www.isoeste.com.br/catalogos/lamina_painel_frigo.pdf)>. Acesso em 5 set. 2016.



# ENCADEAMENTO DO MEIO AMBIENTE COM RELAÇÃO AO DESUSO DOS PNEUS INSERVÍVEIS E SUAS DESTINAÇÕES QUANTO AO REAPROVEITAMENTO.

**FERREIRA J. C. S.<sup>1</sup>; OLIVEIRA M. M.<sup>2</sup>; BAZÍLIO V. H. S.<sup>3</sup>; WOBETO R.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Acadêmico de Engenharia Mecânica; <sup>2</sup>Acadêmico de Engenharia Mecânica;

<sup>3</sup>Acadêmico de Engenharia Mecânica; <sup>4</sup>Professor Orientador

Centro Universitário de Anápolis-UniEVANGÉLICA

Departamento de Engenharia Acadêmica

julio.cesarsf@hotmail.com<sup>1</sup>; maikon\_m2@hotmail.com<sup>2</sup>; vitor.hsb10@gmail.com<sup>3</sup>

## Resumo

É muito comum utilizar a borracha obtida através do processo de trituração nos mais variados processos de reutilização e um deles é na produção de asfáltica onde os resultados apresentados mostram que a mistura da borracha pode beneficiar as propriedades mecânicas do asfalto, estudos mostram que a mistura torna o mais durável e resistente além de incorporar um alvo ecológico de alta importância socioambiental. O co-processamento, método que visa a reutilização de resíduos sólidos, utiliza técnicas e condições adequadas para o aproveitamento, sendo elas de duas maneiras, uma delas é a sua substituição das matérias primas que alimentam os fornos pelos pneus e as partes metálicas presentes nos pneus é uma da base que agrega o cimento, por esse motivo as indústrias vem dando preferência aos pneus, contribuindo com a preservação do meio ambiente. O processo consiste em introduzir o material picotado através de um alimentador no forno horizontal rotativo, o reator pirolítico, onde a temperatura é elevada para conseguir realizar a separação das substâncias básicas dos pneus: carbono, óleo, aço e gás, após a separação o carbono é resfriado para que possa passar novamente por outro processo de separação afim de retirar as pequenas partes metálicas, é moído e selecionado para a venda como negro de fumo, no entanto o óleo é transportado aos reservatórios para que possam ser vendidos ou utilizados na própria indústria, já os gases podem receber dois tipos de tratamentos: são queimados numa câmara de combustão pra retirar as partículas em filtro e liberados na atmosfera ou podem passar por um processo de purificação e aplicado em turbinas a gás pra geração de energia e venda do excedente.

## Palavras-chave:

Pneus Inservíveis; borracha; meio ambiente.

## Referências

BRUNETTO, A.; PASSOS, M. G. Logística Reversa de Pneus Inservíveis: Estudo De Caso no Município de Xanxerê – SC. Latin American Journal Of Business Management, Taubaté – SP, v. 6, n. 3, p. 20-44, jul.-dez. 2015.

CARVALHO, J. A.; FIGUEIRÓ, P.S.; NASCIMENTO, L. F. Logística Reversa de Pneus Inservíveis: Discussões sobre Três Alternativas de Reciclagem para este Passivo Ambiental, Revista Gestão e Planejamento, Salvador, v. 11, n. 2, p. 232-249, jul.-dez. 2010.

SILVA, L. C. A. et al. Logística Reversa de Pneus Inservíveis: um Sinal de Consciência Socioambiental ou uma Estratégia Econômica?. XXXVIII Encontro da ANPAD, Rio de Janeiro / RJ - 13 a 17 de setembro de 2014.

LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. Reciclagem de Pneus Usados no Brasil: Revisão das Tecnologias Utilizadas para a Reutilização, Reciclagem e Valorização Energética, In: 21º CBECIMAT – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, p. 7976-7980, 09 a 13 de Novembro de 2014, Cuiabá, MT, Brasil.

# ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS BIOMATERIAIS

BOAVENTURA, J., R., R.<sup>1</sup>; ALVES, M., D., O.<sup>2</sup>; MONTEIRO, A., A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>jeffersonrhenan@hotmail.com, <sup>2</sup>marcosoliveiraa15@hotmail.com, <sup>3</sup>alinealcamin@gmail.com

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA

Engenharia Mecânica

## Resumo

Os biomateriais são materiais biológicos criados para a confecção de próteses ou implantes que irão trabalhar em conjunto com tecidos do corpo humano, com a finalidade de reparar um tecido perdido por algum trauma. O uso de um material para essa finalidade necessita de profundo estudo sobre suas propriedades mecânicas, isso pode ser feito através de ensaios, que irão verificar por exemplo a resistência e a fragilidade desse material, o conhecimento dessas propriedades são princípios básicos para que se possa implantar uma prótese biocompatível. Os materiais utilizados e com melhor compatibilidade, são os metais, as cerâmicas e os polímeros cada um com sua particularidade, os metais por exemplo Possuem uma melhor resistência mecânica e uma elevada tenacidade, os mais utilizados são o titânio, o ferro, o cromo e o cobalto, já as cerâmicas possuem uma baixa tenacidade, limitando a fabricação de prótese para a região que são submetidas a alta tensão, os polímeros apresentam alta ductilidade, possuindo uma boa capacidade de deformação plástica. Essas características mecânicas mostram a importância do estudo na área dos biomateriais, para a produção de próteses compatíveis ao corpo humano, pois essas informações são comparadas aos órgãos que serão substituídos para serem o mais semelhantes possível, e não serem rejeitados pelo corpo.

## Palavras-chave:

Biomateriais, compatibilidade, prótese, propriedades mecânicas.

## Referências

- RODRIGUES, Luciano Brito. Aplicações de biomateriais em ortopedia. Estudos Tecnológicos em Engenharia. Bahia, 9(2), p. 63-76, julho-dezembro 2013.
- RIBEIRO, Lorrana Índira dos Anjos. et al. Biocerâmicas e polímero para a regeneração de defeitos ósseos críticos. Revista de Ciências Médicas e Biológicas., Salvador, v. 13, n. 3 – especial, p. 298-302, set./dez. 2014.
- SANTOS, George Gonçalves. Polímeros como biomateriais para o tecido cartilaginoso. Revista de Ciências Médicas e Biológicas., Salvador, v.12, n.3, p.367-373, set./dez. 2013.
- PIRES, Ana Luiza R. et al. Biomateriais: Tipos, aplicações e mercado. Revista Química. Nova, Vol. 38, No. 7, 957-971, 2015.
- MAGNAGO, Roberto de Oliveira. Propriedades de ZrO<sub>2</sub>(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) reciclado proveniente da confecção de próteses dentárias. Revista Matéria, v.20, n.4, pp. 975 – 981, 2015.
- NICHOLS, Scott P. et al. Biocompatible Materials for Continuous Glucose Monitoring Devices. Chem. Rev. 2013, 113, 2528-2549
- SILVA, Mauro Afonso da. Biomateriais e sua biocompatibilidade numa abordagem multidisciplinar na área de saúde, alimentos funcionais e medicina regenerativa. Revista Eletrônica da Univar (2012) n.º8 Vol – 1 p. 87 - 90
- BEHRENS, Emanuel João. SILVA, Adriano Willian da. O uso de materiais bioativos na recuperação de atletas lesionados. Rev. Técnico Científica (IFSC), v. 3, n. 1 (2012).
- KORMANN, Rodrigo Beraldi. et al. Estudo experimental da biocompatibilidade de novo material para implante orbitário. Arq Bras Oftalmologia. 76(3):141-6, janeiro 2013.
- KUBRUSLY, Luiz Fernando. Et al. Biocompatibilidade do polímero do polímero da mamona comparada ao implante de titânio para corações artificiais. Estudo experimental em cobaias. Revista Brasileira de cirurgia cardiovascular. 27(3):392-400 2012.

# BENEFÍCIOS DO USO DE TURBO COMPRESSORES EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA CICLO OTTO

SANTOS, I.L.O.<sup>1</sup>; CARDOSO, F. O.<sup>2</sup>

igorleandro1994@hotmail.com<sup>1</sup>; ferdinando.engemec@gmail.com<sup>2</sup>  
UniEVANGÉLICA – Centro Universitário de Anápolis  
Anápolis-GO-Brasil

## Resumo

Motores a combustão interna são utilizados nas mais diversas áreas de atuação, desde equipamentos para jardinagem até em aviões de carga. Porém com o aumento da consciência ambiental os fabricantes de veículos automotores vêm reduzindo o tamanho dos motores e melhorando seu rendimento. A redução no uso de material para produção dos componentes e o uso de compressores, produz expressivos resultados nesta busca pela eficiência energética e economia de combustível. Este trabalho traz dados que comprovam os resultados desta nova tendência analisando basicamente os veículos mais vendidos das mais conhecidas montadoras de veículos de passeio no Brasil. Todos os dados obtidos vêm dos anúncios oficiais de cada montadora e de instituições como INMETRO, descrevendo em forma de números o resultado da diferença entre a construção de cada motor, da calibração de cada sistema, das alterações em motores com mesma cilindrada, porém sobrealimentados, definindo a diferença e evolução da engenharia no decorrer de curtas décadas. Ao plotar os gráficos foi demonstrado de forma mais clara a diferença entre os motores sobrealimentados, também mostra o quanto mais eficiente esses motores são, em comparação com os aspirados de um mesmo modelo de veículo ou de outras montadoras. Foi possível observar que motores sobrealimentados são de longe mais eficientes que os motores apenas aspirados, de forma que possibilita aos engenheiros reduzir a quantidade de peças componentes dos motores, apenas aumentando a resistência das existentes, assim, têm-se redução de peso, inércia, tempo de resposta, peças móveis e conseqüentemente consumo e com potência maior. Tais fatos demonstram o quanto a tecnologia vem evoluindo e a quebra dos paradigmas relacionados à veículos sobrealimentados, que há muito tempo eram mal vistos com, além de tudo representam a nova tendência mundial, a redução de poluentes.

## Palavras-chave:

Turbo compressor, eficiência energética, tecnologia.

## Referências

- FERNANDES, P. C. Só Biografias, 06 Março 2016. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/AugstNik.html>>.
- PENIDO FILHO, P. Os Motores a Combustão Interna. Belo Horizonte: Lemi S.A., v. 1, 1983.
- BRUNETTI, F. Motores de Combustão Interna. São Paulo: Edgard Blucher, v. 2, 2012.
- INMETRO. [inmetro.gov](http://www.inmetro.gov.br), 2016. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/veiculos\\_leves\\_2016.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/veiculos_leves_2016.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2016.

# ENERGIA FOTOVOLTAICA: UMA FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA

MADUREIRA, G. Y. , COSTA, J. M. A

gregory\_1yang@hotmail.com, almacinha@ig.com.br  
UniEVANGÉLICA – Centro Universitário de Anápolis

## Resumo

De acordo com a situação atual do meio ambiente, e os relatos de que nas próximas décadas haverá uma escassez de combustíveis fósseis, à comunidade científica vem cada vez mais, fazendo pesquisas no setor energético. Procurando encontrar uma fonte de energia que seja alto suficiente para abastecer a humanidade, sem prejudicar o meio ambiente. Uma grande aposta é a energia fotovoltaica (energia solar). O Brasil está construindo a maior usina de energia solar da América Latina, o projeto Ituverava, cujas obras começaram em dezembro de 2015, será instalado no Estado da Bahia e terá capacidade de 254 MW, com produção anual de energia estimada em 500 GWh, a previsão é que o parque solar entre em funcionamento em meados de 2017[1]. A energia fotovoltaica é um sistema onde o efeito fotovoltaico ocorre através da excitação dos elétrons de certos materiais na presença da luz solar, o que mais se destaca é o Silício. Porém, o Silício puro não é um bom condutor de elétrons, pois ele tem uma falta de elétrons livres, problema que é resolvido com a dopagem, acrescentando porcentagem de Fósforo e Boro ao Silício. O fósforo cria uma camada de elétrons livres positivos (tipo P), já o Boro cria uma camada de elétrons livres negativos (tipo N), a união desses elétrons livres, faz com que os elétrons livres tipo N preencham as lacunas no Silício, e assim formam um campo elétrico. Todo esse fenômeno acontece no painel fotovoltaico, o qual é responsável pela conversão de radiação solar em energia elétrica, o painel pode ser composto de vários tipos de células de Silício, sendo as policristalinas e monocristalinas as mais eficientes. Célula fotovoltaica de Silício monocristalino vem sendo líder em eficiência, pois tem o maior grau de pureza do Silício, sua fabricação é feita a partir de varetas de Silício, mas em forma de policristal. Este Silício depois é cortado em formato (semi) quadro em laminas de aproximadamente 0.3mm, e são tratadas para a remoção das rebarbas, e feita a dopagem do Silício, Fósforo e Boro cria-se a junção PN. Então é aplicada uma camada de material antirreflexo e inicia a impressão dos contatos frontais e traseiros, por fim é feita um desbaste nas laterais a fim de remover possíveis causadores de curto-circuito. As células fotovoltaicas de silício monocristalino tem a desvantagem de ter um alto custo devido ao processo de purificação do silício, que utiliza muitos materiais e energia. Sua eficiência na conversão de luz solar em energia elétrica é de aproximadamente 15%. A Célula fotovoltaica de Silício policristalino é feita a partir de blocos de Silício purificado, através de um processo controlado de aquecimento e resfriamento, o bloco se resfria em uma única direção formando uma estrutura cristalina mais homogeneia possível, mas com uma formação com vários cristais, por isso o nome policristalino. Devido os vários cristais a célula aumenta as perdas por recombinação, isso a torna menos eficiente que a célula monocristalina. Após o termino do processo, o bloco é serrado em barras, e depois em lâminas de aproximadamente 0.3mm de espessura, por sua vez começa o processo de dopagem, adicionando Boro e Fósforo no Silício após a dopagem, uma camada de material antirreflexo é adicionada, e então começa a impressão dos contatos frontais e traseiros, são removidas as rebarbas, e a célula está pronta para o uso. Sua eficiência na conversão de luz solar em energia elétrica, é de aproximadamente 13%, a célula tem um custo de processo significativamente mais econômico, pois o processo não necessita de tanta energia como o processo da célula monocristalina. Mas o sistema não e composto apenas pelos os painéis, a outros elementos que são de suma importância para que o sistema funcione, como por exemplo, a bateria estacionaria o controlador de carga e o inversor de carga. Como a luz solar é um recurso que não está disponível a qual quer momento, o sistema fotovoltaico não pode captar radiação solar durante a noite, então é necessário baterias para armazenar a energia que é gerada durante o dia. O sistema necessita de baterias especiais do tipo estacionaria que são diferentes das baterias automotivas, que são capazes de sustentar elevadas correntes, mas se descarrega muito rápido, essas características são ótimas para uso automotivo, porque estão sendo carregadas constantemente. Já nos sistemas solares é necessários bateiras que possa sustentar correntes moderadas por um período de varias horas, essas são as bateiras solares, que de fato podem sustentar correntes moderadas por varias horas, e diferente das bateiras automotivas elas não são inutilizáveis quando a tensão cai, em abaixo do nível critico, a capacidade de uma bateira estacionaria é dada em amperes-hora. O controlador de carga tem a função de em dias chuvoso ou nublado, o painel fotovoltaico tem seu desempenho reduzido. O controlador de carga tem um papel passivo, isolando o painel do resto do sistema para evitar que as baterias descarreguem, e em dias ensolarados quando o painel fotovoltaico tem

seu desempenho máximo, o controlador de carga tem a função de proteger as bateria contra sobrecarga, e assim evitando danificar a bateria, ou ate mesmo a explosão. O sistema fotovoltaico transforma luz solar em energia elétrica, e essa energia gerada é em forma de corrente continua, e nas tomadas das residências é necessária corrente alternada, pois quase todos os aparelhos residenciais funcionam com corrente alternada. O papel deste inverso é transformar, para que esta corrente continua em corrente alternada transformando a tensão de 12V para 120Vca ou 220 Vca de frequência 50 ou 60 Hz. Esta conversão acarreta perda elétrica da ordem de 25 a 9%, os inversores possui eficiência que variam entre 75 e 91%. Estes são os componentes de um sistema de energia fotovoltaico, sistema com inúmeras aplicações residenciais e industriais, Para uso residencial o sistema se aplica da seguinte forma, primeiro é feito o dimensionamento do painel através dos dados do consumo de energia da residência, após o dimensionamento feito os painéis devem ser instalados no telhado da residência e justados de forma que obtenha a máxima incidência de radiação solar possível, esses ajustes são feitos através da angulação do painel, concluída essa etapa é hora de começar a instalação das baterias, caso o cliente opte por usar baterias, como a Celg tem a opção de comprar a energia gerada pela residência, o cliente é livre para escolher se vai armazenar sua energia ou se vai vender para a Celg, caso ele escolha vender sua energia o processo funciona da seguinte forma, durante o dia o painel gera energia, e essa energia gerada pode ser usada durante o dia, o que sobrar dessa energia é vendido para Celg, quando o cliente escolhe vender a energia, a Celg instala um novo relógio medidor na residência, esse relógio funciona como o outro, com a diferença que quando a residência esta gerando mais energia do que esta consumindo, o relógio gira para traz, voltando a quantidade de energia consumida pela residência, quando chega a noite e o painel para de gerar energia a residência começa a consumir energia da Celg, basicamente durante o dia o relógio roda para traz e a noite roda para frente, e no fim do mês a energia cobrada é a diferença entre o que foi consumido pela residência, e o que foi gerado pela residência. Contudo, o cliente que optar por armazenar a energia, será feita a instalação de baterias, e o que é gerado durante o dia, é armazenado para o consumo a noite, e a Celg não tem participação na residência. O item indispensável para o sistema, é o controlador de carga, que defini quanto esta gerando de energia, e o quanto tem armazenado, ele também protege as baterias e o inversor de carga, pois a corrente gerada pelo painel, e a corrente continua a mesma que a baterias armazena. Por esse motivo a energia é armazenada em forma de corrente continua, e depois é transformada para corrente alternada que é usada em aparelho eletrodoméstico e nas tomadas. Portanto, ao realizar esses procedimentos o sistema está pronto para uso.

#### **Palavras-chave:**

Energia solar, sustentabilidade, tecnologia.

#### **Referências**

- [1] Conexão lusófona disponível em: <<http://www.conexaolusofona.org/brasil-esta-construindo-a-maior-usina-de-energia-solar-da-america-latina/>> Acesso em 17 de outubro 2016.
- [2] Solar disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>> Acesso em 17 de outubro 2016.

# TRABALHO DE MELHORIA NOS PLANOS DE LUBRIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS TRANSPORTADORES

GOMES, J. G.<sup>1</sup>; OLIVEIRA, M. V.<sup>2</sup>; BOLBA, M. V.<sup>3</sup>; DIAS, M. J.,<sup>4</sup>

jonathan-21-@hotmail.com1 ,marcosassis007@hotmail.com2 ,marcosbolba@incloud.com3  
Centro universitário de Anápolis - Unievangélica  
Engenharia Mecânica

## Resumo

Pode-se considerar a lubrificação como um dos principais itens de manutenção preventiva de máquinas e equipamentos, tendo uma grande necessidade de ser executada de forma correta e eficaz, para manter o rendimento e aumentar a vida útil das mesmas. A lubrificação é um procedimento ou uma operação que se baseia em simplesmente introduzir certa substância entre superfícies sólidas que se encontram em contato uma com a outra. Com a aplicação do lubrificante nas superfícies sólidas em contato, proporcionamos um deslizamento mais suave, e reduzimos o desgaste das partes em questão. Essa lubrificação também atua na menor dissipação de energia na forma de calor, reduz a temperatura, pois o lubrificante refrigera, reduz a corrosão, reduz as vibrações, ruídos e conseqüentemente o desgaste do equipamento. O objetivo deste trabalho visa demonstrar a importância da execução de um plano de lubrificação nas empresas, devido às grandes perdas em paradas de linhas, por falta da lubrificação e não somente falta de lubrificação mais também o uso de lubrificantes inadequados para certo equipamento, pois existem diversos tipos de lubrificantes com viscosidades diferentes ou multiviscosos. Partindo desta abordagem, iremos identificar as falhas dos planos de lubrificação de transportes existentes na empresa e propor uma melhora significativa. Será feito o correto tagging dos componentes e equipamentos, estudo dos lubrificantes que cada um deve receber de acordo com o manual do fabricante, os procedimentos de como efetuar a troca e análise, e também a centralização dos lubrificantes com a correta identificação dos mesmos através de etiquetas com cores auto-explicativas.

**Palavras-chave:** Lubrificação equipamentos industriais, óleo.

## REFERÊNCIAS

- CATTOZZI, Sandro. 2008. Coordenador de contratos da Shell Lubrificantes. **Lubrificação adequada traz benefícios às indústrias**. Disponível em: < [http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir\\_noticia/3591-lubrificacao-adequada-traz-beneficios-as-industrias](http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/3591-lubrificacao-adequada-traz-beneficios-as-industrias)> Acesso em 23/04/16.
- COLLINS, Jack A. **Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- HILSDORF, Jorge Wilson. **Química Tecnológica**. Cengage Learning, 2004.  
<http://grupotk.com.br/bacias-contencao-oleo.html> Acesso em:23/04/16
- PAULI, Evandro Armini de. **Lubrificação Mecânica, CPM - Programa de Certificação de Pessoal de Manutenção**, SENAI-ES. 1997.
- PERES, Luis Carlos Cyrino. 2015. **Manutenção em foco**. Disponível em:  
< <http://manutencaoemfoco.com.br/lubrificacao-e-seus-metodos/>> Acesso em: 23/04/16.
- PERES, Luis Carlos Cyrino. 2015. **Manutenção em foco**. Disponível em:  
< <http://manutencaoemfoco.com.br/plano-de-lubrificacao/> > Acesso em: 23/04/16.
- Sala de Lubrificação**. Disponível em: < <http://lubrication-management.com/pt-pt/servicos/assessoria/desenho-da-sala-de-lubrificacao/>> Acesso em: 23/04/16.
- STEWART, Harry L. **Pneumática e Hidráulica**. 3. ed. Curitiba: Hemus, 2004.

## RESUMOS EXPANDIDOS

# ACEITABILIDADE ACADÊMICA COM APLICAÇÕES DE DOMÓTICA

**BERNARDELLI, J.B.<sup>1</sup>; ARAÚJO, R.C.S.<sup>2</sup>; COSTA, J.M.A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Estudante de Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA  
e-mail: [bernardelli.jaqueline@gmail.com](mailto:bernardelli.jaqueline@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor Orientador - Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA  
e-mail: [rhogerio@brturbo.com.br](mailto:rhogerio@brturbo.com.br)

<sup>3</sup> Professor Co-Orientador - Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA  
e-mail: [almacinha@ig.com.br](mailto:almacinha@ig.com.br)

### Introdução

A automação é um sistema capaz de controlar o funcionamento de equipamentos eletrônicos e/ou mecânicos, praticamente sem a intervenção do homem. A automação é diferente da mecanização, pois a mecanização consiste no uso de máquinas para realizar um trabalho, substituindo assim o trabalho do homem. Já a automatização consiste na possibilidade de executar um trabalho por meio de máquinas controladas automaticamente capazes de se regularem sozinhas através de um sistema. [1]

A automação residencial pode promover a integração e a racionalização dos diversos sistemas existentes em uma residência, relacionados à comunicação, transmissão de dados, iluminação, climatização, irrigação de jardim, áudio e vídeo, gerando benefícios aos usuários, como economia, conforto e segurança. [2]

Nos últimos anos, as pessoas têm procurado levar a automação para seu ambiente domiciliar, buscando maior comodidade e mais tempo para descanso. Tendo isso em vista, foi desenvolvida uma área da automação residencial conhecida como domótica.

Domótica é a área do conhecimento e também da engenharia voltada ao desenvolvimento de soluções de automação residencial para dispor, aos seus usuários mais conforto e segurança.

A domótica é uma nova tecnologia que consiste em um sistema integrado capaz de controlar todos os ambientes de uma residência através de um só equipamento, incluindo temperatura, luminosidade, som, segurança, entre outros. [3]

A grande guinada da domótica foi após o surgimento e aprimoramento de dispositivos como os microprocessadores, relés e sensores, pois todas as áreas em que a automação estava presente sofreram significativas mudanças quanto à qualidade dos equipamentos, principalmente à área de automação residencial que, inicialmente, foi uma adaptação da automação industrial, veio a tornar-se uma nova linha de pesquisa e investimentos. [3]

Objetiva-se através deste trabalho demonstrar a aceitabilidade dos acadêmicos da UniEvangélica com relação a utilização de um sistema domótico em suas residências, suas características principais e quais os principais sistemas que podem ser utilizados dentro de uma residência.

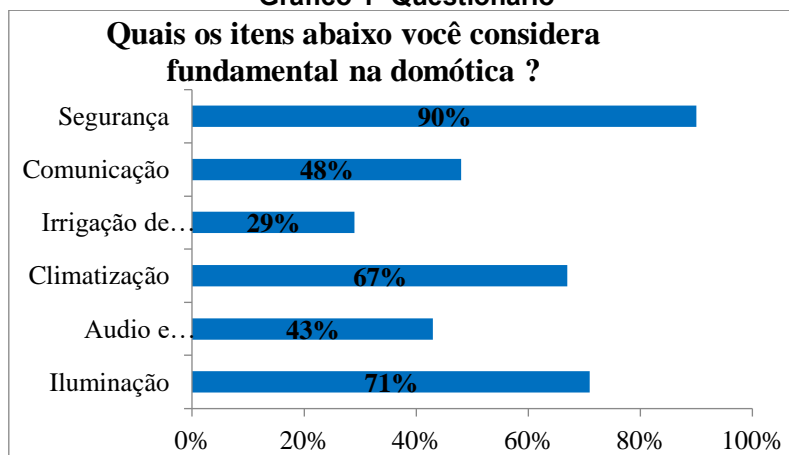
### Desenvolvimento

Através de uma plataforma do Gole onde o será elaborado um questionário com questões sobre o tema do trabalho, onde o acadêmico poderá responder de maneira online através de um computador, telefone celular ou tablete, e o programa salvará as respostas, para que se possa gerar os resultados do trabalho.

Esta plataforma onde será realizado este questionário chama Gole Formulários onde basta ter uma conta e então elaborar o questionário e o mesmo disponibiliza um link para que possa ser repassado para os acadêmicos responderem ao mesmo, e assim que atingir o número de respostas necessárias o elaborador do questionário pode obter as respostas dos mesmos em forma de gráficos ou tabelas.

Mostraremos a seguir uma pergunta que foi feita aos acadêmicos da UniEvangélica e logo abaixo destas perguntas o gráfico com as respectivas respostas dos mesmos.

Gráfico 1- Questionário



Fonte- do autor

Nesta pergunta foram colocados seis itens onde os acadêmicos poderiam escolher entre eles qual ou quais seria fundamental num sistema domótico, percebeu-se que o item segurança foi escolhido por quase todos os acadêmicos que responderam ao questionário, por ser algo que tem preocupado a maioria da população, pois nos dias atuais os níveis de criminalidade estão cada vez maiores. Com a automação residencial a segurança pode ser aumentada de maneira significativa dentro das residências, com instalações de câmeras, biometria para abertura das portas, travas e sensores em todas as portas da residência, estes sistemas podem ser acionados mesmo quando o usuário estiver em sua residência, no trabalho ou numa viagem. Muitas vezes saímos de casa e ficamos com aquela sensação será que tranquei a porta, acionei o alarme, desliguei a torneira, fechei o gás, será que meu filho chegou em casa, isto pode ser totalmente controlado através deste sistema, quando um intruso tentar abrir a porta da sua residência através de um leitor biométrico e sua digital não reconhecida uma mensagem chega no seu telefone lhe avisando que disso. Realmente podemos considerar que o item segurança seria mesmo fundamental dentro deste sistema, pois ele estaria ligado a uma central de monitoramento onde eles responderiam as situações de emergência ocorridas dentro da residência, como invasões, incêndio, vazamentos.

Quando o usuário estiver numa viagem, por exemplo, o sistema pode replicar seu padrão diário em casa, simulando assim sua presença mesmo estando fora de casa, sem contar que o mesmo poderia controlar tudo dentro de sua residência, como ligar e desligar um televisor, lâmpadas, isto tudo poderia ser feito utilizando seu próprio telefone celular ou um tablete.

O segundo item escolhido pelos acadêmicos foi o item iluminação, segundo as empresas que trabalham com sistemas de automação residencial um dos itens mais procurados é este, ele traz um conforto e uma economia enorme, pois as luzes podem ser ligadas e desligadas pelo celular ou sensores de presença, quando vamos assistir um filme na maioria das vezes queremos desligar ou diminuir a iluminação mas as vezes não fazemos isso pelo fato de ter que levantar pra ir ate a tomada, com a automatização acabou este problema. Percebemos que muitos usuários deixam varias luzes ligadas sem necessidade ou mesmo por desatenção, as iluminações externas também podem ser ligadas e desligadas sem que as mesmas fiquem acionadas sem necessidade, com este sistema as luzes não ficariam mais ligadas sem necessidade gerando assim uma economia para o usuário.

O terceiro item escolhido pelos acadêmicos foi o item climatização, assim como os outros sistemas este também pode ser acionado remotamente, imagine chegar em casa após um dia cansativo de trabalho e horas no transito e ao entrar em casa se deparar com um clima agradável, pois bem com este sistema a partir de um padrão de temperatura, um horário de funcionamento, ele pode ser acionado sem que o usuário precise fazer isso todos os dias, acabou aquela sensação de acordar durante a noite e perceber que a temperatura do ar condicionado não esta agradável o sistema faz com que uma temperatura padrão seja sempre mantida para o usuário, onde o mesmo pode mudar os padrões e horários sempre que julgar necessário, ou ate mesmo acessar remotamente quando os seus horários de chegar e sair de casa forem alterados trazendo assim conforto e economia.

O quarto item escolhido pelos acadêmicos foi o item comunicação, este podemos dizer que se assemelha muito a um filme ou um comercial futurista, onde os vários sistemas dentro da residência podem



comunicar e interagir, quando entramos em casa o sensor colocado da porta de entrada se comunica com o sistema de climatização fazendo com este seja acionado, o sistema de áudio também é acionado, as persianas são abertas entre outras coisas. Com certeza é algo fascinante e que assim como os outros sistemas traz muito conforto para o usuário.

O quinto item escolhido pelos acadêmicos foi o item áudio e vídeo, pra muitos este item traz um conforto e uma comodidade, pois se acabaria com aquele problema de se ter vários controles (um para cada aparelho), onde o usuário poderia ligar e desligar, mudar de musica, filme ou estação de radio mesmo que não esteja próximo ao aparelho através do celular. Este sistema pode ate mesmo interagir com o usuário, pois, ele consegue reconhecer o horário, a estação de radio, o canal da televisão que sempre é utilizado pelo usuário e ligar sozinha a televisão no canal assistido sempre naquele horário e assim a televisão é ligada sem a interferência do usuário.

O item que foi menos escolhido pelos acadêmicos foi o item irrigação, acreditamos que por os acadêmicos serem mais jovens não interessarem tanto por plantas ou ate mesmo por ser um item que não fascina muito, mas não deixa de ser algo que traz muito conforto, quando estivermos numa viagem não precisaria mais pedir para um vizinho ou parente escolheríamos o horário e assim todos os dias naquele determinado horário o sistema de irrigação seria acionado.

## Considerações Finais

Conclui-se que o item que os acadêmicos consideram ser fundamental num sistema domótico é o item segurança, onde através deste podemos controlar vários sistemas dentro da residência, demonstrando como isso pode ajudar a prevenir acidentes como incêndios vazamentos e a entrada de invasores em suas residências.

Conclui-se que o segundo item mais escolhido entre os acadêmicos é o item que segundo as empresas de instalações de automação residencial é um dos mais procurado, assim podemos concluir que por isto ele foi o segundo lugar dos mais requisitados, pois, chama a atenção de muitos e muitas das vezes são instalados até mesmo por amadores.

Com base nas respostas conclui-se que os demais itens também chamam a atenção dos acadêmicos, mas não foram escolhidos por muitos como os citados acima alguns por não chamarem muito a atenção dos mesmos ou por se conseguir controlar através de alguns controles. Conclui-se que o item que obteve a menos quantidade de escolha foi à irrigação de jardim, por ser algo que muitos nem devem possuir em casa e por ser algo que não fascina muito os jovens universitários.

## Referências

- CONCEIÇÃO, Declaro da, Apostila de Automação e Controle. Tubarão: Senai,2004.
- ISHIMURA, William Benji. Automação em Edifícios Residências no Mercado de Alto Padrão. São Paulo: Universidade do Anhembi Morumbi, 2006.
- QUINDERÉ, Patrick Romero Frota, Casa Inteligente – Um Protótipo de Sistema de Automação Residencial de Baixo Custo. Fortaleza: Faculdade Farias Brito,2009.
- PAIVA, Leonardo Silveira, Uma Metodologia para Implementação de Automação Residencial. Ouro Preto: Escola de Minas – UFOP, 2007.
- TERUEL, Evandro Carlos. O que você precisa saber para automatizar sua residência. *Revista Eletrônica Total* Nº138.
- SGARBI, Júlio André; TONIDANDEL, Flavio. *Domótica Inteligente: Automação Baseada em Comportamento*. São Bernardo do Campo: Centro Universitário da FEI – UniFEI,2005.
- MOURA Adson; LINS, Vitor. *Domótica: Automação Residencial*. Recife: UNIBRATEC, 2009.

# ANÁLISE DA FORÇA DE SUSTENTAÇÃO EM UMA AERONAVE DE ASAS ROTATIVAS E DEMONSTRAÇÃO DO VOO DE UM AEROMODELO ALIGN TREX-450 HELICOPTER

SILVA, S.<sup>1</sup>; BECHEPECHE, A. P.<sup>2</sup>

shallon.sena@gmail.com; abechepeche@yahoo.com.br

Bacharelado em Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Anápolis

## Introdução

O voo é uma consequência do deslocamento de ar através das diversas estruturas da aeronave que são construídas para produzir força de sustentação, essa força surge como consequência do deslocamento de ar nos aerofólios da aeronave.

Pretende-se compreender a forma como surge a sustentação nas aeronaves de asas rotativas (helicópteros), e também analisar os principais efeitos que surgem durante o voo dessas e se auxiliam ou atrapalham o voo.

## Desenvolvimento

Para facilitar a assimilação do assunto a ser estudado, é necessário entender alguns conceitos básicos sobre aeronaves e aerodinâmica, os principais assuntos serão: principais componentes da aeronave, tipos de escoamento, ângulos e pontos, forças atuantes na aeronave, voo supersônico e número de Reynolds.

A importância na escolha do perfil de asa de uma aeronave consiste do fato de sua relevância no desempenho da mesma, influenciando desde os custos de deslocamento (consumo de combustível, nível de voo, dentre outros), até as condições de segurança do voo do avião em condições críticas [2].

A estrutura da aeronave pode ser dividida em cinco partes, são elas: fuselagem, asas, estabilizadores, superfícies de controle e trem de pouso.

Figura 1 - Principais componentes de uma aeronave



Fonte – [10]

É a proteção externa da estrutura da aeronave, é a estrutura que provê espaço para passageiros, acessórios e abriga o motor, o termo tem origem na palavra francesa “fuselé” que significa forma aerodinâmica[4].

A estrutura é composta por vários membros estruturais, os principais são as nervuras, as longarinas e as paredes. Os membros estruturais são construídos para suportar as cargas de tração, compressão, torção e flexão[7].

Na extremidade posterior da fuselagem, ou cauda, está o rotor de cauda, com a função de manter o helicóptero em uma trajetória uniforme[7]

O rotor principal é o componente destinado a produzir sustentação, através do fluxo de ar que passa através das asas rotativas. O fluxo de ar passa com maior velocidade pela parte superior da asa, diminuindo a pressão nesta parte, elevando a superfície, empurrada pela pressão da parte inferior, produzindo a força de

sustentação. O dimensionamento e o formato das asa depende do tamanho, peso, aplicação e velocidade da aeronave[15].

É a estrutura responsável por suportar o peso da aeronave no solo. O conjunto do trem de pouso pode ser do tipo triciclo ou esqui.

É o componente que fornece a tração necessária ao voo. Os mais usados são: Turbojato e Motor a pistão. Os motores alternativos a pistão, foram os únicos utilizados até a década de 40, com o aumento no tamanho e do peso das aeronaves esses se tornaram inviáveis e pesquisas com motores a reação se tornaram necessárias e estes ganharam espaço, pois produzem grande potência com peso reduzido[13].

O aerofólio é uma seção bidimensional com formato aerodinâmico capaz de gerar sustentação através da variação na velocidade do fluido que passa por ela e não criar arrasto excessivo[1]. São utilizados na indústria aeronáutica para criar uma força positiva atuante na asa, sustentação, e uma força negativa que atua no profundor, downforce, de maneira que seja possível manter o equilíbrio em torno do eixo lateral da aeronave. Os aerofólios também são utilizados na indústria automobilística para criar uma sustentação negativa, downforce, na parte posterior do veículo. As principais partes do perfil do aerofólio são:

A corda, que é a linha reta que une o bordo de ataque ao bordo de fuga da asa[4].

O bordo de ataque que é a extremidade dianteira do perfil[4].

O bordo de fuga que é a extremidade traseira do perfil[4].

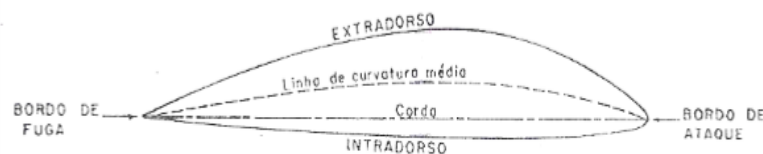
O extradorso é a parte superior do perfil, onde o ar se desloca com maior velocidade[4].

O intradorso é a parte inferior do perfil, onde o ar se desloca com menor velocidade[4].

A linha de curvatura média é a linha que divide o aerofólio com a mesma distância entre o extradorso e o intradorso[4].

O perfil do aerofólio é o corte transversal da seção. O estudo é realizado analisando a geometria deste. Nele está o bordo de ataque, o bordo de fuga, extradorso, intradorso, corda, e corda média. A escolha de determinado aerofólio depende da carga a ser transportada pela aeronave, da velocidade e das manobras a serem executadas[4].

Figura 2 – Perfil do Aerofólio



Fonte – [4]

Os principais ângulos considerados para o voo da aeronave são o ângulo de ataque que é o ângulo formado pela linha de corda do aerofólio e o vento relativo, que é o principal fator que influencia a sustentação da aeronave. O ângulo de incidência é o ângulo definido entre a linha de corda da asa e o eixo longitudinal da aeronave [4].

Os principais pontos dos aerofólios considerados para o dimensionamento da aeronave e cálculo das forças que estarão atuando no aerofólio são o centro de gravidade, ou CG, é definido pela configuração da distribuição dos pesos da aeronave. Este pode ser alterado durante o voo, o consumo do combustível muda a posição do CG. Esse ponto pode passear entre limites dianteiro e traseiro sem alterar ou dificultar a manobrabilidade da aeronave. O centro de pressão é o ponto onde as forças aerodinâmicas atuam de forma combinadas. Estas forças atuam no sentido de suspender ou afundar o avião, movimento de arfagem. O CP é projetado para permanecer na mesma posição, depende exclusivamente do formato do aerofólio. É o ponto onde todas as forças aerodinâmicas se concentram[9].

A aeronave possui três eixos de controle, sobre eles são realizados os movimentos direcionais da aeronave. Esses eixos se interceptam no centro de gravidade.



Fonte – [11]

O eixo transversal que liga a ponta de uma asa até a ponta da outra asa, o movimento realizado sobre esse eixo é a arfagem, movimento de subir ou baixar o nariz da aeronave, esse movimento é realizado através da atuação do profundor[4].

O eixo longitudinal liga o nariz do avião até a cauda, o movimento realizado sobre esse eixo é o rolamento, movimento que abaixa uma asa e levanta a outra, esse movimento é realizado através da atuação dos ailerons[4].

O eixo vertical é perpendicular aos eixos transversal e longitudinal no centro de gravidade, o movimento realizado sobre esse eixo é a guinada, movimento de direcionar o nariz para um lado ou outro, esse movimento é realizado através da atuação do leme de direção[4].

Durante o voo de uma aeronave, o ar escoia pela asa com velocidade maior no extradorso que no intradorso, essa diferença de velocidade gera uma diferença de pressão, o resultado dessa variação de pressão é uma força que empurra a asa para cima[4].

É a componente da força do fluido perpendicular ao movimento do fluido [3]. É a componente da resultante aerodinâmica perpendicular ao vento relativo. A sustentação nem sempre é vertical, quando o vento relativo é inclinado a sustentação será inclinada, é a força útil do aerofólio [4].

É a componente da resultante aerodinâmica paralela ao vento relativo. O arrasto é a resistência ao deslocamento da aeronave e aumenta à medida que o ângulo de ataque aumenta, de forma não proporcional. O arrasto é causado pelo descolamento da camada limite da superfície do aerofólio, é prejudicial e deve ser reduzido ao mínimo.

Os principais fatores que interferem no arrasto são a densidade do ar, a velocidade de deslocamento da superfície, a área da asa e o coeficiente de arrasto.

É a força necessária para superar o arrasto, a maioria dos aviões possuem um dispositivo propulsor, com exceção dos planadores, para gerar uma força de empuxo[3]. O Número de Reynolds ( $Re$ ) é um número adimensional utilizado para determinar se o fluxo de ar no perfil é um fluxo laminar ou turbulento. Um fluxo de ar turbulento provoca um aumento no arrasto, o que causa uma redução no rendimento do voo. O significado físico de  $Re$  é um quociente entre as forças de inércia e as forças de viscosidade atuando no perfil[3].

Em 1915, o Congresso norte-americano criou o National Advisory Committee on Aeronautics, NACA - Precursor da NASA. A NACA conduziu testes em túnel de vento em centenas de formatos de perfis de aerofólios. Os dados obtidos permitiram aos engenheiros calcular antecipadamente a quantidade de sustentação e arrasto que os aerofólios podem desenvolver em diversas condições de voo. A geometria de um aerofólio NACA pode ser caracterizada pelas coordenadas do extradorso e do intradorso, e também é representado pela espessura, curvatura ou raio do bordo de ataque. [12]

A distribuição da espessura em um aerofólio NACA é dada pela seguinte equação:

**Equação** – Cálculo da espessura

$$y_t = \frac{T}{0.2} (a_0 x^{0.5} + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4)$$

Fonte: [12]

Leonardo da Vinci é o idealizador, por ter descrito em 1483. Porém, apenas em 1923 o engenheiro Juan de la Cierva Codorniu projetou e testou com sucesso o primeiro autogiro.

As aeronaves que mantêm sua sustentação através de um rotor são chamadas de giravões, sendo divididas em 3 tipos basicamente: autogiro, giródino e helicóptero[14].

Autogiro é a aeronave que possui um rotor montado livre, que é colocado em movimento pelo vento relativo. A translação é assegurada por um propulsor, que garante a rotação do rotor e a sustentação[14].

Giródino é a aeronave que possui um motor para garantir a rotação do rotor e um motor que assegura a translação. Essa aeronave executa voo vertical[14].

Helicópteros são classificados também como aeródino, é uma aeronave que necessita de movimento relativo entre a massa de ar e o aerofólio, este movimento relativo é obtido pelo movimento da asa rotativa, esse movimento da asa rotativa garante a sustentação e a translação. Isso é possível pois o helicóptero altera os ângulos das pás e conseqüentemente a direção da força de sustentação[15].

Ao contrário das aeronaves de asas fixas, o helicóptero pode permanecer estático, executando voo pairado, enquanto as asas se movimentam, obtendo tração e empuxo. Estas aeronaves realizam pouso e decolagem vertical (VTOL – vertical take off and landing) [15].

O controle da força de sustentação em direção e sentido possibilita a translação do helicóptero, para isso é necessário a mudança de ângulo das pás.

A variação do ângulo de passo, mudança simultânea do ângulo de ataque e do ângulo de incidência, permite o aumento e diminuição da força de sustentação. A mudança dos ângulos é possibilitada através das manetes de cíclico e coletivo.

O comando coletivo altera o ângulo de passo de todas as pás simultaneamente, a variação é de mesmo valor e direção. O coletivo é o comando básico de altura. O comando cíclico altera os ângulos de passo conforme a pá vai se movendo pela circunferência do disco. Para cada posição da pá o ângulo vai assumir determinado valor, a posição de maior ângulo está diametralmente oposta à de menor ângulo, e quanto maior a diferença angular, maior será a inclinação do disco rotor. O comando cíclico é o comando básico de velocidade. Porém ambos atuam diretamente na altura e na velocidade do helicóptero[14].

Durante o voo horizontal, com uma velocidade superior a 15 Kts, surge a sustentação de deslocamento, essa sustentação aumenta o teto operacional da aeronave. Teto é a altitude máxima que a aeronave pode voar, teto de serviço é a altitude máxima para executar um pairado e teto de serviço é a altitude máxima em que é possível executar voo com deslocamento [15]. A dissimetria de sustentação é uma sustentação desigual na área do disco rotor, é criada pelo voo com deslocamento ou pela ação do vento. A pá que avança tem maior velocidade tangencial, ganhando mais sustentação. Isso é resolvido pela posição de atuação do cíclico, modificando os ângulos das pás em determinadas posições[14].

## Considerações Finais

O trabalho é fruto de uma pesquisa nas literaturas, para isso foram utilizados vários livros que proporciona agregar grande conhecimentos das teorias de voo do helicóptero.

Os principais pontos a serem estudados e apresentados são as especificidades do voo do helicóptero que durante a apresentação será utilizado um aeromodelo para maiores esclarecimentos.

A utilização de helicópteros aumentou consideravelmente nos últimos anos, principalmente nos grandes centros, e isso só ocorreu devido a facilidade de operação dessa máquina, e a possibilidade de executar pousos e decolagens verticais e aos diversos artifícios para conseguir realizar um voo seguro. A demonstração possibilitara esclarecer as demais dúvidas do assunto.

Não importa se foram os Irmão Wright ou se foi Alberto Santos Dumont quem “inventou” o avião, o que podemos perceber é que a cada dia que passa, quem tem o prazer de se debruçar sobre um projeto dessa magnitude e dá asas aos seus sonhos, acrescenta uma vírgula nessa história instigante. Conhecer os caminhos que leva uma massa a alçar voo é, realmente, muito impressionante.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto ABNT 08; 020.30-009-1: aeronáutica e espaço - vocabulário - parte 1 - aeronaves. Rio de Janeiro, 2011.
- RIBEIRO, F. A. Análise Aerodinâmica de perfis de asa para aeronaves experimentais tipo JN I. UFRN, 2011. Disponível em: [http://www.sigaa.ufrn.br/sigaa/public/programa/noticias\\_desc.jsf?noticia=513376577&id=10](http://www.sigaa.ufrn.br/sigaa/public/programa/noticias_desc.jsf?noticia=513376577&id=10).
- FOX, R. W.; MCDONALD, W. Introdução à Mecânica dos Fluidos. 4. Ed. Rio de Janeiro. LTC, 2004.
- HOMA, J. M. Aerodinâmica e Teoria de Voo. 30º Ed. São Paulo. ASA, 2011.
- POTTER, M.; C. WIGGERT, D. C. Mecânica dos fluidos. São Paulo. CengageLerninG, 2013.

- RODRIGUES, L. E. M. J. Fundamentos da Engenharia Aeronáutica com Aplicações ao Projeto SAE-AeroDesign: Aerodinâmica e Desempenho. Salto, 2014.
- RODRIGUES, L. E. M. J. Fundamentos da Engenharia Aeronáutica com Aplicações ao Projeto SAE-AeroDesign: Estabilidade e Estruturas. Salto, 2014.
- EMBRAER. Disponível em: <<http://www.embraer.com.br>>. Acesso em 30 de maio de 2016.
- AEROMAGAZINE. Disponível em: <[http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/como-fazer-o-balanceamento-de-sua-aeronave\\_1641.html#ixzz49RNa1mdy](http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/como-fazer-o-balanceamento-de-sua-aeronave_1641.html#ixzz49RNa1mdy)>. Acesso em 28 de maio de 2016.
- HANGAR33. Disponível em: <<http://blog.hangar33.com.br/principios-aerodinamicos-das-asas-rotativas/>>. Acesso em 18 de outubro de 2016.
- SABORDEVOAR. Disponível em: <<http://sabordevoar.blogspot.com.br/2012/03/informacao-24-movimentos-de-um-aviao.html>>. Acesso em 28 de maio de 2016.
- AIRFOILTOOLS. Disponível em: <<http://airfoiltools.com/airfoil/naca4digit>>. Acesso em 17/10/2016.
- SAINTIVE, N. S. Aerodinâmica de Alta Velocidade. 10<sup>o</sup> Ed. São Paulo. ASA, 2012.
- GRANDE, J.L. Aeronaves de Asas Rotativas. 1<sup>o</sup> Ed. São Paulo. EEAR, 2000.
- SILVA, P.R. Helicóptero, Conhecimento técnico. 3<sup>o</sup> Ed. São Paulo, ASA 2011.

# ANÁLISE POR MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DE PISTÃO REVESTIDO POR CERÂMICA COMO BARREIRA TÉRMICA PARA MELHORIA DE RENDIMENTO DE MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

**MARTINS, R. M.; SILVA, W. M.; CARDOSO, F. O.**

rafael.duis@hotmail.com; wlisses-fmo@hotmail.com;ferdinando.engemec@gmail.com  
UniEVANGÉLICA Centro Universitário de Anápolis

## Introdução

Um dos meios de transporte, mundialmente utilizado, e capaz de transportar pessoas e cargas, é o automóvel. E devido a isso, os motores a combustão interna (MCI), responsáveis pela propulsão do automóvel, geram economicamente grandes cifras, no desenvolvimento de sua produção, manutenção e pesquisas tecnológicas.

Segundo Martins, uma das formas de se incrementar a eficiência em um MCI seria evitar que o calor proveniente da combustão se dispersasse através dos componentes do motor. Dessa forma, menos calor seria perdido, e assim utilizado para a produção de trabalho real, aumentando a potência do MCI[1]. Um componente que demanda grande destaque no motor de combustão interna é o pistão, pois é sobre ele que atua as forças realizadas na compressão realizadas a altas temperaturas.

A utilização de um revestimento cerâmico como barreira térmica possibilitaria ao pistão uma maior temperatura de trabalho e durabilidade, e conseqüentemente uma maior eficiência para o motor de combustão interna alternativo.

Com a necessidade de aumentar a temperatura de trabalho de equipamentos que são solicitados esforços térmicos e mecânicos desenvolve-se grande empenho para produzir materiais a fim de suprir tais condições. Os revestimentos cerâmicos obtiveram grande sucesso, sendo então utilizado como barreira térmica, ou TBC's ("Thermal Barrier Coatings"). Esses revestimentos são utilizados como isoladores de componentes que estão sujeitos a elevadas temperaturas por períodos significativos de tempo, a fim de evitar a degradação pela exposição rígida de temperatura.

Revestimentos para barreira térmica, ou simplesmente TBCs, são isolantes térmicos à base de cerâmica, impostos sobre componentes metálicos que operam entre gases quentes providos de fontes de calor. São utilizados em motores à combustão interna, indústria aeronáutica e automobilística e turbinas de geração de energia. A eficiência do revestimento está totalmente interligada aos tipos de materiais utilizados no processo.

Os estudos com revestimentos cerâmicos começaram na década de 70, com a aplicação de MgO-ZrO<sub>2</sub> em superfícies de NiCr, por meio de técnicas de aspersão térmica. Desde então os materiais utilizados tem evoluído, de modo a promover maior durabilidade e resistência aos TBCs. Atualmente, os TBCs normalmente constituem-se de um revestimento cerâmico de zircônia (ZrO<sub>2</sub>) estabilizada com 6 a 8 % de ítria (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), aplicado em uma camada de ligação do tipo MCrAlY, onde M se refere a Ni, Co ou Fe [10, 15].

Atualmente os TBCs podem ser sistematizados em 3 camadas básicas: a Top Coat, a Bond coat e o substrato metálico, mais uma camada de óxido crescido termicamente que se forma entre a Top coat e a Bond coat.

Normalmente, após a liga metálica utiliza-se uma camada de ligação que é chamada de Bond coat, e sobre essa camada, aplica-se outra, a Top coat, cuja principal função é atuar como isolante térmico para o substrato protegendo-o das altas temperaturas do processo. Dessa forma, a baixa condutividade térmica é uma propriedade fundamental para materiais utilizados na camada Top coat. E conseqüentemente, as propriedades das cerâmicas em geral nos servem muito bem a este propósito [2, 10].

Devido às condições de trabalho de um pistão, a inserção de um revestimento cerâmico poderia aumentar a vida útil e a faixa de sua temperatura de trabalho. Dessa forma, muitos estudos tem sido feitos nessa área. Com as novas tecnologias, podemos utilizar métodos computacionais para prever determinados comportamentos em sistemas complexos. Um método muito utilizado é o Método de Elementos Finitos.

Este trabalho teve por objetivo analisar, por métodos de elementos finitos, a transferência de calor em um pistão tratado com um revestimento cerâmico para barreira térmica, comparando-o a um sistema com pistão comum.

## Desenvolvimento

A simulação computacional foi realizada sobre um pistão, com as mesmas dimensões, do motor de combustão interna presente no veículo Gol 1.6 ano 2008 da marca Volkswagen®.

A construção do modelo foi produzido no software SolidWorks®. E a análise foi realizada no software ANSYS®, versão 16.0, em modo “Steady-StateThermal”, baseado em um regime permanente.

A análise da simulação mostra como o revestimento cerâmico pode maximizar a eficiência de rendimento térmico no pistão, e conseqüentemente o MCI irá produzir mais potência e eficiência térmica.

Foram feitas duas simulações, uma para analisar a temperatura do corpo do pistão e outra para analisar o fluxo de calor do mesmo. Nas duas simulações, comparamos o pistão com o revestimento cerâmico ao pistão sem o revestimento a fim de analisar as diferenças que ocorrem no material.

Durante a análise de temperatura, nota-se que o pistão reduziu drasticamente a variação térmica em decorrência do revestimento. A taxa de convecção, que na verdade é a taxa de resfriamento, funcionará de forma mais eficiente nessa condição. O motor não precisará de um sistema super eficiente para promover o resfriamento neste ponto. Com isso o calor que era absorvido e resfriado pelo pistão, poderá ser empregado para desenvolver mais trabalho térmico ao motor.

Já para a análise de fluxo de calor, vemos que no pistão de alumínio sem revestimento, a tendência é o fluxo de calor ser disperso para as extremidades do pistão, onde ocorre o resfriamento do corpo, através da taxa de arrefecimento provida da convecção na saia do pistão. Percebe-se que a condução de calor ocorre principalmente nas partes externas, sendo que ali localiza a troca de calor com o sistema de arrefecimento. Já O Fluxo de Calor do Pistão de Alumínio com Revestimento Cerâmico, é semelhante às condições observadas na análise do Pistão sem Revestimento, porém os valores de Fluxo mínimos e máximos do corpo são bem inferiores. Isso é uma consequência da aplicação do revestimento cerâmico, que proporciona uma condutividade térmica diferente da do pistão sem revestimento.

As diferenças mais evidentes com relação ao fluxo de calor são encontradas na superfície da cabeça do pistão. Em outras partes do pistão o fluxo de calor não muda muito em questão de áreas afetadas, notando-se apenas uma leve diminuição em sua intensidade.

## Considerações Finais

Através da simulação computacional pôde-se estipular de forma ágil e concisa que, ao revestir um pistão com TBC, há uma diminuição na dissipação de calor ao pistão, e dessa forma, o sistema poderá utilizar o calor que anteriormente era perdido nas paredes do pistão e camisas, aumentando conseqüentemente o rendimento do MCI. Isto pode proporcionar também, maior tempo de vida ao pistão, notando que o estresse térmico será diminuído. Este tipo de análise é uma forma ágil de estipular condições complexas de sistemas onde os quais demorariam muito para serem confeccionados e logo após serem submetidos a constantes testes, possibilitando uma diminuição de custos de projeto e produção.

## Referências

- MARTINS, J. Motores de combustão interna. 2.<sup>a</sup> ed. Porto: Publindústria, 2006.
- OLIVEIRA, J.P.; DUARTE, J.F. Revestimentos cerâmicos utilizados como barreira térmica. Cerâmica, São Paulo, v. 59, p. 186-191, 2013.
- OLIVEIRA, R. L. P. Impactos da qualidade percebida sobre as atitudes e intenções comportamentais de proprietários de automóveis. Dissertação de mestrado, Universidade FUMEC. Belo Horizonte, 2010.
- UFCG - Universidade Federal de Campina Grande. Biografia. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/NicolaJC.html>>. Acesso em 14 de maio de 2016.
- BRUNETTI, F. Motores de Combustão Interna Vol 1. São Paulo: Blucher, 2012.
- CLARKE, D.R.; OECHSNER, M.; PADTURE, N.P. Thermal-barrier coatings for more efficient gas-turbine engines. Warrendale, Pennsylvania, USA. MRS Bulletin, v. 37, p.891-899, 2012.
- ANSYS®. Disponível em: <<http://www.ANSYS.com/>>. Acesso em 30 de abril de 2016.
- CLARKE, D.R.; LEVI, C.G. Materials Design for the Next Generation Thermal Barrier Coatings. Palo Alto, CA, USA, Annual Review Materials Research, v. 33, p.383-417, 2003.
- SCHULZ; et al. Some recent trends in research and technology of advanced TBCs. Cologne, Germany, Aerospace Science and Technology, v. 7, n. 1, p. 73-80, 2003.



- LIMAR, C. R. C. Revestimentos Para Barreira Térmica: Evolução e Perspectivas (Thermal Barrier Coatings: Evolution and Perspectives). São Paulo, Vol. 19, Nº. 04, p.353-363, Out/Dez 2014.
- HILL, M. D.; DOMINGUES, L. P. Creating an effective barrier. Ceramic Industry, v. 153, n. 10, p. 17-19, 2003.
- TCHIZHIK, A. A.; RYBNIKOV, A. I.; MALASHENKO, I. S.; LEONTIEV, S. A.; OSYKA, A. S. The Effect of EB-PVD Coatings on Structure and Properties of Ni-base Super Alloys for Gas Turbine Blades. Surface and Coatings Technology, v. 78, p. 113-123, 1996.
- OLIVEIRA, F. S. Estudo de Materiais para Fabricação de Bocais de Motor de Foguete a Propelente Híbrido. Dissertação de Mestrado em Ciências Mecânicas, 2013, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 122p.
- VASSEN, R.; STUKE, A.; STOVER, D. J. Thermal Spray Tech. Julich, Germany, 2008 pg 181-186.
- SCHMITT, M. P.; et al. Multilayer Thermal Barrier Coating (TBC) Architectures Utilizing Rare Earth Doped YSZ and Rare Earth Pyrochlores. NASA Center of Aerospace Information, Hanover - USA, 2014.
- ALMEIDA, D. S. Estudo de Revestimentos Cerâmicos sobre Substrato Metálico, Obtidos por Deposição Física de Vapores por Feixe Elétrons para Aplicação como Barreira Térmica. Dissertação de Mestrado, São José dos Campos: INPE, 2005.
- ÇENGEL, Y. A. Transferência de Calor e Massa: Uma Abordagem Prática. 4ª Edição. São Paulo, SP: McGraw-Hill Interamericana do Brasil Ltda., 2009.
- MAHLE®. Disponível em: <[http:// www.mahle-aftermarket.com/](http://www.mahle-aftermarket.com/)>. Acesso em 15 de Maio de 2016.

# APLICAÇÃO DE MÉTODOS NUMÉRICOS COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE DE PROCESSO

MESSIAS, R.; OLIVEIRA, C. G.

rafaelmessiasdourado@hotmail.com; claudia.santos@docentes.unievangelica.edu.br  
UniEVANGÉLICA Centro Universitário de Anápolis

## Introdução

Atualmente, a concorrência existente entre os processos produtivos é muito elevada, sendo que as indústrias vêm procurando qualidade e reduzir custos de fabricação em todas as atividades que desenvolve. Neste contexto também se enquadram os processos de manufatura mecânica, em especial os processos de usinagem.

A empresa onde se realizou esse trabalho é uma produtora de lâ de aço e adotou a não divulgação de sua identificação, logo será tratada como Empresa X. O processo de usinagem da Empresa X ocorre em quatro etapas e se denomina processo de extração, pois o produto esperado é o cavaco e não o material usinado. Em cada etapa da extração é retirada uma quantidade de material em forma de cavacos contínuos que se agrupam e seguem para outra etapa do processo de fabricação. A extração conta com oito agrupamentos de cavacos que originam oito subprodutos que são reunidos e formam o produto final. A qualidade do produto final depende da homogeneidade entre os subprodutos e tem como requisito principal o atendimento às especificações de quantidade de massa apresentada pelo conjunto. O atendimento deste requisito depende diretamente da qualidade da realização do processo de extração. A Empresa X utiliza como principal matéria prima um arame de aço carbono que é usinado. Esse arame tem 3,40 milímetros de diâmetro com uma tolerância de 0,05 milímetros para menos e zero milímetros para mais, dados apresentados por um fornecedor de matéria prima [1].

Uma complicação desse processo é que ele não é automatizado e depende exclusivamente dos operadores realizarem os ajustes necessários para cada cenário apresentado no decorrer da jornada de trabalho. Uma forma de acompanhamento da qualidade do processo é através das espessuras extraídas da matéria prima. A fim de tornar uniforme a produção dos diferentes cenários, máquinas e operadores são criados documentos como o Procedimento Operacional Padrão (POP).

Para possibilitar a elaboração de um POP eficiente e eficaz a fim garantir a qualidade dos subprodutos gerados no processo de extração da empresa mencionada é necessária uma análise de vários cenários originados das variações de processo. Essa análise pode ser feita de maneiras diferentes, como: tentativa e erro ou por métodos numéricos.

A alta demanda de produção e a busca pelo aumento da OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), eficiência global do equipamento, tornam inviável o método de tentativa e erro, pois este método de análise pode originar um grande aumento das perdas, indisponibilidade e queda na qualidade do produto. Tais considerações mostram que é mais viável a utilização de métodos numéricos como forma de análise, sendo que o mesmo não necessita interferir no processo durante seu desenvolvimento.

Devido dificuldades em garantir produtos uniformes e com padrão de qualidade aceitável, deu se origem a esse trabalho, que tem como objetivo proporcionar uma ferramenta no programa SCILAB, para a realização de análises de diferentes situações visando à determinação das espessuras extraídas em cada etapa do processo através de um roteiro numérico e assim proporcionar a elaboração de um POP eficiente e confiável para a redução de produtos não conformes.

## Desenvolvimento

De acordo com Nakajima [2], a medição da OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é uma forma eficaz de analisar a eficiência de uma única máquina ou um sistema de produção integrada. É uma função entre a disponibilidade, a taxa de desempenho e taxa de qualidade. Na verdade, as três dimensões são medidas pelas perdas dos equipamentos. Ou seja, tudo o que aumenta as perdas do equipamento ou reduz o desempenho ou a qualidade do produto, reduz a OEE e é prejudicial à empresa.

Segundo Colenghi [3] o POP (Procedimento Operacional Padrão) é um instrumento que visa garantir os resultados de um processo por meio de uma padronização de cada tarefa a ser executada.

Gourevith [4] complementa esse pensamento dizendo que o POP é um instrumento destinado a quem executa a tarefa e deve ser simples, completo e objetivo para que possa ser interpretado por todos os colaboradores. Quanto a sua aplicação, representa a base para garantir a padronização de tarefas e assegurar aos usuários um serviço ou produto livre de variações (não conformidades) que poderão interferir na sua qualidade final.

Pode-se interpretar que o Procedimento Operacional Padrão tem como função principal garantir a qualidade e a uniformidade do produto final, independente de variações eminentes de processo, intelectualidade ou personalidade dos operadores. Logo, a padronização precisa ser consistente tornando-se necessária uma boa elaboração, levando-se em conta todas as variáveis que podem influenciar o produto final.

Segundo Steven e Raymond [5] um modelo matemático pode ser definido como uma equação que expressa às características essenciais de um sistema ou processo físico em termos matemáticos. Os modelos matemáticos do mundo físico têm como características básicas:

- Descreverem um processo ou sistema natural em termos matemáticos.
- Representarem uma simplificação da realidade. Isto é, o modelo ignora detalhes desprezíveis do processo natural e se concentra nas suas manifestações essenciais.
- Produzirem resultados que podem ser usados para propósitos de previsão.

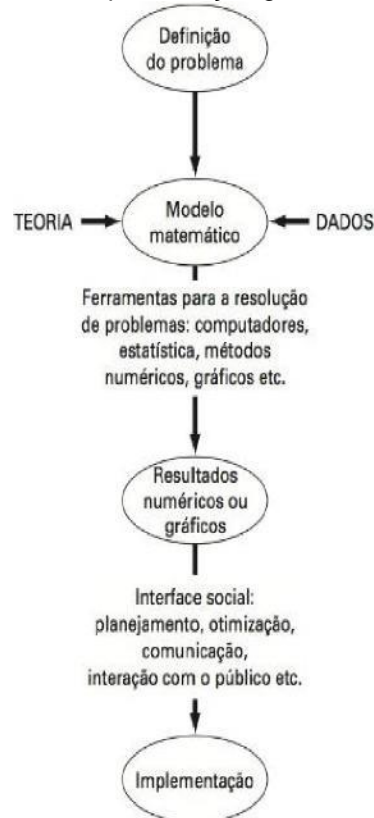
O desenvolvimento dos modelos numéricos podem ser representados basicamente pelo fluxograma a seguir (Figura 1), que mostra as etapas básicas: definição do problema, elaboração do modelo numérico pela junção de teoria e dados, obtenção de resultados através de métodos numéricos e ferramentas de cálculo, criação de uma interface e por fim implementação.

Os Métodos Numéricos correspondem a um conjunto de ferramentas ou métodos usados para se obter a solução de problemas matemáticos de forma aproximada. Esses métodos se aplicam a problemas que não apresentam uma solução exata, portanto precisam ser resolvidos numericamente [6].

Métodos numéricos são técnicas matemáticas usadas na solução de problemas matemáticos que não podem ser resolvidos ou que são difíceis de resolver analiticamente. Uma solução analítica é uma resposta exata na forma de uma expressão matemática escrita em termos das variáveis associadas ao problema que está sendo resolvido. Uma solução numérica é um valor numérico aproximado para a solução (ou seja, um número). Embora soluções numéricas sejam aproximações, elas podem ser muito precisas. Em muitos métodos numéricos, os cálculos são executados de maneira iterativa até que a precisão desejada seja obtida.

A aplicação dessas técnicas vem desde os primórdios, porém de forma mais simples e com grande dificuldade de execução dos cálculos, já que a mesma era manual ou com auxílio de dispositivos mecânicos. Com o desenvolvimento tecnológico digital começou a utilizar computadores como ferramentas para a execução que permitem a execução de um grande número de cálculos em pouco tempo, produzindo soluções precisas, ainda que inexatas.

Figura 1 – Fluxograma de representação geral da modelagem numérica



Fonte - [5]

A execução pelo computador requer uma implantação do método numérico, feita através de um algoritmo que é um plano detalhado que descreve como o método deve ser realizado em um programa, que é uma lista de comandos que permitem a execução do algoritmo para obter a solução.

Existem várias linguagens utilizadas na programação, entre elas está o SCILAB, que é uma linguagem bem conhecida e utilizada na computação técnica e é gratuita.

SCILAB é um ambiente destinado para o desenvolvimento de software com finalidade de resolução de problemas numéricos. Criado em 1990 por um grupo de pesquisadores do INRIA – *Institut de Recherche en Informatique et em Automatique* e do ENPC – *École Nationale des Ponts et Chaussées*.

Em 1994 se tornou gratuito, ou seja, não gera ônus algum para seus usuários. As principais características desse ambiente de programação numérica são: a facilidade de geração de gráficos bi e tridimensionais, até mesmo com animações; manipulações com matrizes; operações com polinômios, funções de transferência, sistemas lineares e grafos; define funções facilmente; permite acesso a rotinas escritas em FORTRAN e C; pode ser acessado por programas de computação simbólica, como o MUPAD; permite o desenvolvimento de toolboxes.

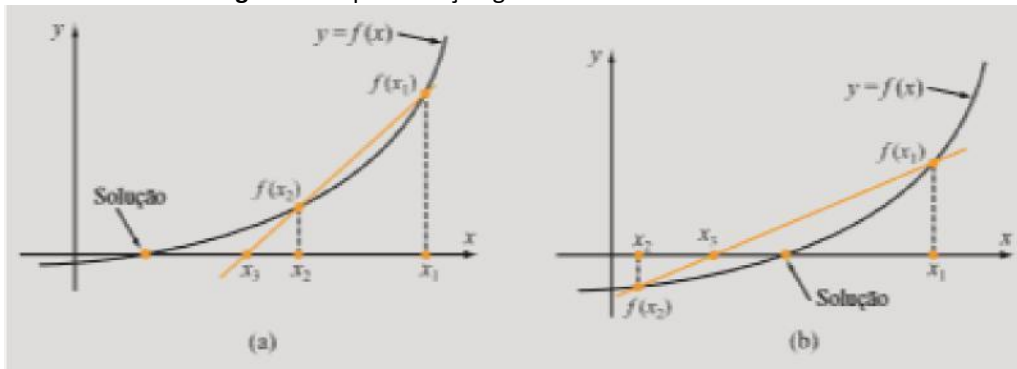
Algumas funções do SCILAB estão bem definidas. Temos como exemplo: funções de Álgebra Linear: bibliotecas LINPACK, EISPACK, LAPACK e LAS; funções para solução de Equações Diferenciais: bibliotecas ODEPACK e SLATEC; funções de Otimização: biblioteca MINPACK. Pode ser aplicada nos trabalhos de engenharia para facilitar a elaboração de projetos e definir as soluções dos problemas encontrados na profissão.

Métodos iterativos são métodos para resoluções numéricas. Conforme Bandeira diz-se que o método é iterativo quando, partindo de uma aproximação inicial, é possível chegar-se a aproximações mais precisas que dependem, sempre, de valores anteriormente calculados. Roque diz que em geral, os métodos iterativos são formados por quatro partes: Estimativa inicial: parte-se de uma ou mais raízes como valores iniciais; Atualização: há uma forma que permite atualizar a solução aproximada; Critério de parada: deve haver um critério para estabelecer quando o processo iterativo deve parar; Estimativa de exatidão: processo associado ao critério de parada que permite estimar o erro cometido.

O método da secante é um método iterativo para encontrar a solução numérica de equações não lineares. Para tal usa dois pontos na vizinhança da solução para determinar a nova solução estimada. Os dois pontos são usados para definir a reta secante e o ponto onde essa reta intercepta o eixo x é a nova solução

estimada. Ambos os pontos podem estar de um lado da solução, ou a solução pode estar entre os dois pontos.

Figura 1 - Representação gráfica do método da Secante



Fonte - [6]

Esse método é uma aproximação do método de Newton-Raphson, o que o diferencia é a substituição da derivada por um quociente de diferença.

Do método de Newton-Raphson tem-se:

$$\theta_{k+1} = \theta_k - \frac{f(\theta_k)}{f'(\theta_k)} \quad (1)$$

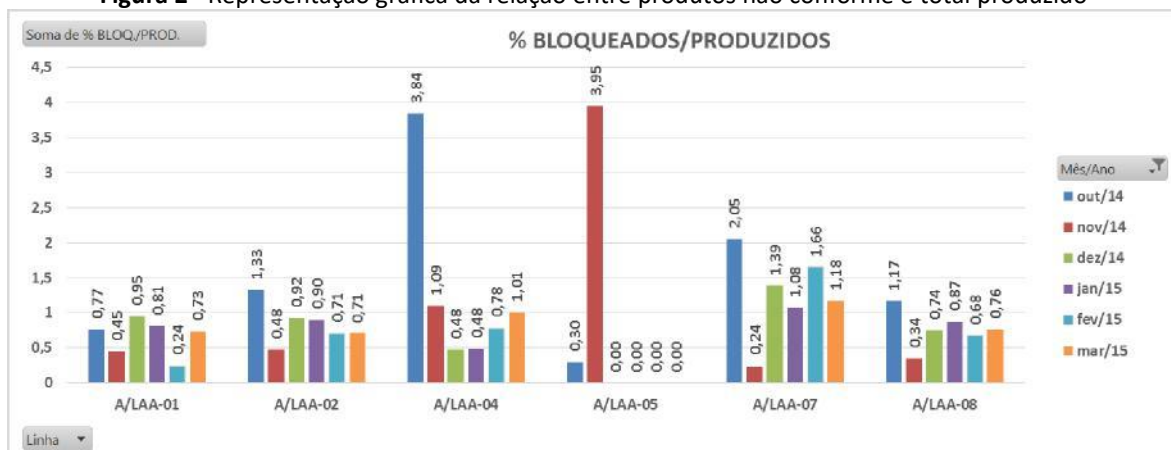
Fazendo as aproximações da derivada com duas aproximações para a raiz temos a seguinte função de iteração para o método da secante:

$$\theta_{k+1} = \frac{\theta_{k-1}f(\theta_k) - \theta_k f(\theta_{k-1})}{f(\theta_k) - f(\theta_{k-1})} \quad (2)$$

A ordem de convergência do método da secante não é quadrática como a do método de Newton, mas também não é apenas linear. Sendo assim, podemos dizer que o objetivo principal do método da secante é fazer iterações para encontrar um valor x tal que  $f(x) = 0$ .

Para iniciar o trabalho foram realizados levantamentos dos dados históricos da quantidade de produtos com peso abaixo das especificações e as produções de seis meses. Esses dados foram relacionados entre si a fim de visualizar o percentual de produtos com peso baixo em relação ao volume produzido e separados por linha de produção. O gráfico abaixo mostra que o problema pode ser considerado crônico, pois ocorre com frequência em todas as linhas.

Figura 2 - Representação gráfica da relação entre produtos não conforme e total produzido



Fonte - Do autor, 2015

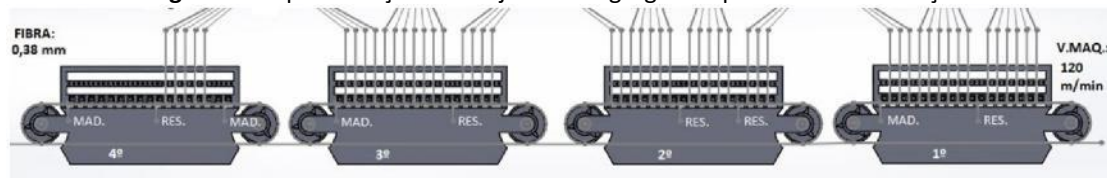
A linha LAA-07 foi tomada como linha piloto para as análises e acompanhamento a pedido da empresa, visto que apresentou maior porcentagem média bloqueios em relação ao volume de produção. No último mês essa linha apresentou percentual de bloqueios por volume produzido de 1,18%. As linhas LAA-04 e LAA-05 apresentaram casos especiais e discrepantes em relação às outras linhas. Em outubro de 2014 houve erro de apontamento na linha LAA-04 e a partir de novembro de 2014 a linha LAA-05 ficou desativada.

Após a identificação e quantificação do problema, iniciaram-se as pesquisas em campo para a obtenção dos principais itens de controle do processo existentes. Foram identificados como itens de controle: a velocidade de máquina, que determina a entrada de matéria prima (arame de aço) na máquina; a velocidade da tesoura, que corta os oito subconjuntos e determina a nominal de produção; a massa que cada etapa da extração deve proporcionar para o conjunto; a densidade média do arame por metro. Porém, foi visto que apenas esses itens não são capazes de garantir um controle eficiente do processo.

Cada etapa da extração acontece em um agregado, banco de extração, diferente. Como são quatro etapas, têm-se quatro agregados. Assim como já mencionado anteriormente a melhor forma encontrada para acompanhamento do processo de extração em cada etapa é a visualização das espessuras de entrada e saída de cada agregado, ou seja, a partir da espessura extraída pode se estimar a massa que cada agregado entrega para a formação do conjunto final. Essa informação combinada com os itens de controle mencionados anteriormente torna possível um controle mais eficiente do processo.

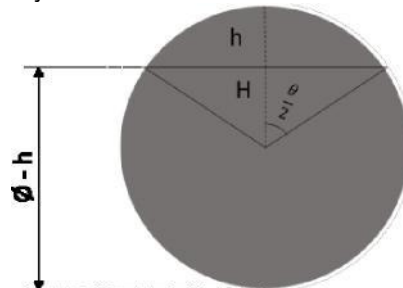
O conjunto final tem como massa nominal de mercado 60 g e essa gramatura é fiscalizada pelo IMETRO. Para evitar multas e reclamações dos clientes a empresa opta por trabalhar com uma taxa excedente de 2,5% sobre a nominal, ou seja, uma massa total mínima de 61,5 g. A figura 3 representa a forma que são dispostos os quatro agregados no processo de extração, que estão em sequência e em ordem crescente da direita para a esquerda. Ao analisar o processo foi levantado que o primeiro agregado deve entregar 18,9 g, o segundo 21,9g, o terceiro 16,9g e o quarto 3,75g. Ao analisar a matéria prima teve que a densidade média é 0,007942 g/mm<sup>3</sup>. Todos esses dados foram considerados constantes de processo. Já os dados de velocidade de máquina, velocidade de tesoura e diâmetro inicial do arame foram considerados variáveis que moldam o processo. As figuras 4, 5, 6 e 7 representam a vista frontal da secção do arame de aço em cada etapa do processo.

Figura 3 - Representação do conjunto de agregados que formam a Extração



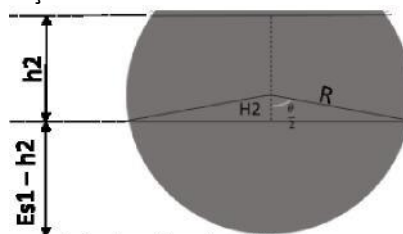
Fonte - Do autor, 2015

Figura 4 - Representação frontal do arame na entrada do primeiro agregado



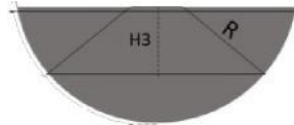
Fonte - Do autor, 2015

Figura 5 - Representação frontal do arame na entrada do segundo agregado



Fonte - Do autor, 2015

Figura 6 - Representação frontal do arame na entrada do terceiro agregado



Fonte - Do autor, 2015

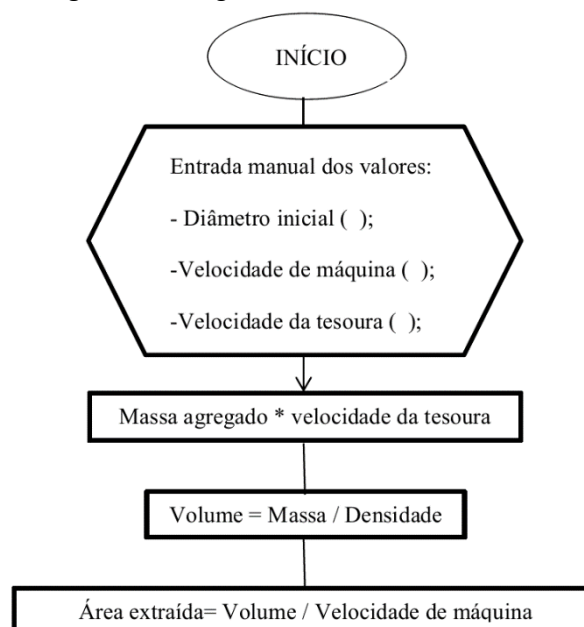
Figura 7 - Representação frontal do arame na entrada do quarto agregado

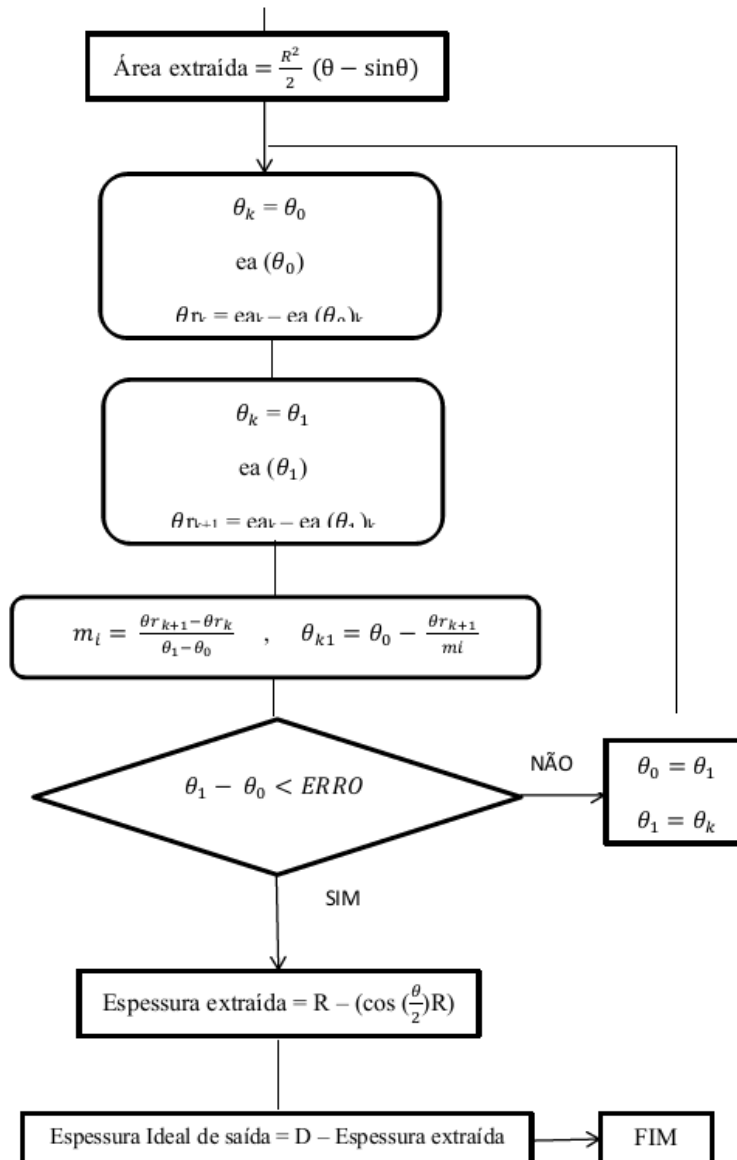


Fonte - Do autor, 2015

Para encontrar a espessura ideal a ser extraída foi feito o caminho inverso para cada agregado, ou seja, partiu-se da massa esperada, encontraram-se os volumes de arame extraído, em seguida as áreas extraídas numa perspectiva frontal do arame e por fim as espessuras. Ao iniciar o programa é solicitado ao usuário realizar o lançamento dos parâmetros que moldam o processo, a partir desses dados é calculado a massa total de arame para cada agregado no período de um minuto de produção, a partir da massa encontrada e da constante densidade encontra-se o volume equivalente de arame, que relacionado a velocidade de máquina origina o valor a área da seção frontal, inicia-se o método da secante e encontra-se o valor do ângulo centras do seguimento circular logo encontra-se a espessura ideal a ser extraída.

Figura 8 - Fluxograma do roteiro numérico





Fonte - Do autor, 2016

Após a programação do roteiro numérico no SCILAB e sua consolidação, foram simulados alguns cenários para avaliação da veracidade dos dados retornados pelo programa. Com os dados obtidos a partir dos testes (Figura 9) nota-se que o método da secante atendeu as expectativas por apresentar soluções para o roteiro com valor de erro aceitável ( $10^{-5}$ ).

Figura 9 - Tela de trabalho do programa SCILAB





Fonte - Do autor, 2016

Com a validação dos testes foram lançados dados mais próximos da realidade do processo a fim de ter uma análise mais voltada para a elaboração do POP. Devido à tolerância de variações no diâmetro inicial do arame fornecido, já mencionado anteriormente, foram declarados valores entre 3,35 e 3,40 milímetros sendo relacionados com as velocidades (Figura 9 e Figura 10).

Figura 10 – Tabela de representação dos testes realizados

PARÂMETROS	UNIDADE	VALORES	VARIÁVEIS DE RETORNO		UNIDADE	VALORES	ERRO
			ESPESSURA DE SAÍDA 1º AGREGADO	ESPESSURA DE SAÍDA 2º AGREGADO			
Diâmetro	MM	9	8,28	7,78	MM	7,78	5,67849E-06
Velocidade de máquina	M/MIN	9	7,45	7,38	MM	7,45	
Velocidade da tesoura	RPM	9	7,38		MM	7,38	
					MM	7,38	
PARÂMETROS	UNIDADE	VALORES	VARIÁVEIS DE RETORNO		UNIDADE	VALORES	ERRO
			ESPESSURA DE SAÍDA 1º AGREGADO	ESPESSURA DE SAÍDA 2º AGREGADO			
Diâmetro	MM	3,35	2,24	1,35	MM	1,35	8,69785E-07
Velocidade de máquina	M/MIN	120	0,59	0,38	MM	0,59	
Velocidade da tesoura	RPM	128	0,38		MM	0,38	
					MM	0,38	
PARÂMETROS	UNIDADE	VALORES	VARIÁVEIS DE RETORNO		UNIDADE	VALORES	ERRO
			ESPESSURA DE SAÍDA 1º AGREGADO	ESPESSURA DE SAÍDA 2º AGREGADO			
Diâmetro	MM	3,38	2,27	1,39	MM	1,39	6,89537E-07
Velocidade de máquina	M/MIN	120	0,65	0,45	MM	0,65	
Velocidade da tesoura	RPM	128	0,45		MM	0,45	
					MM	0,45	

Fonte - Do autor, 2016

Baseado nos dados representados pelas imagens verifica-se que é possível obter as espessuras de saída de cada agregado para garantia das massas necessárias em cada etapa de extração mesmo com as variações do diâmetro inicial e das velocidades.

### Considerações Finais

Com base nos resultados apresentados, comprova-se que a utilização da ferramenta criada é viável, visto que retorna valores passíveis de aplicação. Isto revela que o objetivo do trabalho, que era criar uma ferramenta numérica de análise, foi atingido. Portanto torna-se possível a realização das análises necessárias para a padronização do processo.

Vale ressaltar que a Empresa X necessita continuar com as análises e aprofundar as aplicações da ferramenta numérica para um estudo mais fundamentado que proporcione a elaboração do POP e assim a uniformização da massa dos conjuntos de lã de aço.

### Referências

- <http://www.belgobekaert.com.br/Produtos/Paginas/Arame-para-la-e-palha-de-aco.aspx>  
 NAKAJIMA, S. Introduction to Total Productive Maintenance, Cambridge, MA, Productivity Press. 1988  
 COLENGHI, Vitor Mature. O&M e Qualidade Total: uma integração perfeita. Rio de Janeiro: Qualitymark. 1997  
 GOUREVITCH, Philip. MORRIS, Errol. Procedimento operacional padrão: uma história de guerra. São Paulo: Companhia das Letras. 2008  
 CHAPRA, Steven C.; CANALE, Raymond P. Numerical methods for engineers: international edition. 4 . ed. New York: McGraw-Hill, 2002.  
 GILAT, Amos; SUBRAMANIAM, Vish. Métodos numéricos para engenheiros e cientistas: uma introdução com aplicações usando o MATLAB. Tradução de Alberto Resende de Conti. 1. ed. Porto Alegre : Bookman, 2008.  
 KREYSZIG, Erwin. Advanced engineering mathematics. 8. ed. Indianapolis: Wiley & Sons, 1999.  
 BANDEIRA, S. M. C. Solução Exata de Sistemas de Equações Lineares Utilizando a Aritmética Residual. Campina Grande: UFPB, 1998.  
 ROQUE, Valdir L. Introdução ao Cálculo Numérico – Um texto integrado com DERIVE©. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

# AValiação DE INTEGRIDADE E ALTERAÇÃO DO TIPO DE COMBUSTÍVEL DE UMA CALDEIRA FLAMOTUBULAR

BERTANZIN JR, A. A.<sup>1</sup>; SILVA, V. A. R.<sup>2</sup>; TRINDADE, D. R.<sup>3</sup>; CARDOSO, F. O.<sup>4</sup>;

<sup>1,2,3</sup>Acadêmicos de Engenharia Mecânica, <sup>4</sup>Professor Orientador;

<sup>1</sup>jr\_bertanzin@hotmail.com; <sup>2</sup>vitimrezende@hotmail.com; <sup>3</sup>danilorodrigues94@hotmail.com;

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA

Departamento de Engenharia Mecânica

## Introdução

Este trabalho foi realizado por meio de estudo de caso de uma caldeira flamotubular de tubos horizontais. Nesta caldeira foi alterado o tipo de combustível, deixando de operar com óleo 1A para operar com lenha como combustível. Por ter mais de 25 anos a caldeira teve que passar por inspeções avaliando possíveis problemas como trincas e corrosão, com objetivo de manter a caldeira funcionando com segurança.

## Desenvolvimento

A alimentação desta é feita através de uma bomba elétrica de multiestágio, com capacidade de 7000 l/h, pressão de 15kgf/cm<sup>2</sup> e potência de 7.5 cv da KSB, e através de um injetor a vapor de 2" da Comodoro. Essa caldeira possuía originalmente controle de alimentação de água, ar, combustível e ignição automáticos de fábrica. A figura 2 mostra a placa de identificação da caldeira (Fig. 1).

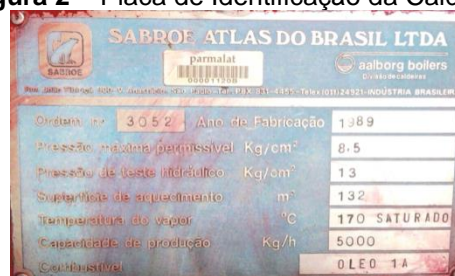
Para realizar a alteração foi necessária a retirada de todo sistema de óleo, para se tornar possível uma adaptação da fornalha no tubulão central da caldeira com a instalação de 3 grelhas fixas, de aço 1045, e foi feita uma pequena adaptação na tampa. Para esta alteração foi necessário a realização de processos de soldagem no tubulão central da caldeira, foi utilizado o processo de soldagem por eletrodo revestido e os eletrodos utilizados foram E6010, E6070 e E7018.

Figura 1 – Caldeira Flamotubular utilizada no estudo de caso.



Fonte: Do Autor.

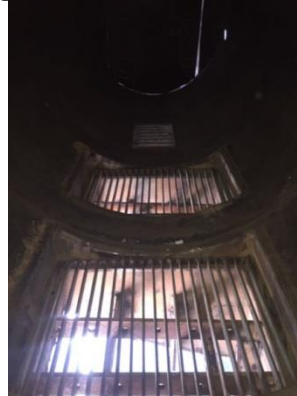
Figura 2 – Placa de Identificação da Caldeira.



SABROE ATLAS DO BRASIL LTDA	
Ordem nr	3052
Ano de Fabricação	1989
Pressão máxima permissível	8.5 Kg/cm <sup>2</sup>
Pressão de teste hidrostático	13 Kg/cm <sup>2</sup>
Superfície de aquecimento	132 m <sup>2</sup>
Temperatura do vapor	170 SATURADO °C
Capacidade de produção	5000 Kg/h
Combustível	ÓLEO 1A

Fonte: Do Autor.

**Figura 3** – Grelhas adaptadas.



**Fonte:** Do Autor

Para iniciar o ensaio por ultrassom foi necessário selecionar o tipo de material a ser ensaiado no equipamento de ultrassom, foi realizado uma limpeza usando uma esmerilhadeira angular elétrica para pontos acessíveis na caldeira e uma mini retífica a bateria para locais de difícil acesso. Esses pontos ensaiados foram escolhidos pelo profissional habilitado, de acordo com seus critérios adotados. Foi realizada limpeza na caldeira, calibração do aparelho e aplicou-se glicerina no sensor, antes de cada ponto a ser ensaiado. Foram ensaiadas todas as partes da caldeira visando avaliar a espessura dos materiais. As figura 4 mostra o espelho frontal (a) e o tubulão central (b) da caldeira, com as marcações (em milímetros) indicando as espessuras de cada ponto analisados no ensaio por ultrassom.

**Figura 4** – Marcações realizadas no ensaio por ultrassom.



(a) Espelho frontal

(b) Tubulão Central

**Fonte:** Do Autor.

No teste hidrostático foi utilizada uma bomba de 4 estágios para pressurização, foram utilizadas chapas de aço 1045 para obstruir as entradas e saídas da caldeira, com objetivo de detectar possível falhas ou trincas.

Foram realizados dois testes hidrostáticos da seguinte forma:

1. Foi feita uma inspeção visual, que é um tipo de ensaio não destrutivo onde são observados toda a superfície da caldeira como formato, dimensões, descontinuidades como trincas e furos, corrosões, porosidade e amassamento. Foram verificados também nesta inspeção o manômetro, as válvulas, drenos e pintura da caldeira, a linha de água de alimentação, a linha de vapor principal, escadas, corrimãos, piso, porta da fornalha e sinalização.
2. Limpeza externa da caldeira, limpeza interna dos tubos, utilizando uma escova de aço para tubos, e todas as soldas escovadas com escovas de aço. Raqueteamento (obstrução) dos tubos de entrada e saída da caldeira, para que o fluido de teste fosse bloqueado.
3. Retirada as válvulas de segurança, e colocou tampões de 1 1/2" no lugar das válvulas.
4. Instalação manômetro, acima da tampa do tubulão da caldeira, para verificação da pressão de teste hidrostático.

5. Iniciou-se a pressurização da caldeira com o auxílio de uma bomba de 4 estágios. O fluido utilizado foi água doce isenta de hidrocarbonetos. A caldeira foi pressurizada gradualmente (cerca de 3 kgf/cm<sup>2</sup> por minuto) até que a pressão final de teste, 11,25 kgf/cm<sup>2</sup>, fosse atingida, e após 15 minutos a pressão de teste atingida, iniciou-se a inspeção.
6. Despressurização, foi realizada através da abertura da válvula de condensado, localizada na parte inferior da caldeira.

Posteriormente foi realizada a partida da caldeira, mantendo-a ligada por 3 dias a fogo baixo, deixando dilatar o corpo da caldeira. Abaixo é mostrada a foto do manômetro utilizado no segundo teste hidrostático.

Para que todos os procedimentos realizados nesta caldeira fosse realizado com segurança foi necessário a supervisão do profissional habilitado e o uso de EPIs. Os equipamentos de proteção utilizados foram: colete, bota, capacete, óculos incolor e luvas de malha. No ensaio por ultrassom ensaio não foi detectado nenhuma anomalia, ou seja, todos os pontos analisados no ensaio estavam dentro do padrão aceitável, não sendo necessário nenhum tipo de reparo nas partes ensaiadas. No primeiro teste hidrostático verificou-se uma falha na caixa de retirada de cinzas. Para efetuar o reparo, primeiro foi necessário despressurizar a caldeira, logo depois foi feita a drenagem de toda água. O reparo foi realizado através do processo de soldagem por eletrodo revestido, utilizando o eletrodo E7018. A figura abaixo mostra o local onde houve a falha. Após efetuado o reparo o segundo teste hidrostático foi realizado, a caldeira manteve a pressão de 11,25 kgf estável por 1h 23min sem que nenhuma anomalia fosse detectada.

**Quadro 1** – Possíveis mudanças na placa de identificação.

PRESSÃO MÁXIMA PERMISSÍVEL	Kg/cm <sup>2</sup>	7,5
PRESSÃO DE TESTE HIDRÁULICA	Kg/cm <sup>2</sup>	11,25
SURPEFÍCIE DE AQUECIMENTO	m <sup>2</sup>	132
TEMPERATURA DO VAPOR	°C	165,5 Saturado
CAPACIDADE DE PRODUÇÃO	Kg/h	3400
COMBUSTÍVEL		Lenha

Fonte- Do Autor.

A alteração do tipo de combustível foi bem sucedida, porém verificou-se que a tampa da caldeira não estava perfeitamente isolada, ou seja estava retornando gases de queima e perdendo calor devido a fuga desses pela tampa, conforme pode ser visto na figura 1. Pelo fato da lenha possuir um poder calorífico inferior ao do óleo 1A, a capacidade de produção de vapor da caldeira provavelmente foi reduzida, de 5000 kg/h para cerca de 3400 kg/h. Para confirmar esta redução é necessária a realização do teste de acumulação, porém este não pode ser realizado, pois empresa no qual a caldeira estava situada declarou falência. A pressão máxima permitida foi reduzida de 8,5 kg/cm<sup>2</sup> para 7,5 kg/cm<sup>2</sup> devido ao fato de que a empresa possuía demanda de pressão abaixo de 7,5kg/cm<sup>2</sup>. A pressão de teste hidráulico foi reduzida de 13 kg/cm<sup>2</sup> para 11,25 kg/cm<sup>2</sup>, pois a pressão de teste hidráulico é 1,5 vezes maior que a pressão máxima permitida. As válvulas de segurança possuem pressão de ajuste de 7,5 kg/cm<sup>2</sup> e 8,0 kg/cm<sup>2</sup>.

## Considerações Finais

A NR 13 foi instituída para assegurar a segurança de caldeiras e vasos de pressão, estabelecendo requisitos legais e técnicos relativos a instalação, manutenção e operação. A inspeção de caldeiras deve ser feita de acordo com as normas existentes, e sempre com muito critério, pois acidentes com caldeiras podem ser fatais. As inspeções e os ensaios não destrutivos são de extrema importância para a avaliação de caldeiras quanto sua integridade física e condições de trabalho, visando melhor eficiência e confiabilidade.

Para a alteração do tipo de combustível é necessário analisar os custos de conversão e manutenção, avaliando o desempenho e a capacidade de produção da caldeira, pois essa conversão pode ter custos altos e associados com uma maior exigência de manutenção poderá justificar a compra de um equipamento novo. Neste estudo de caso a alteração foi a melhor opção, apesar de possivelmente ter reduzido sua capacidade de produção de vapor, a caldeira ainda atendia a demanda de vapor da empresa, com menor custo com uso da lenha como combustível.

## Referências

BOTELHO, M. H. C.; BIFANO, H. M. Operação de Caldeiras: gerenciamento, controle e manutenção. São Paulo: Blucher, 2011. 204 p.

MOREIRA, L. C. de O. Comparação entre poluentes atmosféricos e ruídos emitidos por uma caldeira flamotubular movida a gás natural e a óleo combustível BPF 2A. 2007. 165 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande – MS. Disponível em: < <https://sistemas.ufms.br/sigpos/portal/trabalhos/download/304/cursold:33>> . Acesso em: 16 Março 2016.

RIBEIRO, N. L.; ABREU, R. M. Tipo e Aplicações de Caldeiras, ago. 2008. Disponível em: <[https://lcsimei.files.wordpress.com/2012/09/caldeiras\\_prominp.pdf](https://lcsimei.files.wordpress.com/2012/09/caldeiras_prominp.pdf)>. Acesso em: 16 Março 2016.

# EFEITO DA CORROSÃO DO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304 EM MEIO COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS

RAMOS, L. M.<sup>1</sup>; PEREIRA, R. C.<sup>2</sup>; MONTEIRO, A. A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>letticia\_mota@hotmail.com, <sup>2</sup>raysacarla\_pereira@hotmail.com, <sup>3</sup>alinealcamin@yahoo.com.br  
Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA

## Introdução

Os mais diferentes setores da indústria investem na busca por materiais que dispõem de custo vantajoso e que atuem de maneira eficiente sob condições severas que muitas vezes associam fatores como tensões, temperatura, corrosão etc. Entre os metais que atendem a essa demanda por matérias-primas que aliem resistência e custo favorável, estão os aços inoxidáveis austeníticos [1].

Aços inoxidáveis austeníticos são ligas à base de ferro, cromo e níquel com microestrutura predominantemente austeníticas. Entre suas características estão sua ótima resistência à corrosão, boa soldabilidade e alta tenacidade. São comumente empregados tanto em aplicações que requerem elevadas temperaturas quanto para aplicações criogênicas [2].

Em âmbito industrial são inúmeras as funcionalidades desse aço inoxidável, tubos, tanques, reatores, colunas de destilação, trocadores de calor, condensadores, em diversas indústrias alimentícias e laticínios, indústrias químicas, farmacêuticas, de cosméticos e de derivados do petróleo. As indústrias aeronáutica, ferroviária, naval, de papel e celulose, petroquímica, têxtil, frigorífica, hospitalar, fazem o uso constante do AISI 304 [3].

A interação físico-química que ocorre entre material e o meio onde este está submetido acarreta em uma degradação danosa ao material, como desgaste, alterações químicas e até ruptura, tornando-o inapropriado para uso. Para reduzir estes problemas provocados pela corrosão é necessário compreender o modo como esse metal responde a um meio corrosivo ao qual o mesmo estará sujeito<sup>[4]</sup>.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma pesquisa literária através de livros, teses e artigos analisando o comportamento do aço AISI 304, suas propriedades mecânicas e microestruturais, quando submetido a diferentes meios corrosivos.

## Desenvolvimento

Os aços inoxidáveis austeníticos são classificados em dois grupos: aços ao cromo- níquel e aços ao cromo- manganês- níquel. Os mais utilizados são os compostos por cromo- níquel com teores médio de 18 % e 8%, respectivamente. Aços inoxidáveis austeníticos não são endurecidos por têmpera, pois, independente da faixa de temperatura de resfriamento induzida, a austenita não torna-se martensita. [5, 6].

Aços inoxidáveis austeníticos são os tipos de aços mais comuns entre os inoxidáveis, possuem excelente resistência à corrosão, alta tenacidade e boa soldabilidade. Apresentam estrutura cúbica de face centrada que é estabilizada a temperatura ambiente pela inclusão de níquel, e em meios mais agressivos a inserção de molibdênio com quantidades superiores a 2% amplifica a capacidade de resistência a corrosão localizada em ambientes com elevadas taxas de cloretos [2,7].

São os mais produzidos e usados pelas indústrias e não podem ser endurecidos por têmpera, pelo fato da austenita não se transformar em martensita em qualquer faixa de temperatura de resfriamento. Esse tipo de aço dispõem de excepcional plasticidade e capacidade de encruamento fazendo com que estes alcancem excelentes valores de limite de escoamento e ruptura quando trabalhados a frio. [2].

Define-se corrosão como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ações químicas ou eletroquímicas do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos [8].

A corrosão de metais puros e suas ligas é acarretada por um declínio energético. O potencial termodinâmico, origem da corrosão dos metais, é consequência natural de sua existência temporária nessa forma [9].

Os prejuízos causados pela corrosão afetam os mais diversos setores, entre as atividades mais afetadas estão a indústria química, petrolífera, naval, construção civil, os variados meios de transportes, medicina e ortopedia entre outros[8]. Diversos são os tipos de corrosão, este trabalho abordará as formas mais comuns de ataque.

A corrosão por pite é uma forma de ataque de corrosão localizada que produz orifícios ou pites em um metal. Essa forma de corrosão é muito destrutiva para as estruturas de engenharia caso ela cause perfuração do metal. Esse é um tipo de corrosão extremamente traiçoeiro, que com muita frequência não é detectado e acarreta uma perda de material muito pequena até ocorrer a falha. [10,11] Esse tipo de corrosão ocasiona falhas nas propriedades mecânicas e enfraquecimento de estruturas, sem que haja grandes perdas de massa metálica[6].

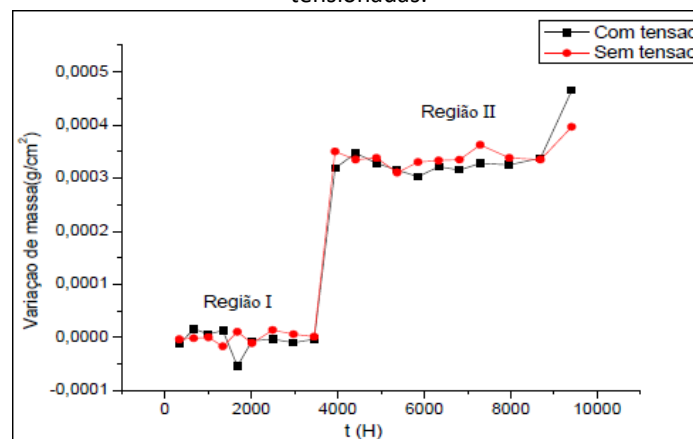
Já a corrosão galvânica ocorre quando dois materiais metálicos, com diferentes potenciais, estão em contato em presença de um eletrólito, ocorre uma diferença de potencial e a consequentetransferência de elétrons[8].

Dentre as formas mais comuns de corrosão em metais encontra-se a corrosão intergranular, esse tipo de ataque que ocorre preferencialmente ao longo dos contornos de grão para algumas ligas e em ambientes específicos. A sensitização ocorre devido a precipitação de carbeto de cromo no decorrer dos contornos de grãos, ocasionando um empobrecimento de cromo nas regiões adjacentes. Nos aços austeníticos a temperatura de sensitização varia entre 450° C e 850° C, permitindo que estes fiquem mais suscetíveis a corrosão intergranular [12,11].

Para a execução dos experimentos de avaliação do efeito da corrosão do aço inox 304 em álcool etílico hidratado combustível, (Costa,2012) utilizou Os corpos de prova foram usinados no tamanho 20 mm x 8 mm de chapas de aço AISI 304 de 0,5 mm de espessura nos ensaios de perda de massa sob estado não tensionado. E para condições sob tensão foram usinados 20 corpos de provas com tamanhos de 40,5 mm x 8 mm [6]. A variação de massa no aço AISI 304 foi obtida pela imersão da liga em meio constituído de uma solução de álcool etílico hidratado, simulando o etanol combustível hidratado. [6]

Através desse experimento o autor concluiu que o aço AISI 304 como um excelente material a ser usado em contato com o meio de etanol combustível. A ação da tensão sobre a liga de aço AISI 304 não afetou a sua passivação em meio corrosivo contendo AEHC. O aço inox AISI 304 apresentou boa resistência ao meio corrosivo constituído de Álcool combustível [6].

**Figura 1-** Variação de massa (g/cm<sup>2</sup>) do aço inox AISI 304 com o tempo de imersão AEHC em amostras não tensionadas e tensionadas.



Fonte – [6]

A figura 1 apresenta o gráfico de variação de massa em função do tempo, que mostra um aumento de ganho de massa no sistema aço AISI 304 e AEHC. À princípio existe uma certa proporção entre perda e ganho de massa, representado pela região I. Essa variação de ganho e perda de massa pode ser considerada inalterada, pois seus valores correspondem a aproximadamente 0,00003 g/cm<sup>2</sup>. A partir de um período de imersão de 3456 horas, o que ocorreu, foi um aumento significativo na massa da liga, o que pode estar associado à formação de uma camada passiva. Outro aspecto importante a ser observado é que as amostras tensionadas e não tensionadas exibem uma variação de massa muito similar [6].

Através dos resultados obtidos pelo ensaio de perda de massa, que apresentou mínimas variações, pode-se sugerir que a influência corrosiva do AEHC no aço inoxidável 304 não efetivou-se de forma significativa do estado sob tensão em relação às amostras em estado não tensionado. O aço inox AISI 304 apresentou boa resistência ao meio corrosivo constituído de Álcool combustível [6].

Os aços ABNT 304 utilizados no experimento por (PRATES,2009), foram fornecidos pela ArcelorMittal Inox Brasil, com acabamento superficial denominado 2D e espessuras de 0,5mm, essa

espessura foi determinada devido ser a típica dos aços utilizados na parte fria do sistema de exaustão de veículos leves [13].

**Tabela 1-** Perda de massa do aço inox 304 em biodiesel.

Tempo exposição	Inicial		Final	
	Massa (g)	Espessura (mm)	Massa (g)	Espessura (mm)
500 horas	17,1645	0,480	17,1642	0,487
1000 horas	17,0743	0,483	17,0742	0,492

Fonte – [13]

Conforme a Tabela 1 observa-se que houve uma perda de massa do aço inox 304 referente a 0,0003 g, depois de submetido a imersão em solução sintética de condensado de álcool combustível por 500 horas, e uma perda de aproximadamente 0,0001 g quando exposto por 1000 horas no mesmo meio. Já em relação a espessura nota-se o oposto houve aumento de 0,0007 mm para amostra imersa por 500 horas e acréscimo de 0,009 mm para os corpos de prova expostos por 1000 horas. Os dados demonstram que não houve uma variação significativa de massa e espessura do aço inoxidável 304 quando exposto ao condensado de álcool combustível presente na parte fria dos sistemas de exaustão de veículos [13].

Para análise da corrosão do aço AISI 304 em biodiesel (MIRANDA,2009), utilizou para o ensaio de perda de massa, corpos-de-prova preparados a partir de chapas com acabamento superficial 2B. As amostras foram preparadas em triplicatas nas dimensões: 50,80 x 50,80 mm, espessura de 1,20mm conforme norma ASTM EG1 e furadas para fixação. Os corpos-de-prova ficaram expostos e imersos em biodiesel por um período de 259 dias [14].

**Tabela 2-** Perda de massa do aço inox 304 em biodiesel.

Biodiesel	Exposição de 259 dias
Área média (cm <sup>2</sup> )	53,1982
Peso inicial médio (g)	23,4202
Peso final médio (g)	23,4184
Perda de massa média (g)	0,0018
Perda de massa média (g/cm <sup>2</sup> )	3,38E-05

Fonte – [Adaptado MIRANDA,2009]

Através da Tabela 2 observa-se que a média de perda de massa obtida foi correspondente a 3,38E-05 g/cm<sup>2</sup> no aço AISI 304 no decorrer de um período de 259 dias imerso em biodiesel. Os valores referentes a perda de massa em biodiesel foram considerados desprezíveis por (MIRANDA,2009), e o aço inox 304 considerado como material adequado para fabricação de equipamentos utilizados na produção do biodiesel [14].

## Considerações Finais

Este trabalho apresentou uma pesquisa bibliográfica por meio de livros, teses e artigos sobre o efeito corrosivo nas propriedades mecânicas e microestruturais do aço AISI 304.

Através do estudo realizado observou-se que em todos os estudos analisados sobre o efeito da corrosão no aço inoxidável 304, os experimentos apresentaram uma baixa taxa de corrosão em todos os meios corrosivos aos quais o aço foi submetido, desta forma conclui-se que o aço inoxidável 304 é um material bastante resistente a corrosão, mostrando-se eficiente quando aplicado a manufatura de equipamentos de produção de biodiesel, tanques de armazenamento de combustível contendo álcool etílico hidratado e na parte fria dos sistemas de exaustão de veículos a álcool.

## Referências



- [1] TREMARIN, R. Estudo das propriedades mecânicas e resistência à corrosão do aço AISI 304 e variantes estabilizadas com nióbio. 2007. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- [2] SILVA, A. L. V. da C. e; MEI, P. R. Aços e ligas especiais. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- [3] APERAM. Aços Inoxidáveis: aplicações e especificações. São Paulo: Aperam South America.
- [4] Estudo do efeito corrosivo dos aços inox AISI 304 e microligado hardox 600 em meios salino e ácido. João Monlevade: UEMG- Faculdade de Engenharia, v. 1, 15 set. 2016.
- [5] CHIAVERINI, V. Aços e ferros fundidos. 7. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2008.
- [6] COSTA, Rytney Santos. Estudo da corrosão do aço inox AISI 304 em álcool etílico hidratado combustível. 2012. 101 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000862606>>. Acesso em: 23 set. 2016.
- [7] MELO, L. da S. Estudo de corrosão localizada dos aços inoxidáveis em sistemas de resfriamento industrial. 2011. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003539.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2016.
- [8] GENTIL, Vicente. Corrosão. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- [9] PANNONI, F. D. Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio. 6. ed. Gerdau, 2015.
- [10] SMITH, W. F.; HASHEMI, J. Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- [11] CALLISTER, W. D. Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: Uma abordagem prática. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- [12] LIMA, A. S. et al. Aspectos da corrosão intergranular dos aços inoxidáveis austeníticos AISI 304L, AISI 316L, AISI 321 E AISI 347, usados em refinarias. In: COTEQ Conferência Sobre Tecnologia De Equipamentos, 6. 2002, Salvador. Disponível em: <<http://www.aaende.org.ar/ingles/sitio/biblioteca/material/pdf/cote173.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2016.
- [13] PRATES, P. E. de S. Avaliação da resistência à corrosão de aços inoxidáveis utilizados em sistemas de exaustão de veículos. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2803/1/DISSERTAÇÃO\\_AvaliaçãoResistênciaCorrosão.pdf](http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2803/1/DISSERTAÇÃO_AvaliaçãoResistênciaCorrosão.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2016.
- [14] MIRANDA, E. F. de. Comportamento quanto a corrosão de aços inoxidáveis na produção de biodiesel. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2009. Disponível em: <<http://maua.br/files/dissertacoes/comportamento-quanto-a-corrosao-de-acos-inoxidaveis-na-producao-do-biodiesel.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2016.

# ESTUDO DAS PROPRIEDADES E APLICAÇÕES DO AÇO PH 13-8Mo

CRUZ, W. P. B.<sup>1</sup> ; MONTEIRO, A. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico de Engenharia Mecânica, <sup>2</sup>Professor Orientador  
wesleypm2@hotmail.com; alinealcamin@yahoo.com.br

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA - Departamento de Engenharia Mecânica

## Introdução

A aplicação de materiais na indústria aeronáutica é um ramo de muitos estudos, pois se necessita do emprego de materiais da mais alta tecnologia, percebendo a viabilidade no meio econômico.

Nesse contexto, está o emprego dos aços, material que apesar de estar sendo menos utilizado na fabricação de aeronaves modernas, continua sendo bem requisitado por apresentar características que não poderão ser encontradas em outros materiais num médio prazo. Da família dos aços, os mais utilizados na indústria aeronáutica são os inoxidáveis endurecíveis por precipitação pela sua excelência em resistência à corrosão, entre outras características.

Então, aço é a formação de ligas ferro-carbono cujo teor de carbono é inferior a 2,11% e sua composição pode apresentar a concentração de outros elementos de liga. Suas propriedades mecânicas estão ligadas diretamente ao teor de carbono existente na composição da liga.

## Desenvolvimento

Os aços podem ser classificados de acordo com a sua quantidade de carbono. Quando contém um pequeno teor de carbono, ele denota resistência mecânica relativamente baixa, não obstante a ductilidade é alta, e são muito usados na produção de peças no formato de chapas finas como para-lamas e carrocerias de carro.

Quando se adiciona o cromo como elemento de liga predominante, sendo no mínimo 12% da liga, tornando o aço mais resistente à corrosão e à oxidação reduzindo a deterioração do material pelas ações do meio, promovendo a manutenção da estrutura do material, resultamos no que pode ser chamado de aço inoxidável. A Figura 2 abaixo mostra a imagem de um aço inoxidável.

Figura 2 – Imagem de um aço inoxidável



Fonte: [6]

O que torna possível a maior resistência à corrosão desse material é o chamado fenômeno de passivação, ou seja, à constituição de uma faixa de óxido de mistos (de ferro, cromo e de outros elementos de liga) e a dissolução dessa faixa no meio corrosivo .

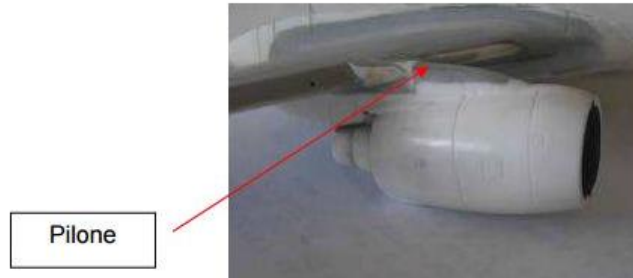
Uma importante família dos aços inoxidáveis quanto à sua classificação, são os endurecidos por precipitação ou PHs (do inglês Precipitation Hardenable), nos quais o dispositivo de endurecimento não envolve o carbono, cujo teor na liga é muito baixo, porém envolve a precipitação de compostos intermetálicos. A liga é composta de ferro, cromo, níquel podendo ter acréscimo de cobre, alumínio, molibdênio, nióbio, titânio, elementos esses que formarão os precipitados intermetálicos.

O mecanismo de endurecimento por precipitação (PH) é também conhecido como envelhecimento, e tem como objetivo a melhora da dureza e da resistência da liga, esse processo ocorre com a formação de partículas muito pequenas e uniformemente espalhadas de uma segunda fase dentro da matriz da fase original. Essas partículas são conhecidas como “precipitados”. Já a expressão “endurecimento por envelhecimento” para esse mecanismo é usada quando a resistência progride ao longo do tempo, ou seja, quando a liga envelhece. Dois tratamentos térmicos são utilizados para se obter o endurecimento por

precipitação, o primeiro é o de solubilização que consiste no aquecimento do material até uma temperatura bem elevada para a dissolução dos elementos de liga e logo após é temperado para que os elementos conservem-se em solução sólida. O segundo é o tratamento térmico de precipitação que consiste no aquecimento da solução sólida a uma temperatura intermediária para a formação dos precipitados e depois resfriamento da liga em temperatura ambiente.

Essas ligas por possuírem resistência mecânica elevada, e resistência a corrosão também são elevadas são bastante utilizadas nas indústrias aeroespacial e aeronáutica pois essas são características são essenciais na obtenção de peças estruturais. A Figura 3 mostra o uso do aço PH13-8 em uma peça aeronáutica.

**Figura 3** – Os parafusos que unem o pilone à asa são de aço PH13-8Mo.



Fonte: [9]

## Considerações Finais

O aço PH13-8 Mo é reconhecido como um dos principais aços inoxidáveis endurecidos por precipitação, ele possui alta resistência à corrosão e alta resistência mecânica, é muito utilizados nas indústrias aeronáuticas para aplicações que necessitam de padrões elevados de tenacidade como fabricação de peças e componentes tais como fixadores, pinos, arruelas, parafusos e componentes do trem de pouso.

Consoante a norma AMS 5629, a dureza no estado solubilizado é de 363 HB, sendo que os valores se concentram entre 320 e 340 HB e cresce com a redução da temperatura de solubilização por causa do tamanho das ripas de Martensita.

A aplicação aeronáutica desse material se deve por essas características diferenciadas, e envolve fatores como o custo da matéria prima, a comunalidade de estoque e a usinabilidade. A PH13-8 em uma peça aeronáutica.

## Referências

- [1] SILVA, L. C. Comportamento da rebarba no fresamento de faceamento do aço inoxidável PH13-8Mo. 2011. 178 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.
- [2] CALLISTER JR, W. D. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 5. ed. Rio de Janeiro, RJ. LTC, 2002. p.236-239
- [3] MESQUITA, E. A. S. Ligas Metálicas Ferrosas e Não Ferrosas. Presidente Prudente, SP. 2016
- [4] PIPESYSTEM, "Aços Inoxidáveis," S/Data. [Online]. Available: [http://www.pipesystem.com.br/Artigos\\_Tecnicos/Aco\\_Inox/body\\_aco\\_inox.html](http://www.pipesystem.com.br/Artigos_Tecnicos/Aco_Inox/body_aco_inox.html) corrosão [Acesso 24 Agosto 2016]
- [5] QNESC, "Corrosão: Um exemplo visual de fenômeno químico," S/Data. [Online]. Available: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a04.pdf>. [Acesso 24 Agosto 2016]
- [6] ARINOX, "Os tipos de aço inox," S/Data. [Online]. Available: <http://arinox.com.br/blog/os-tipos-de-aco-inox/> [Acesso em 24 Agosto 2016]
- [7] COSTA E SILVA, A. L.; MEI, P. R. Aços e Ligas Especiais. 2. ed. São Paulo, SP. Edgard Blucher, 2006. P. 407-431.
- [8] BERALDO, C. H. Efeito da temperatura de envelhecimento sobre as propriedades mecânicas e resistência à corrosão por pite do aço inoxidável martensítico endurecido por precipitação UNS S45600. São Paulo, SP. 2013.
- [9] MORENO, R. F. Estudo das variáveis que afetam a tenacidade do aço PH13-8Mo utilizado na indústria aeronáutica. São Carlos, SP. 2013.

- [10] MECÂNICA INDUSTRIAL, “O que é o endurecimento por precipitação,” S/Data. [Online]. Available: <http://www.mecanicaindustrial.com.br/530-o-que-e-o-endurecimento-por-precipitacao/>. [Acesso 24 Agosto 2016]
- [11] CIMM, “Definição - O que é solubilização,” CIMM, S/Data. [Online]. Available: <http://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/561-solubilizacao>. [Acesso em 24 Agosto 2016]
- [12] GARRISON, Jr., W. M.; BROOKS, J. A. The thermal and mechanical stability of austenite in the low carbon martensitic steel PH 13-8. *Materials Science and Engineering*, A149, p 65-72, 1991.
- [13] SEETHARAMAN, V.; SUNDARARAMAN, M.; KRISHNAN, R. Precipitation Hardening in a PH13-8Mo Stainless Steel. *Materials Science and Engineering*, v. 47, p. 1-11, 1981.
- [14] KRABBE, D. F. M. Otimização do fresamento do aço inoxidável aeronáutico 15-5 PH. Campinas, SP. 2006.

# VIABILIDADE DO USO DO ETANOL E BIODIESEL COMO COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

**NETO, M. G. P.<sup>1</sup>; MENEZES, R. T.<sup>2</sup>; OLIVEIRA, S. V.<sup>3</sup>; PERICOLI, V. E. N. A.<sup>4</sup>**  
engenheiromauriciogarcia@gmail.com<sup>1</sup>; ricardo.eng@rdmlcoacoes.com.br<sup>2</sup>; engsergio91@icloud.com<sup>3</sup>;  
victorpericoli@gmail.com<sup>4</sup>  
UniEVANGÉLICA – Centro Universitário de Anápolis

## Introdução

O motor de ignição por centelha (ICE) começou a ser construído em 1862 quando o físico francês Alphonse Beau de Rochas formulou as condições necessárias para que um motor de combustão interna à quatro tempos funcionasse com o máximo de economia. Apesar de não construir o motor, o físico descreveu a sequência de eventos, representando os 4 tempos de todos motores ICE, pelos quais se dariam a economia e a eficiência desejadas. Em 1872 viria a surgir o primeiro motor em caráter experimental, sendo finalizado apenas em 1876 por Nikolaus Otto, que também definiu o ciclo teórico da ignição a vela utilizada atualmente.

## Desenvolvimento

O processo de combustão interna se dá através da compressão de um material combustível em uma câmara fechada, na qual, quando adicionado oxigênio, ocorre a queima do material combustível através do disparo de uma centelha ou por combustão instantânea.

Os estudos a cerca de formas mais eficientes de se realizar a combustão se baseiam na variação geométrica do motor, devendo considerar as alterações de pressão e pontos de ignição. Os estudos são realizados com diferentes materiais combustíveis, visando não só um combustível eficiente como também um motor eficiente.

O processo de combustão apresenta quatro fases sendo elas: admissão, compressão, expansão e exaustão.

Os indicadores de eficiência energética são utilizados para mensurar os parâmetros de gasto e eficiência do motor, são considerados desde o gasto de combustível, investimento financeiro e a sua capacidade produtiva. Os principais indicadores de eficiência energética a serem considerados são: termodinâmico, que avalia a eficiência da transformação de energia térmica proveniente da queima do combustível em trabalho mecânico; físico - termodinâmico, que avalia a necessidade de insumos energéticos para produzir bens ou serviços; econômico – termodinâmico, que combina o produto do processo a preço de mercado e a energia termodinâmica e por fim o econômico, que quantifica as mudanças na eficiência energética em valores monetários da energia consumida e produzida.

Os combustíveis podem ser diferenciados de acordo com seus estados físicos, sendo sólidos, líquidos ou gasosos. Combustíveis líquidos e gasosos possuem como principal matéria prima o petróleo, composto por hidrocarbonetos. A proporção de compostos hidrocarbonados varia entre 50% a 98% e é essa proporção que determina o refino, operação pela qual se extraem os combustíveis, como por exemplo, o propano, gasolinas automotivas, óleo diesel e óleo combustível.

Os hidrocarbonetos podem ser distribuídos em 4 famílias de características distintas e, assim como os álcoois, compõem a estrutura básica dos combustíveis.

Derivado do petróleo, o óleo diesel é um combustível composto basicamente por hidrocarbonetos parafínicos, olefínicos e aromáticos e, em menor quantidade, por substâncias cuja fórmula química contém átomos de enxofre, nitrogênio, metais, oxigênio, entre outros. É amplamente utilizado em motores de combustão interna por compressão, apresentando uma faixa de destilação que varia entre 220 a 380 °C.

O motor a diesel é o que apresenta os maiores rendimentos quando comparado com os demais meios de combustão interna, podendo chegar a 45%. O ciclo diesel é regulado pela vazão do combustível.

O etanol é um combustível de origem vegetal, ou seja, uma fonte renovável, o que diminui a dependência do consumo de petróleo. Além dessa vantagem inicial, esse combustível possui excelente

qualidade de octanagem, apresenta queima limpa boas propriedades para a utilização em motores de ignição por centelha.

O índice antidetonante do etanol é elevado, propriedade que pode ser aproveitada através de um projeto de motor adequado onde se varia parâmetros como a taxa de compressão do motor, tempo de avanço de ignição e relação estequiométrica. Dessa forma também é possível obter ganhos de pressão no interior da câmara que resultam em maiores valores de torque e potencia.

A principal desvantagem do etanol, quando comparado com o diesel, é a sua menor densidade energética. Entretanto, a energia correspondente do combustível é semelhante em ordem de grandeza à energia calorífica da gasolina, o que torna a sua produtividade, em índices de comparação com demais combustíveis, aceitável devido ao valor e ao baixo índice de poluição.

A cana-de-açúcar é a melhor fonte de matéria prima na produção de etanol. Entretanto, ao se optar pelo etanol tem-se um consumo volumétrico de combustível maior que o do diesel de petróleo, visto que o poder calorífico do etanol está na faixa de 26 MJ/Kg e o do diesel é aproximadamente de 42 MJ/ Kg.

Assim como o álcool, os óleos vegetais também podem substituir o diesel em motores de ignição. Além de apresentarem um alto rendimento energético, não exigem adaptações complexas para o seu uso. Devido às necessidades de ordem econômica, política e ambiental na redução de consumo de petróleo, os combustíveis alternativos tem se apresentado como uma opção na substituição de combustíveis derivados do petróleo.

Com a alta no preço do petróleo, em 1980, aumentou-se o interesse em encontrar combustíveis renováveis capazes de substituir o diesel.

O biodiesel é um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto. É formado a partir de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, originados na reação de transesterificação de qualquer triglicerídeo com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol.

Apesar do interesse na exploração do etanol como combustível limpo, o seu uso em motores apresenta limitações ligadas à redução das propriedades lubrificantes e da capacidade de ignição do combustível, baixa miscibilidade e menor poder calorífico em relação ao diesel. Para adaptar os motores diesel ao uso do etanol são empregadas algumas técnicas como mistura de combustíveis, injeção de álcool no coletor de admissão, injeção direta de álcool e óleo diesel na câmara de combustão e instalação de sistema de ignição por centelha.

O processo de injeção de etanol no coletor de admissão permite altos percentuais de substituição. Para tal método é necessária a presença de todo o sistema de controle de injeção de etanol, como injetores, tanque, bomba e central eletrônica. A injeção de etanol no coletor de admissão em motores diesel permite uma substituição de mais de 50% do óleo diesel. Já a injeção direta de álcool e óleo diesel na câmara de combustão em sistemas de injeção separados, permite que a substituição seja de até 90% da quantidade de óleo diesel. Quando essa mistura se dá entre os dois combustíveis, a substituição é limitada pela baixa miscibilidade do etanol no óleo diesel causando a separação das fases, os valores de substituição de óleo baixam para 25%.

A adição de etanol apresenta diferentes efeitos que variam de acordo com as características do motor, assim como do seu modo de operação e percentual de substituição.

Em um trabalho experimental, Al-Hasan testou 10 misturas de etanol anidro e gasolina, variando entre 0% a 25%, visando investigar o efeito do etanol no desempenho, consumo e nas emissões de um motor Toyota, 4 cilindro, 1,4 L, razão de compressão de 9:1 e potencia de 52 kW em 5600 rpm. O experimento mostrou que a adição de etanol à gasolina aumenta a potencia, o torque e a eficiência volumétrica e térmica, assim como o consumo específico de combustível. O mesmo experimento apontou uma redução nas concentrações de CO e HC e um aumento na concentração de CO<sub>2</sub>.

Durante o desenvolvimento do veículo GM Corsa 1.8, 8 válvulas, FLEX, entre os anos 2002 e 2003, foram realizadas modificações experimentais na central eletrônica do veículo, no sistema de injeção, na razão de compressão, entre outras. Os testes concluíram que o veículo FLEX modificado apresentou uma pequena melhora de desempenho em comparação ao veículo original a gasolina. Dessa forma, o preço final do veículo foi mantido igual ao veículo a gasolina por não necessitar de componentes adicionais.

Em um experimento comparando a gasolina E25 (25% de etanol anidro), etanol hidratado (6% de água), mistura de 50% de etanol hidratado e mistura de 50% gasolina E25 e GNV, observou-se que o melhor desempenho foi obtido com o etanol hidratado, mas em contrapartida demonstrou o pior resultado de consumo.

Assim, através de uma análise comparativa entre o desempenho de uso da gasolina e do etanol, observa-se que o etanol apresenta algumas vantagens sobre a gasolina, sendo a maior delas, a eficiência

térmica. Quanto à emissão de gases, a maioria dos experimentos apresenta uma redução significativa na emissão de boa parte dos gases de efeito estufa, sendo uma das maiores vantagens na utilização do etanol.

Nos últimos anos, a evolução do mercado brasileiro de etanol tem passado por descompassos entre os crescimentos de demanda potencial e oferta. No primeiro caso, o forte aumento da demanda potencial reflete em uma expansão da produção de veículos flex. O segundo demonstra que a oferta de etanol apresenta uma estagnação em razão da falta de investimentos no setor sucroenergético em capacidade produtiva nova e em produção agrícola de cana-de-açúcar.

Segundo a Associação Nacional de Fabricantes de Veículos automotores (Anfavea), as vendas de veículos flex aumentaram cerca de 11% ao ano entre 2008 e 2010. Tais valores representam um valor de 2,9 milhões de unidades de veículos flex vendidos em 2010. Assim, a circulação desse tipo de veículo já ultrapassa 12 milhões de unidades, representando 43% na frota total de veículos leves.

O valor do etanol não depende apenas da produção de cana-de-açúcar e da disponibilidade em insumos financeiros para que a mesma aconteça. O seu valor rentável, assim como a sua produtividade, dependem das necessidades do mercado e das condições financeiras das sucroalcooleiras, que elegem qual subproduto apresenta melhor valor em um menor custo de produção a fim de minimizar os impactos financeiros e gerar lucros.

Ao testar o modelo M-85 tipo estacionário, monocilindro com 7,56 kW de potência do motor Agrale não foram observadas diferenças na utilização óleo diesel e biodiesel. O consumo de biodiesel foi 20% maior que o de óleo diesel. As emissões de CO<sub>2</sub> praticamente não apresentaram diferença, entretanto a emissão de CO foram maiores na potência de 4 kW. Assim, o teste comprovou que para motores de baixa potência é possível substituir o óleo diesel por biodiesel.

Ao alimentar um gerador de energia elétrica com biodiesel de soja em diferentes proporções, Ferrari e colaboradores observaram que nas proporções 5%, 10% e 20% de biodiesel houve uma diminuição no consumo de combustível enquanto nas proporções 40%, 60%, 80% e 100% houve um aumento no consumo.

Em um ensaio com um trator 4x2, com motor de 4 cilindros, sistema de injeção com bomba rotativa e 56 kW de potência, alimentado pelo combustível B100 de soja, observou-se que o motor apresentou um consumo energético e curvas de eficiências térmicas dentro da margem esperada. A resposta às partidas a frio e à aceleração do motor também foram normais, demonstrando a viabilidade de utilização de combustíveis alternativos.

Ao avaliar o desempenho de conjunto motor gerador utilizando quatro proporções de biodiesel de gordura de frango comparadas às do óleo diesel, observou-se que o desempenho do conjunto motor gerador foi maior quando alimentado por óleo diesel. Porém o mesmo teste mostrou que, a proporção 20% de biodiesel misturado ao combustível substituiu parcialmente o óleo diesel sem prejuízo na eficiência do motor.

O uso de óleos vegetais como combustível foi proposto à primeira vez em 1975 quando, através do Plano de Produção de Óleos Vegetais para fins energéticos, propôs-se gerar um excedente de óleo vegetal capaz de tornar os custos de produção competitivos com o petróleo.

Em 1983, após uma subida no preço do petróleo, o Governo Federal cria o Programa Óleos Vegetais, testando a utilização de biodiesel com diferentes misturas de combustível em veículos que percorrem mais de 1 milhão de quilômetros. Os testes realizados envolviam misturas de combustível puro com diferentes porcentagens de óleo vegetal. Dentre as principais misturas a principal era 70% de óleo diesel e 30% de biodiesel, proporção que apresentou os melhores resultados, constatando a viabilidade técnica da utilização do biocombustível como substituto do óleo diesel. Entretanto, devido aos elevados custos de produção em relação ao óleo diesel impediram que o seu uso fosse explorado em escala comercial.

Apesar de apresentar potencial para produção de óleos vegetais biocombustíveis, nota-se que o Brasil não apresenta incentivos governamentais que bastem para incentivar os produtores a escolherem esse fim para a sua produção. As grandes economias acabam absorvendo toda a produção e, por deterem a maior parte da tecnologia, acabam avançando em pesquisas e produtividade.

A busca por combustíveis alternativos que se equiparem aos combustíveis fósseis é impulsionada pela necessidade de se encontrar uma fonte inesgotável de energia e que não tragam os mesmos prejuízos ambientais que os convencionais. A partir de pesquisas e experimentos foi possível alcançar combustíveis vegetais de qualidade semelhante aos originados do petróleo. Dessa forma, matérias primas como álcool de cana de açúcar e óleo de soja passaram a ser explorados e experimentados em larga escala.

É muito difícil traçar um panorama que explique de forma geral um biocombustível superior, pois cada um pode se adequar melhor a um determinado motor. Sendo assim, depende das empresas definirem motores apropriados à cada combustível vegetal. Outro ponto que deve ser levado em consideração é o preço desse combustível na região em que o motor é explorado, pois o preço final leva em consideração a o potencial produtivo local e de exportação do produto.

## Considerações Finais

Muito já foi feito ao se estudar os biocombustíveis, entretanto ainda falta muito que se estudar a fim de se alcançar um potencial produtor adequado e uma rentabilidade compensatória. A política nacional também precisa articular melhor os programas de incentivos à exploração e produção de biocombustíveis de forma que tanto o produtor quanto o consumidor final se beneficiem, sem esquecer, contudo do principal pressuposto da exploração de combustíveis vegetais, um menor poder poluente, o que irá melhorar consideravelmente a qualidade de vida nos grandes centros.

## Referências

- PATTERSON, M, G. What is energy efficiency: Concepts, indicators and methodological issues. Energy policy, v. 24, n. 5, p. 377-390, 1996.
- FERREIRA, S. L., SANTOS, A. M. D., SOUZA, G. R. D., POLITO, W. L., & MÓDOLO, D. L. Análise por cromatografia gasosa de BTEX nas emissões de motor de combustão interna alimentado com diesel e mistura diesel-biodiesel (B10). Química Nova, 31(3), 539-545, 2008.
- OWEN, K., COLEY, T. Automotive Fuels Reference Book. 2nd ed. SAE, 1995.
- AL-HASAN, M. Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission. Energy Conversion and Management, v. 44, n. 9, pp. 1547-1561. 2003.
- VOLPATO, C. E. S.; CONDE, A. do P.; BARBOSA, J. A.; SALVADOR, N. Desempenho de Motor Ciclo Diesel Alimentado com Biodiesel de Soja (B100). Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1125-1130, jul./ago. 2009.
- OZENER, O. Science direct. Experimental studies on the combustion characteristics and performance of a direct injection engine fueled with biodiesel/diesel blends. [Online]. 2016.
- TORRE, E. A; SANTOS, D. C; SOUZA, D. V. D. PEIXOTO, L. B; FRANÇA, T. Ensaios de motores estacionários do ciclo diesel utilizando óleo diesel e biodiesel (B100). In: Encontro de Energia no meio rural, Agrener. Anais...Campinas. Unicamp. 2006.
- FERRARI, R. A; SCABIO, A; OLIVEIRA, V. S. Produção e uso de biodiesel etílico na UEPG. 2007.